

**CARISMEAU 2 - Projet de
recherche et thèse associée
« Zone minéralisée de
l'Entre-deux-Mers »**

Rapport d'étape
BRGM/RP-59176-FR
Décembre 2010

Décembre 2010



Université
Michel de Montaigne
Bordeaux 3



Géosciences pour une Terre durable



CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée « Zone minéralisée de de l'Entre-deux-Mers »

Rapport d'étape

BRGM/RP-59176-FR
Décembre 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Recherche du BRGM - PDR09AQI01

E. Malcuit



Vérificateur :

Original signé par N. Pédrón

Approbateur :

Original signé par Ph. Négrel

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Mots clés : Entre-deux-Mers, Bassin aquitain, Eocène, « Zone minéralisée », aquifère multicouche.

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

Malcuit E. (2010) - CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée : « Zone Minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'étape - Décembre 2010. Rapport BRGM/RP-59176-FR, 138 p., 99 ill., 5 ann.

Synthèse

Le projet de recherche CARISMEAU¹ (2006-2009) avait comme objectif de mieux caractériser les différentes masses d'eau souterraines profondes d'âge Eocène du district Adour-Garonne en termes de connaissance des hétérogénéités et des interconnexions entre les aquifères. Dans le cadre de ce projet, une boîte à outils (outils isotopiques) a été développée. Le projet CARISMEAU a permis de mettre en évidence la spécificité de chacun des outils dans l'étude des grands systèmes aquifères, mais aussi leurs limites respectives, qui peuvent être partiellement ou totalement levées en couplant deux ou plus de ces outils.

Le projet de recherche CARISMEAU 2 et la thèse associée « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers », commencés début 2009, constituent une suite à CARISMEAU. Leur objectif est de caractériser les eaux souterraines minéralisées des aquifères Oligocène, Eocène et Crétacé du secteur de l'Entre-deux-Mers de la Gironde. Le secteur d'étude de CARISMEAU 2 correspond à la partie nord de CARISMEAU. Certains points suivis lors de CARISMEAU (2006-2009) ont donc pu être ajoutés à ceux sélectionnés dans le cadre de CARISMEAU 2. De plus, la boîte à outils développée lors de CARISMEAU est mise en œuvre dans le cadre de ce projet.

Ce rapport constitue un point d'avancement à fin décembre 2010 du projet de recherche et de la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Les travaux menés s'articulent autour de plusieurs grands chapitres :

- Un chapitre fait état de la campagne de prélèvement de CARISMEAU 2. Un état d'avancement des analyses est dressé. Les analyses des échantillons d'eau CARISMEAU 2, ainsi que le travail d'interprétation des données ont avancé. Les résultats sur les paramètres physico-chimiques *in situ* et les éléments majeurs (diagramme de Piper, carte des faciès géochimiques, relations inter-éléments) sont présentés, ainsi que des comparaisons à l'échelle du Bassin aquitain.

- Un second chapitre est consacré à l'évolution temporelle de la qualité des eaux. Primo, l'étude des chroniques de suivi quantitatif et qualitatif au pas de temps annuel sur une cinquantaine d'ouvrages du secteur d'étude a permis de mettre en évidence des tendances contrastées. Il n'y a pas, à priori, au pas de temps annuel, de relation directe entre les volumes d'eau annuels prélevés et l'évolution des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures. De même, il ne semble pas exister de relation directe au pas de temps annuel entre l'évolution de la piézométrie d'un ouvrage et ses concentrations en sulfates, chlorures et fluorures. Secundo, des suivis en continu de plusieurs heures ont eu lieu et un suivi de plusieurs jours lors d'un pompage de longue durée de 72h est programmé pour janvier 2011. Tertio, 4 sites de la CUB ont été

¹ CARISMEAU : CARactérisation Isotopique et géochimique des Masses d'EAU dans le bassin Adour-Garonne (<http://carismeau.brgm.fr/>).

retenus pour un suivi en continu, en collaboration avec la Lyonnaise des Eaux - CUB. Les démarches pour la mise en place de l'équipement en continu sur ces 4 sites sont en cours.

- Un autre chapitre est dédié à la relation entre la chimie des eaux et la minéralisation de la roche réservoir. La réalisation, sur deux forages très minéralisés en fluor et en sulfates du secteur d'étude, de prélèvements sélectifs à différentes profondeurs sur la partie crépinée est le début d'un travail plus fin à venir. Ce travail visant à coupler la chimie des eaux de différents horizons de l'ouvrage avec les formations géologiques de la roche encaissante est un volet important de ce travail de recherche, qui a d'ores et déjà débuté.

- La thèse et le projet de recherche continuent à donner lieu à des actions de communication auprès de professionnels et scientifiques mais aussi d'un large public. La plaquette descriptive est toujours très bien accueillie par le public et les actions menées dans le cadre de ce projet de recherche dont la problématique est connue (SAGE Nappes profondes) suscite de l'intérêt. Le site WEB de CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>) a été mis à jour et un second volet intégralement consacré au projet de recherche CARISMEAU 2 et à la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » a été créé.

- Enfin, le projet a fait l'objet de deux présentations orales l'une lors du Congrès de l'Association Internationale des Hydrogéologues (AIH) à Cracovie en septembre 2010, l'autre lors de la session H2I du colloque du CFH-AIH et trois posters ont été présentés, l'un à la RST 2010 à Bordeaux en octobre 2010, l'autre à CFH-AIH 2010 à Toulouse en novembre 2010 et le dernier à l'AGU à San Francisco en décembre 2010.

Sommaire

Introduction	13
CHAPITRE 1 - PRESENTATION DU CONTEXTE ET DE LA ZONE D'ETUDE.....	15
1. La zone d'étude.....	17
1.1. LA ZONE D'ETUDE	17
1.2. LA PROBLEMATIQUE.....	18
2. Les points suivis.....	25
2.1. LES POINTS CARISMEAU 2	25
2.1.1.Campagne de terrain CARISMEAU 2	25
2.1.2.Points complémentaires CARISMEAU 2.....	25
2.2. LES POINTS CARISMEAU	30
2.3. LES POINTS COMPLEMENTAIRES EN GIRONDE.....	30
CHAPITRE 2 - CAMPAGNE DE TERRAIN CARISMEAU 2	33
1. Etat d'avancement des analyses aux laboratoires	35
1.1. ANALYSES REALISEES	35
1.1.1.Paramètres <i>in situ</i> et éléments majeurs	35
1.1.2.Eléments traces et isotopes	36
1.1.3.Isotopes du radium	37
1.2. ANALYSES EN COURS	38
2. Résultats et première interprétation des éléments majeurs.....	39
2.1. LES PARAMETRES DE TERRAIN.....	39
2.2. VALIDITE DES MESURES CHIMIQUES EFFECTUEES AU LABORATOIRE ..	42
2.3. DIAGRAMME DE PIPER, FACIES GEOCHIMIQUE DES EAUX.....	44
2.3.1.Faciès géochimiques des eaux de la campagne de terrain 2009-2010 ...	44
2.3.2.Faciès géochimique : Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain	47
2.4. LES RELATIONS INTER-ELEMENTS	48

2.4.1. Diagrammes binaires inter-éléments	48
2.4.2. Diagrammes binaires inter-éléments - Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain.....	51
3. Premiers résultats des Ra	53
3.1. RADIO-ISOTOPES	53
3.2. LOCALISATION DES SITES PRELEVES	53
CHAPITRE 3 - EVOLUTION TEMPORELLE DE LA QUALITE DES EAUX.....	55
1. Evolution temporelle des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures. 57	
1.1. PRESENTATION DES POINTS SUIVIS	57
1.1.1. Etat des lieux par aquifère cible	57
1.1.2. Points observés dans le cadre du projet de recherche	59
1.2. RESULTATS DES CHRONIQUES TEMPORELLES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES AU PAS DE TEMPS ANNUEL	63
1.3. RELATIONS INTER-ELEMENTS - EVOLUTION SUR LES 30 DERNIERES ANNEES	75
2. Suivis en continu.....	79
2.1. SUIVI EN CONTINU AVEC POMPAGE	79
2.1.1. Site de Margaux - le Stade - EMZM9	79
2.1.2. Site d'Arsac - Gourion - EMZM11	80
2.1.3. Site de Le Pout - Rochon 2 - EMZM7	81
2.2. CHOIX DES SITES POUR LE SUIVI EN CONTINU.....	82
2.2.1. Points à suivre éventuellement en continu.....	82
2.2.2. Points retenus	84
2.2.3. Matériel pour chaque site.....	85
CHAPITRE 4 - DE LA CHIMIE DES EAUX A LA GEOLOGIE - MINERALOGIE.....	87
1. Prélèvements sélectifs au sein de l'ouvrage	89
1.1. SITE D'HAUX - CHATEAU D'EAU - EM7	89
1.1.1. Description du forage et problématique	89
1.1.2. Prélèvements sélectifs en statique et en dynamique	92
1.1.3. Résultats des majeurs.....	95
1.2. SITE D'ARSAC - GOURION - EMZM11	97

1.2.1. Description du forage et problématique.....	97
1.2.2. Prélèvements sélectifs en dynamique et à l'exhaure	100
2. Géologie - Minéralogie	101
2.1. FORAGES : CUTTINGS RECUPERES.....	101
2.1.1. Localisation et descriptif des 4 forages	102
2.1.2. Avancement des analyses sur les cuttings en Diffraction des Rayons X	103
2.2. ECHANTILLONNAGE DE GYPSE	108
2.2.1. Présentation du site de Sainte Sabine - Born.....	108
2.2.2. Echantillonnage sur site	110
2.2.3. Avancement des analyses.....	112
2.2.4. Diffraction des Rayon X sur poudre (EGID)	113
3. Paléogéographie à l'Eocène	115
CHAPITRE 5 - VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET VALORISATION	119
1. Site WEB CARISMEAU	121
2. Présentation - Bureau de la CLE SAGE Nappes Profondes de GIRONDE	123
3. Congrès IAH 2010	125
4. RST 2010.....	127
5. Colloque CFH-AIH 2010.....	129
5.1. RESUMES ET POSTER CARISMEAU 2	129
5.1.1. Résumés	129
5.1.2. Poster	130
5.2. PRESENTATION ORALE - CESSION H2I.....	131
6. AGU 2010.....	133
Conclusion	135
Bibliographie	137

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude CARISMEAU 2.	17
Illustration 2 : Répartition des volumes d'eau prélevés en Gironde pour l'Alimentation en Eau potable en 2008.	18
Illustration 3 : Concentration en sulfates dans les ouvrages captant l'Eocène moyen à inférieur en 2008.	18
Illustration 4 : Concentration en fluor dans les ouvrages captant l'Eocène moyen à inférieur en 2008.	18
Illustration 5 : Géologie du secteur d'étude à l'Eocène moyen.	19
Illustration 6 : Coupe schématique SO-NE de la zone d'étude à l'Eocène moyen, avec en rouge les hypothèses de circulations des eaux minéralisées.	20
Illustration 7 : Hypothèses de circulations des eaux minéralisées sous la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB).	21
Illustration 8 : Article paru dans Sud-Ouest relatant la problématique du fluor dans le Médoc.	22
Illustration 9 : Carte de la teneur moyenne en fluor dans l'eau distribuée en Gironde (ARS).	23
Illustration 10 : Carte de localisation des points de suivi CARISMEAU 2 et CARISMEAU pour le secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »	27
Illustration 11 : Tableau des points CARISMEAU 2 (1/2).	28
Illustration 12 : Tableau des points CARISMEAU 2 (2/2).	29
Illustration 13 : Points CARISMEAU correspondant au secteur d'étude CARISMEAU 2.	30
Illustration 14 : Points complémentaires observés au pas de temps annuel.	31
Illustration 15 : Relation entre les mesures de pH in situ et celles de la sonde Hydronaut 303 pour les profondeurs de prélèvements souhaitées.	35
Illustration 16 : Relation entre les mesures de conductivité électrique in situ et celles de la sonde Hydronaut 303 pour les profondeurs de prélèvements souhaitées.	36
Illustration 17 : Localisation des points analysés en éléments traces et isotopes au BRGM.	37
Illustration 18 : Répartition des valeurs de température mesurées.	39
Illustration 19 : Répartition des valeurs de pH mesurées.	40
Illustration 20 : Répartition des valeurs de conductivité électrique mesurées.	41
Illustration 21 : Répartition spatiale des valeurs de conductivité électrique mesurées.	41
Illustration 22 : Répartition des valeurs de potentiel d'oxydo-réduction mesurées.	42
Illustration 23 : a) Diagramme TDS en fonction de la conductivité électrique de l'eau - b) Diagramme Somme des cations (Σ^+) en fonction de la somme des anions (Σ^-) - c) Balance ionique en fonction de la somme des cations (Σ^+).	43
Illustration 24 : Diagramme de Piper des 55 échantillons d' eau CARISMEAU 2.	45

Illustration 25 : Carte de localisation des échantillons CARISMEAU 2 et CARISMEAU sur le secteur de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » : Conductivité électrique des eaux prélevées et faciès géochimiques.	46
Illustration 26 : Carte de localisation des échantillons CARISMEAU 2 et CARISMEAU à l'échelle du Bassin aquitain : Conductivité électrique des eaux prélevées et faciès géochimiques.	47
Illustration 27 : Diagramme binaire SO_4^{2-} versus Ca^{2+}	48
Illustration 28 : Diagramme binaire SO_4^{2-} versus Cl^-	49
Illustration 29 : Diagramme binaire Na^+ versus Ca^{2+}	50
Illustration 30 : Relations inter-éléments, comparaison à l'échelle du Bassin aquitain.	51
Illustration 31 : Chaînes de désintégration des familles de ^{238}U , de ^{232}Th et de ^{235}U	53
Illustration 32 : Rapport $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ des eaux prélevées de CARISMEAU 2.	54
Illustration 33 : Localisation des points observés au pas de temps annuel en Gironde. (en haut : pour l'ensemble du secteur d'étude ; en bas : zoom sur la Communauté Urbaine de Bordeaux).	61
Illustration 34 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (1/2).	62
Illustration 35 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (2/2) (Listing des 15 points présélectionnés).	63
Illustration 36 : Suivi de EMZM8-DDASS47 - TARGON- Communal.	64
Illustration 37 : Suivi de EMZM9-DDASS197 - MARGAUX - Stade.	64
Illustration 38 : Suivi de EMZM12 - DDASS17 - AVENSAN - Villegeorges.	65
Illustration 39 : Suivi de EMZM38-DDASS88 - CAUDROT - Le Grava F1.	66
Illustration 40 : Légende des graphiques.	67
Illustration 41 : Suivi de EMZM2-DDASS165 - LATRESNE - Coulomb.	68
Illustration 42 : Suivi de EMZM9-DDASS197 - MARGAUX - Stade.	68
Illustration 43 : Suivi de EMZM11-DDASS12 - ARSAC - Gourion.	69
Illustration 44 : Suivi de EMZM12 - DDASS17 - AVENSAN - Villegeorges.	69
Illustration 45 : Suivi de EMZM14-DDASS35 - BEGLES - Bègles3 / Verdun.	70
Illustration 46 : Suivi de EMZM15-DDASS57 - BORDEAUX - La Benaue.	70
Illustration 47 : Suivi de EMZM18-DDASS92 - CENON - Cavailles.	71
Illustration 48 : Suivi de EMZM19-DDASS110 - EYSINES - Cantinolle.	71
Illustration 49 : Suivi de EMZM20-DDASS345 - LE TAILLAN MEDOC - L'Ecureuil.	72
Illustration 50 : Suivi de EMZM21-DDASS47 - BLANQUEFORT - Linas.	72
Illustration 51 : Suivi de EMZM37-DDASS292 - SAINT MACAIRE - Communal.	73
Illustration 52 : Suivi de EM7-DDASS138 - HAUX - Château d'eau.	73
Illustration 53 : Suivi de EM9-DDASS89 -CAUVIGNAC - Le Lysos / Grignols - Rippes.	74
Illustration 54 : Suivi de DDASS48 - BLANQUEFORT - Tremblay.	74

Illustration 55 : Suivi de DDASS188 - LORMONT - Génicart - F2.	75
Illustration 56 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration Cl^- (mmol/l).	76
Illustration 57 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration F^- (mmol/l).	77
Illustration 58 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration Ca^{2+} (mmol/l).	78
Illustration 59 : Prélèvements d'eau, effectué en novembre 2010, sur le forage Eocène de Margaux par rapport aux chroniques connues.	80
Illustration 60 : Points présélectionnés pour un suivi en continu.	83
Illustration 61 : Coupe lithologique et technique du forage de Haux.	90
Illustration 62 : Diagraphies de température, de conductivité électrique et de flux, en régime statique et dynamique, d'après Hydro Assistance Ingénierie.	91
Illustration 63 : Site du Château d'eau d'Haux.	92
Illustration 64 : Démontage des tubes de la colonne d'exhaure.	92
Illustration 65 : Tube de la colonne d'exhaure.	93
Illustration 66 : Tubage acier de la colonne d'exhaure perforé.	93
Illustration 67 : Tableau récapitulatif des prélèvements sélectifs du forage de HAUX (EM7).	94
Illustration 68 : Sortie du préleveur, passage à proximité de la pompe et sa colonne d'exhaure en dynamique	94
Illustration 69 : Installation pour conditionnement et mesure des paramètres physico- chimiques in situ.	94
Illustration 70 : Evolution temporelle de EM7-DDASS138 - HAUX - Château d'eau depuis la réalisation de l'ouvrage en 1987 jusqu'aux prélèvements sélectifs en 2010.	95
Illustration 71 : Diagramme de Piper des eaux prélevées à différentes profondeurs du forage d'Haux (en statique et en dynamique) en fonction des eaux des forages CARISMEAU 2 captant l'Eocène moyen.	96
Illustration 72 : Site d'Arsac - Gourion lors du pompage longue durée.	97
Illustration 73 : Etat du haut de la colonne d'exhaure (Encroûtements, perforations de la colonne en acier).	98
Illustration 74 : Coupe géologique et technique du forage d'Arsac - Gourion.	99
Illustration 75 : Caisses de cuttings du forage EMZM45 (Baurech).	101
Illustration 76 : Localisation des cuttings collectés.	102
Illustration 77 : Forages dont des cuttings ont pu être collectés.	103

Illustration 78 : Coupe géologique et technique du forage CRZM4 (Mazurier et al, 2009).	104
Illustration 79 : Coupe géologique et technique du forage CRZM5 (Mazurier et al, 2009).	105
Illustration 80 : Coupe géologique - Diagraphies- du forage EMZM45.....	106
Illustration 81 : Coupe géologique et technique du forage EMZM46.....	107
Illustration 82 : Localisation du site de Sainte Sabine-Born.....	108
Illustration 83 : Extrait de la coupe lithologique synthétique de la carte géologique de Belvès (Dubreuilh et al., 1983).....	109
Illustration 84 : Coupe S-NW du site de Sainte Sabine-Born, centrée sur le lieu-dit Mayne d'eau (d'après Morabito, 1999).	110
Illustration 85 : Localisation des différents sites d'échantillonnage ; photographies des sites et d'échantillons.	111
Illustration 86 : Etapes du broyage de l'échantillon n°3.	112
Illustration 87 : Echantillon n°6 de Sainte Sabine-Born.	113
Illustration 88 : Quelques explications sur la méthode de diffraction des rayons X.....	114
Illustration 89 : Paléogéographie à l'Eocène inférieur (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.	116
Illustration 90 : Paléogéographie à l'Eocène moyen (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.	117
Illustration 91 : Paléogéographie à l'Eocène supérieur (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.	118
Illustration 92 : Page d'accueil du site CARISMEAU 2.	121
Illustration 93 : Présentation devant le bureau de la CLE du SAGE Nappes Profondes de Gironde, septembre 2010.	123
Illustration 94 : Références du résumé étendu publié dans les actes du congrès de l'IAH et disponible en ligne sur le site web (http://www.iah2010.org/).	125
Illustration 95 : Poster CARISMEAU 2 lors de la RST 2010 à Bordeaux.	127
Illustration 96 : Page de présentation des actes de la journée technique du colloque CFH-AIH 2010.....	129
Illustration 97 : Poster présenté lors de la journée technique du Colloque CFH-AIH 2010 à Toulouse.	130
Illustration 98 : Titre de la présentation effectuée par Eline Malcuit à la cession H2I du colloque CFH-AIH de Toulouse 2010.	131
Illustration 99 : Poster présenté à l'AGU 2010 à San Francisco.....	134

Liste des annexes

Annexe 1 Evolutions temporelles des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures	139
Annexe 2 Résumé étendu CARISMEAU 2 - IAH 2010 Krakow	161
Annexe 3 Présentation Bureau de la CLE	173
Annexe 4 Résumé étendu - Colloque CFH-AIH	189
Annexe 5 Présentation à la cession H2I - Colloque CFH-AIH 2010	199

Introduction

Le projet de recherche CARISMEAU² (2006-2009) avait comme objectif de mieux caractériser les différentes masses d'eau souterraines profondes d'âge Eocène du district Adour-Garonne en termes de connaissance des hétérogénéités et des interconnexions entre les aquifères. Dans le cadre de ce projet, une boîte à outils (outils isotopiques) a été développée. Le projet CARISMEAU a permis de mettre en évidence la spécificité de chacun des outils dans l'étude des grands systèmes aquifères, mais aussi leurs limites respectives, qui peuvent être partiellement ou totalement levées en couplant deux ou plus de ces outils.

Le projet de recherche CARISMEAU 2 et la thèse associée « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers », commencés début 2009, constituent une suite à CARISMEAU. Leur objectif est de caractériser les eaux souterraines minéralisées des aquifères Oligocène, Eocène et Crétacé du secteur de l'Entre-deux-Mers de la Gironde. Le secteur d'étude de CARISMEAU 2 correspond à la partie nord de CARISMEAU. Certains points suivis lors de CARISMEAU (2006-2009) ont donc pu être ajoutés aux points suivis de CARISMEAU 2. De plus, la boîte à outils développée lors de CARISMEAU est mise en œuvre dans le cadre de ce projet.

Ce rapport d'étape à fin décembre 2010 a pour but de faire le point sur le travail réalisé depuis le début de la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » et du projet de recherche CARISMEAU 2.

Ce rapport s'articule en chapitres, chacun d'entre eux pouvant constituer un des chapitres du futur manuscrit de la thèse.

Tout d'abord, une brève explication du secteur d'étude et de la problématique de ce projet de recherche et de la thèse associée est donnée. Il est fait état des points de suivis sur le secteur d'étude, que ce soient les points CARISMEAU 2 correspondant majoritairement à la campagne de terrain de fin 2009, les points CARISMEAU pour lesquels le jeu de données est composé des campagnes de mai et d'octobre 2006, et enfin des points complémentaires choisis parmi les points suivis par l'Agence Régionale de Santé (ARS).

Un état d'avancement des analyses des prélèvements effectués lors de la campagne terrain 2009 -2010 est présenté, ainsi que les premières interprétations des résultats.

Un chapitre important de ce rapport est consacré à l'évolution temporelle de la qualité des eaux, que ce soit pour des données sur les dernières décennies des forages de la zone d'étude captant l'Eocène moyen, ou bien des données d'évolution temporelle

² CARISMEAU : CARactérisation Isotopique et géochimique des Masses d'EAU dans le bassin Adour-Garonne (<http://carismeau.brgm.fr/>).

contemporaine, avec la mise en place de suivi en continu de plusieurs heures à plusieurs jours. Un travail conséquent a été réalisé sur ces questions d'évolution temporelle de la qualité des eaux.

Puis, un chapitre est dédié à la relation entre la chimie des eaux et la minéralogie-géologie de la roche réservoir. Ce chapitre met en avant la réalisation de prélèvements sélectifs d'eau à différentes profondeurs au sein de la zone crépinée de forages et leurs premières interprétations. Il fait également état de tout le travail déjà effectué sur des cuttings de forages réalisés sur le secteur d'étude et sur des échantillons de gypse collectés à proximité de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». De plus, un volet sur la paléogéographie de l'Eocène est abordé.

Enfin ce rapport rend compte de l'avancement de la communication et de la valorisation scientifique autour de ce projet de recherche, avec par exemple la mise à jour du site WEB de CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>), l'ensemble des congrès et des colloques pour lesquels le projet de recherche et la thèse ont été présentés.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DU CONTEXTE ET DE LA ZONE D'ETUDE

1. La zone d'étude

1.1. LA ZONE D'ETUDE

La limite du secteur d'étude du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée « Zone minéralisée » de l'Entre-deux-Mers a été validée le 30 avril 2009 lors de la réunion de lancement de la thèse et du projet de recherche CARISMEAU 2, elle est présentée Illustration 1 .

Sa délimitation a été fixée en tenant compte des données géochimiques déjà connues, complétées par des informations obtenues notamment à travers des suivis réalisés dans le cadre du programme « Gestion des Nappes de Gironde » (GN33), mais aussi par les recommandations des membres du comité de pilotage³ du projet de recherche.

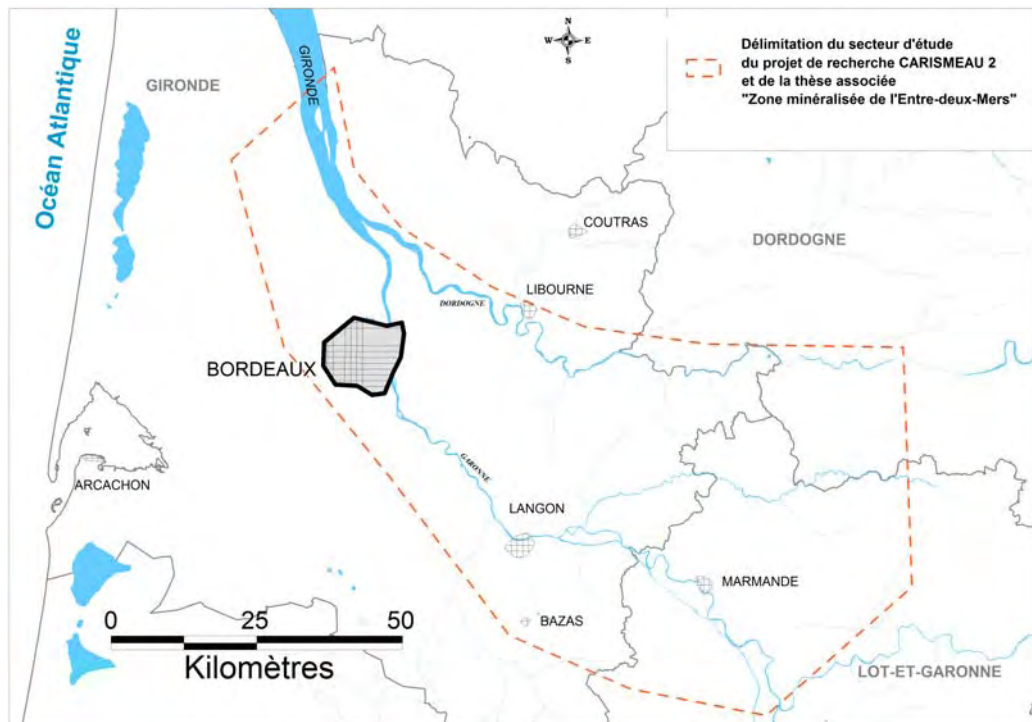


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude CARISMEAU 2.

³ Composition du Comité de Pilotage : Ph. Négrel (BRGM), C. KING (BRGM), Ph. Dutartre (BRGM), N. Pédrón (BRGM), O. Atteia (EGID), A. Dupuy (EGID), M. Franceschi (EGID), F. Larroque (EGID) B. de Grissac (SMEGREG), P. Marchet (AEAG), C. Debrieux-Levrat (CG33).

1.2. LA PROBLEMATIQUE

Au nord du Bassin aquitain, l'aquifère de l'Eocène est l'une des deux principales ressources en eau exploitées pour l'Alimentation en Eau Potable (Illustration 2).

Le projet de recherche CARISMEAU 2, initié début 2009, s'inscrit dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Il vise en particulier à mieux comprendre la complexité de fonctionnement de l'aquifère de l'Eocène.

L'eau de cet aquifère présente des teneurs en sulfates et fluor supérieures aux normes de potabilité (Illustration 3 et Illustration 4), réparties de façon hétérogène, dont l'origine est mal connue. Cette minéralisation excessive induit des difficultés d'exploitation de la ressource en eau.

VOLUMES D'EAU PRELEVES EN GIRONDE
POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
EN 2008 (%)

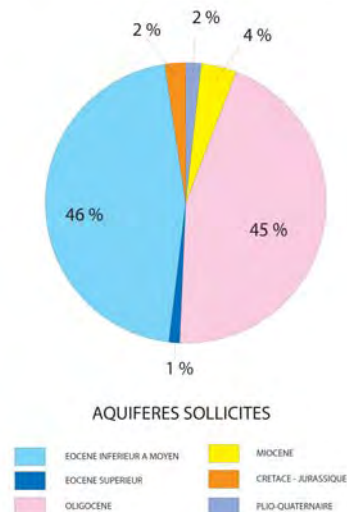


Illustration 2 : Répartition des volumes d'eau prélevés en Gironde pour l'Alimentation en Eau potable en 2008.

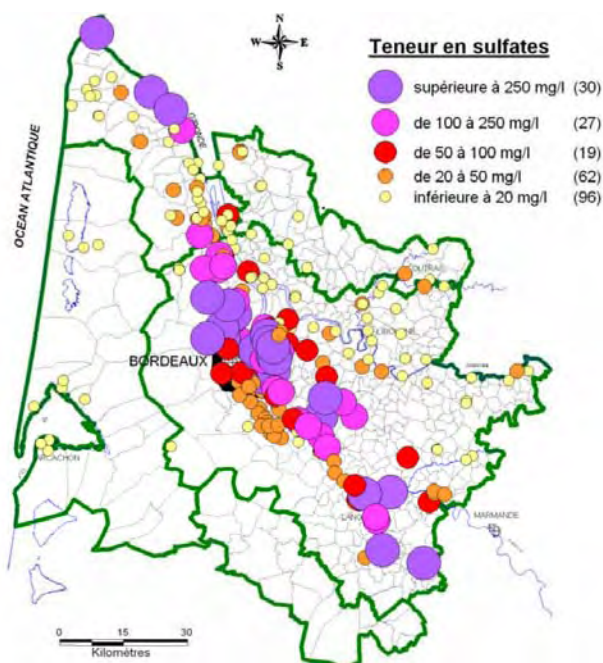


Illustration 3 : Concentration en sulfates dans les ouvrages captant l'Eocène moyen à inférieur en 2008.

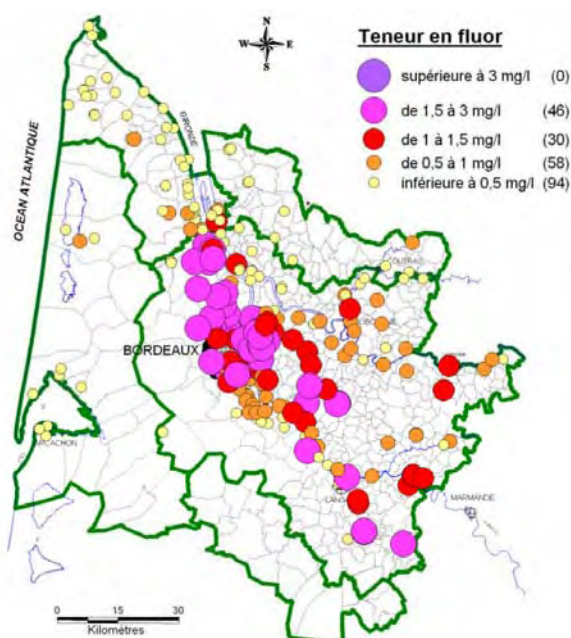


Illustration 4 : Concentration en fluor dans les ouvrages captant l'Eocène moyen à inférieur en 2008.

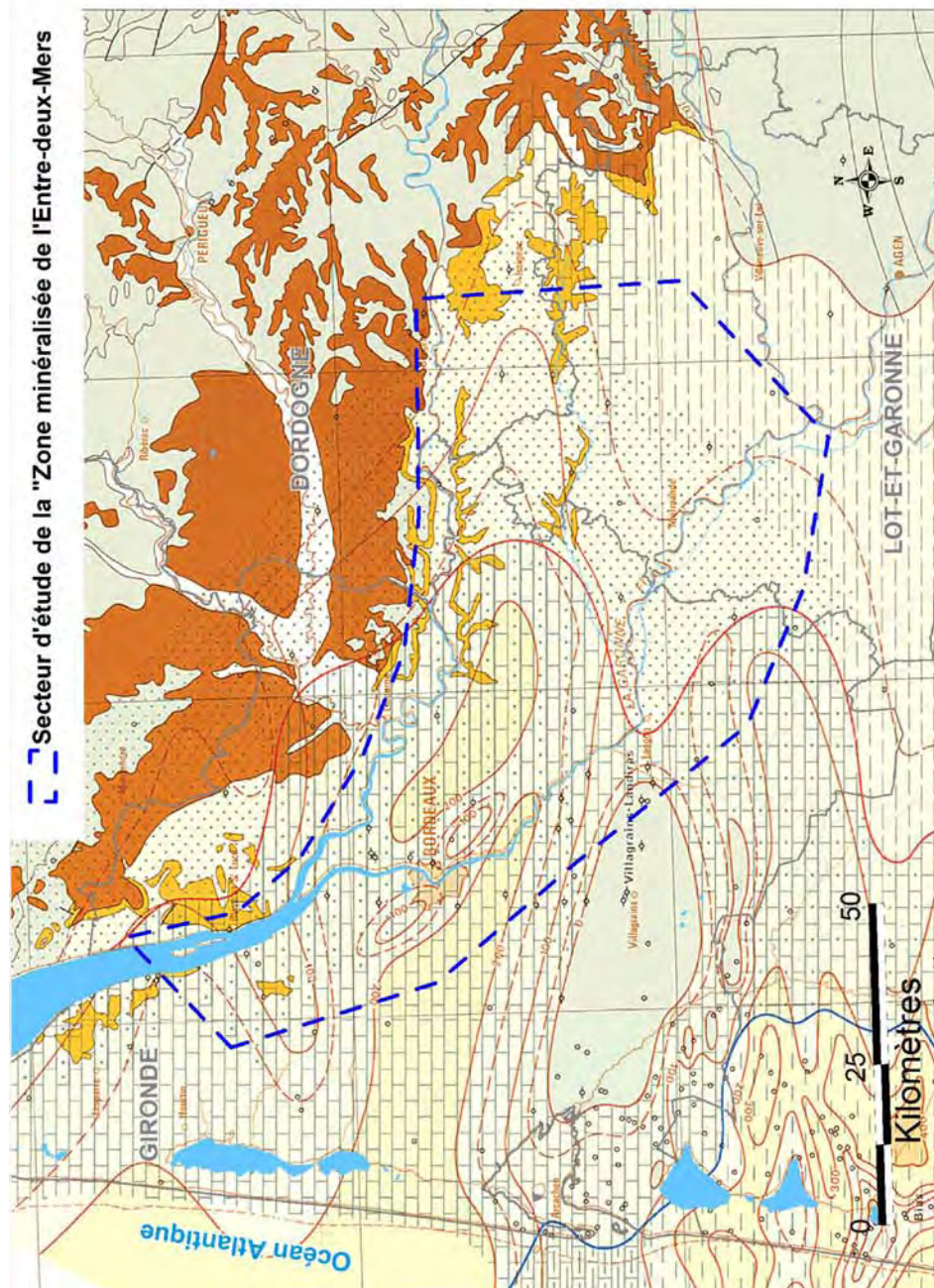


Illustration 5 : Géologie du secteur d'étude à l'Eocène moyen.

Les **objectifs** de ce projet de recherche sont de définir :

- Quelle est l'origine de la minéralisation : apport latéral ou vertical ?
- Quelles sont les circulations de ces eaux minéralisées (Illustration 6 et Illustration 7) ?
- Quelles sont les méthodes de gestion envisageables ?

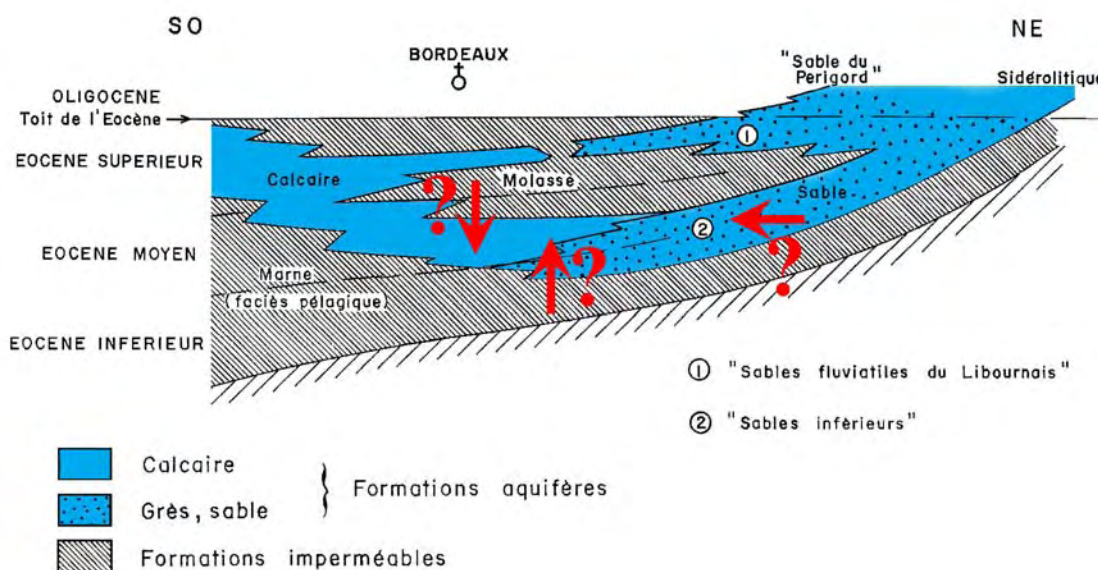


Illustration 6 : Coupe schématique SO-NE de la zone d'étude à l'Eocène moyen, avec en rouge les hypothèses de circulations des eaux minéralisées.

Le **BRGM** et l'**Institut EGID** (Université de Bordeaux 3) réalisent conjointement ce programme de recherche sur l'origine de la minéralisation et son impact sur l'exploitation à long terme de ce réservoir éocène. Ils mettent en œuvre leurs moyens analytiques et co-encadrent la thèse associée.

Les **outils** géochimiques et isotopiques usuels (isotopes de l'oxygène et de l'hydrogène de l'eau, du soufre et de l'oxygène des sulfates), novateurs (isotopes du strontium) et potentiels (isotopes du bore et du lithium) testés lors du projet CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>) sont utilisés dans le cadre de ce projet.

De plus, l'intérêt de ce sujet est partagé par l'ensemble des co-financeurs (Conseil Général de Gironde, Agence de l'Eau Adour Garonne, Région Aquitaine).

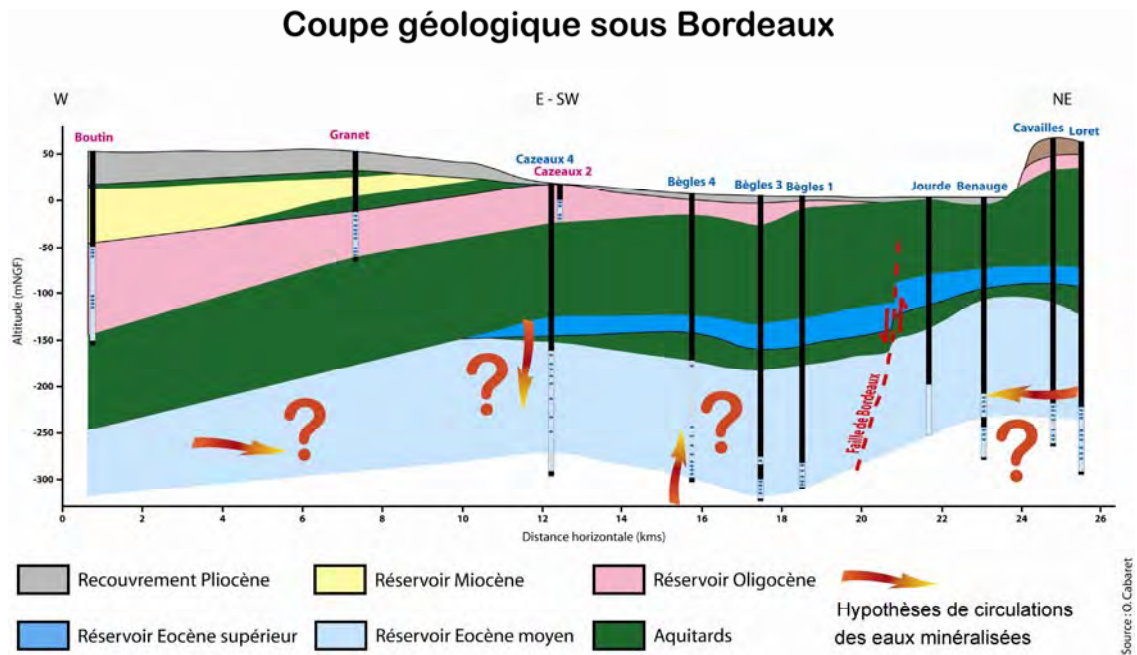


Illustration 7 : Hypothèses de circulations des eaux minéralisées sous la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB).

La problématique fluor, abordée dans la presse locale (Illustration 8), touche tout particulièrement la partie Bas-Médoc du secteur d'étude de ce projet de recherche et de la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ».

D'un point de vue de santé publique, des concentrations en fluor dans l'eau potable supérieures à 2 mg/l sont dangereuses, c'est pourquoi notamment les médecins généralistes en sont informés par l'ARS. Une carte de l'ARS recense les communes en fonction de la concentration en fluor de l'eau potable qui y est distribuée (Illustration 9).

Un excès de fluor dans l'eau du robinet



En 2009, 297 160 m³ sont passés par le château d'eau de Margaux. PHOTO LOUIS LE COR

Les conseillers municipaux des communes d'Arsac, Cantenac, Margaux et Soussans viennent de recevoir le rapport 2009 du Syndicat intercommunal de l'eau et de l'assainissement (SIEA) concernant la qualité de l'eau potable. La Lyonnaise des eaux exploite le réseau par délégation du syndicat et l'eau alimentant les quatre communes provient de deux forages : l'un à Margaux (297 160 m³) et l'autre à Arsac (166 932 m³). Il est possible de puiser indifféremment dans l'un ou l'autre.

En 2009, les 3 297 abonnés desservis ont consommé 356 273 m³. Les contrôles de qualité de l'eau effectués ont révélé une eau qui répond aux normes bactériologiques. Elle contient beaucoup de calcium, la classant ainsi très dure. En revanche, concernant le fluor, le taux compris entre 1,9 et 2,1 mg/l n'est pas conforme à la norme en vigueur à savoir 1,5 mg/l. Une étude est en cours pour rechercher des ressources complémentaires en eau potable, peu chargée en fluor afin de les diluer avec l'eau distribuée et en faire ainsi baisser le taux.

24 septembre 2010

Par **Louis Le Cor**

Illustration 8 : Article paru dans Sud-Ouest relatant la problématique du fluor dans le Médoc.

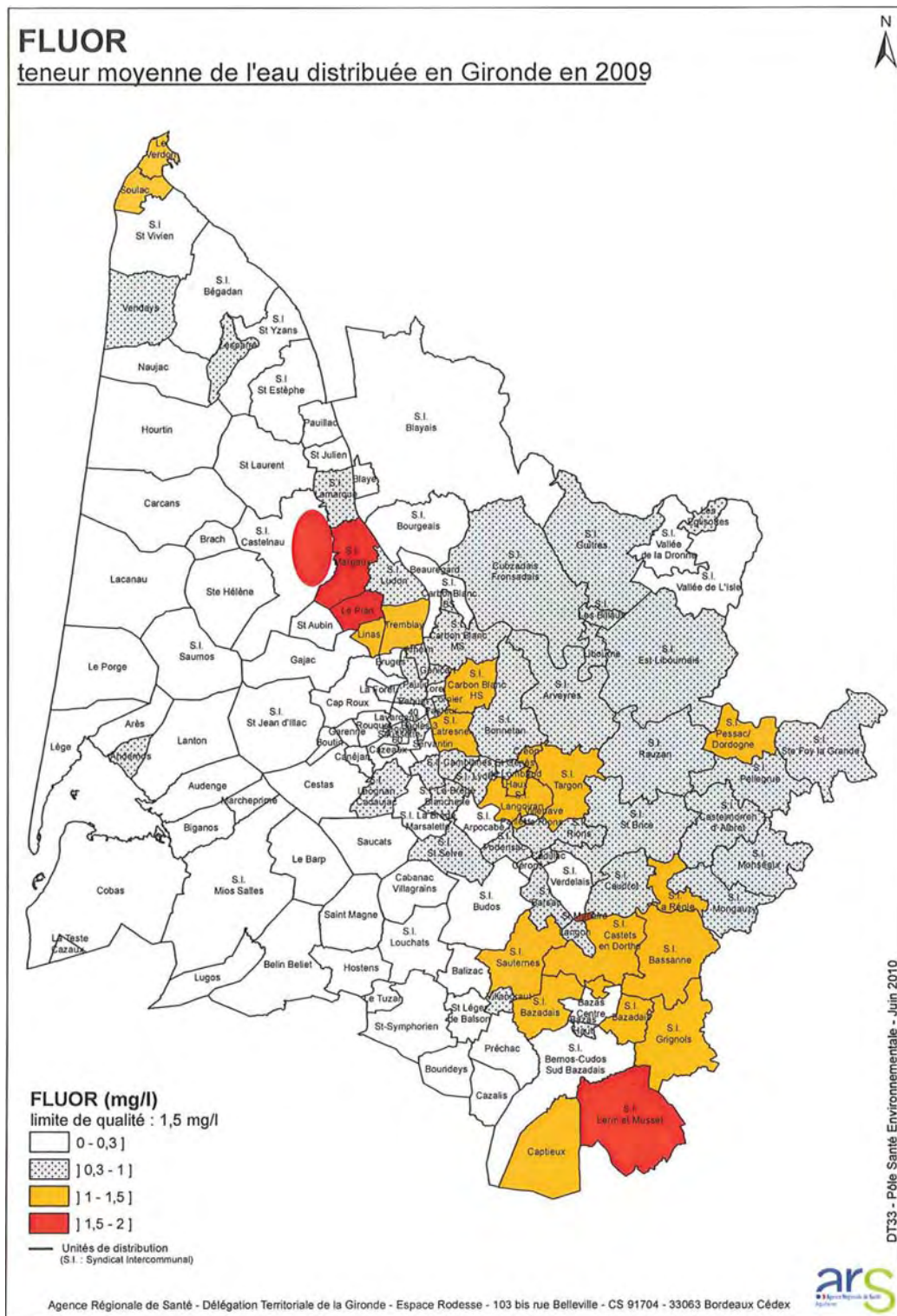


Illustration 9 : Carte de la teneur moyenne en fluor dans l'eau distribuée en Gironde (ARS).

2. Les points suivis

2.1. LES POINTS CARISMEAU 2

Les points CARISMEAU 2 sont localisés sur l'illustration 10 et sont décrits dans les tableaux ci-après (Illustration 11 et Illustration 12).

2.1.1. Campagne de terrain CARISMEAU 2

La campagne de terrain de septembre - octobre 2009 a eu pour résultats des prélèvements effectués sur 48 sites, situés sur l'ensemble du secteur d'étude CARISMEAU 2.

Un label CARISMEAU 2 a été adopté pour l'appellation de ces différents sites. Tous les points suivis dans CARISMEAU 2 comportent les deux lettres « ZM » pour « Zone Minéralisée », afin de les différencier des points CARISMEAU. Les premières lettres du label indiquent l'aquifère prélevé, comme c'était le cas lors de CARISMEAU, par exemple « EM » : « Eocène Moyen », « EI » : « Eocène Inférieur », « CR » : « Crétacé ». Et enfin le label se termine par un chiffre, pour identifier plus précisément le site suivi. Par exemple, « EMZM6 » signifie que ce point de suivi de CARISMEAU 2 (thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ») est le 6^{ème} point prélevé de l'Eocène moyen.

A ces 48 sites de suivi s'ajoutent deux sites qui furent l'objet de prélèvements antérieurs, CRZM4 (Monbahus) et CRZM5 (Peyrières). Un autre site EMZM23 (Canon) s'ajoutera par la suite, lorsque le forage sera réhabilité.

La première campagne de terrain de septembre - octobre 2009 regroupe un total de 51 sites suivis.

2.1.2. Points complémentaires CARISMEAU 2

En mars et avril 2010, 4 nouveaux points se sont ajoutés au panel des points CARISMEAU 2. En effet, les points EMZM43 (Villeneuve), EMZM44 (Lansac) et CRZM6 (Caudrot) ont été prélevés et les données des diagraphies géochimiques ont pu être collectées (IDEES EAUX). De plus, le nouveau forage AEP réalisé à Baurech, au cœur de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » a été suivi ; les cuttings ont pu être intégralement échantillonnés, et des prélèvements d'eau ont été effectués.

Une intervention sur le forage AEP de Haux, déjà été prélevé en mai et octobre 2006 dans le cadre de CARISMEAU (d'où son numéro EM7) a été réalisée fin juin 2010. En accord avec le maire de Haux, M. Pouchan, l'EGID et Hydro-Assistance, des prélèvements d'eau à différents niveaux de la colonne d'eau du forage ont été effectués en statique et en dynamique.

Pour le moment le point EMZM23 (Cenon) est toujours en attente de prélèvement, sa réhabilitation n'est toujours pas terminée à l'heure actuelle.

Le nombre de points d'eau CARISMEAU 2 pour lesquelles une diagraphie géochimique et/ou un prélèvement a été effectué s'élève donc à 56 points en juillet 2010.

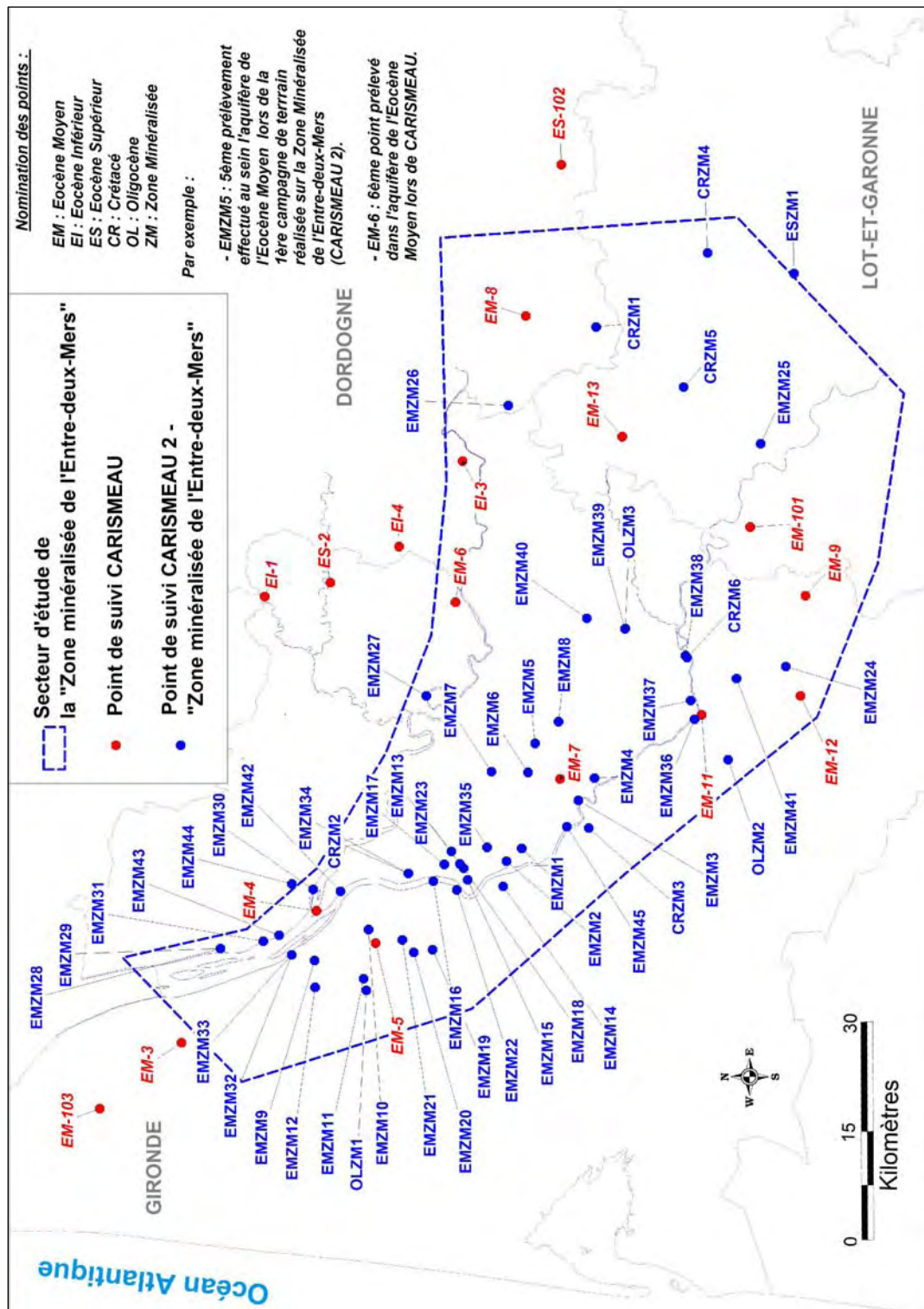


Illustration 10 : Carte de localisation des points de suivi CARISMEAU 2 et CARISMEAU pour le secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ».

LABEL CARISMEAU 2	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
EMZM1	08273X0353	F3	LATRESNE	CHICAND
EMZM2	08273X0262	F1	LATRESNE	COULOMB
EMZM3	08278X0129	F2	LANGOIRAN	COMMUNAL
EMZM4	08285X0012	F2	PAILLET	COMMUNAL - LASSERRE
EMZM5	08281X0018	RIOT2	LA SAUVE	LE RIOT
EMZM6	08281X0007	LAFONT	CREON	LAFONT - MONTUARED
EMZM7	08281X0033	F2	LE POUT	ROCHON 2
EMZM8	08282X0029	F2	TARGON	COMMUNAL
EMZM9	07795X0003	F2	MARGAUX	STADE
EMZM10	08032X0331	F2	LE PIAN MEDOC	GRAVIEL
EMZM11	08031X0241	F	ARSAC	GOURION
EMZM12	07788X0037	F4	AVENSAN	VILLEGEORGES
EMZM13	08037X0396	F1	ARTIGUES PRES BORDEAUX	MOULINAT - MIRAIL
EMZM14	08272X0007	F3	BEGLES	VERDUN
EMZM15	08037X0042	F	BORDEAUX	LA BENAUGE
EMZM16	08037X0040	F	BORDEAUX	AMELIN
EMZM17	08037X0429	F2	LORMONT	LA RAMADE
EMZM18	08037X0041	F	CENON	CAVAILLES
EMZM19	08035X0270	F	EYSINES	CANTINOLLE
EMZM20	08031X0198	F	LE TAILLAN MEDOC	L'ECUREUIL
EMZM21	08031X0172	F	BLANQUEFORT	LINAS
EMZM22	08036X0018	F	BORDEAUX	BOURBON
EMZM23	08037X0313	F1	CENON	LORET-ZUP
EMZM24	08763X0016	F2	BAZAS	LE PIGEAN 2
EMZM25	08537X0201	F	SAINT-PARDOUX-DU-BREUIL	LES BATANERES
EMZM26	08294X0011	F	MONESTIER	CHATEAU LE VIGIER (GOLF)
EMZM27	08046X0005	F2	LIBOURNE	GUEYROSSE
EMZM28	07791X0220	PZEM11	SAINT-GENES-DE-BLAYE	SEGONZAC
EMZM29	07791X0008	PZEM12	SAINT-GENES- DE-BLAYE	SEGONZAC
EMZM30	07796X0069	F	BOURG	LE PORT
EMZM31	07791X0219	PZEM7	PLASSAC	TERRAIN DE BOULES
EMZM32	07795X0106	PZEM9	SOUSSANS - Le Port	LE PORT
EMZM33	07795X0105	PZEM8	SOUSSANS - Le Port	LE PORT
EMZM34	08033X0294	F4	BASSENS	CFA
EMZM35	08037X0169	F	BOULIAC	
EMZM36	08522X0011	F	TOULENNE	COMMUNAL

Illustration 11 : Tableau des points CARISMEAU 2 (1/2).

LABEL CARISMEAU 2	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
EMZM37	08522X0024	F2	SAINT MACAIRE	COMMUNAL
EMZM38	08523X0092	F1	CAUDROT	LE GRAVA
EMZM39	08287X0015	F	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
EMZM40	08288X0003	F3	SAUVETERRE DE GUYENNE	COMMUNAL
EMZM41	08526X0053	F	AUROS	LE CAMPECH
EMZM42	07796X0025	F1	AMBES	CENTRALE THERMIQUE
EMZM43	07795X0006	F2	VILLENEUVE	ROQUE DE THAU
EMZM44	07796X0101	F	LANSAC	LES MOISELLES (DEMOISELLES)
EMZM45	08278X0248	F4	BAURECH	LE PETIT PORT
CRZM1	08305X0002	F	EYMET	LE CARROUSSEL
CRZM2	08033X0157	F1	BASSENS	CFA
CRZM3	08278X0192	F	CASTRES –GIRONDE	CHÂTEAU D'EAU
CRZM4	08547X0008	Pz	MONBAHUS	AUX BIARDS - SECTION AO - PARCELLE 140
CRZM5	08534X0009	Pz	PEYRIERES	GRAND GUILLEM
CRZM6	08523X0095	F2	CAUDROT	LE GRAVA 2
OLZM1	08024X0070	F13	ARSAC	LE SALZET
OLZM2	08525X0028	F2	SAUTERNES	BROUQUET
OLZM3	08287X0014	S	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
ESZM1	08782X0022	F	MONCLAR	
EM7	08281X0020	F	HAUX	CHÂTEAU D'EAU

Illustration 12 : Tableau des points CARISMEAU 2 (2/2).

2.2. LES POINTS CARISMEAU

Les 17 points CARISMEAU correspondant au secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » sont aussi localisés sur l'illustration 10 et sont décrits dans le tableau ci-dessous (Illustration 13).

LABEL CARISMEAU	INDICE BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
EI1	07804X0001	EGLISOTTES ET CHALAURES	COMMUNAL
EI3	08057X0030	PORT SAINTE FOY ET PONCHAPT	GARRIGUES
EI4	08051X0035	MONTPEYROUX	TROMPETTE
EM3	07547X0068	SAINT SAUVEUR	SABLONNET
EM4	07796X0110	AMBES	EKA-NOBEL
EM5	08031X0199	LE PIAN MEDOC	COMMUNAL - BOUCHAUD
EM6	08048X0048	SAINT MAGNE DE CASTILLON	CHAPOUTERE
EM7	08281X0020	HAUX	CHATEAU D'EAU
EM8	08301X0002	FLAUGEAC	FLAUGEAC
EM9	08764X0005	CAUVIGNAC	LE LYSOS
EM11	08522X0116	LANGON	LES SALIERES
EM12	08762X0018	BAZAS	LES POUILLES
EM13	08297X0001	AURIAC SUR DROPT	LES PIERRES
EM101	08535X0020	MARCELLUS	MUSCAT
EM103	07542X0002	LESPARRE-MEDOC	PRADAL
ES2	07808X0006	SAINT SAURIN SUR L'ISLE	SOCAR
ES102	08308X0018	SAINT LEON D'ISSIGEAC	LES GRANDES VIGNES

Illustration 13 : Points CARISMEAU correspondant au secteur d'étude CARISMEAU 2.

2.3. LES POINTS COMPLEMENTAIRES EN GIRONDE

Des points complémentaires ont été observés au pas de temps annuel d'un point de vue quantitatif (volume annuel prélevé et niveau piézométrique et qualitatif (conductivité électrique, teneur en sulfates, chlorures et fluor). Ces 8 points correspondent à 8 forages dont 7 sont destinés à l'Alimentation en Eau Potable en Gironde et un à l'alimentation de la piscine universitaire de Pessac. Ils sont présentés dans le tableau ci-après (Illustration 14).

INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
DDASS14	08043X0029	F	LES ARTIGUES DE LUSSAC	MOULIN GAILLARD
DDASS32	08763X0002	F1	BAZAS	LE PIGEAN
DDASS48	08032X0221	F	BLANQUEFORT	TREMBLAY
DDASS94	08037X0425	F	CENON	LA MAREGUE
DDASS113	08035X0376	F2	EYSINES	LA FORET
DDASS188	08037X0400	F2	LORMONT	GENICART
DDASS250	08281X0022	F	LE POUT	ROCHON
DDASS1343	08272X0056	F1/ EMPTY	PESSAC	STADIUM I

Illustration 14 : Points complémentaires observés au pas de temps annuel.

CHAPITRE 2

CAMPAGNE DE TERRAIN CARISMEAU 2

1. Etat d'avancement des analyses aux laboratoires

1.1. ANALYSES REALISEES

1.1.1. Paramètres *in situ* et éléments majeurs

55 sites ont été prélevés. Parmi eux, le forage EM7 a fait l'objet de 8 prélèvements à différents niveaux en statique et en dynamique au cours d'un pompage.

Tous les paramètres *in situ* ont été mesurés.

Les paramètres *in situ* des points prélevés à l'aide du préleveur de fond développé par le BRGM ont validé les profondeurs de prélèvement et les paramètres physico-chimiques leur correspondant (Illustration 15 et Illustration 16).

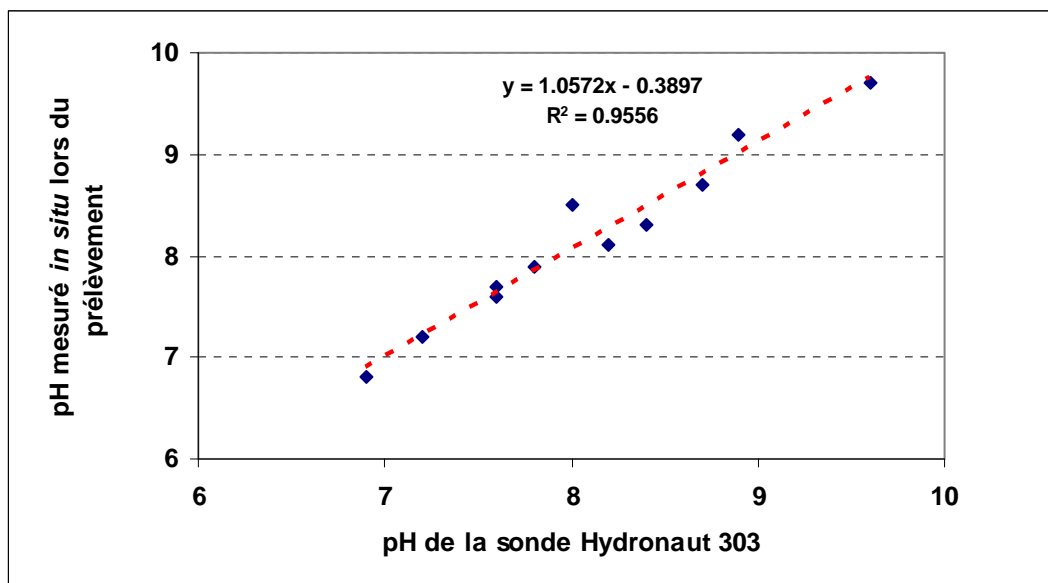


Illustration 15 : Relation entre les mesures de pH in situ et celles de la sonde Hydronaut 303 pour les profondeurs de prélèvements souhaitées.

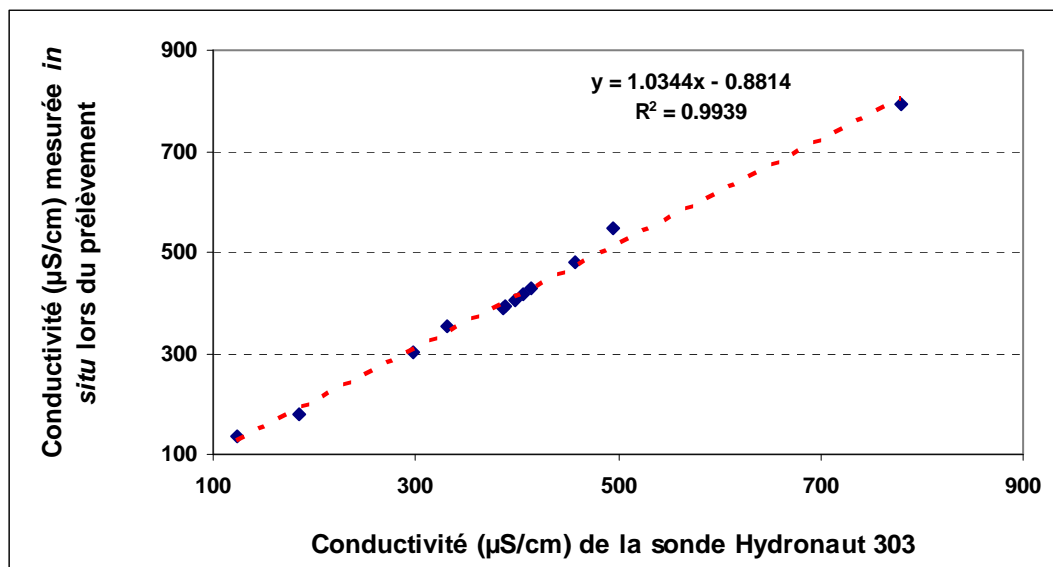


Illustration 16 : Relation entre les mesures de conductivité électrique in situ et celles de la sonde Hydronaut 303 pour les profondeurs de prélèvements souhaitées.

L'ensemble des analyses des alcalinités ont été effectuées au laboratoire de l'EGID.

La quasi-totalité des échantillons pour analyse des cations et anions a été passée à l'EGID en chromatographie ionique. Seuls les derniers prélèvements effectués en 2010 ont des analyses incomplètes. Ceci est dû à un problème technique sur un des systèmes de chromatographie ionique de l'EGID.

1.1.2. Éléments traces et isotopes

Les analyses suivantes sont réalisées au BRGM :

- les éléments traces par ICP-MS,
- les isotopes par spectrométrie de masse : $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{11}\text{B}$, $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$.

Parmi les prélèvements disponibles, 30 points ont été sélectionnés pour l'analyse dans un premier temps des éléments traces. En fait, deux listes ont été composées, une liste restreinte de 20 points à laquelle s'ajoute une liste étendue de 10 points supplémentaires.

Leur sélection a non seulement pris en compte le fait que l'eau prélevée était bien représentative de la masse d'eau étudiée, mais aussi leur pertinence vis-à-vis de la problématique de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers », notamment en se référant aux historiques disponibles pour les points AEP par exemple. Les 30 points sélectionnés sont localisés sur l'illustration 17.

Pour les 30 points retenus (liste restreinte et liste étendue), des analyses des éléments traces ont été réalisées. Pour les 20 points de la liste restreinte les analyses des isotopes sont déjà effectuées ou en cours.

Les éléments traces et les isotopes suivants : $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$, ainsi que 11 points pour ^3H ont déjà été effectuées au BRGM Orléans.

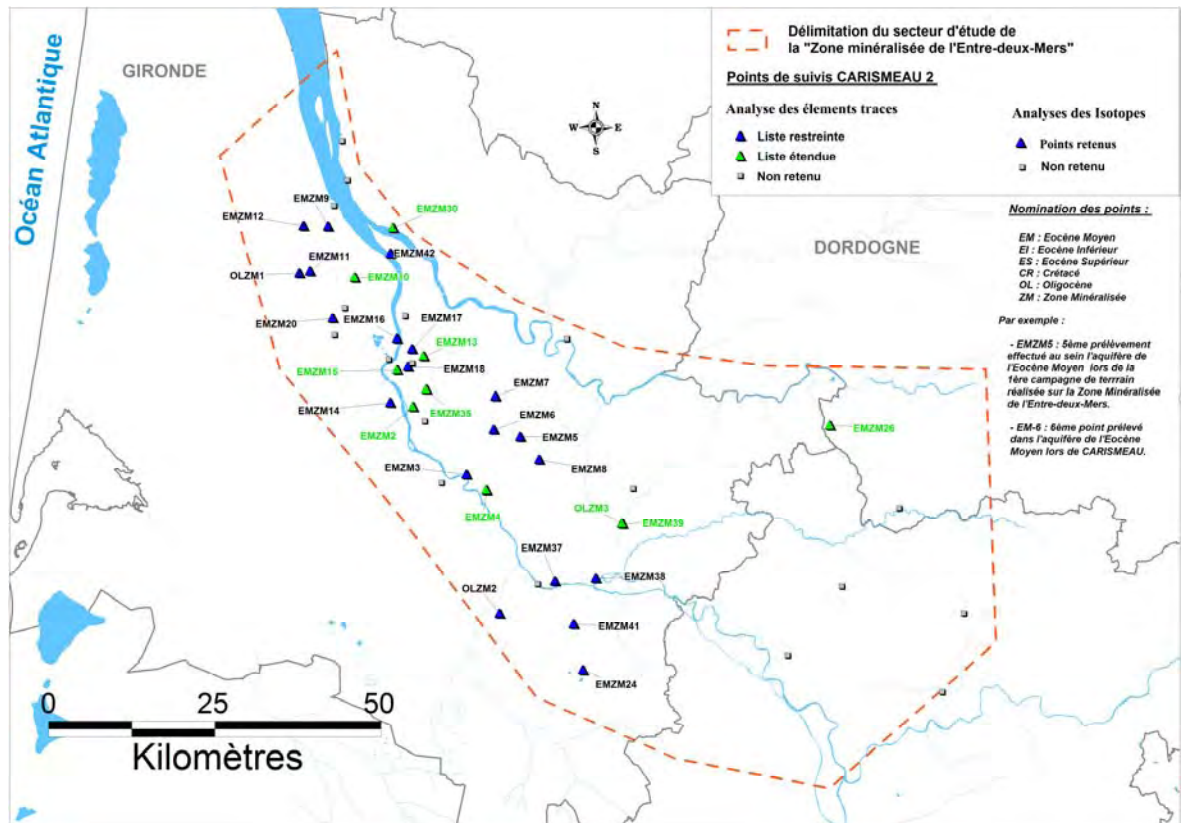


Illustration 17 : Localisation des points analysés en éléments traces et isotopes au BRGM.

1.1.3. Isotopes du radium

Le travail de marquage des eaux souterraines au moyen du radium par spectromètre nucléaire dit "à bas bruit de fond" est réalisé en collaboration avec Sabine Schmidt du laboratoire EPOC - CNRS (Université de Bordeaux 1). La préparation des échantillons et leur comptage sont effectués dans les laboratoires d'EPOC et du CNRS.

La totalité des prélèvements d'eau effectués pour analyses du Ra ont été analysés.

Des cuttings prélevés dans 3 forages (CRZM4, CRZM5 et EMZM45) de la zone d'étude ont également été transmis à S. Schmidt pour analyse.

L'interprétation de l'ensemble de ces données a déjà commencé en collaboration avec Sabine Schmidt. Ce travail nécessite notamment une comparaison avec les autres éléments, tels que les ions majeurs.

1.2. ANALYSES EN COURS

Pour les éléments majeurs :

L'ensemble des eaux prélevées en 2009-2010 ont été analysées d'un point de vue des éléments majeurs.

Les erreurs lors d'analyses dont il avait été fait part dans le rapport précédent (Malcuit, juillet 2010) ont été corrigées.

Seuls les prélèvements d'Arsac réalisés la veille de Noël restent à analyser au laboratoire de l'EGID, ce qui sera le cas début 2011.

Pour les éléments traces et les isotopes :

Des analyses complémentaires sont en cours et de nouvelles seront certainement effectuées en 2011.

2. Résultats et première interprétation des éléments majeurs

2.1. LES PARAMETRES DE TERRAIN

Les mesures physico-chimiques *in situ* ont été effectuées en septembre-octobre 2009 avec du matériel BRGM et EGID.

Les premiers résultats des paramètres *in situ* ne distinguent pas les valeurs obtenues en fonction des aquifères prélevés. Les valeurs des paramètres sont prises dans leur ensemble sans distinction.

Les températures des eaux varient de 13,8°C à 24,8°C, pour une température moyenne de 20,8°C et une température médiane de 21,1°C. La répartition des valeurs de températures est présentée dans l'illustration 18.

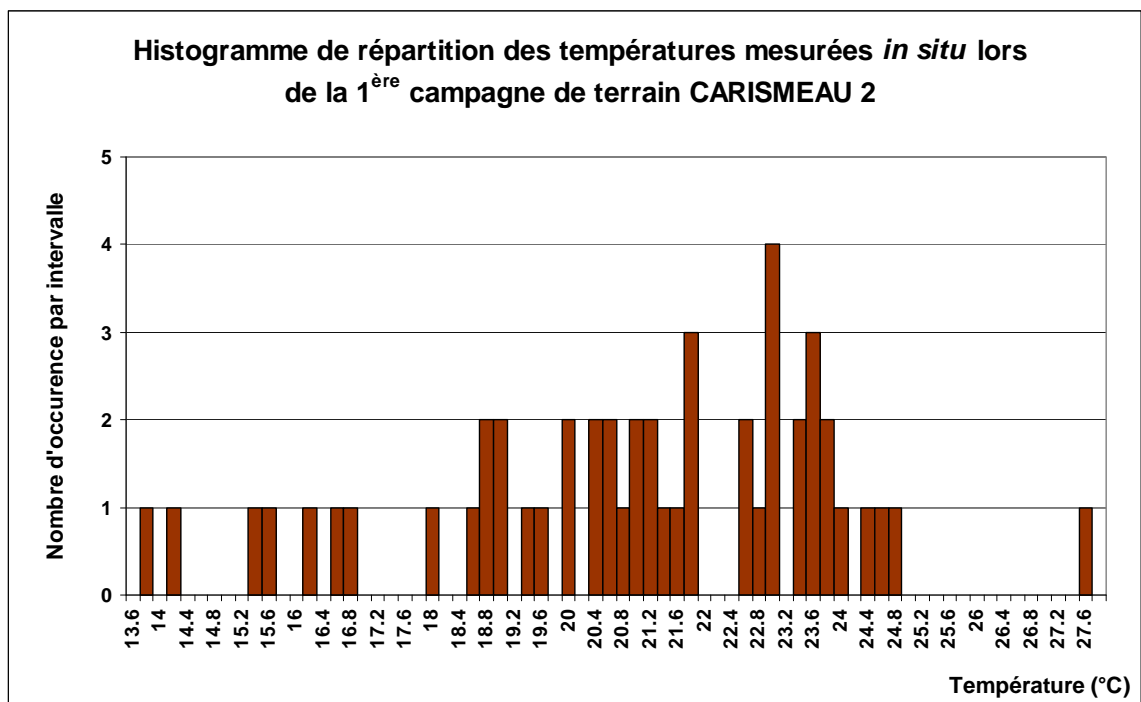


Illustration 18 : Répartition des valeurs de température mesurées.

Quant au pH, la majorité des points est caractérisée par une eau neutre à légèrement basique avec des valeurs comprises entre 7 et 8,5. La plus forte valeur mesurée est de 9,7 et la plus faible valeur de pH enregistrée est de 6,8. Les deux valeurs dont le pH est supérieur à 9 ne sont probablement pas d'origine naturelle. L'illustration 19 représente la répartition des valeurs enregistrées.

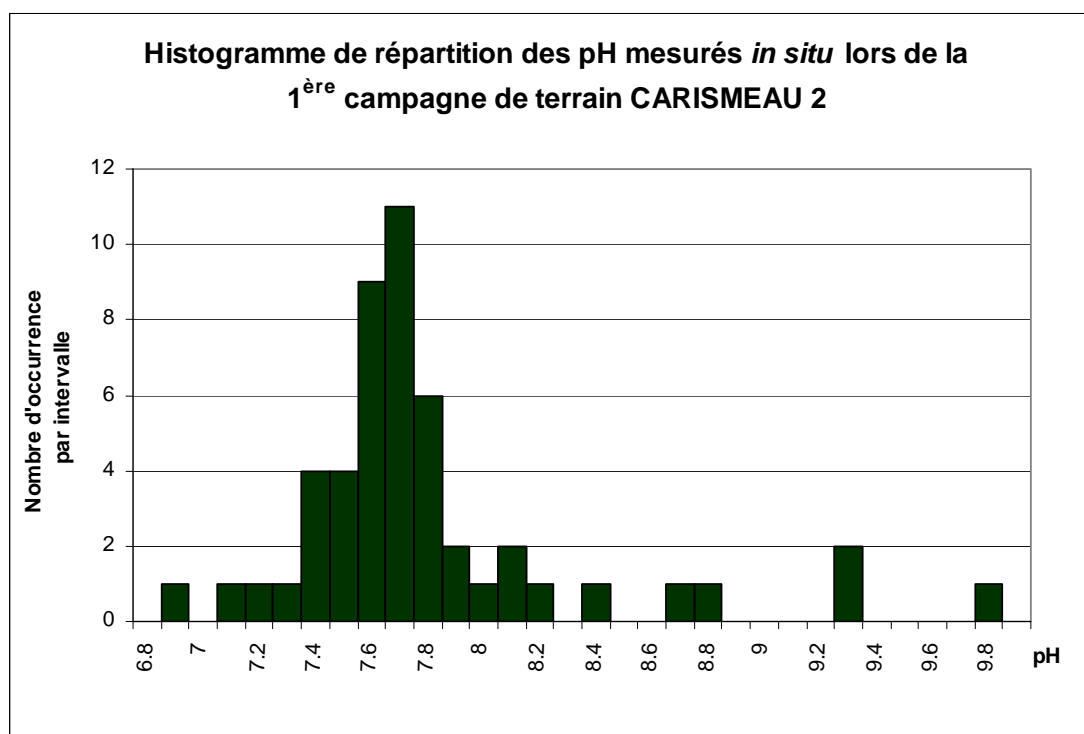


Illustration 19 : Répartition des valeurs de pH mesurées.

La plus large gamme de variation des mesures *in situ* est celle de la conductivité électrique. Les valeurs de conductivité mesurées sont normalisées à 25°C. La valeur minimale est de 134 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui correspond à une eau très peu minéralisée pour le point EMZM35 (Bouliac) et la plus forte a une valeur de 1627 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui indique une forte minéralisation pour le point EMZM16 (Bordeaux). La répartition de ces valeurs est représentée par l'illustration 20. Leur répartition spatiale est illustrée par l'illustration 21.

Les valeurs de la teneur en oxygène dissous de ces eaux varient de 0 % à 55 %. Dans la majorité des cas, les eaux prélevées via un forage proviennent d'une masse d'eau captive, il est tout à fait attendu que la teneur en oxygène dissous soit nulle ou quasi nulle. Les fortes valeurs correspondent à des mesures réalisées à l'exhaure de forages agricoles, mais aussi au trop plein d'une source. Dans ces conditions, il paraît tout à fait normal que les teneurs en oxygène soient plus élevées; elles sont certainement contaminées par l'air atmosphérique.

Les valeurs du potentiel d'oxydo-réduction (Eh) varient de 18 mV à 444 mV, avec une moyenne de 141 mV. La répartition des valeurs est illustrée par l'illustration 20. La majorité des valeurs est comprise entre 10 et 350 mV, ce qui caractérise des eaux faiblement oxydantes. Seul un point (OLZM3) s'individualise avec une valeur de 444 mV, ce qui indique une eau assez oxydante.

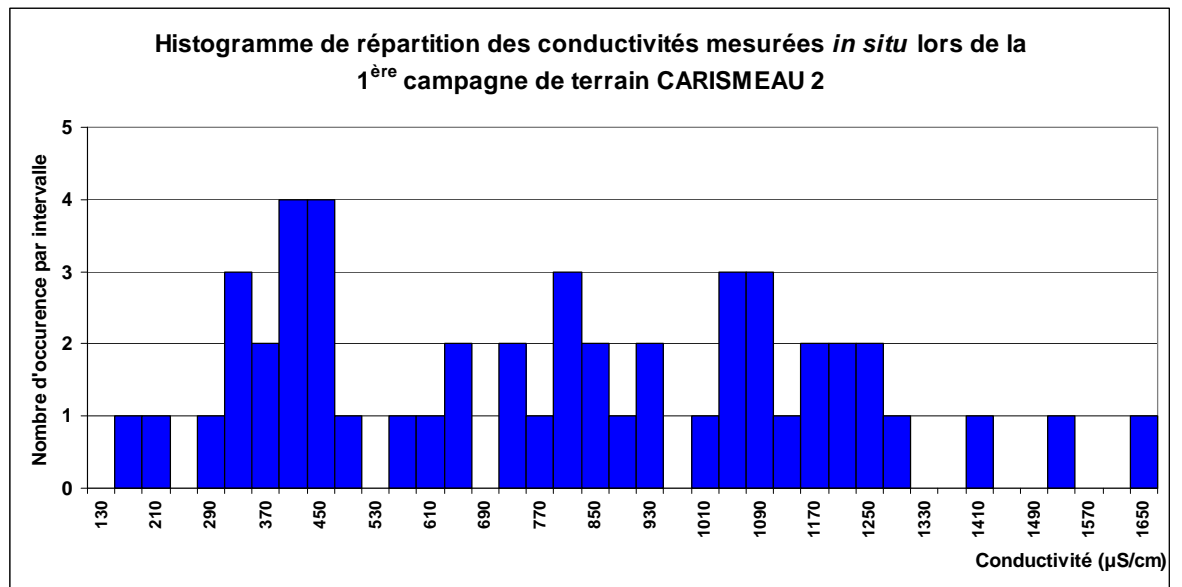


Illustration 20 : Répartition des valeurs de conductivité électrique mesurées.

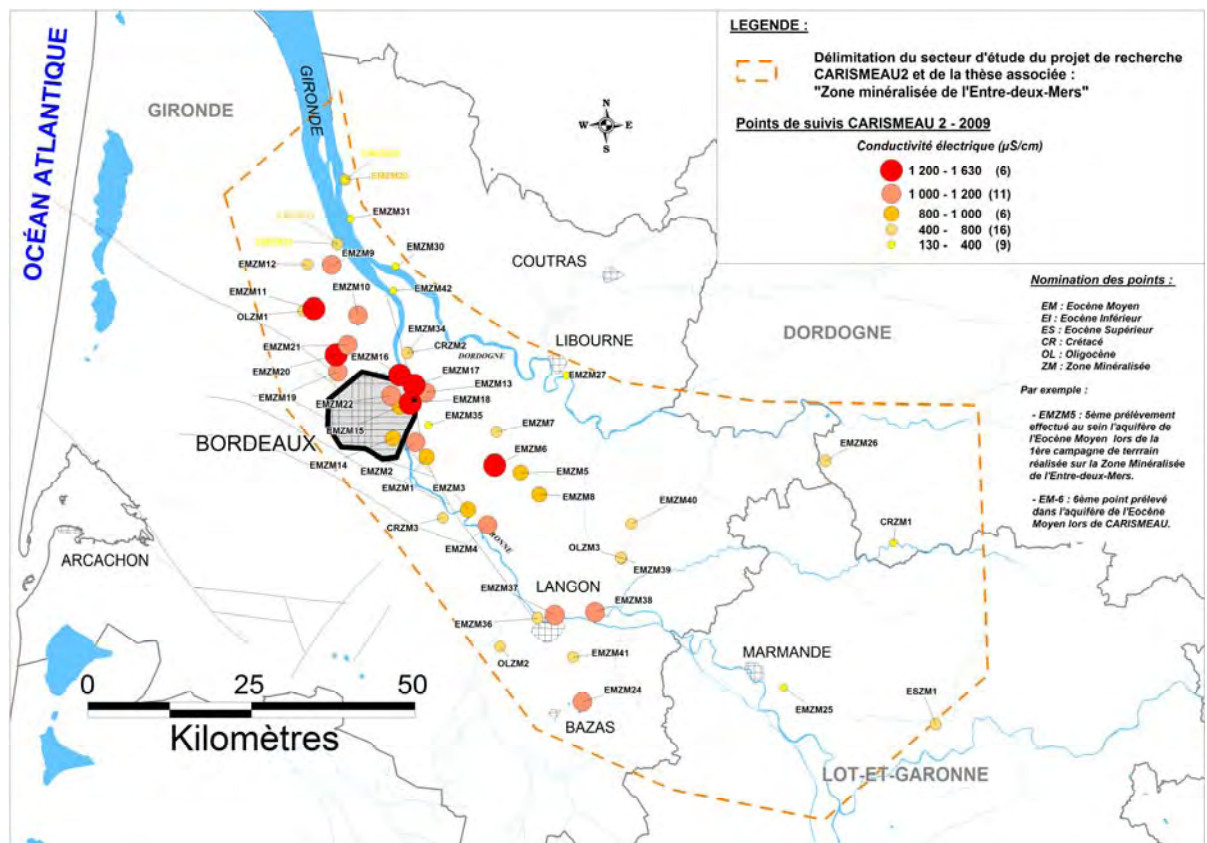


Illustration 21 : Répartition spatiale des valeurs de conductivité électrique mesurées.

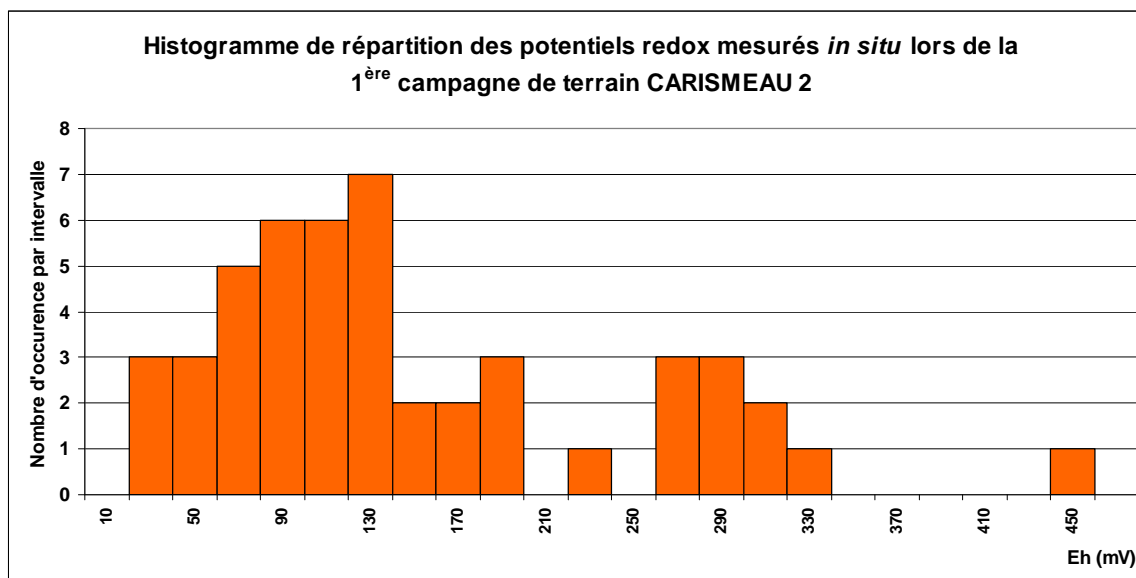


Illustration 22 : Répartition des valeurs de potentiel d'oxydo-réduction mesurées.

2.2. VALIDITE DES MESURES CHIMIQUES EFFECTUEES AU LABORATOIRE

Les analyses de l'alcalinité et des éléments majeurs (cations et anions) ont été effectuées au laboratoire de l'EGID.

Les balances ioniques ont été calculées pour toutes les analyses de chimie de majeurs complètes.

L'illustration 23.a représente le TDS (Total Dissolved Solids) en fonction de la conductivité électrique. Le TDS est la somme des concentrations (en mg/l) des cations et des anions mesurées en laboratoire. La conductivité électrique, mesurée sur le terrain est fonction de la salinité de l'eau ; il existe donc généralement une relation quasi-linéaire entre la conductivité électrique et le TDS calculé à partir des analyses chimiques de laboratoire. On observe ici une bonne corrélation entre ces paramètres ; aucun problème majeur ne semble donc devoir être suspecté lors du déroulement des analyses chimiques ou des mesures de conductivité.

Le diagramme « somme des anions » (\sum^-) en fonction de la somme des cations (\sum^+) (Illustration 23.b) en mEq/L montre un équilibre entre charges positives et charges négatives mesurées dans les eaux. Les analyses ont donc semble-t-il pris en compte l'essentiel des éléments majeurs présents dans l'eau. Ceci doit cependant être confirmé par l'étude de la balance électrique. Celle-ci est illustrée par le NICB (Normalized Inorganic Charge Balance) qui donne la balance des analyses chimiques, selon la formule :

$$\text{NICB} = \frac{\sum^+ - \sum^-}{\sum^+ + \sum^-} * 100$$

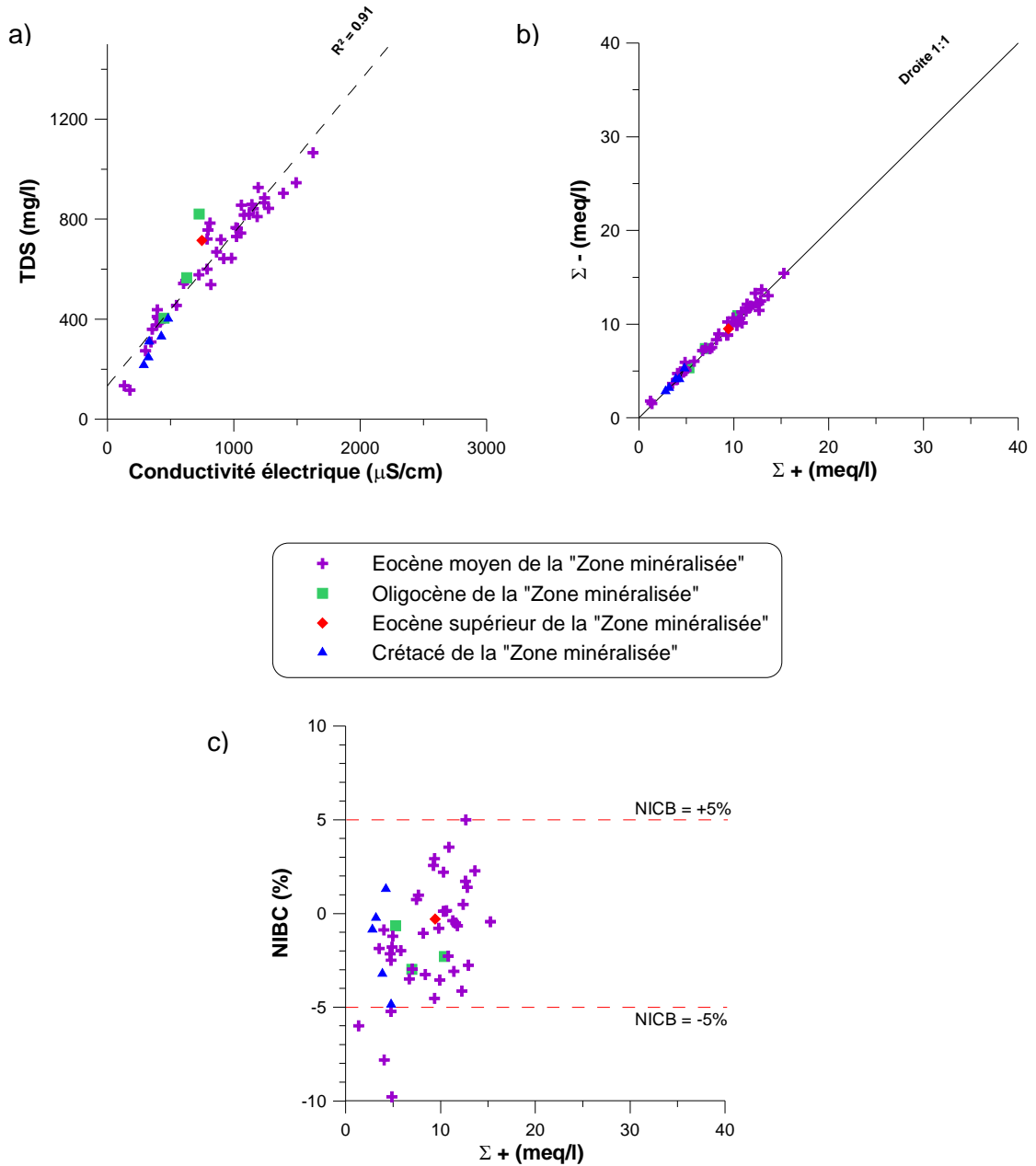


Illustration 23 : a) Diagramme TDS en fonction de la conductivité électrique de l'eau - b) Diagramme Somme des cations (Σ^+) en fonction de la somme des anions (Σ^-) - c) Balance ionique en fonction de la somme des cations (Σ^+).

Une eau ayant toujours un bilan de charges nul à l'équilibre, un excès de cations ou d'anions dénote d'une analyse chimique incomplète ou de mauvaise qualité. Les analyses sont considérées comme correctes pour un NICB compris entre -5% et +5% (Illustration 23.c).

5 points CARISMEAU 2 indiquent une balance inférieure à - 5%, dont deux balances à -5.2% et -6.0% pour les points EMZM36 et EMZM29.

Les valeurs anormales des points EMZM27, EMZM25 et EMZM35 indiquent un déficit de cations et/ou un excès d'anions. Les résultats obtenus pour ces trois points seront donc à prendre avec prudence.

Concernant le TDS, la majorité des points présente des valeurs comprises entre 100 et 1100 mg/L, ce qui caractérise des eaux faiblement à moyennement minéralisées.

NB : les erreurs d'analyses au laboratoire de l'EGID explicitées dans le précédent rapport (Malcuit, juillet 2010) ont toutes été corrigées.

2.3. DIAGRAMME DE PIPER, FACIES GEOCHIMIQUE DES EAUX

2.3.1. Faciès géochimiques des eaux de la campagne de terrain 2009-2010

Le faciès géochimique majoritaire est le faciès bicarbonaté calcique.

Le diagramme de Piper (Illustration 24) met en évidence pour les eaux de l'Eocène moyen l'importance des sulfates. La quasi-totalité des points de l'Eocène se répartissent entre le faciès bicarbonaté-calcique et le faciès sulfaté-calcique. Selon leur concentration en sulfates, les eaux évoluent d'un faciès $\text{HO}_3\text{-Ca}$ à $\text{SO}_4\text{-Ca}$.

Les autres aquifères prélevés dont le nombre de points est nettement moindre ne montrent pas à priori de tendance particulière. Les points du Crétacé ont un faciès soit bicarbonaté-calcique soit bicarbonaté-sodique.

Seuls les points de l'Eocène moyen semblent montrer une évolution avec un enrichissement en sulfates, ce qui implique aussi pour un certain nombre d'entre eux le dépassement de la norme de potabilité pour les sulfates (250 mg/l).

Si on s'intéresse à la répartition géographique de ces faciès géochimiques (Illustration 25), ceci en fonction des données 2006 des eaux prélevées dans le cadre de CARISMEAU, on s'aperçoit en premier lieu que les données, plus nombreuses de CARISMEAU 2, confirment les analyses de CARISMEAU. Autrement dit, les forages qui avaient en 2006 des eaux au faciès sulfaté-calcique sont entourés par des forages dont les eaux sont en 2009-2010 aussi sulfaté-calciques. On retrouve la même tendance confirmée par un nombre plus important de prélèvements et d'analyses.

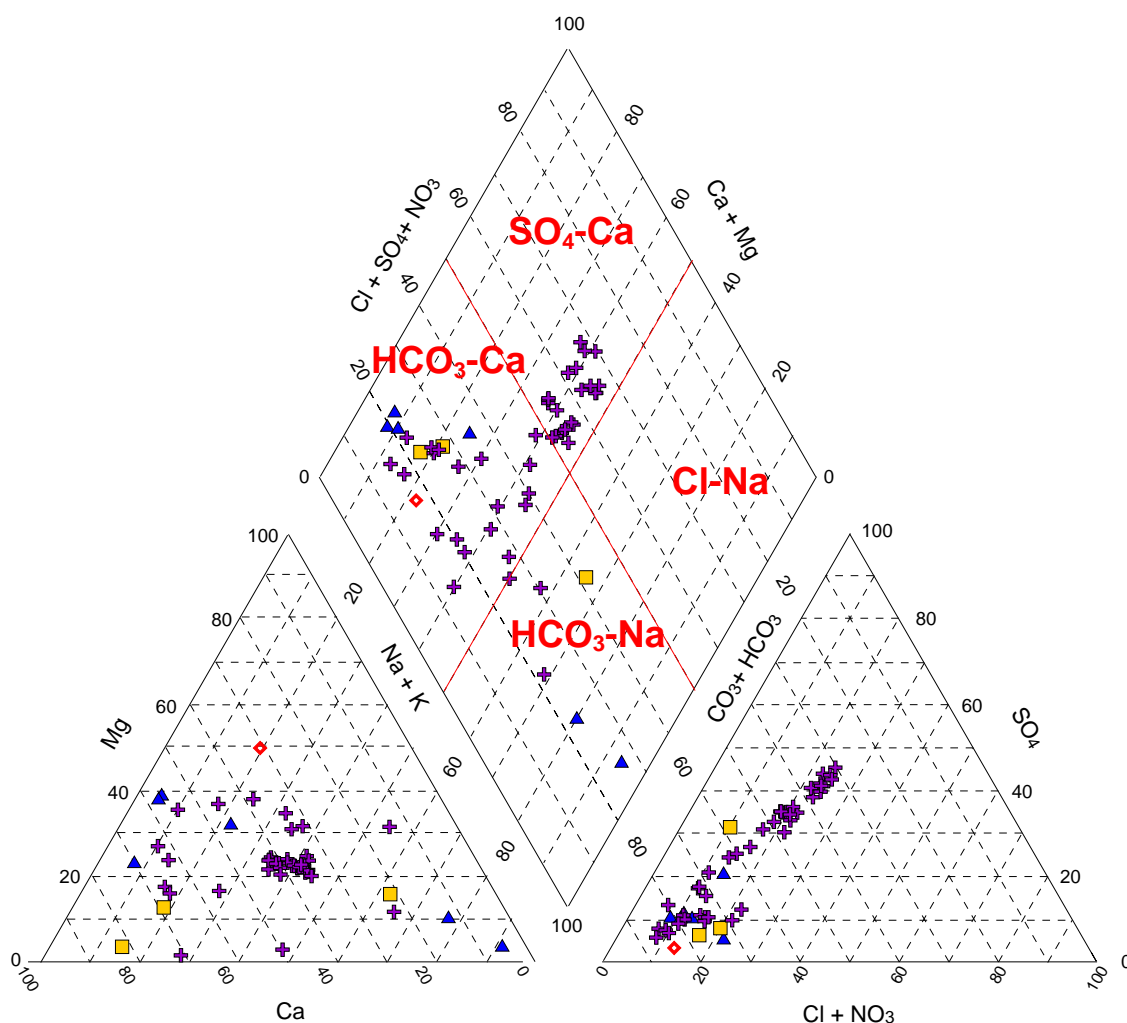


Diagramme de Piper - Faciès géochimique
Eaux prélevées de la "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers"
CARISMEAU 2

- OLZM : OLigocène de la "Zone Minéralisée"
- ◆ ESZM : Eocène Supérieur de la "Zone Minéralisée"
- + EMZM : Eocène Moyen de la "Zone Minéralisée"
- ▲ CRZM : CRétacé de la "Zone Minéralisée"

Illustration 24 : Diagramme de Piper des 55 échantillons d'eau CARISMEAU 2.

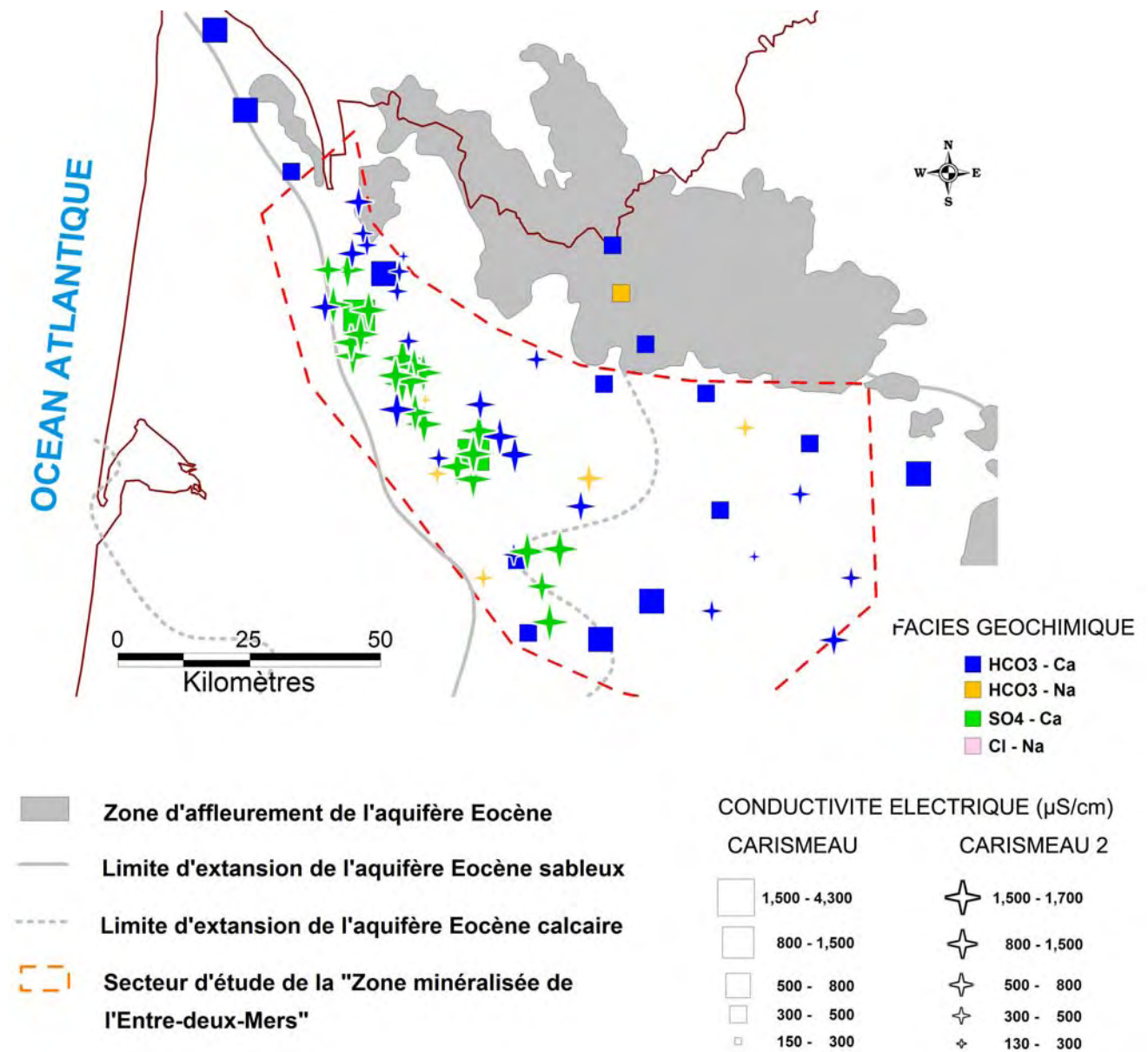


Illustration 25 : Carte de localisation des échantillons CARISMEAU 2 et CARISMEAU sur le secteur de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » : Conductivité électrique des eaux prélevées et faciès géochimiques.

De plus, concernant la répartition spatiale des faciès géochimique, il apparaît que le faciès sulfaté-calcaïque est centrée sur la zone d'étude, s'étendant longitudinalement du nord-ouest au sud-est. Autour de cette zone au faciès $\text{SO}_4\text{-Ca}$, les eaux sont majoritairement bicarbonatées-calcaïques.

2.3.2. Faciès géochimique : Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain

Afin d'obtenir une comparaison des résultats précédents à l'échelle du Bassin aquitain, les données de conductivités électriques *in situ* et des faciès géochimiques de eaux prélevées dans le cadre du projet de recherche CARISMEAU ont été ajoutées.

Un point intéressant représenté Illustration 26 concerne l'absence dans la partie nord de faciès géochimique chloruré-sodique. En effet, l'absence de diapirs de sel type halite (Na-Cl) dans le nord du Bassin aquitain a une influence directe sur les eaux.

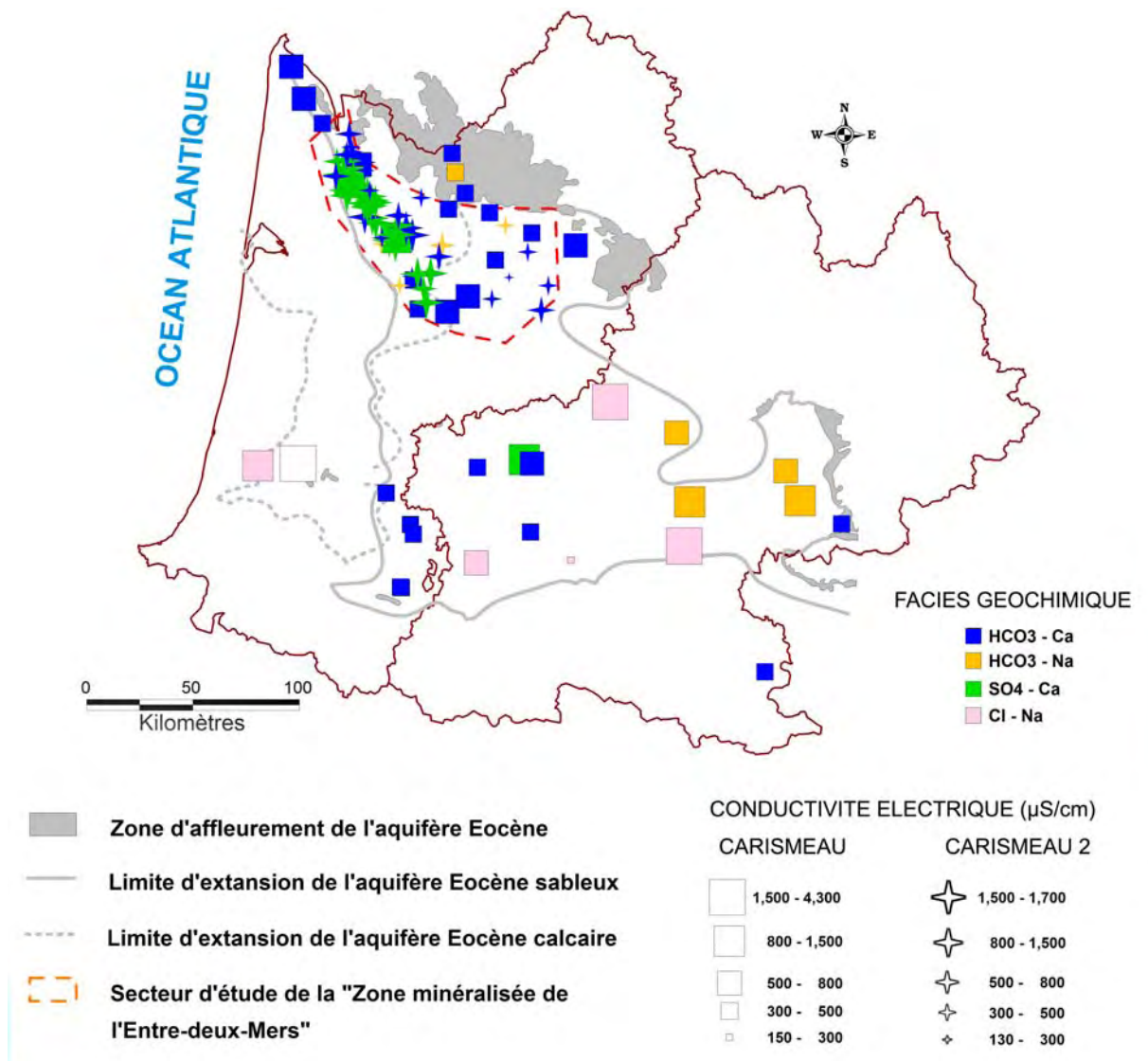


Illustration 26 : Carte de localisation des échantillons CARISMEAU 2 et CARISMEAU à l'échelle du Bassin aquitain : Conductivité électrique des eaux prélevées et faciès géochimiques.

2.4. LES RELATIONS INTER-ELEMENTS

2.4.1. Diagrammes binaires inter-éléments

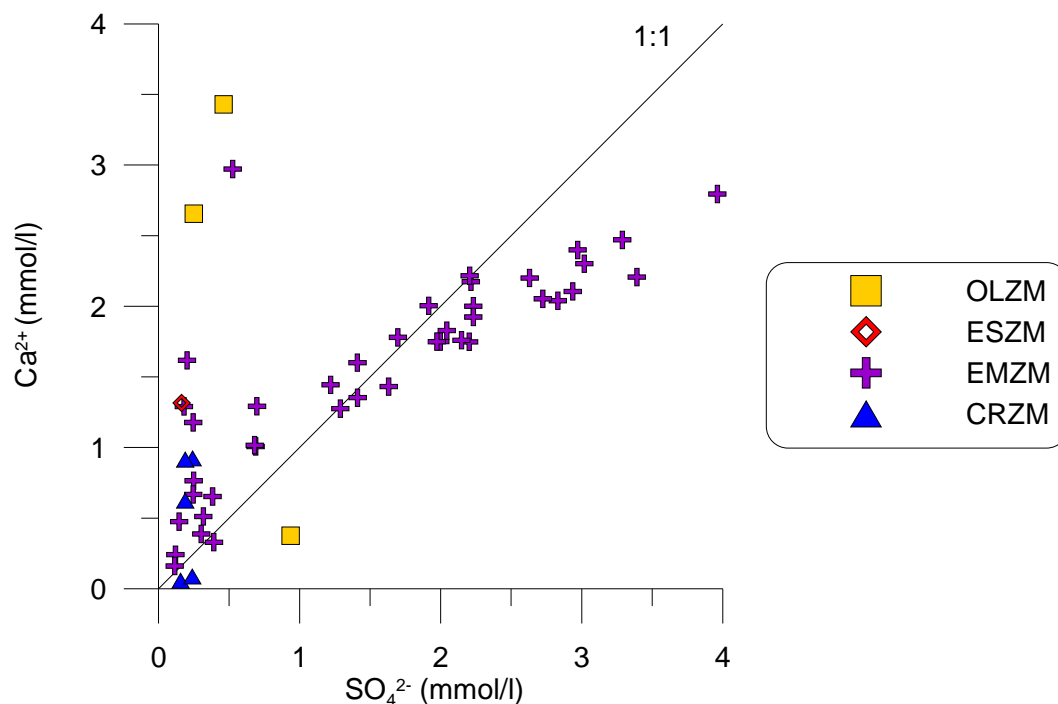


Illustration 27 : Diagramme binaire SO_4^{2-} versus Ca^{2+} .

La tendance globale de la relation sulfates - calcium (Illustration 27) est qu'il existe une bonne corrélation pour la majorité des eaux de l'Eocène moyen (EMZM).

Les points évoluent de façon linéaire, des points faiblement minéralisés, où la teneur en Ca^{2+} est supérieure à SO_4^{2-} , vers des points beaucoup plus minéralisés, où la concentration en Ca^{2+} est inférieure à la concentration en SO_4^{2-} . Ce comportement peut être celui d'un système dans un premier temps à l'équilibre avec les carbonates, puis dans lequel il y aurait dissolution d'évaporites de type gypse ou anhydrite (CaSO_4).

Par contre, les points des autres aquifères ne semblent pas répondre à la même logique.

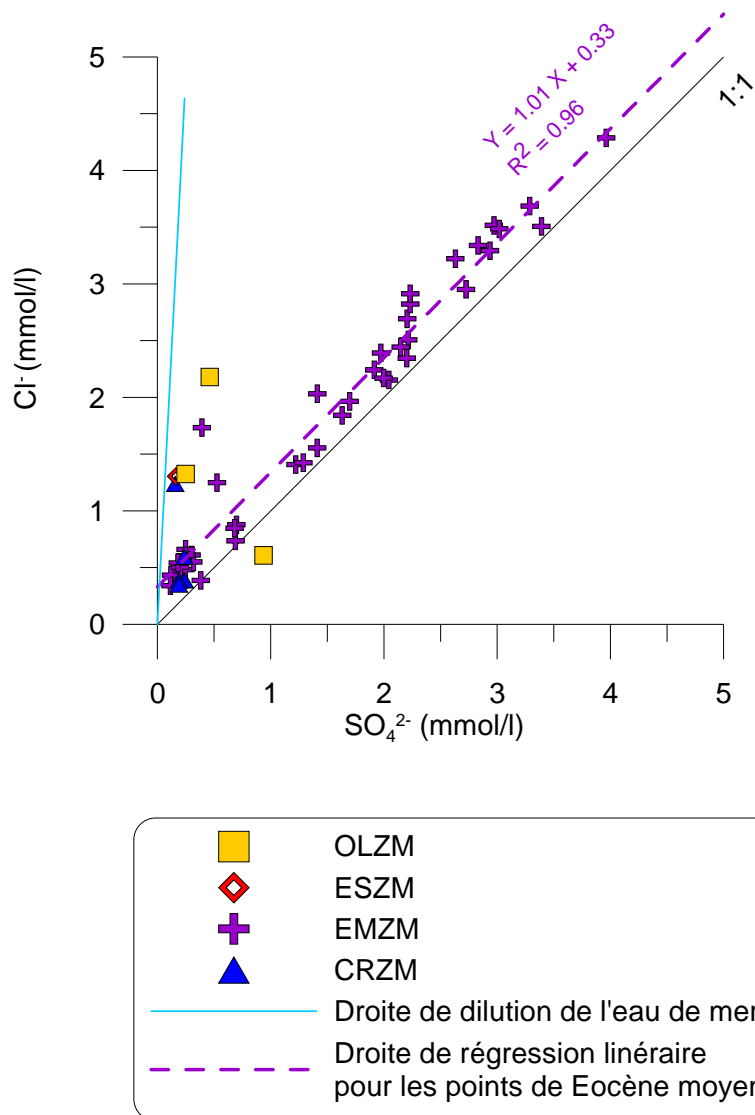


Illustration 28 : Diagramme binaire SO_4^{2-} versus Cl^- .

Dans la relation sulfates - chlorures (Illustration 28), on observe tout d'abord, que pour l'ensemble des points le rapport Cl^-/SO_4^{2-} est différent de celui de l'eau de mer.

De plus, il existe une très bonne corrélation (coefficient de régression $R^2 = 0.96$) entre l'ensemble des points de l'Eocène moyen. En outre, la droite de corrélation est parallèle à une droite de pente 1:1. Les dépôts évaporitiques qui donnent cette minéralisation à l'eau des forages ne peuvent donc pas être d'origine marine, mais indiquent une même origine pour les eaux de l'Eocène moyen.

Les eaux des aquifères sous-jacents et sus-jacents se distinguent des eaux de l'Eocène moyen.

La majorité des points dans la relation sodium - chlorures (Illustration 29) ont un rapport Cl/Na trop faible par rapport à la droite de dissolution de la halite (NaCl).

La majorité des points de l'Eocène moyen indiquent un rapport Cl/Na inférieur à celui de l'eau de mer.

La minéralisation des eaux échantillonnées ne provient pas simplement d'eau de mer.

Seuls quelques points, dont quelques points Oligocène (OLZM) et Crétacé (CRZM) semblent indiquer un rapport Cl/Na proche de l'eau de mer.

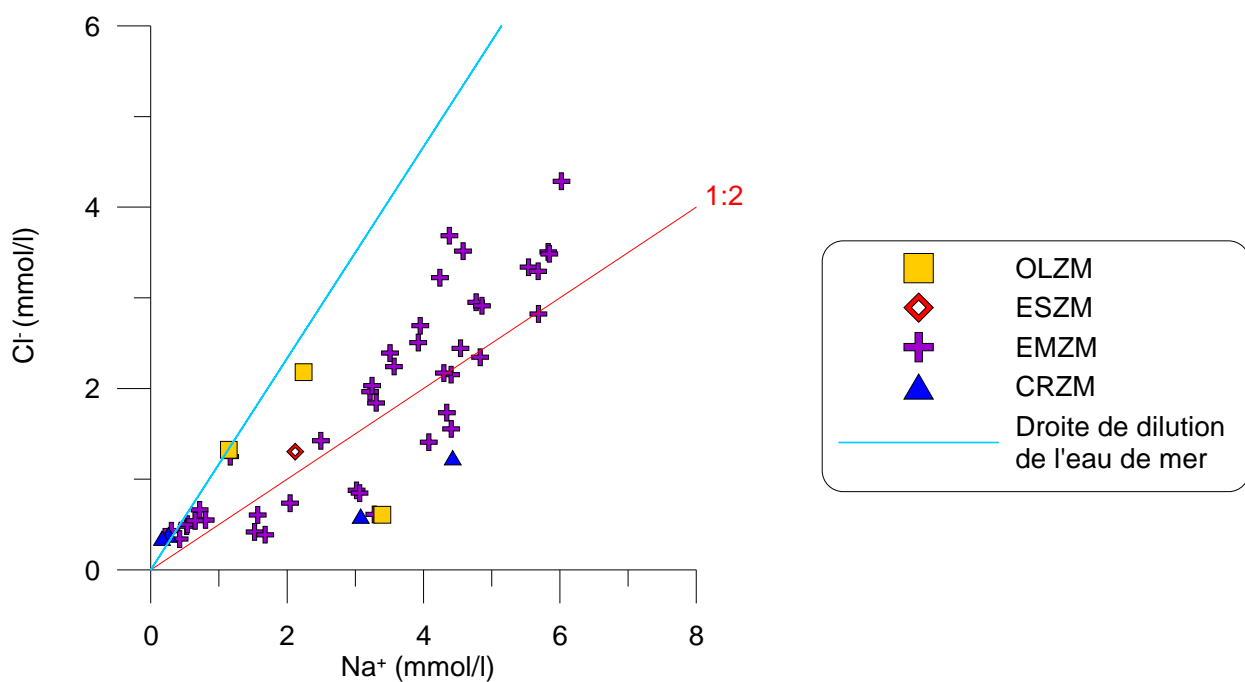


Illustration 29 : Diagramme binaire Na^+ versus Cl^- .

2.4.2. Diagrammes binaires inter-éléments - Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain

En comparant les résultats précédents à l'échelle du Bassin aquitain (Illustration 30), à l'aide des données de CARISMEAU, on observe tout d'abord que les eaux de l'Eocène moyen de la « Zone minéralisée » se distinguent du comportement des autres aquifères. De plus, les points prélevés en 2006, situé au cœur de l'Entre-deux-Mers », comme EM5 et EM7 viennent se superposer aux eaux prélevées en 2009-2010.

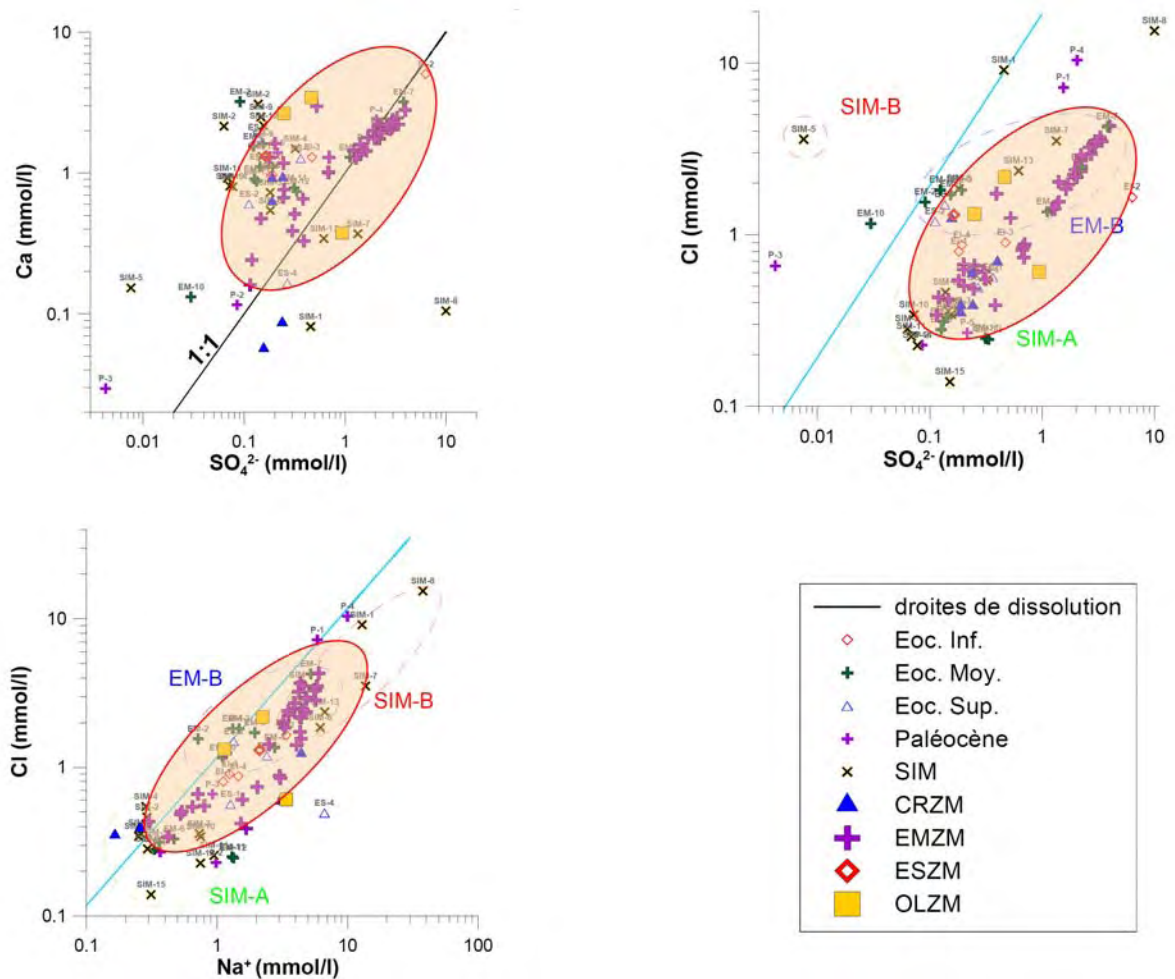


Illustration 30 : Relations inter-éléments, comparaison à l'échelle du Bassin aquitain.

3. Premiers résultats des Ra

3.1. RADIO-ISOTOPES

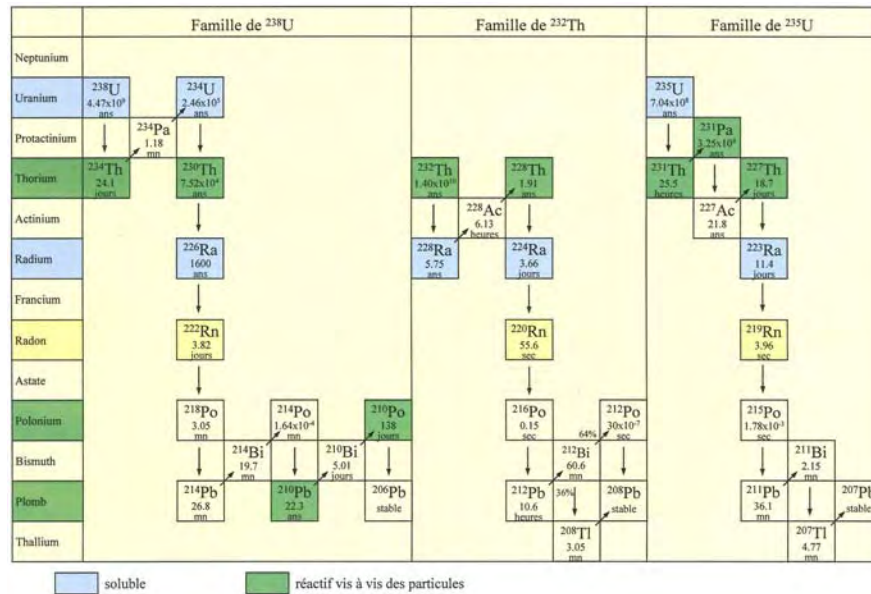


Illustration 31 : Chaînes de désintégration des familles de ^{238}U , de ^{232}Th et de ^{235}U .

En collaboration avec Sabine Schmidt (CNRS-EPOC), les radio-isotopes du radium, ^{226}Ra et ^{228}Ra sont donc analysés dans les eaux prélevées. Ces deux radio-éléments proviennent de deux familles différentes, autrement dit de deux chaînes de désintégration différentes, comme le montre l'illustration 31. Ces deux radio-isotopes vont donc se comporter différemment et leur rapport $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ sera donc différent selon la nature de l'encaissant des aquifères.

3.2. LOCALISATION DES SITES PRELEVES

Lors de la campagne de terrain 2009, 50 sites échantillonnés ont été prélevés pour analyses. L'ensemble de ces sites prélevés est représenté sur l'illustration 32.

Dernièrement, lors du suivi de l'évolution temporelle à l'échelle d'une journée sur le forage de Margaux des prélèvements pour observer le comportement des radio-isotopes du radium ont été effectués.

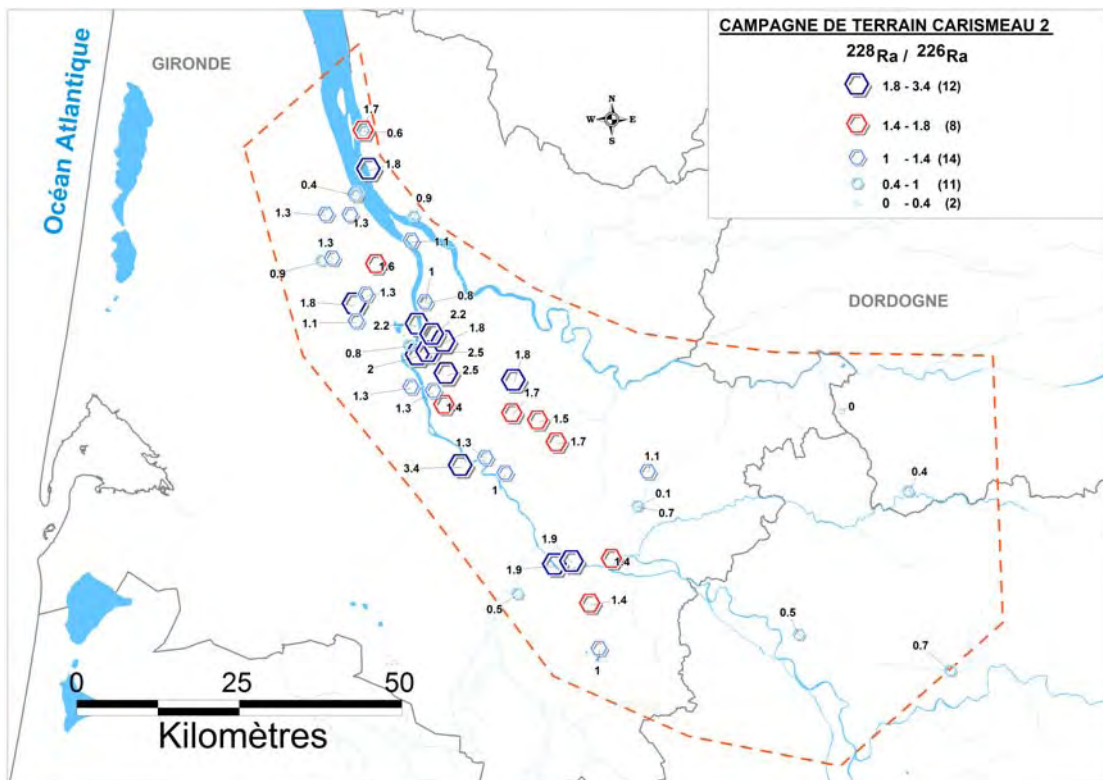


Illustration 32 : Rapport $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ des eaux prélevées de CARISMEAU 2.

CHAPITRE 3

EVOLUTION TEMPORELLE DE LA QUALITE DES EAUX

1. Evolution temporelle des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures

1.1. PRESENTATION DES POINTS SUIVIS

1.1.1. Etat des lieux par aquifère cible

Afin de choisir les points à observer au pas de temps annuel d'un point de vue quantitatif et qualitatif, le travail de sélection a été réalisé grâce aux données disponibles (ARS - ADES). L'intérêt s'est porté principalement sur l'aquifère de l'Eocène moyen de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » mais aussi sur les aquifères du Crétacé, de l'Oligocène et de l'Eocène supérieur.

Pour chacun de ces aquifères, un état des lieux a été dressé sur la période de données disponibles (majoritairement sur ces 20 dernières années) pour le département de la Gironde. Un zoom a été fait sur les points dont les teneurs en sulfates, chlorures et fluorures étaient maximales. De plus, pour le choix de ces points, les évolutions de ces teneurs ont été prises en compte. Les 51 graphes tracés montrent ces évolutions contrastées suivant les points (graphiques présentés soit au sein de ce chapitre, soit en Annexe 1).

Les points présentant les teneurs les plus fortes en SO_4^{2-} , Cl^- et F^- sont listés ci-après. Ils sont classés par aquifère et en fonction de la concentration SO_4^{2-} , Cl^- ou F^- (par ordre décroissant). Une sélection de 5 points par aquifère et par éléments a été faite. Parmi ces 5 points, seuls les points appartenant effectivement au secteur d'étude ont été retenus.

a) Aquifère de l'Eocène moyen à inférieur

- **Concentration en sulfates élevée**

DDASS88 - EMZM48 - CAUDROT - Le Grava F1

DDASS89 - EM9 - CAUVIGNAC - Le Lysos / Grignols-Rippes

DDASS56-EMZM16 - BORDEAUX - Amelin

DDASS94 - CENON - La Marègue

DDASS138 - EM7 - HAUX - Château d'eau

- **Concentration en chlorures élevée**

DDASS88 - EMZM48 - CAUDROT - Le Grava F1

DDASS89 - EM9 - CAUVIGNAC - Le Lysos / Grignols-Rippes

DDASS56-EMZM16 - BORDEAUX - Amelin

DDASS94 - CENON - La Marègue

DDASS138 - EM7 - HAUX - Château d'eau

- **Concentration en fluorures élevée**

DDASS188 - LORMONT - Génicart

DDASS89 - EM9 - CAUVIGNAC - Le Lysos / Grignols-Rippes

DDASS110 - EMZM19 - EYSINES - Cantinolle

DDASS94 - CENON - La Marègue

DDASS88 - EMZM48 - CAUDROT - Le Grava F1

b) Aquifère de l'Eocène supérieur

- **Concentration en sulfates élevée**

DDASS12 - EMZM11 - ARSAC - Comte Gourion

DDASS179 - EM103 - LEPARRE-MEDOC - Pradal 1

- **Concentration en chlorures élevée**

Sur les 5 points les plus concentrés en Cl, seul un point appartient au secteur étudié :

DDASS12 - EMZM11 - ARSAC - Comte Gourion

- **Concentration en fluorures élevée**

Sur les 5 points les plus concentrés en F, 2 points appartiennent au secteur étudié :

DDASS12 - EMZM11 - ARSAC - Comte Gourion (PERMANENT)

DDASS183 - LIBOURNE-SABATIE (PRIVE)

c) Aquifère du Crétacé

- **Concentration en sulfates élevée**

DDASS1343 - PESSAC - Stadium

- **Concentration en chlorures élevée**

Les maximums enregistrés correspondent à des points situés en dehors de la zone d'étude.

- **Concentration en fluorures élevée**

DDASS1343 - PESSAC - Stadium

d) Aquifère de l'Oligocène

- **Concentration en sulfates élevée**

La majorité des points sont hors zone. Un seul point se distingue :

DDASS339 - OLZM2 - SAUTERNES - Brouquet (APPOINT)

- **Concentration en chlorures élevée**

La majorité des points sont hors zone. Deux points se distinguent :

DDASS277 - OLZM3 - SAINT FELIX DE FONCAUDE - Sources Fontet

DDASS300 - SAINT MEDARD EN JALLES - Landes de Piques

- **Concentration en fluorures élevée**

La majorité des points sont hors zone d'étude ou en limite extérieure.

1.1.2. Points observés dans le cadre du projet de recherche

48 points situés dans le département de la Gironde dans le secteur d'étude de CARISMEAU 2 ont été pris en compte. Ils sont localisés sur l'illustration 33. Ces 48 points sont constitués de 47 forages et d'une source. Du point de vue de l'usage de ces points, on retrouve 47 points pour l'Alimentation en Eau Potable et un point correspondant à un forage « thermal » pour l'alimentation de la piscine universitaire de Talence.

Pour tous les points, les données suivantes ont été recherchées :

- les volumes annuels prélevés déclarés,

- les mesures du niveau piézométrique (en statique),
- les valeurs de conductivité électrique (à 20°C et/ou 25°C),
- les concentrations en sulfates, chlorures et fluorures.

Ces données ont été traitées au pas de temps annuel. La représentation de ces données est identique pour chaque ouvrage. Les volumes prélevés annuellement sont figurés en histogramme sur lequel se surimposent les données qualitatives ponctuelles, ainsi que les données piézométriques. Les échelles des données qualitatives (conductivité électrique, concentration en sulfates, chlorures et fluorures) sont similaires sur tous les graphes. L'objectif est de mettre en évidence au pas de temps annuel l'influence ou non d'un facteur par rapport à un autre.

Par exemple, l'influence du volume prélevé d'un forage et/ou son évolution piézométrique par rapport à la chimie des eaux de l'ouvrage. L'influence des prélèvements par rapport à la piézométrie est visible sur les forages pour lesquels on a les deux paramètres. Mais il est nécessaire de faire attention à ne pas relier directement les prélèvements d'un forage avec son évolution piézométrique, et les nappes captives comme celle de l'Eocène étant fortement exploitées, il ne faut pas négliger l'influence des autres forages à proximité ni tout simplement l'inertie du système aquifère.

Les valeurs ponctuelles connues pour les points suivis lors de CARISMEAU et de CARISMEAU 2 ont été ajoutées aux valeurs déjà prises en compte (données disponibles sur ADES et/ou le SIGES).

Le listing de l'ensemble des forages observés est présenté ci-après (Illustration 34 et Illustration 35).

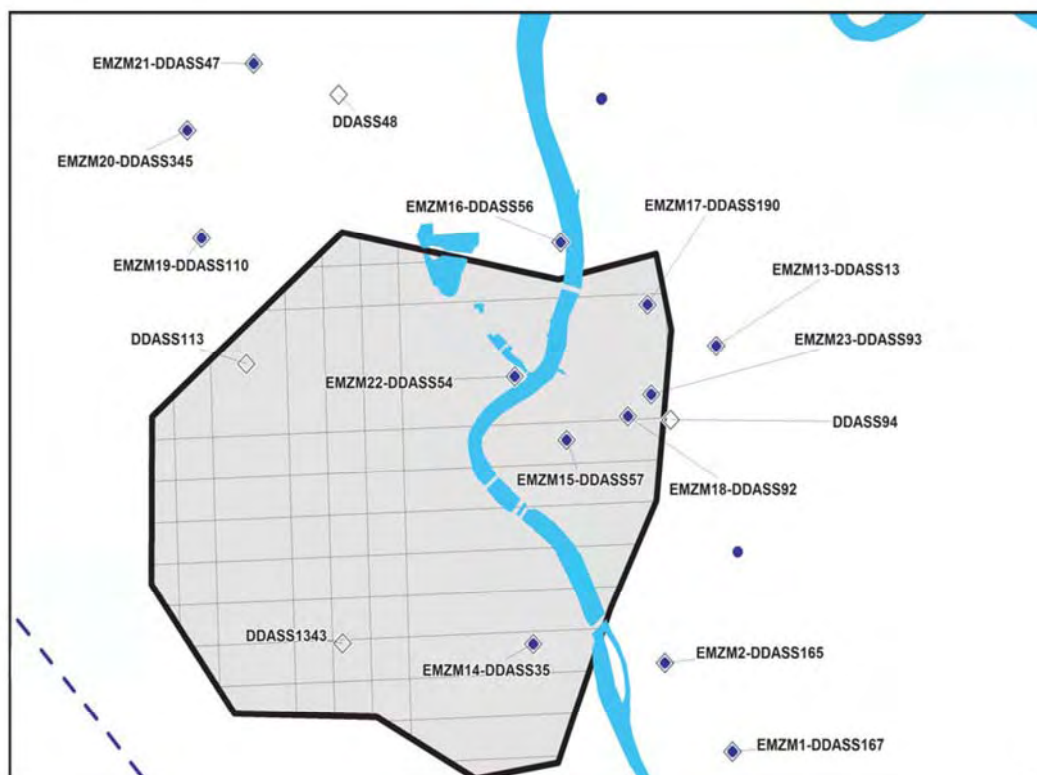
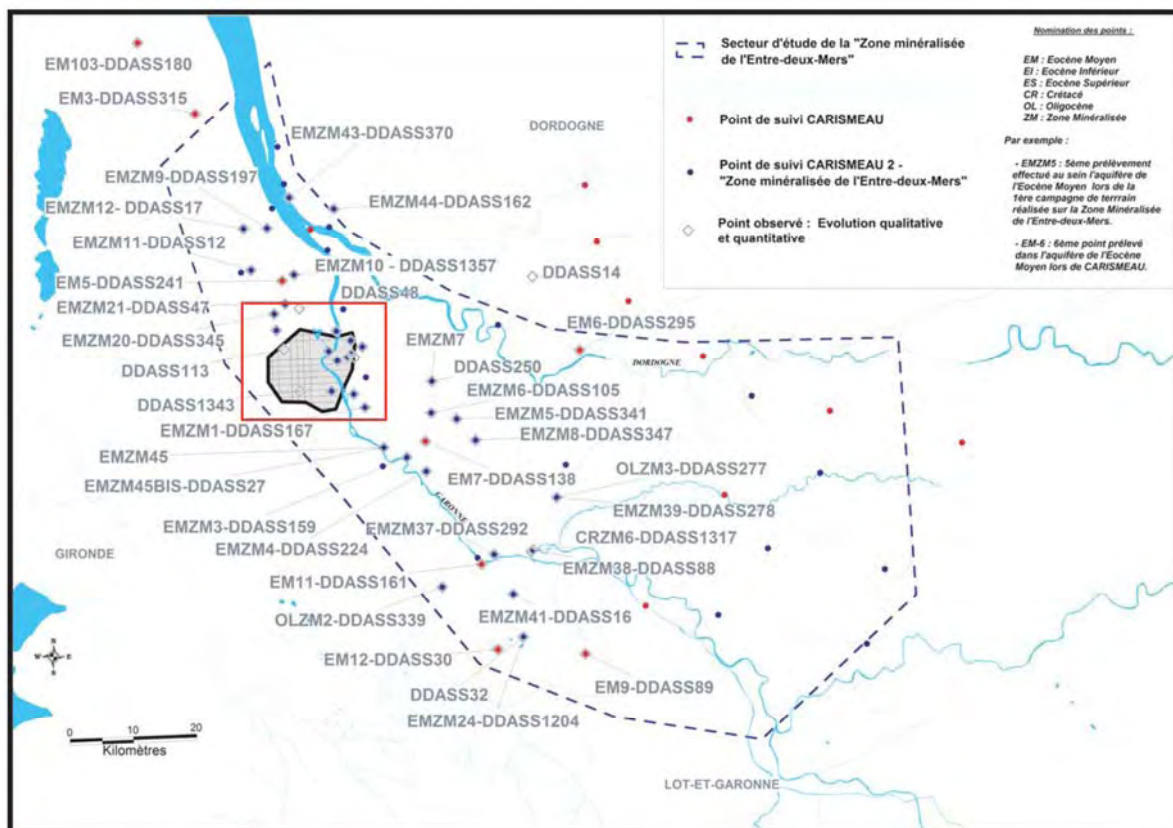


Illustration 33 : Localisation des points observés au pas de temps annuel en Gironde. (en haut : pour l'ensemble du secteur d'étude ; en bas : zoom sur la Communauté Urbaine de Bordeaux).

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT	CODE ECHANTILLON	INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CARISMEAU 2	EMZM1	DDASS167	08273X0353	F3	LATRESNE	CHICAND
CARISMEAU 2	EMZM3	DDASS159	08278X0129	F2	LANGOIRAN	COMMUNAL
CARISMEAU 2	EMZM4	DDASS224	08285X0012	F2	PAILLET	COMMUNAL - LASSERRE
CARISMEAU 2	EMZM5	DDASS341	08281X0018	RIOT2	LA SAUVE	LE RIOT
CARISMEAU 2	EMZM6	DDASS105	08281X0007	LAFONT	CREON	LAFONT - MONTUARED
	EMZM7BIS	DDASS250	08281X0022	F	LE POUT	ROCHON
CARISMEAU 2	EMZM8	DDASS347	08282X0029	F2	TARGON	COMMUNAL
CARISMEAU 2	EMZM10	DDASS1357	08032X0331	F2	LE PIAN MEDOC	GRAVIEL
CARISMEAU 2	EMZM13	DDASS13	08037X0396	F1	ARTIGUES PRES BORDEAUX	MOULINAT - MIRAIL
CARISMEAU 2	EMZM16	DDASS56	08037X0040	F	BORDEAUX	AMELIN
CARISMEAU 2	EMZM17	DDASS190	08037X0429	F2	LORMONT	LA RAMADE
CARISMEAU 2	EMZM22	DDASS54	08036X0018	F	BORDEAUX	BOURBON
CARISMEAU 2	EMZM23	DDASS93	08037X0313	F1	CENON	LORET-ZUP
		DDASS94	08037X0425	F	CENON	LA MAREGUE
		DDASS113	08035X0376	F2	EYSINES	LA FORET
CARISMEAU 2	EMZM24	DDASS1204	08763X0016	F2	BAZAS	LE PIGEAN 2
CARISMEAU 2	EMZM38	DDASS88	08523X0092	F1	CAUDROT	LE GRAVA
CARISMEAU 2	EMZM39	DDASS278	08287X0015	F	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
CARISMEAU 2	EMZM41	DDASS16	08526X0053	F	AUROS	LE CAMPECH
CARISMEAU 2	EMZM43	DDASS370	07795X0006	F2	VILLENEUVE	ROQUE DE THAU
CARISMEAU 2	EMZM44	DDASS162	07796X0101	F	LANSAC	LES MOISELLES (DEMOISELLES)
CARISMEAU 2	EMZM45	nouveau	08278X0248	F4	BAURECH	LE PETIT PORT
CARISMEAU 2	EMZM45BIS	DDASS27	08278X0112	F2	BAURECH	BEAU RIVAGE
CARISMEAU 2	OLZM2	DDASS339	08525X0028	F2	SAUTERNES	BROUQUET
CARISMEAU 2	OLZM3	DDASS277	08287X0014	S	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
CARISMEAU 2	CRZM6	DDASS1317	08523X0095	F2	CAUDROT	LE GRAVA 2
CARISMEAU	EM5	DDASS241	08031X0199	F1	LE PIAN MEDOC	COMMUNAL - BOUCHAUD
CARISMEAU	EM6	DDASS295	08048X0048	F	SAINT MAGNE DE CASTILLON	CHAPOUTERE
CARISMEAU	EM11	DDASS161	08522X0116	F2	LANGON	LES SALIERES
CARISMEAU	EM12	DDASS30	08762X0018	F	BAZAS	LES POUILLES
CARISMEAU	EM103	DDASS180	07542X0002	F2	LESPARRE-MEDOC	PRADAL
		DDASS14	08043X0029	F	LES ARTIGUES DE LUSSAC	MOULIN GAILLARD
		DDASS1343	08272X0056	F1/ EMPTY	PESSAC	STADIUM I

Illustration 34 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (1/2).

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT	CODE ECHANTILLON	INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CARISMEAU 2	EMZM2	DDASS165	08273X0262	F1	LATRESNE	COULOMB
CARISMEAU 2	EMZM9	DDASS197	07795X0003	F2	MARGAUX	STADE
CARISMEAU 2	EMZM11	DDASS12	08031X0241	F	ARSAC	GOURION
CARISMEAU 2	EMZM12	DDASS17	07788X0037	F4	AVENSAN	VILLEGEORGES
CARISMEAU 2	EMZM14	DDASS35	08272X0007	F3	BEGLES	VERDUN (BEGLES 3)
CARISMEAU 2	EMZM15	DDASS57	08037X0042	F	BORDEAUX	LA BENAUGE
CARISMEAU 2	EMZM18	DDASS92	08037X0041	F	CENON	CAVAILLES
CARISMEAU 2	EMZM19	DDASS110	08035X0270	F	EYSINES	CANTINOLLE
CARISMEAU 2	EMZM20	DDASS345	08031X0198	F	LE TAILLAN MEDOC	L'ECUREUIL
CARISMEAU 2	EMZM21	DDASS47	08031X0172	F	BLANQUEFORT	LINAS
CARISMEAU 2	EMZM37	DDASS292	08522X0024	F2	SAINT MACAIRE	COMMUNAL
CARISMEAU et CARISMEAU 2	EM7	DDASS138	08281X0020	F	HAUX	CHATEAU D'EAU
CARISMEAU	EM9	DDASS89	08764X0005	F	CAUVIGNAC	LE LYSOS / GRIGNOLS-RIPPES
		DDASS48	08032X0221	F	BLANQUEFORT	TREMBLAY
		DDASS188	08037X0400	F2	LORMONT	GENICART

Illustration 35 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (2/2) (Listing des 15 points présélectionnés).

1.2. RESULTATS DES CHRONIQUES TEMPORELLES QUANTITATIVES ET QUALITATIVES AU PAS DE TEMPS ANNUEL

Pour les 48 points observés sur les 20 dernières années, les ouvrages d'Alimentation en Eau Potable de l'Entre-deux-Mers présentent des variations qualitatives significatives. Des tendances contrastées ont pu être mises en évidence.

L'ensemble des chroniques temporelles traitées se trouvent en ANNEXE 1. Pour illustrer les diverses tendances, 4 graphes sont présentés ci-après. Le premier résultat des évolutions obtenues est l'absence de relation directe au pas de temps annuel entre les volumes annuels prélevés et les fluctuations des teneurs en sulfates, en chlorures et en fluorures, ainsi que les fluctuations de la conductivité électrique. Cette remarque est aussi valable entre l'évolution des niveaux piézométriques et les fluctuations de la chimie, observée au pas de temps annuel.

Certains points comme l'EMZM8 (Targon, Illustration 36) montrent une chimie stable indépendante des volumes annuellement prélevés.

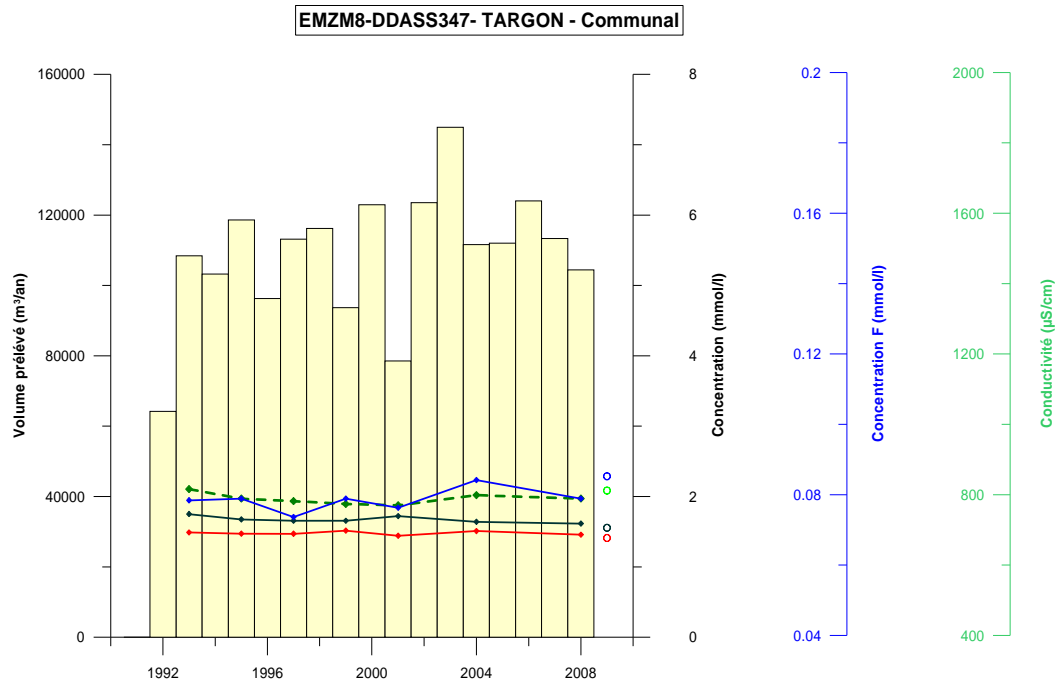


Illustration 36 : Suivi de EMZM8-DDASS47 - TARGON- Communal.

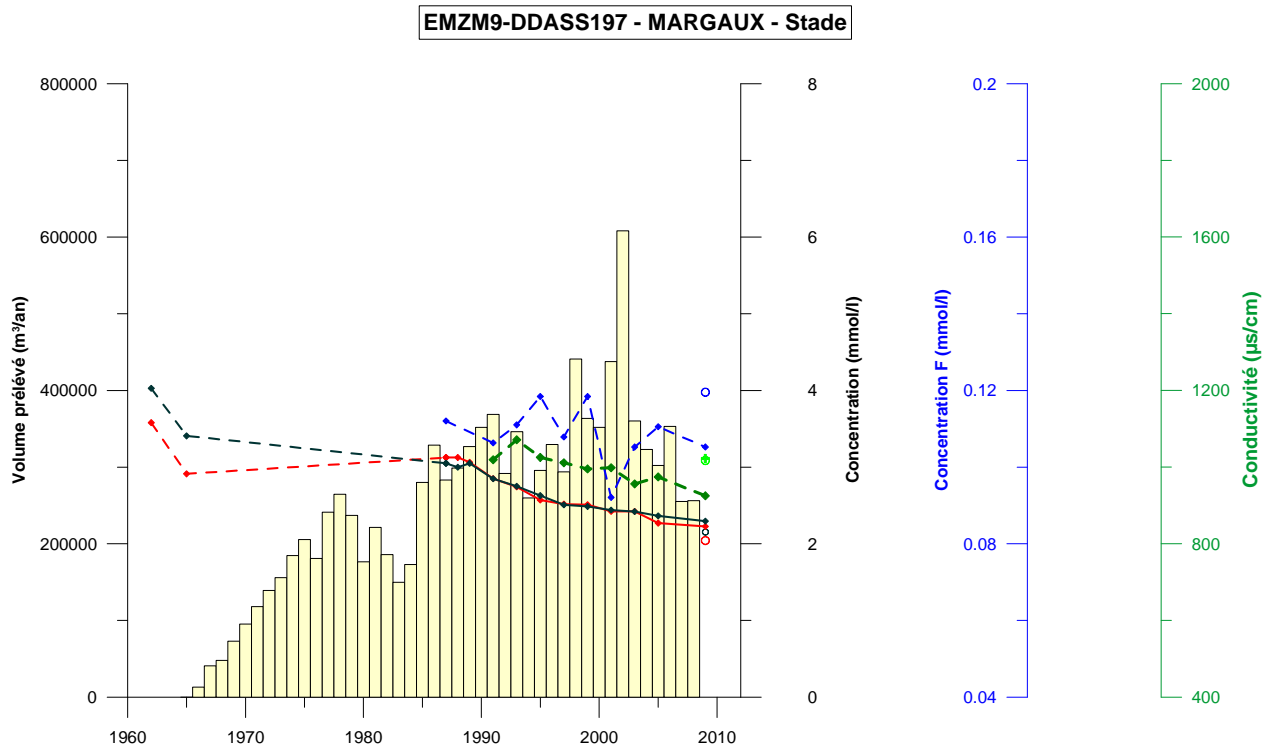


Illustration 37 : Suivi de EMZM9-DDASS197 - MARGAUX - Stade.

D'autres points, comme EMZM9 (Margaux, Illustration 37), montrent une baisse régulière des concentrations en sulfates et chlorures et de la conductivité électrique de 1987 à nos jours. Le fluor semble avoir un comportement indépendant des autres paramètres.

Au contraire, certains ouvrages, comme EMZM12 (Avensan, Illustration 38) et EMZM14 (Bègles, Illustration 45), indiquent une augmentation des concentrations en sulfates et chlorures qui se traduisent aussi sur la conductivité électrique des eaux. Là encore le comportement du fluor semble indépendant.

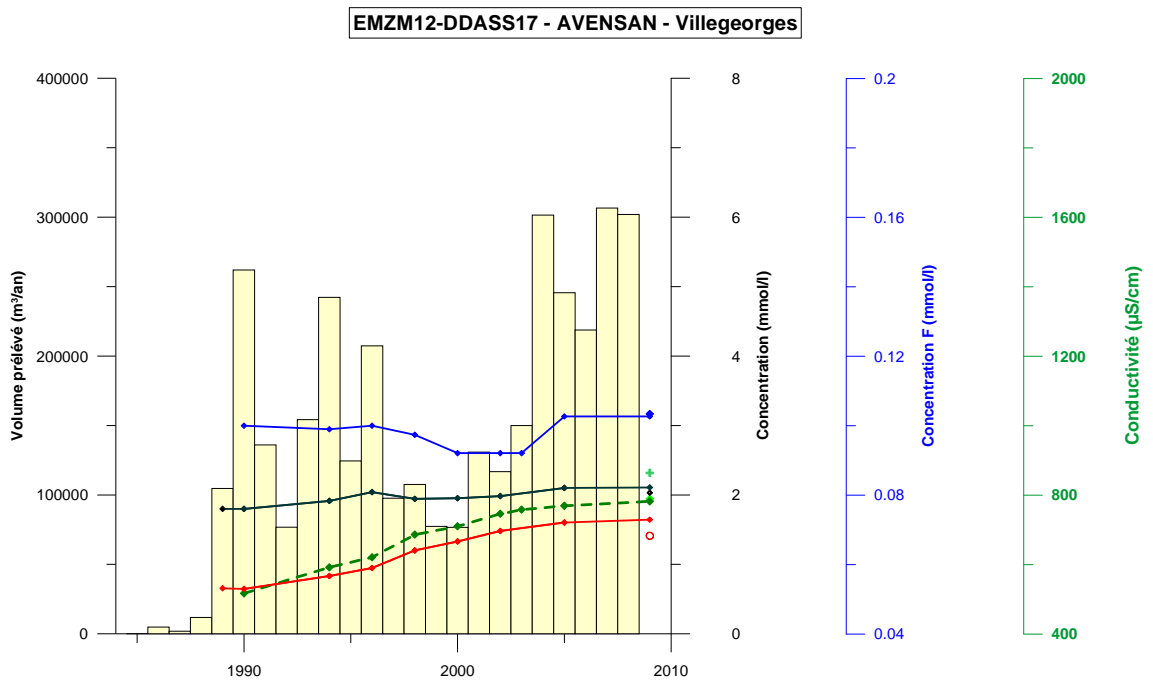


Illustration 38 : Suivi de EMZM12 - DDASS17 - AVENSAN - Villegeorges.

Et enfin pour le point EMZM38 (Caudrot, Illustration 39), on peut s'apercevoir d'une part de l'absence de relation entre la baisse de la piézométrie ces 30 dernières années constatée sur l'ouvrage et la qualité de l'eau de l'ouvrage, d'autre part de l'absence de relation entre les volumes annuels prélevés et de la qualité des eaux. La première valeur de qualité sur l'ouvrage, datant de 1977 est celle de la chimie réalisée lors de la création de l'ouvrage. Les données disponibles en ligne sous ADES débutent en 1993.

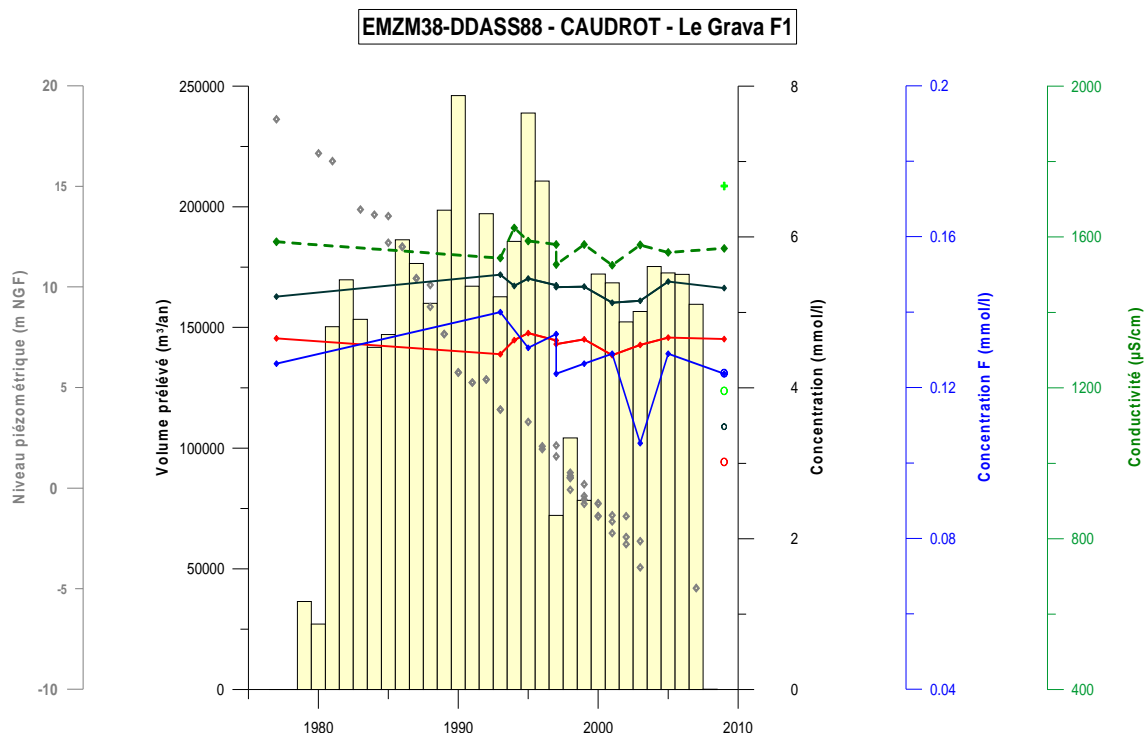









Illustration 39 : Suivi de EMZM38-DDASS88 - CAUDROT - Le Grava F1

En première conclusion, les évolutions ne semblent donc pas répondre à une logique particulière. Diverses tendances sont constatées suivant les points de suivi pris en compte.





Au pas de temps annuel, les variations de la chimie des eaux ne semblent pas être en relation directe avec les volumes annuels d'eau prélevés, ni avec les variations de niveaux piézométriques. Certains ouvrages montrent une chimie stable dans le temps, d'autres des baisses ou des hausses régulières des concentrations en sulfates et chlorures, et enfin d'autres points montrent des fluctuations très erratiques dans le temps.

Dans tous les cas, le comportement du fluor semble indépendant des concentrations en sulfates et chlorures, des volumes prélevés et de l'évolution piézométrique au pas de temps annuel.

LEGENDE DES GRAPHIQUES

	Volume annuel prélevé (m3/an)
	Niveau piézométrique (m NGF)
	Concentration en Sulfates (mmol/l)
	Concentration en Chlorures (mmol/l)
	Concentration en Fluor (mmol/l)
	Conductivité électrique à 20°C (µS/cm)
	Conductivité électrique à 25°C (µS/cm)

Mesures CARISMEAU et/ou CARISMEAU 2

	Concentration en Sulfates (mmol/l)
	Concentration en Chlorures (mmol/l)
	Concentration en Fluor (mmol/l)
	Conductivité électrique à 25°C (µS/cm)

Normes de potabilité pour l'AEP




	7.04	Norme Cl	(250 mg/l)
	2.60	Norme SO4	(250 mg/l)
	0.0785	Norme F	(1.5 mg/l)

Illustration 40 : Légende des graphiques.

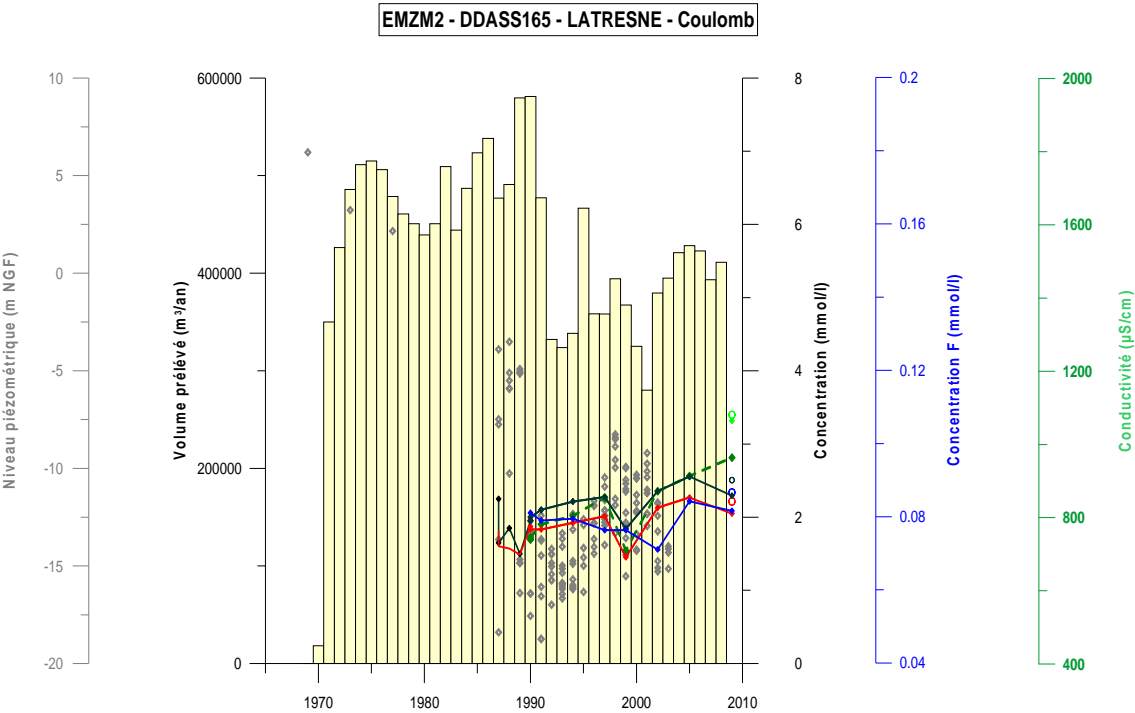


Illustration 41 : Suivi de EMZM2-DDASS165 - LATRESNE - Coulomb.

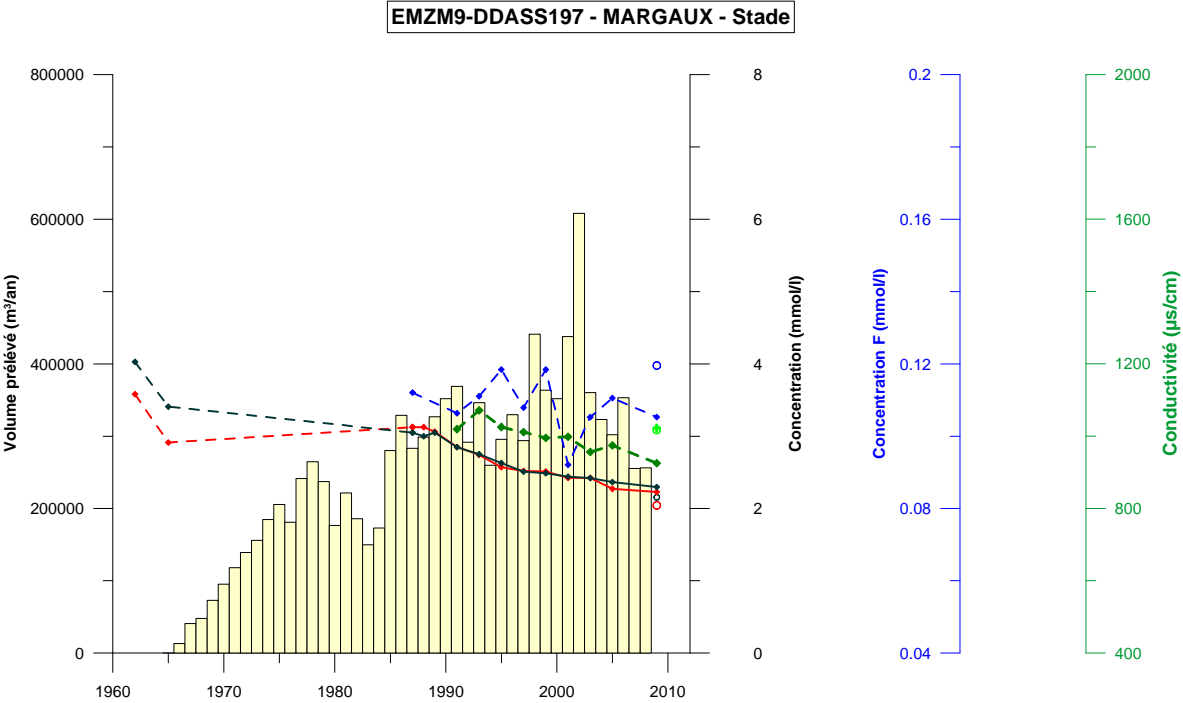


Illustration 42 : Suivi de EMZM9-DDASS197 - MARGAUX - Stade.

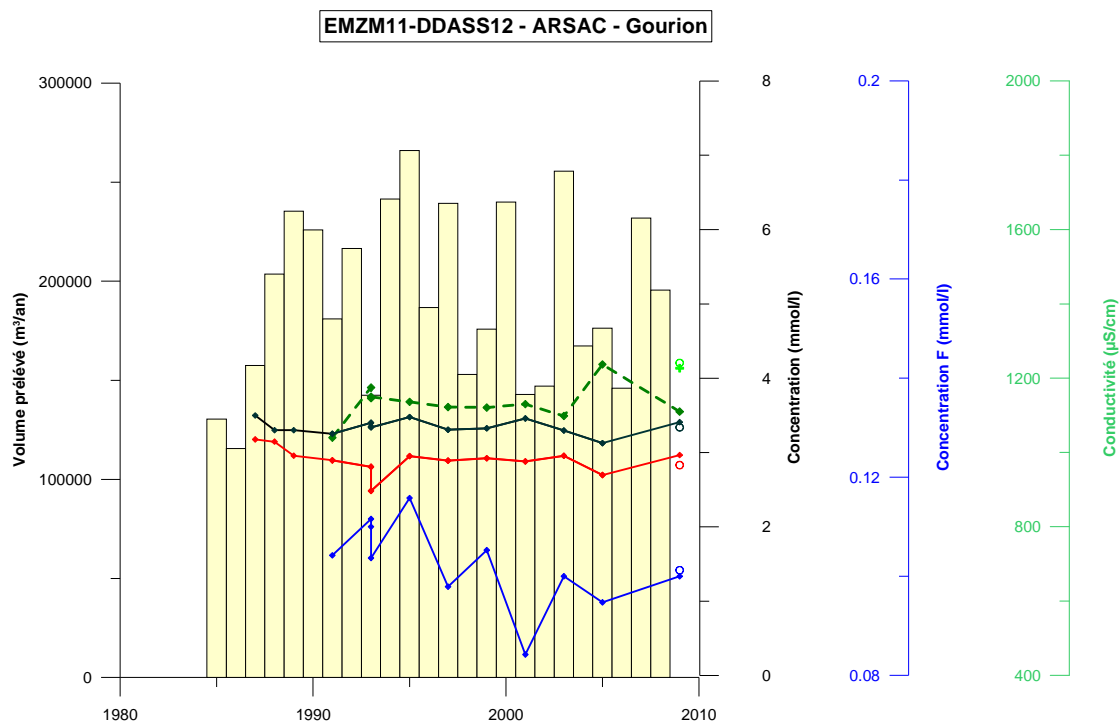


Illustration 43 : Suivi de EMZM11-DDASS12 - ARSAC - Gourion.

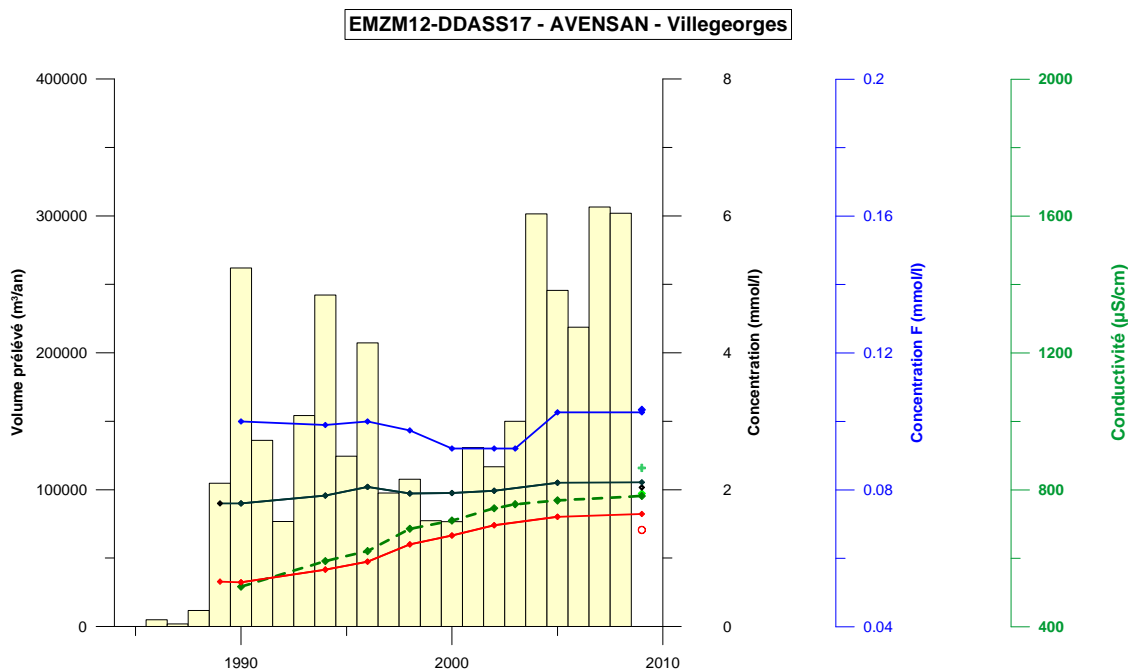


Illustration 44 : Suivi de EMZM12 - DDASS17 - AVENSAN - Villegeorges.

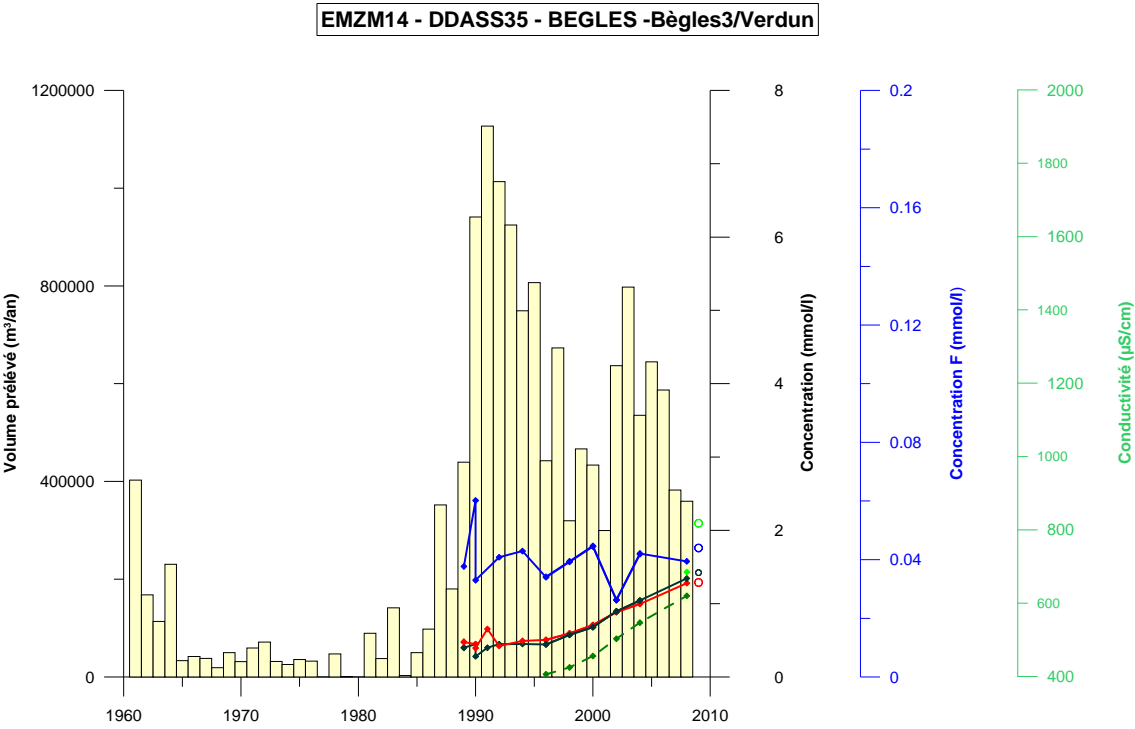


Illustration 45 : Suivi de EMZM14-DDASS35 - BEGLES - Bègles3 / Verdun.

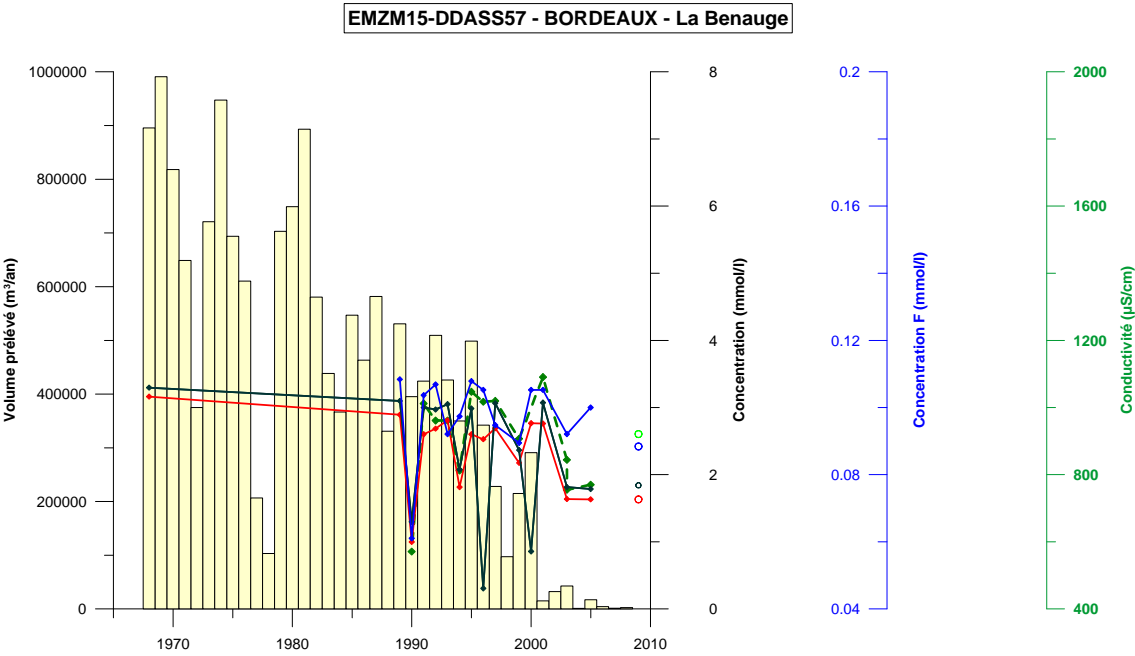


Illustration 46 : Suivi de EMZM15-DDASS57 - BORDEAUX - La Benaue.

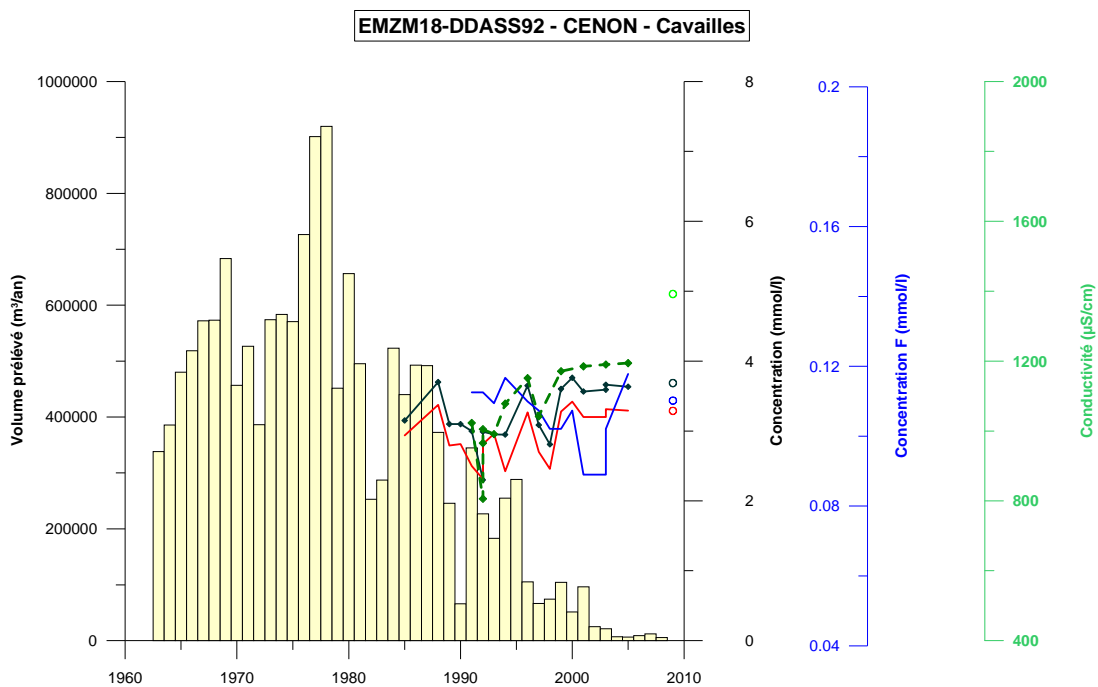


Illustration 47 : Suivi de EMZM18-DDASS92 - CENON - Cavailles.

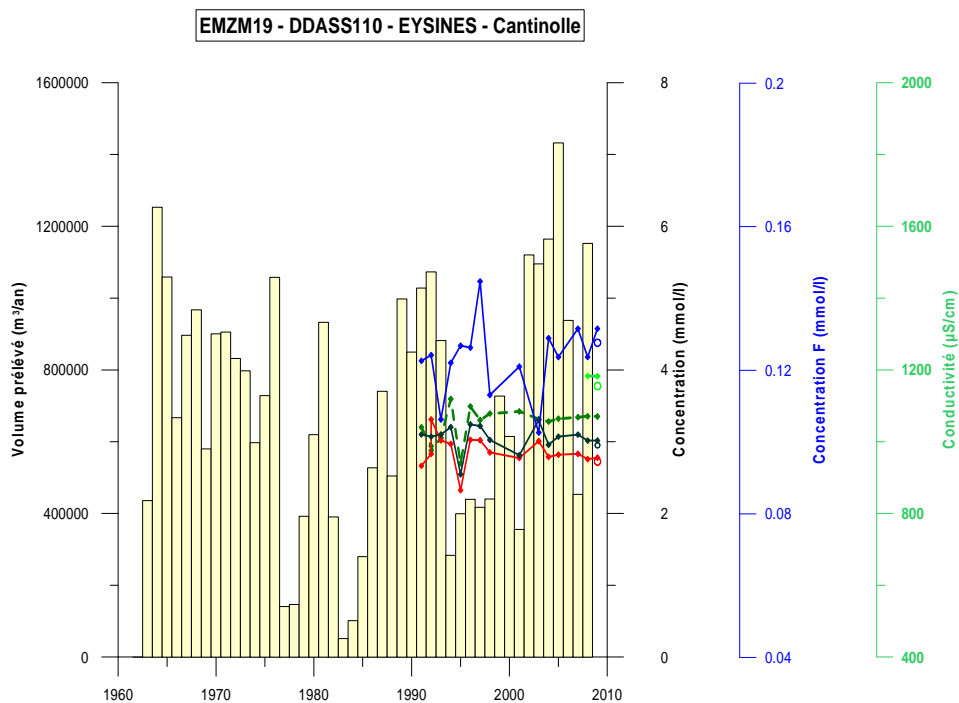


Illustration 48 : Suivi de EMZM19-DDASS110 - EYSINES - Cantinolle.

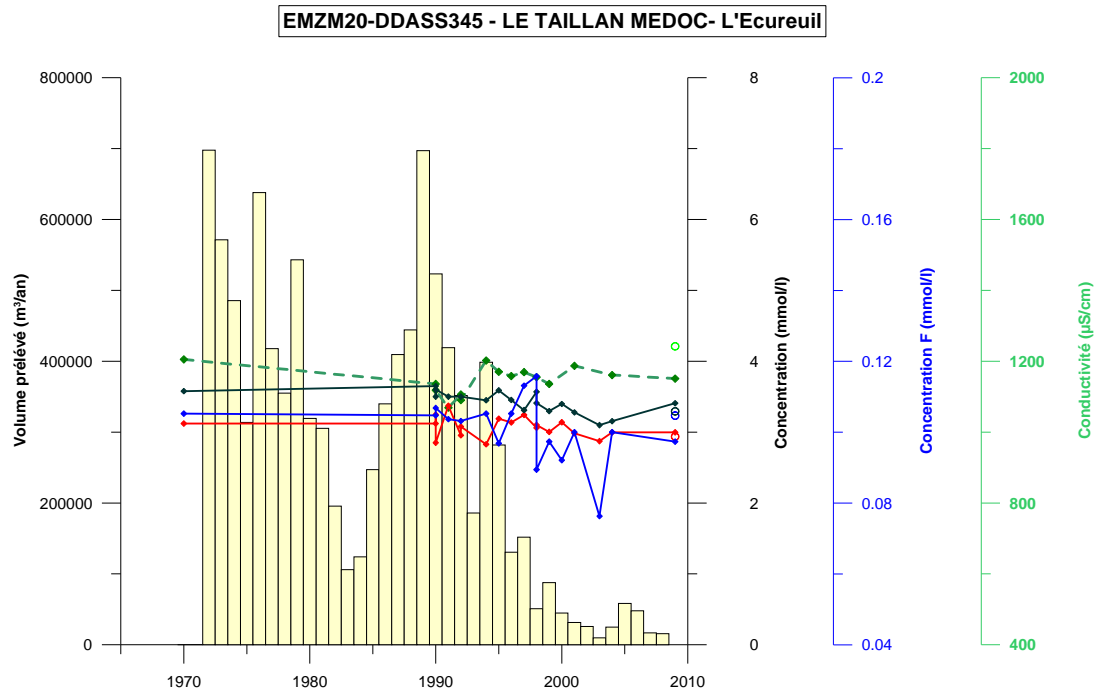


Illustration 49 : Suivi de EMZM20-DDASS345 - LE TAILLAN MEDOC - L'Ecoreuil.

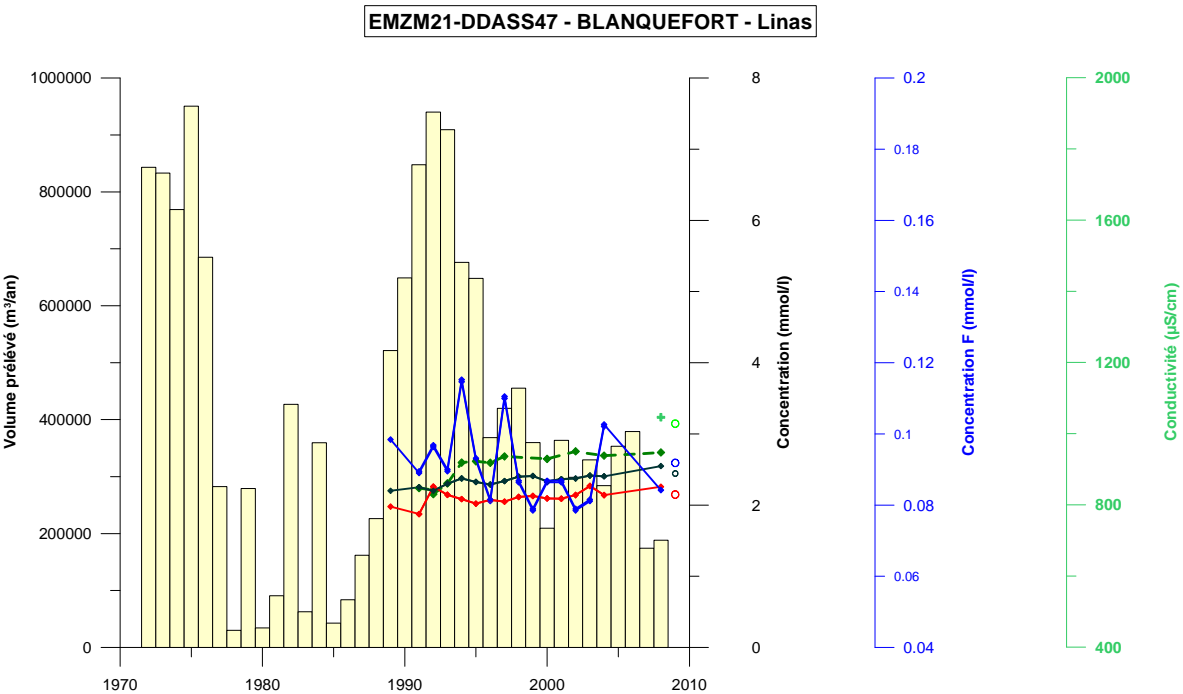


Illustration 50 : Suivi de EMZM21-DDASS47 - BLANQUEFORT - Linas.

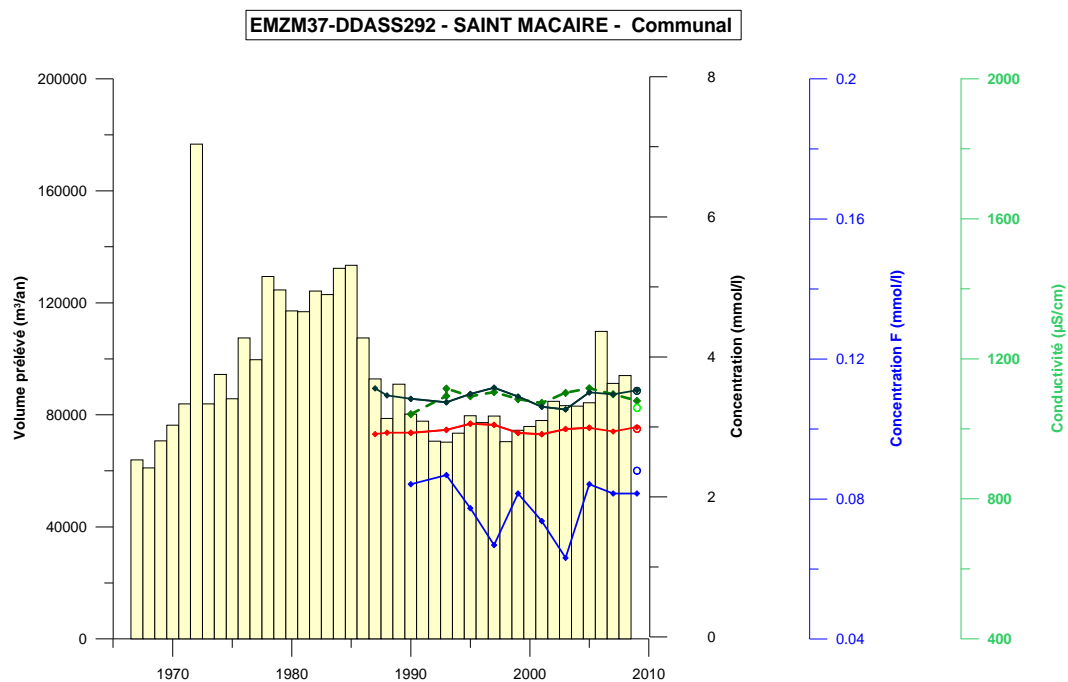


Illustration 51 : Suivi de EMZM37-DDASS292 - SAINT MACAIRE - Communal.

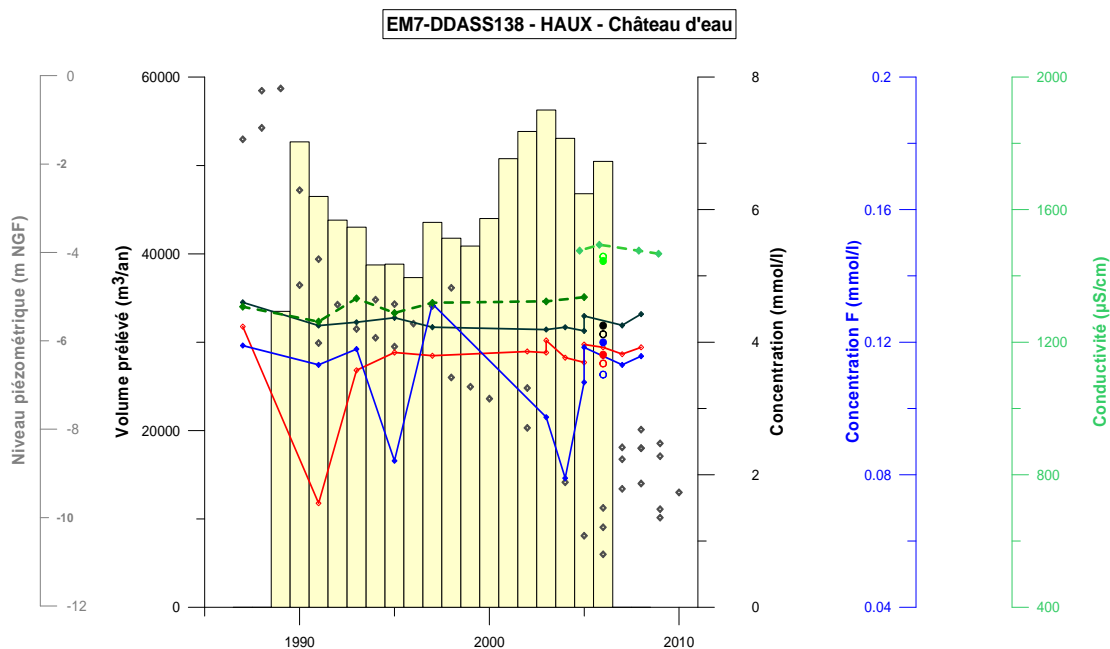


Illustration 52 : Suivi de EM7-DDASS138 - HAUX - Château d'eau.

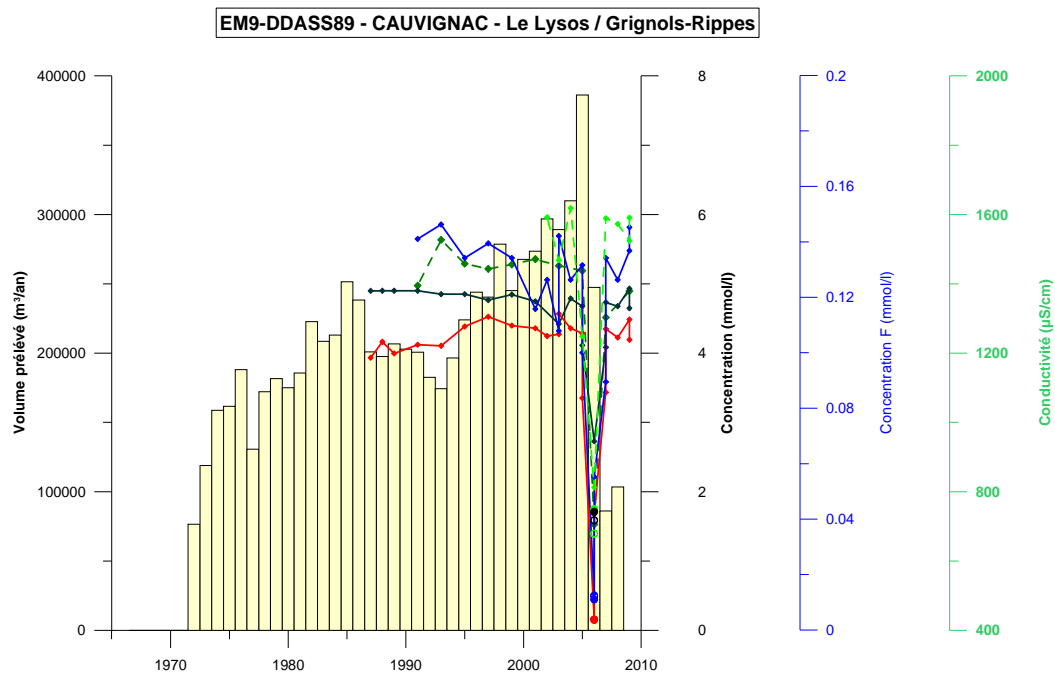


Illustration 53 : Suivi de EM9-DDASS89 -CAUVIGNAC - Le Lysos / Grignols - Rippes.

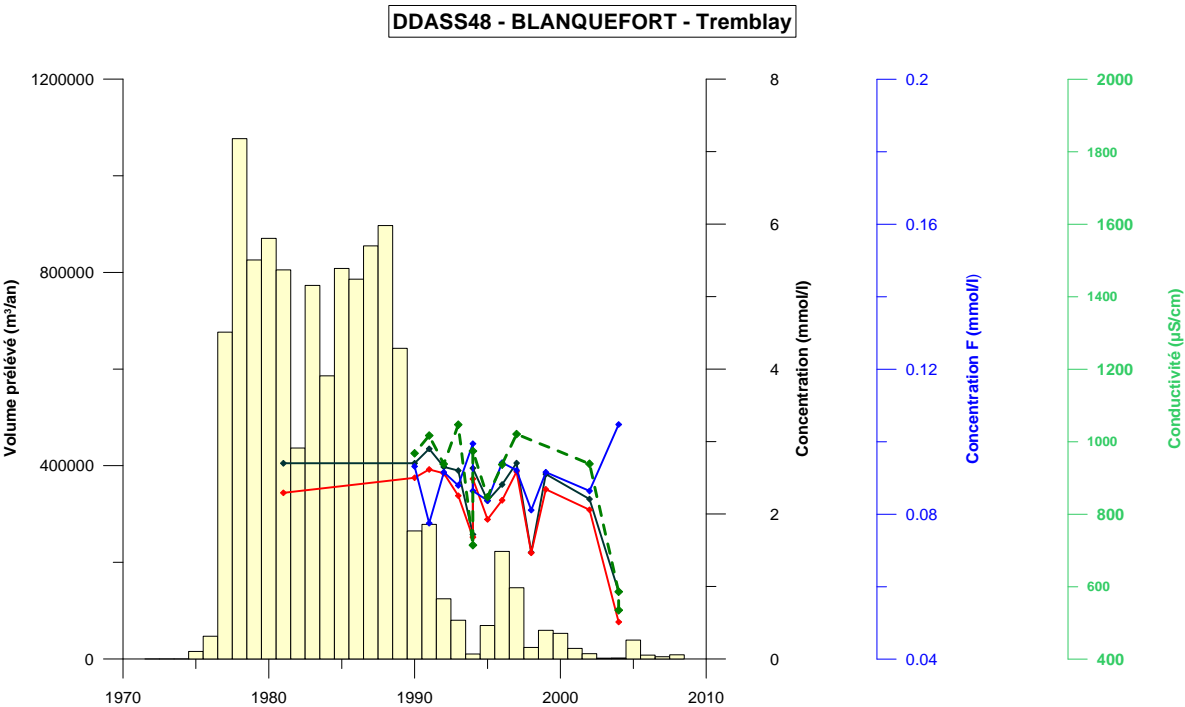


Illustration 54 : Suivi de DDASS48 - BLANQUEFORT - Tremblay.

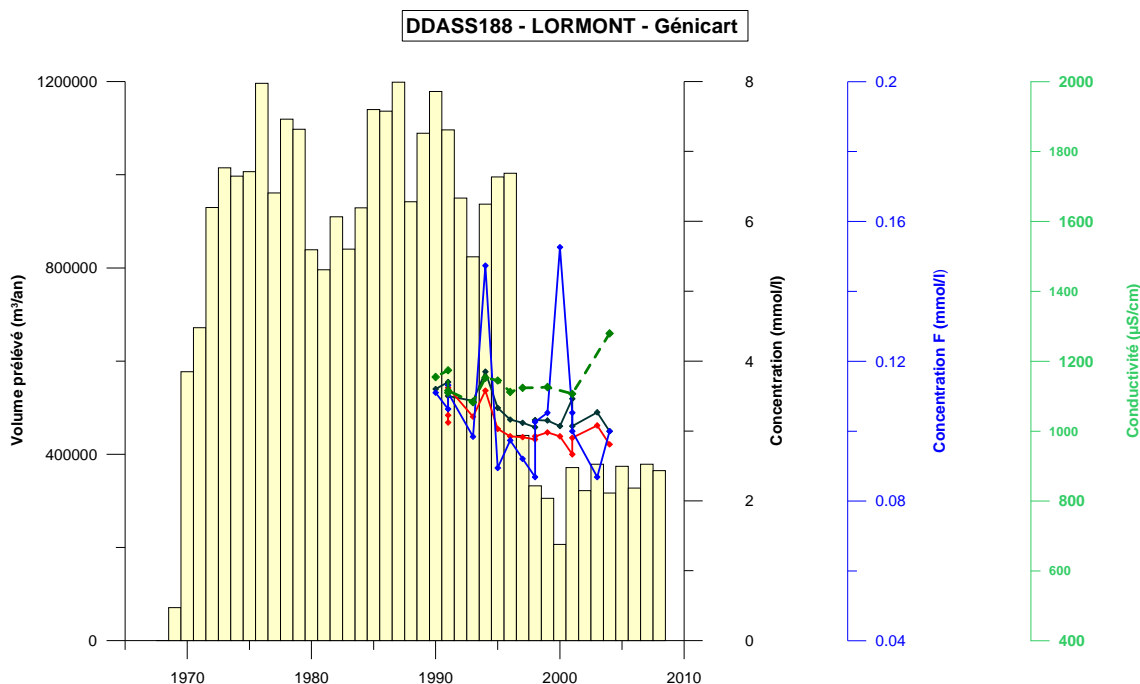


Illustration 55 : Suivi de DDASS188 - LORMONT - Génicart - F2.

1.3. RELATIONS INTER-ELEMENTS - EVOLUTION SUR LES 30 DERNIERES ANNEES

Les données "qualité" d'une quarantaine de forages d'eau sur les 30 dernières années ont été prises en compte. Ces ouvrages sont majoritairement les points suivis de CARISMEAU 2 auxquels s'ajoutent quelques points particuliers de la " Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ".

Afin d'observer, pour les points de la zone d'étude captant l'Eocène inférieur à moyen, les relations inter-éléments sur les 30 dernières années, des diagrammes binaires inter-éléments ont été tracés. Les fluctuations des concentrations en sulfates, chlorures, fluorures et calcium y sont illustrées par l'ensemble des données disponibles (Illustration 56 à 58).

Les données qualité d'un même point de suivi y sont représentées avec le même figuré. De plus, les deux normes de potabilité pour les sulfates (2.60 mmol/l) et pour les fluorures (0.0785 mmol/l) ont été représentées par des droites en pointillé sur les graphiques.

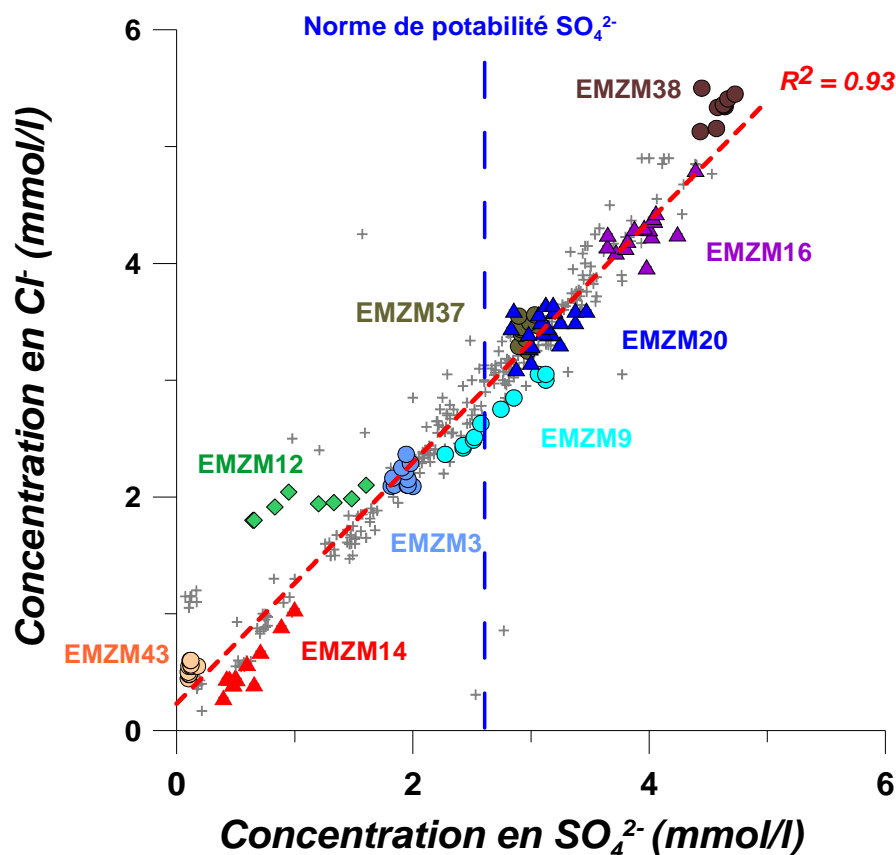


Illustration 56 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration Cl^- (mmol/l).

La relation sulfates - chlorures (Illustration 56) illustre les données pour 35 forages de 1981 à 2007.

Il existe une relation entre les concentrations en chlorures et sulfates. Les points évoluent de façon linéaire, de points comme EMZM43, proche des zones d'affleurement ou EMZM14, faiblement minéralisé par rapport à la moyenne à des points beaucoup plus minéralisés et hors norme de potabilité vis-à-vis des sulfates, comme EMZM38, au centre de l'Entre-deux-Mers et EMZM16, situé à Bordeaux.

De plus, les points indiquent des tendances différentes dans le temps, certains, comme EMZM12, montrent un enrichissement en sulfates avec une teneur en chlorures relativement stable. D'autres points comme EMZM9 et EMZM14 indiquent une augmentation proportionnelle des concentrations en SO_4^{2-} et Cl^- .

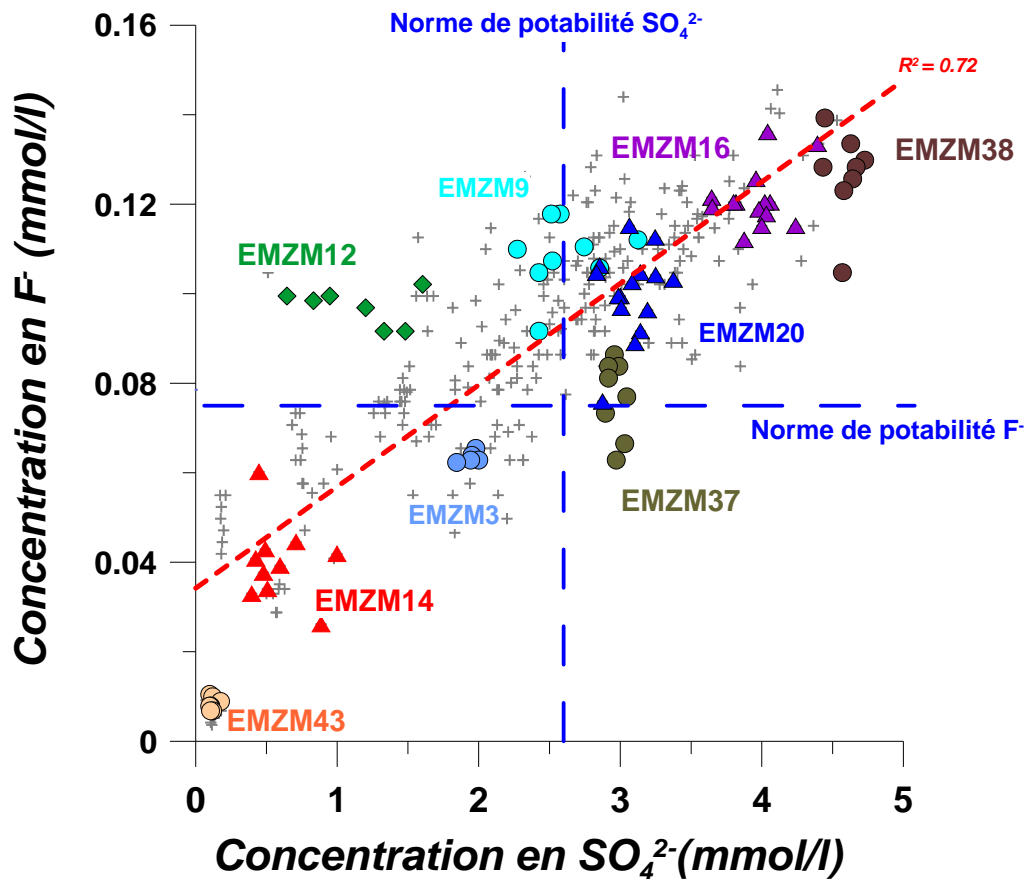


Illustration 57 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration F^- (mmol/l).

La relation sulfates - fluorures (Illustration 57) montre qu'il existerait à priori une relation entre les concentrations en fluorures et les concentrations en sulfates, bien que le coefficient de régression soit relativement faible ($R^2=0.72$). Tous les points étudiés sont situés en continuité de 0 à 5 mmol/l de sulfates de part et d'autre de la droite de régression, des points, comme EMZM43, peu minéralisés situés en zone d'affleurement de l'Eocène moyen, au point le plus minéralisé EMZM38.

De plus, cette faible corrélation entre l'ensemble des points n'est pas confirmée point par point. Les relations entre SO_4^{2-} et F^- semblent plus complexes. Certains points, comme EMZM37 et EMZM38, indiquent des variations en F^- avec une concentration stable en SO_4^{2-} et l'inverse est aussi visible avec par exemple le point EMZM14. Des cas intermédiaires sont aussi observables.

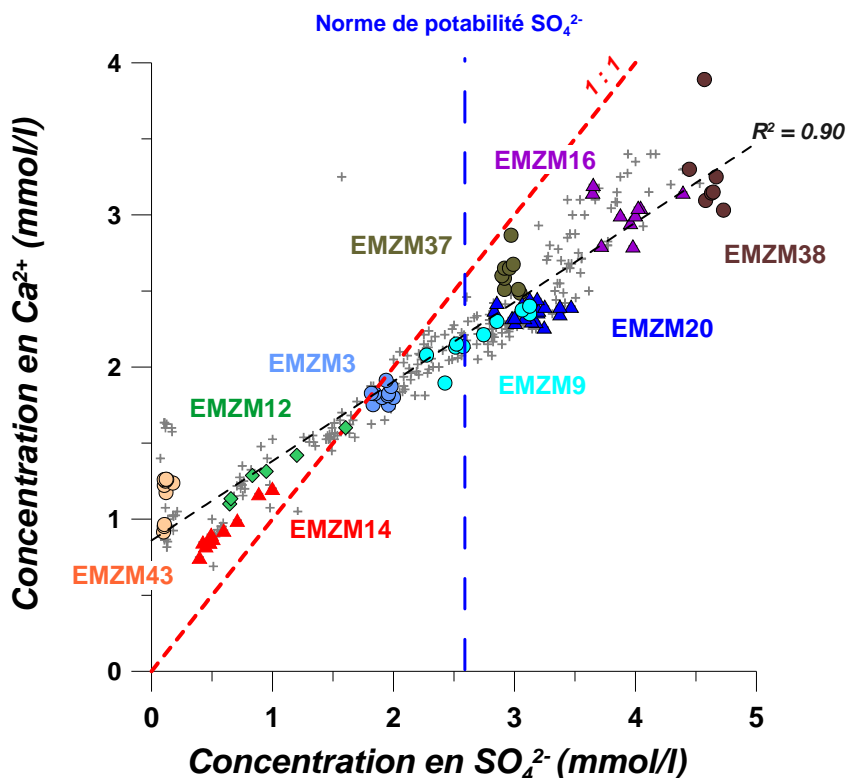


Illustration 58 : Graphique binaire inter-éléments pour les eaux des forages d'alimentation en eau potable de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » captant l'Eocène moyen à inférieur - Evolution sur les 30 dernières années. Concentration en SO_4^{2-} (mmol/l) versus concentration Ca^{2+} (mmol/l).

La relation sulfates - calcium (Illustration 58) montre une tendance globale qui illustre une bonne corrélation entre SO_4^{2-} et Ca^{2+} pour l'ensemble des points.

Les points évoluent de façon linéaire, de points situés en zones proches d'affleurement (EMZM43) ou faiblement minéralisées (EMZM14), où la teneur en Ca^{2+} est supérieure à SO_4^{2-} , à des points beaucoup plus minéralisées, où alors la concentration en Ca^{2+} est inférieure à la concentration en SO_4^{2-} . Ce comportement semble indiquer un système dans un premier temps à l'équilibre avec les carbonates, puis dans lequel il y aurait dissolution d'évaporites de type gypse ou anhydrite (CaSO_4).

Ces 3 graphiques inter-éléments montrent donc qu'il existe des relations entre l'ensemble des eaux de l'Eocène moyen de la " Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ", que ces eaux soient faiblement à fortement minéralisées. Des évolutions contrastées se distinguent pour certains points sur ces 30 dernières années.

Par ailleurs, là encore, le fluor semble avoir un comportement différent des autres éléments comme les sulfates, chlorures et le calcium.

2. Suivis en continu

Deux approches distinctes sont abordées pour le suivi en continu. La première concerne un suivi en continu de plusieurs heures à plusieurs jours avec la mise en place d'un pompage longue durée avec ou sans palier de débit. La seconde consiste en un équipement sur long terme de quelques forages, avec télétransmission et bancarisation des données.

2.1. SUIVI EN CONTINU AVEC POMPAGE

A fin décembre 2010, 3 sites font l'objet de suivi en continu des eaux brutes.

Ces suivis sont possibles grâce aux autorisations des 2 présidents des syndicats des eaux concernées :

- le SIAEPANC de la région de Bonnetan (Site de Le Pout),
- le SIAE d'Arsac - Margaux - Cantenac et Soussans (sites de Margaux et Arsac).

Ce travail est aussi réalisé en collaboration avec la Lyonnaise des Eaux (Secteur de Bassens).

2.1.1. Site de Margaux - le Stade - EMZM9

Des premiers essais ont été réalisés mi-novembre 2010 sur le forage de la commune d'Arsac, au lieu dit le Stade. Le forage a fonctionné pendant 22 h non stop à débit nominal et des prélèvements ont été effectués. Les paramètres physico-chimiques *in situ* ont été suivis pendant la durée du pompage. Des prélèvements en doublon ont été réalisés pendant les premières heures de pompage et à la fin du pompage. Les premiers ont été envoyés au laboratoire de l'IPL (IPL santé, environnement durables - Institut Pasteur de Lille) pour analyses de la conductivité électrique, des concentrations en sulfates, chlorures et fluor. Les seconds sont en cours d'analyses au laboratoire de l'EGID. Ce travail est réalisé en collaboration avec la Lyonnaise des Eaux (Secteur de Bassens).

Le forage de Margaux présente de fortes teneurs en fluor, supérieures à la norme de potabilité, et en limite de dérogation (2 mg/l).

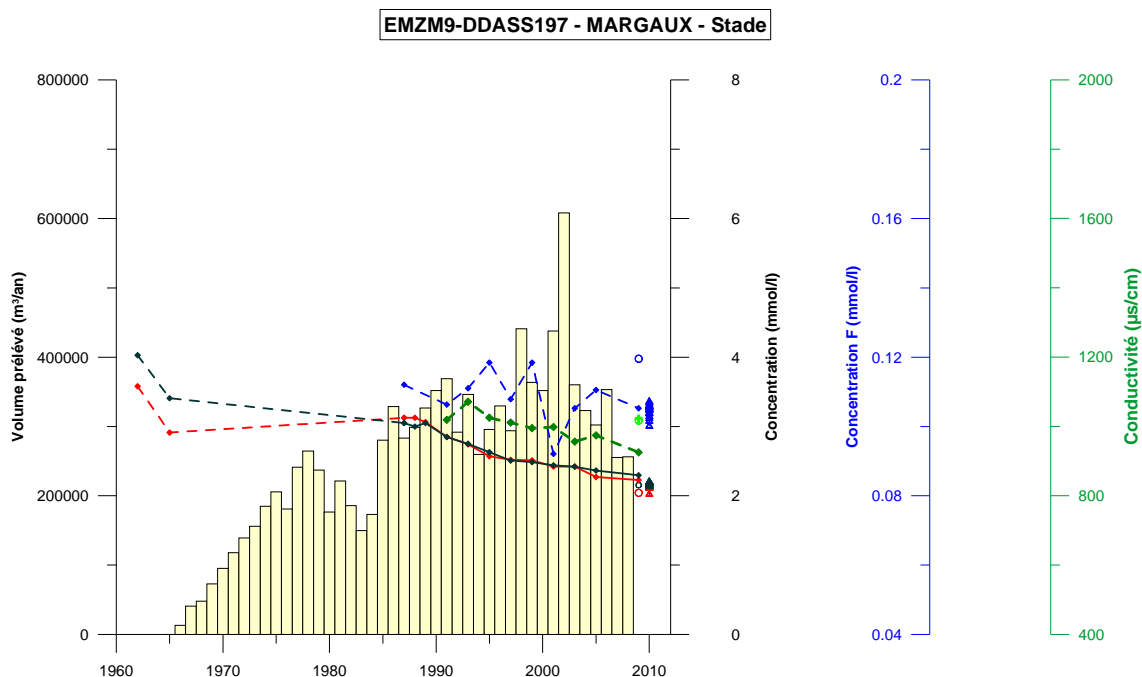


Illustration 59 : Prélèvements d'eau, effectué en novembre 2010, sur le forage Eocène de Margaux par rapport aux chroniques connues.

2.1.2. Site d'Arsac - Gourion - EMZM11

Une intervention sur le forage d'Arsac - Gourion a eu lieu du 20 au 23 décembre 2010 par la société Hydro-Assistance. A l'aide de la coupe géologique, de la coupe technique de l'ouvrage, des résultats des diagraphies (micromoulinet et diagraphies géochimiques), des prélèvements sélectifs ont été effectués à l'exhaure et à 5 profondeurs différentes (la longueur de la crépine est supérieure à 100 m et 5 arrivées d'eau distinctes ont été mises en évidence).

Hydro-Assistance a suivi en continu le niveau piézométrique, le débit de pompage, la conductivité électrique et la température lors de toute la durée du pompage.

En fait, deux pompages consécutifs ont eu lieu : au début 4h de pompage par palier (1h par palier), puis un pompage longue durée à 100 m³/h pendant 24h. Les paramètres physico-chimiques *in situ* ont été suivis toutes les 5 minutes pendant les 4 premières heures de pompage.

En parallèle, Eline Malcuit a effectué, pendant la durée de pompage, des prélèvements à l'exhaure de la pompe, mais aussi des doublons des prélèvements sélectifs aux profondeurs suivantes : 140 m, 160 m, 210 m, 230 m et 245 m.

Le travail a été effectué en collaboration avec à la fois Hydro-Assistance et la Lyonnaise des eaux.

Les eaux prélevées par E. Malcuit ont été conditionnées. Les analyses auront lieu en début d'année 2011.

Les échantillons d'eaux Lyonnaise des Eaux prélevés par Hydro-Assistance ont été remis à l'IPL.

Davantage de détails sur ce forage et cette intervention sont donnés au Chapitre 4, paragraphe 1.2.

2.1.3. Site de Le Pout - Rochon 2 - EMZM7

Une intervention est programmée en janvier 2011 sur le forage « Rochon 2 » de la commune de Le Pout. Ce forage présente un premier intérêt vis-à-vis de la problématique de la « zone minéralisée ». Il est situé au centre de l'Entre-deux-Mers et il n'est pas encore en activité. Ce nouveau forage représente un état « zéro » avant mise en route de l'exploitation pour l'alimentation en eau potable.

De plus, sur ce site, deux forages à l'Eocène existent. Le premier forage « Rochon 1 » est encore en activité. Il est un peu moins profond que le second et sa chimie est différente.

Un pompage de longue durée de 72h est donc prévu sur le forage de « Rochon 2 ». Pendant la durée du pompage, le forage de « Rochon 1 » sera à l'arrêt. Le pompage sera réalisé avec 4 paliers de débit consécutif allant de 80 m³/h à 200 m³/h.

Des prélèvements d'eau à l'exhaure sont programmés toutes les heures, avec suivi en continu des paramètres physico-chimiques de l'eau d'exhaure, et suivi en continu des paramètres hydrodynamiques des deux forages à l'Eocène présents sur le site.

Eline Malcuit est chargée de toute l'organisation de cette intervention.

2.2. CHOIX DES SITES POUR LE SUIVI EN CONTINU

2.2.1. Points à suivre éventuellement en continu

Parmi ces 48 points, 15 points montrant des fluctuations plus importantes ont été retenus. L'objectif est de choisir des points pour un suivi en continu.

L'objectif du suivi continu est d'observer des fluctuations éventuelles de la chimie de l'eau en fonction de l'usage des ouvrages à court et moyen terme (caractéristiques d'exploitation de l'ouvrage, mise en marche de la pompe, niveau piézométrique en statique et en dynamique, etc.). C'est pourquoi dans un premier temps, le choix s'oriente sur les ouvrages pour lesquels des fluctuations relativement importantes sont déjà visibles, et pour lesquels les concentrations en sulfates et/ou fluorures sont élevées.

De plus, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, il est possible d'observer nettement sur ces graphiques des tendances à la hausse de la conductivité électrique, des teneurs en sulfates et chlorures pour les forages de BEGLES - Verdun (EMZM14-DDASS35) et d'AVENSAN - Villegeorges (EMZM12-DDASS17).

Au contraire, des tendances à la baisse de la conductivité électrique, des teneurs en sulfates et chlorures sont aussi visibles, par exemple pour le forage de MARGAUX - Stade (EMZM9-DDASS197).

Les 15 points « présélectionnés » pouvant être par la suite équipés en continu sont présentés Illustration 60.

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT	CODE ECHANTILLON	INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CARISMEAU 2	EMZM2	DDASS165	08273X0262	F1	LATRESNE	COULOMB
CARISMEAU 2	EMZM9	DDASS197	07795X0003	F2	MARGAUX	STADE
CARISMEAU 2	EMZM11	DDASS12	08031X0241	F	ARSAC	GOURION
CARISMEAU 2	EMZM12	DDASS17	07788X0037	F4	AVENSAN	VILLEGEORGES
CARISMEAU 2	EMZM14	DDASS35	08272X0007	F3	BEGLES	VERDUN (BEGLES 3)
CARISMEAU 2	EMZM15	DDASS57	08037X0042	F	BORDEAUX	LA BENAUGE
CARISMEAU 2	EMZM18	DDASS92	08037X0041	F	CENON	CAVAILLES
CARISMEAU 2	EMZM19	DDASS110	08035X0270	F	EYSINES	CANTINOLLE
CARISMEAU 2	EMZM20	DDASS345	08031X0198	F	LE TAILLAN MEDOC	L'ECUREUIL
CARISMEAU 2	EMZM21	DDASS47	08031X0172	F	BLANQUEFORT	LINAS
CARISMEAU 2	EMZM37	DDASS292	08522X0024	F2	SAINT MACAIRE	COMMUNAL
CARISMEAU et CARISMEAU 2	EM7	DDASS138	08281X0020	F	HAUX	CHATEAU D'EAU
CARISMEAU	EM9	DDASS89	08764X0005	F	CAUVIGNAC	LE LYSOS / GRIGNOLS-RIPPES
		DDASS48	08032X0221	F	BLANQUEFORT	TREMBLAY
		DDASS188	08037X0400	F2	LORMONT	GENICART

Illustration 60 : Points présélectionnés pour un suivi en continu.

Avant de conclure sur leur équipement potentiel, il paraît nécessaire d'observer plus finement les fluctuations de qualité d'eau de ces ouvrages, c'est-à-dire de passer à une échelle inférieure au pas de temps annuel si possible, mais aussi de prendre en compte le régime d'exploitation des ouvrages.

Suivant les données existantes, un « zoom » pourra être réalisé sur un ou plusieurs points. En effet, les chroniques d'exploitation et la chimie des eaux sont très peu disponibles sur l'ensemble des ouvrages. Les données de la Lyonnaise des eaux de la Communauté Urbaine de Bordeaux existent de 1998 à aujourd'hui à un pas de temps de 6 minutes pour une majorité des données techniques de gestion de l'ouvrage, avec néanmoins quelques lacunes dans les données.

Il paraît aussi intéressant d'effectuer sur quelques ouvrages présélectionnés un suivi de la qualité des eaux sur la journée, en prélevant quelques échantillons et en effectuant des mesures physico-chimiques *in situ*.

2.2.2. Points retenus

a) Méthodologie appliquée et points retenus

La méthodologie appliquée pour le choix des sites retenus a été la suivante : parmi les 48 points suivis, 15 points montrant des fluctuations plus importantes ont été sélectionnés, dont 7 gérés par la Lyonnaise des Eaux - CUB.

En effet, la Lyonnaise des Eaux CUB dispose d'un dispositif de suivi pour chacun de ses forages avec télétransmission des données dans une base de données appelée Tokapi. Ce sont pour le moment les seuls sur le secteur d'étude a disposé d'un tel dispositif de suivi.

Dans ce cas, effectivement, l'attention s'est tournée vers les forages de la CUB. Les résultats de ces 7 forages ont été présentés à M. Fargeot (Chef de l'Agence Exploitation Systèmes & Production Eau Potable) et au service de Mme Follain (Service Ressources Hydrauliques & Télécontrôle Eau Potable - Paulin).

Les données télétransmises, comme par exemple les volumes prélevés, les débits des pompes, les niveaux piézométriques, stockées dans Tokapi ont pu être récupérées pour ces 7 forages.

De plus, les analyses physico-chimiques réalisées par Lyonnaise des Eaux - CUB sur l'eau brute des ces forages ont pu être collectées. Ces données complètent les analyses effectuées par l'ARS.

Ensuite, le choix de ne retenir que les 4 forages les plus intéressants s'est fait directement en concertation avec Michel Fargeot.

Ces 4 sites retenus (CUB, Lyonnaise des Eaux) sont :

- LORMONT - Génicart,
- BLANQUEFORT - Tremblay,
- BLANQUEFORT - Linas,
- BEGLES - Bègles 3 (Verdun).

b) Equipement des sites

Ensuite, vient une étape plus technique, à savoir quel équipement installer sur chaque site, en fonction des possibilités sur l'ouvrage en lui-même mais aussi de l'environnement du forage et de l'équipement de télétransmission.

En effet, M. Fargeot a souhaité que les données des équipements, ajoutés dans le cadre de CARISMEAU 2, soient aussi télétransmises et bancarisées dans les bases de données Lyonnaise des Eaux.

Eline Malcuit a alors pris de contact avec différents services de la Lyonnaises des Eaux, afin de s'assurer de la possibilité du montage.

Des déplacements sur site avec Céline Bernède et Emmanuelle Ampoulangue ont eu lieu pour prendre note des équipements déjà mis en place par la Lyonnaise. En effet, la mise en place d'une électrode fluor n'est pas évidente. Ces deux agents ont déjà mis en place des électrodes fluor sur l'eau traitée de quelques forages de la CUB. Par contre, dans le cadre du projet de recherche CARISMEAU 2, il s'agit d'installer ces mêmes électrodes sur un piquage « eau brute », ce qui risque certainement d'amener davantage de difficultés. Le temps de calage de l'électrode fluor n'est pas négligeable.

Eline Malcuit a aussi rencontré Christophe Pessana du service Monitoring-Automate-Télétransmission, pour voir avec lui les possibilités d'équipement sur chaque site, combien de sondes 4-20 mA peuvent être rajoutées sur l'existant et si le nombre est insuffisant que faut-il prévoir et à quel coût ?

Pour le site de Bègles, après accord avec le gestionnaire, les sondes doivent être commandées afin d'y être installées.

Pour les autres sites, des déplacements sont encore à prévoir.

2.2.3. Matériel pour chaque site

D'un point de vue de l'équipement, il a été retenu d'équiper un premier site en complet, c'est-à-dire une électrode de conductivité et de température, une électrode fluor, une électrode pH et une électrode Eh. Les 3 autres sites seraient suivis à minima (électrode de conductivité électrique, et électrode Eh s'il y a une place de libre).

CHAPITRE 4

DE LA CHIMIE DES EAUX A LA GEOLOGIE - MINERALOGIE

1. Prélèvements sélectifs au sein de l'ouvrage

1.1. SITE D'HAUX - CHATEAU D'EAU - EM7

1.1.1. Description du forage et problématique

Le forage de Haux se situe au cœur de l'Entre-deux-Mers et de la « Zone minéralisée ».

Ce forage destiné à sa création à l'alimentation en eau potable capte l'aquifère de l'Eocène moyen. Depuis ces dernières années, en raison d'un dépassement de norme de potabilité, ce forage n'est plus utilisé.

L'eau de ce forage présente des teneurs en sulfates et en fluor supérieures aux normes de potabilité AEP :

- $[\text{SO}_4^{2-}] > 250 \text{ mg/l}$ (limite de norme de potabilité),
- $[\text{F}^-] > 2 \text{ mg/l}$ (limite de dérogation) $> 1.5 \text{ mg/l}$ (limite de norme de potabilité).

Un diagnostic de l'ouvrage et des travaux de nettoyage ont été réalisés en juin-juillet 2009 par Hydro-Assistance (examen endoscopique, diagraphies de production, brossage sous air-lift).

La coupe géologique et technique du forage, ainsi que les diagraphies sont présentées ci-après (Illustration 61 et 62).

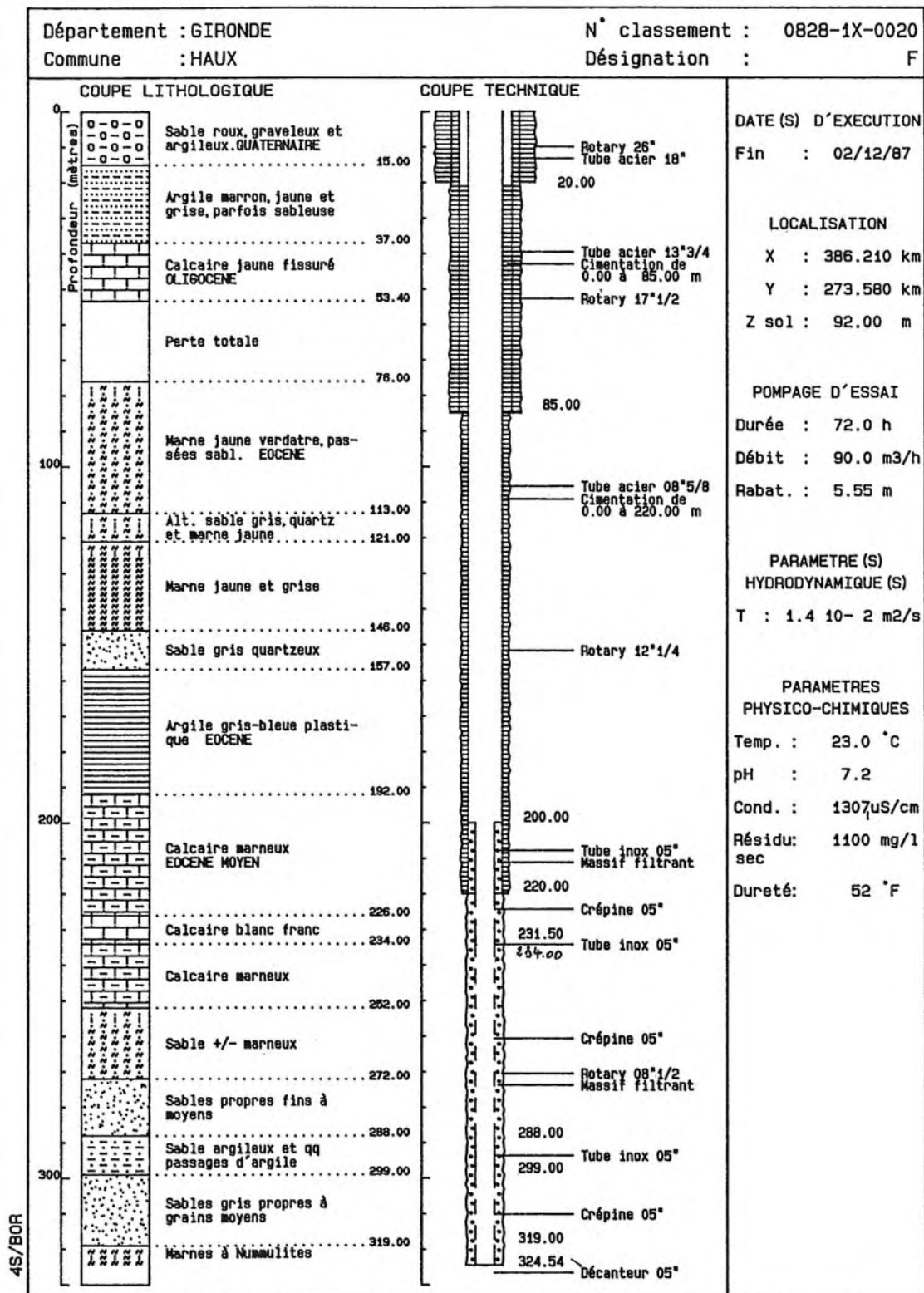


Illustration 61 : Coupe lithologique et technique du forage de Haux.

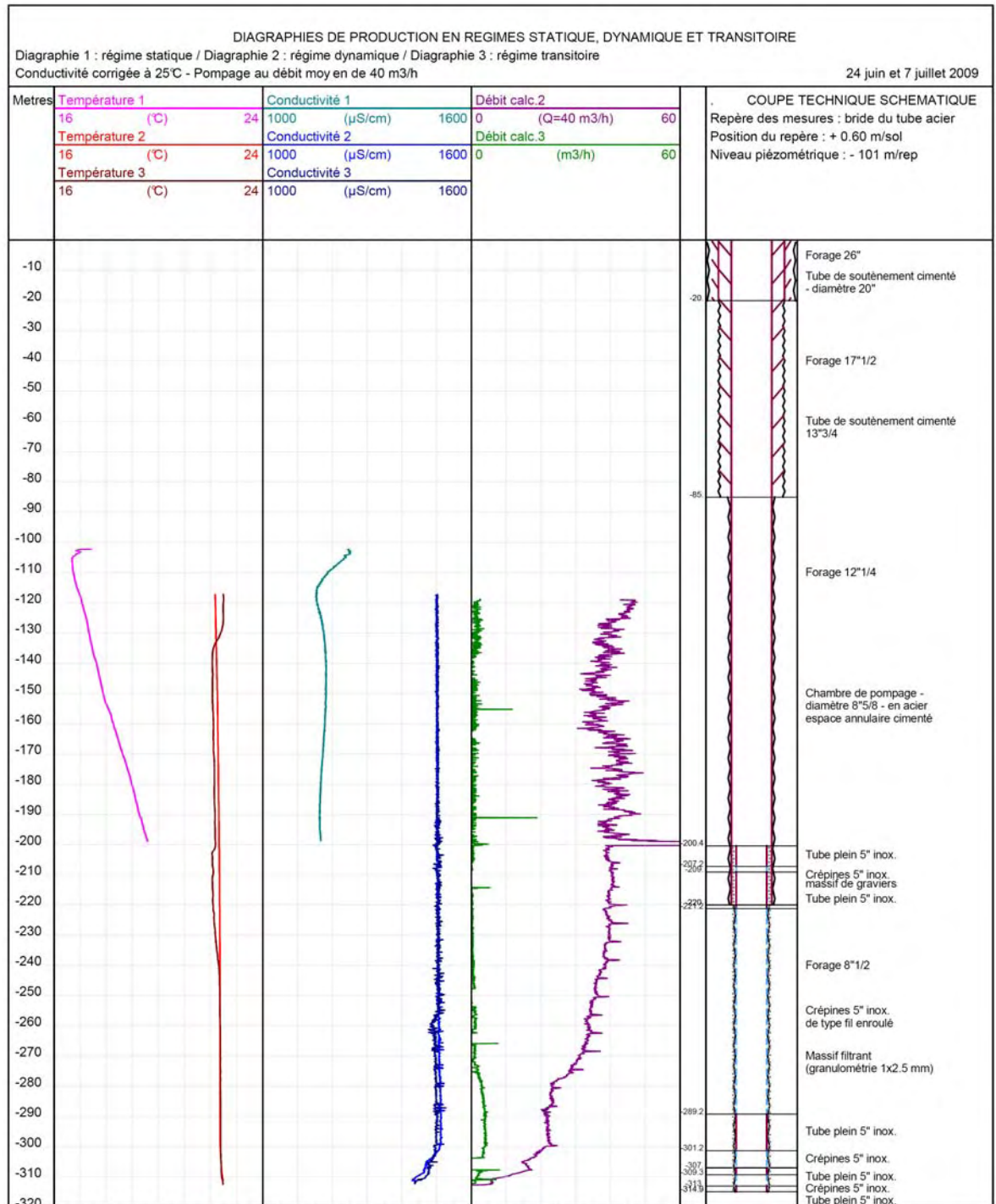


Illustration 62 : Diagraphies de température, de conductivité électrique et de flux, en régime statique et dynamique, d'après Hydro Assistance Ingénierie.

1.1.2. Prélèvements sélectifs en statique et en dynamique

L'intervention sur le site du forage de Haux a eu lieu fin juin 2010. Cette opération a été mise en place par M. Le Gorrec, maire de Haux, et M. Pouchan, ainsi que M. Dupuy. L'intervention d'Eline Malcuit s'est réalisée en plus du travail effectué par Hydro-Assistance.

Dans un premier temps, la colonne d'exhaure et la pompe du forage ont été démontées (Illustration 63, 63,64 et 65).



Illustration 63 : Site du Château d'eau d'Haux.



Illustration 64 : Démontage des tubes de la colonne d'exhaure.

Les prélèvements sélectifs ont eu lieu en deux fois. Tout d'abord, 2 premiers prélèvements ont été effectués sans pompage, ou autrement dit « en statique ».

Puis un pompage a été mis en place, et les prélèvements ont alors été réalisés aux 5 profondeurs désignées. Ces 5 prélèvements sélectifs ont donc été effectués « en dynamique ».

D'un point de vue de la technique utilisée, Hydro-Assistance dispose d'un tube préleveur de 3 m de longueur, qui est relié à un câble monté sur un treuil. Ce matériel permet de descendre, au centimètre près, l'ouverture du tube préleveur au droit de l'horizon que l'on veut prélever. Le volume collecté dépend donc de la capacité du tube-préleveur et de la profondeur de prélèvement.

En statique (sans pompage), le tube préleveur a été positionné au droit des 2 profondeurs choisies, c'est-à-dire au sommet des crépines et en bas des crépines. L'ouvrage n'avait pas été utilisé depuis un moment avant cette intervention.



Illustration 65 : Tube de la colonne d'exhaure.



Illustration 66 : Tubage acier de la colonne d'exhaure perforé.

Le lendemain, des prélèvements sélectifs en statique ont été réalisés les prélèvements en dynamique.

Pour cela, une pompe bridée à 30 m³/h a été installée en surface. Les prélèvements n'ont commencé qu'après trois fois le renouvellement de la colonne d'exhaure.

L'équipe d'Hydro-Assistance a réussi à faire passer, pour l'ensemble des prélèvements, le tube - préleveur de 3 m à proximité de la pompe. Ce qui a éviter de trop perturber les conditions de prélèvements, mais aussi ce qui représente un gain de temps certain.

Les prélèvements sélectifs en dynamique ont été réalisés du haut vers le bas, soit de 230 m à 312 m.

Les profondeurs de prélèvement ont été fixées préalablement, en fonctions des caractéristiques techniques du forage, des diagraphies physico-chimiques et des diagraphies de flux.

Pour chaque prélèvement, un premier échantillon d'eau brute a été prélevé par Hydro-Assistance pour analyse du fluor, des sulfates et du fer au laboratoire de l'IPL, et le reste de l'eau prélevée a été récupérée et conditionnée par Eline Malcuit.

Les 7 prélèvements sélectifs sont récapitulés dans l'illustration 67.

Date	Heure de prélèvement	Label Echantillon	Hydrodynamisme de l'ouvrage	Profondeur de prélèvement
22-juin-10	17h55	EM7 - ECH1	en statique	230m
22-juin-10	18h30	EM7 - ECH2	en statique	305m
23-juin-10	10h	EM7 - ECH3	en dynamique	230m
23-juin-10	10h48	EM7 - ECH4	en dynamique	250m
23-juin-10	11h13	EM7 - ECH5	en dynamique	270m
23-juin-10	11h50	EM7 - ECH6	en dynamique	285m
23-juin-10	12h25	EM7 - ECH7	en dynamique	305m
23-juin-10	13h07	EM7 - ECH8	en dynamique	312m

Illustration 67 : Tableau récapitulatif des prélèvements sélectifs du forage de HAUX (EM7).



Illustration 68 : Sortie du préleveur, passage à proximité de la pompe et sa colonne d'exhaure en dynamique



Illustration 69 : Installation pour conditionnement et mesure des paramètres physico-chimiques in situ.

1.1.3. Résultats des éléments majeurs

Les analyses des éléments majeurs ont été réalisées à l'EGID par Eline Malcuit. La balance ionique a été calculée et elle est correcte.

Ces résultats des sulfates et du fluor ont pu être comparés à ceux des échantillons prélevés en doublon par Hydro-Assistance et analysés au laboratoire de l'IPL. Les résultats sont similaires.

Les résultats pour les teneurs en F^- , SO_4^{2-} et Cl^- et les conductivités électriques des prélèvements sélectifs effectués en juin 2010 sur le forage de HAUX ont été rajoutés à l'évolution temporelle déjà illustrée.

Ce graphique (Illustration 70) montre des gammes de variations pour les sulfates, les chlorures, le fluor et la conductivité électrique, proches de celles enregistrées ces dernières années.

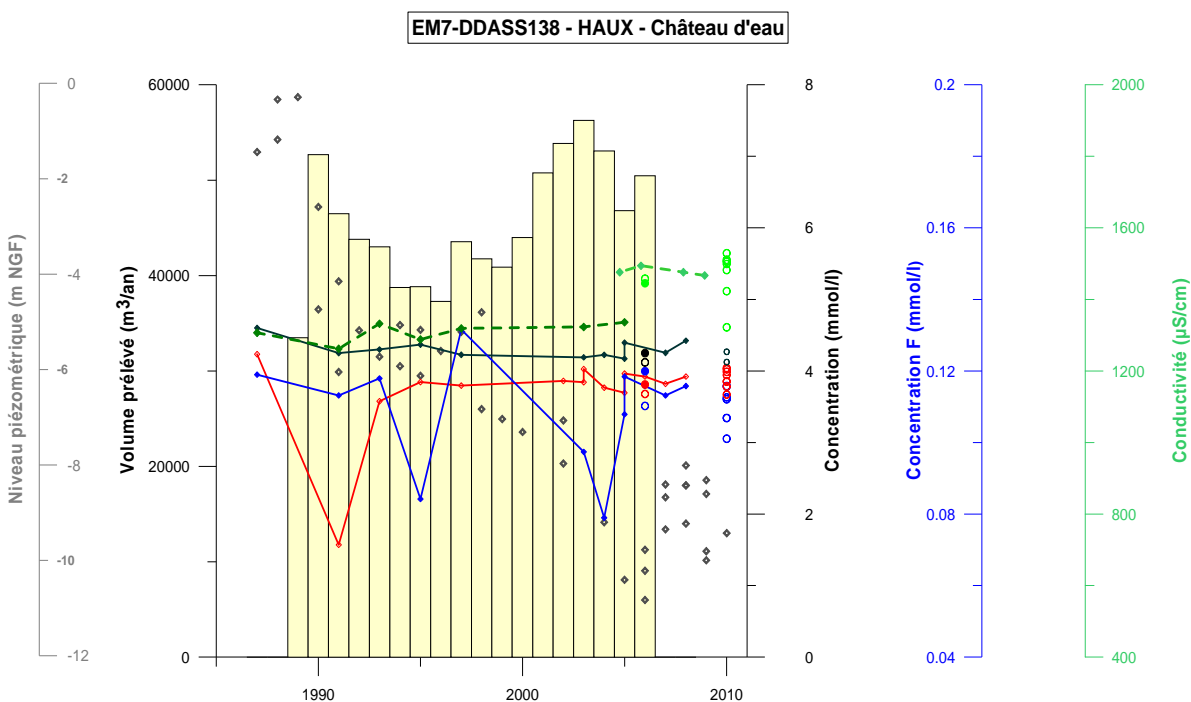


Illustration 70 : Evolution temporelle de EM7-DDASS138 - HAUX - Château d'eau depuis la réalisation de l'ouvrage en 1987 jusqu'aux prélèvements sélectifs en 2010.

Bien que de très légères variations de concentrations soient enregistrées entre les différents prélèvements sélectifs, les concentrations en fluor sont supérieures à 2 mg/l, c'est-à-dire supérieures à la limite de dérogation pour le fluor. Le forage ne peut en l'état être utilisé pour l'alimentation en eau potable.

Dans le cadre du projet de recherche, des analyses complémentaires pourront être effectuées sur ces échantillons sélectifs en 2011.

La chimie des éléments majeurs a permis de tracer le diagramme de Piper de ces échantillons sélectifs.

Le faciès géochimique de ces eaux, sulfaté-calcique, est cohérent avec l'analyse des eaux de ce forage effectuée en 2006 dans le cadre de CARISMEAU.

Ce forage est le plus minéralisé des eaux échantillonnées dans le cadre du projet de recherche CARISMEAU2.

Ces eaux, qu'elles aient été prélevées en statique ou en dynamique, représentent le pôle le plus minéralisé sur le diagramme de Piper (Illustration 71).

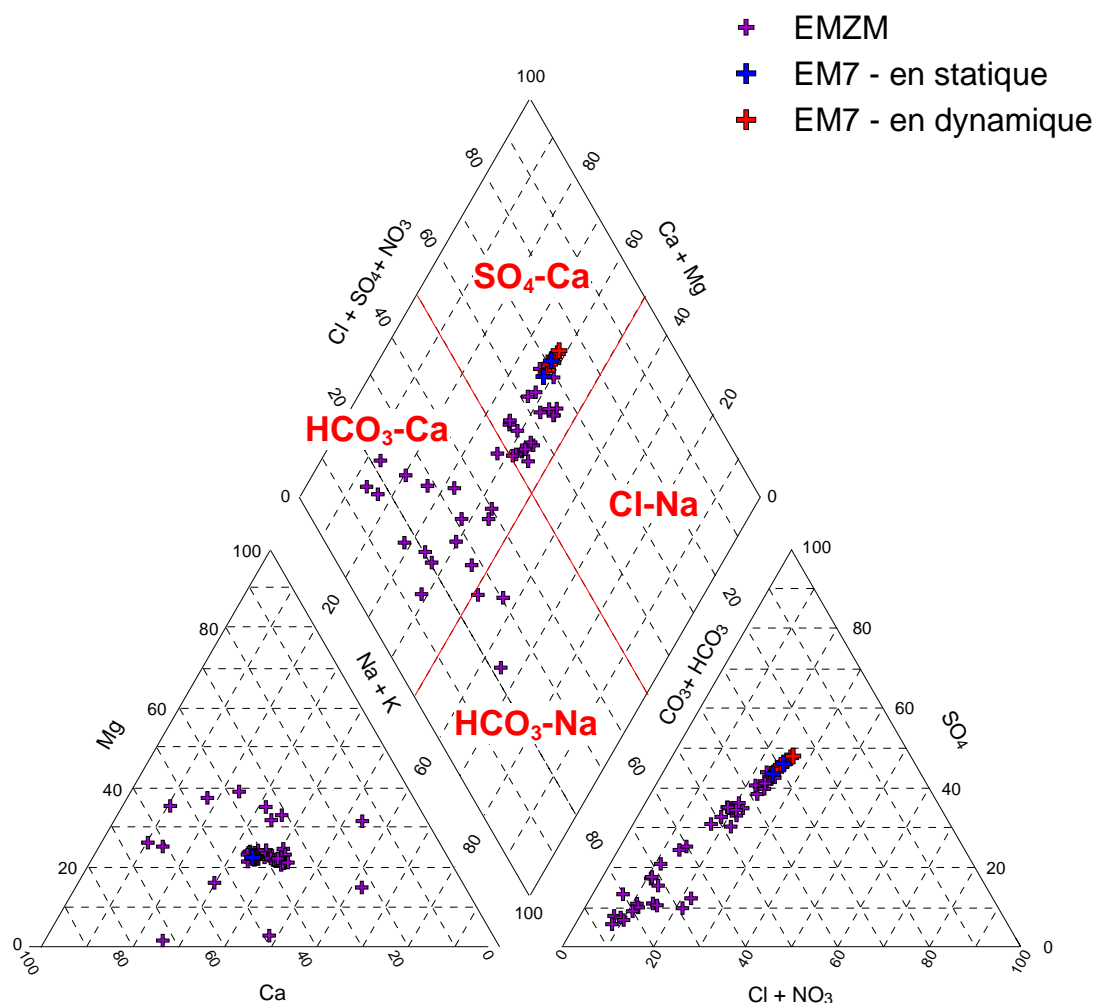


Illustration 71 : Diagramme de Piper des eaux prélevées à différentes profondeurs du forage d'Haux (en statique et en dynamique) en fonction des eaux des forages CARISMEAU 2 captant l'Eocène moyen.

1.2. SITE D'ARSAC - GOURION - EMZM11

1.2.1. Description du forage et problématique

Le forage d'Arsac-Gourion est un forage du SIEA d'Arsac-Margaux-Cantenac - Soussans. Dans ce secteur, les teneurs en fluor dans l'eau de l'Eocène dépassent largement la norme de potabilité pour le fluor de 1.5 mg/l. Les concentrations en fluor sont proches, voir supérieures à 2.0 mg/l, qui est la valeur limite pour passer sous dérogation via l'ARS.

La problématique du fluor dans ce secteur induit donc des difficultés importantes dans l'utilisation et la gestion de la ressource. En effet, la solution du traitement de ces eaux fortement concentrées en fluor est onéreuse, et l'autre solution de dilution de ces eaux par des eaux d'ouvrages moins minéralisées en fluor n'est pas encore trouvée.

Dans ce contexte, suite à un entretien mi-décembre 2010 avec le président du syndicat, M. Renoud, il a été décidé d'effectuer si possible, sur le forage d'Arsac-Gourion, des prélèvements sélectifs sur la hauteur de la crépine. En effet, d'après les documents de la BSS, la crépine capte sur 100 m les différents horizons de l'Eocène moyen.

Une intervention sur le forage d'Arsac-Gourion a eu lieu du 20 au 23 décembre 2010 par la société Hydro-Assistance. Eline Malcuit a alors travaillé sur site avec Hydro-Assistance afin de suivre les diagraphies, effectuer des prélèvements à l'exhaure pendant la durée des pompages, déterminer les profondeurs des prélèvements sélectifs et prélever en doublon les eaux aux différentes profondeurs.



Illustration 72 : Site d'Arsac - Gourion lors du pompage longue durée.

A l'aide de la coupe géologique, de la coupe technique de l'ouvrage, des résultats des diagraphies (micro-moulinet et diagraphies géochimiques), des prélèvements sélectifs ont été effectués à l'exhaure et à 5 profondeurs différentes. Sur la longueur de la crépine, supérieure à 100 m, 5 arrivées d'eau distinctes ont été mises en évidence.

De plus, Hydro-Assistance a suivi en continu le niveau piézométrique, le débit de pompage, la conductivité électrique et la température lors de toute la durée du pompage.

En fait, deux pompages consécutifs ont eu lieu : au début un pompage de 4h par palier (1h par palier), puis un pompage longue durée à 100 m³/h pendant 24h. Les paramètres physico-chimiques *in situ* ont été suivis toutes les 5 minutes pendant les 4 premières heures de pompage.

Le travail a été effectué en collaboration avec à la fois Hydro-Assistance et la Lyonnaise des eaux.



Illustration 73 : Etat du haut de la colonne d'exhaure (Encroûtements, perforations de la colonne en acier).

DÉPT : 33 COMMUNE : ARSAC

Indice de
classement

0803 | 1x | 0241

Désignation : Gourion

X =

Y =

Coupe au : établie par :

Interprétée par : L. PRATVIEL

c sol =

Profond.	Demi-coupe technique	Nappes et plan d'eau	Echant.	Coupe	DESCRIPTION GÉOLOGIQUE	Stratigraphie
0	+0,6		0			
	Fø 26"		13m		Sable - Gravier	IV ²
30m	Tø 450 ^m /m				Alternance marne blanche, calcaire	STAMPIEN
		NP=30,4	35m		Marne gris-vert - Passages calcaire	SANNOISIEN
	Fø 17 1/2"		58m		Marne gris, noir	EOCÈNE - SUP.
88	Tø 13 3/8"		86m		Alternance de calcaire et marne	
88,5			116m		Marne calcaire -	EOCÈNE - MOYEN
151m	Fø 12 1/4"		152m		Calcaire jaune vert	
151m	Tø 9 5/8"				Marne gris-vert, calcaire	
152m	Tø 6"					
	élargissement Fø 20"					
254m	Cø 6"					
260m	Tø 6"		260m			

Date	Horizon capté	Niveau piézométrique	Cote piézométrique	Débit en m ³ /heure	Niveau dynamique	Rabattement	OBSERVATIONS
juin 77	EOCÈNE - MOY	30,4m					

TENEUR EN MILLIGRAMMES PAR LITRE									
To	Résistivité à 20°	dHo	Résidu sec	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ⁴	Carbonates

Illustration 74 : Coupe géologique et technique du forage d'Arsac - Gourion.

1.2.2. Prélèvements sélectifs en dynamique et à l'exhaure

Eline Malcuit a effectué pendant la durée de pompage des prélèvements à l'exhaure de la pompe, mais aussi des doublons des prélèvements sélectifs aux profondeurs suivantes : 140 m, 160 m, 210 m, 230 m et 245 m.

Les eaux prélevées par E. Malcuit ont été conditionnées. Les analyses auront lieu en début d'année 2011.

Les échantillons d'eaux Lyonnaise des Eaux prélevés par Hydro-Assistance ont été remis au laboratoire de l'IPL.

Les résultats des analyses de l'IPL, qui ne portent que sur le fer, les sulfates, le fluor, le pH et la conductivité électrique, seront comparés aux résultats obtenus à l'EGID pour les éléments majeurs par chromatographie ionique. Une balance ionique pourra être ainsi établie, et des analyses complémentaires sur les éléments traces pourront être éventuellement effectuées par la suite.

2. Géologie - Minéralogie

2.1. FORAGES : CUTTINGS RECUPERES

Une des difficultés de compréhension de la minéralisation des eaux de l'Eocène de l'Entre-deux-Mers est de chercher son origine précise. En effet, les terrains aquifères concernés se situent à plusieurs centaines de mètres de profondeur dans le secteur d'étude.

Le fait de pouvoir analyser directement des échantillons de ces terrains ne peut être effectué que sur des carottes ou des cuttings de forages du secteur.

Or pouvoir disposer des carottes de forages à l'Eocène du secteur n'a pour l'instant pas été possible.

L'autre difficulté provient de la rareté de cuttings de forages à l'Eocène sur le secteur d'étude. En fait, les cuttings après réalisation d'un forage sont fréquemment jetés.



Illustration 75 : Caisses de cuttings du forage EMZM45 (Baurech).

Néanmoins, Eline Malcuit a récupéré des cuttings de 4 forages sur le secteur étudié. Ces 4 forages traversent les différents horizons de l'Eocène. Deux d'entre eux descendent jusqu'au Crétacé.

Il est important de noter que les cuttings représentent pour le moment la seule source d'informations précises des formations situées à plusieurs centaines de mètres de profondeur. Mais cette source d'informations peut contenir des erreurs par rapport aux données provenant de carottes. En effet, les cuttings peuvent ne pas correspondre précisément à la profondeur qu'ils indiquent. Une autre source d'erreur provient de la pollution des échantillons en fonction des techniques de foration (boue de foration). De plus, en lavant les échantillons, des informations peuvent être perdues.

2.1.1. Localisation et descriptif des 4 forages

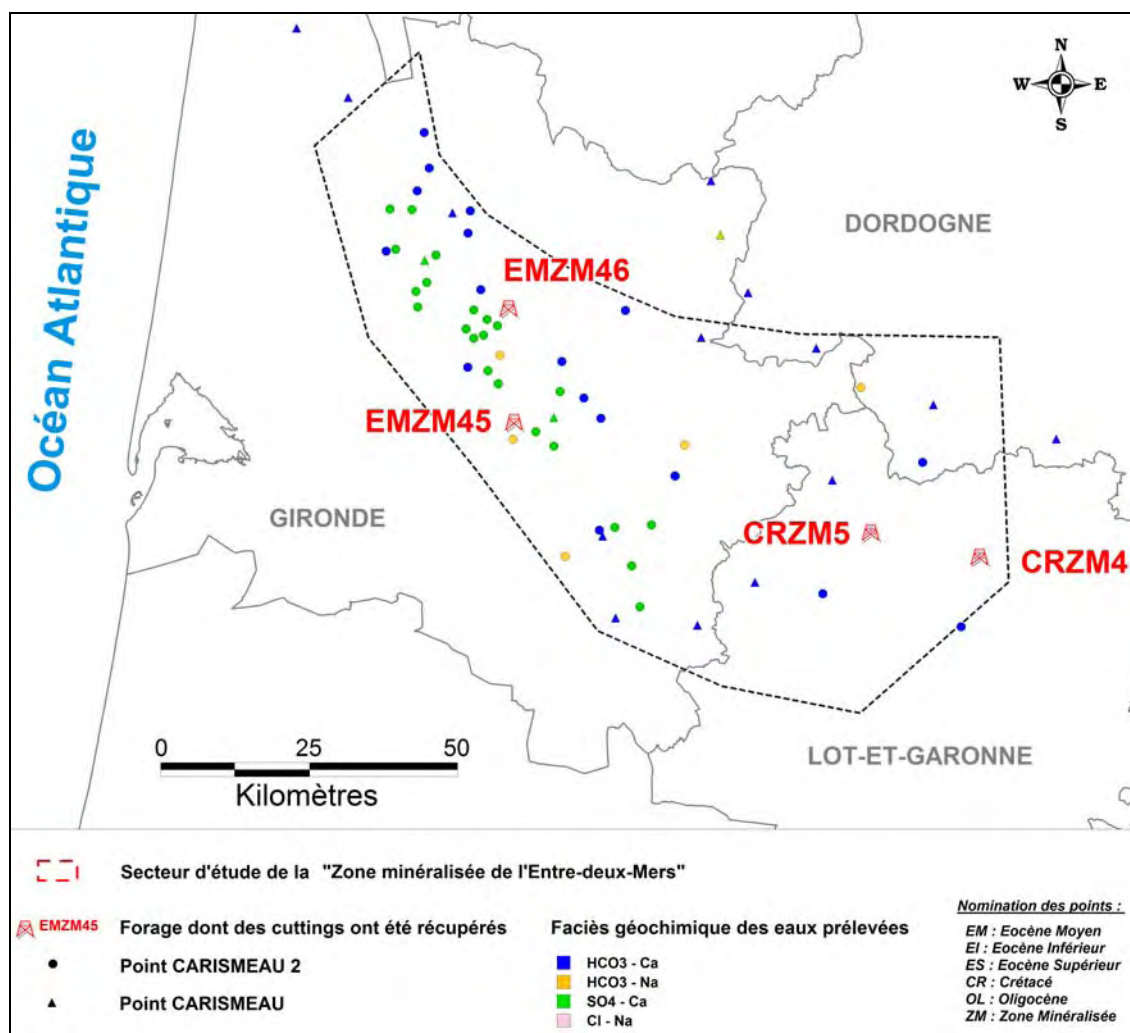


Illustration 76 : Localisation des cuttings collectés.

Eline Malcuit a pu récupérer des cuttings provenant de 4 forages situés sur la zone d'étude. Les échantillons collectés ne correspondent pas seulement à l'horizon aquifère capté, mais aussi aux horizons supérieurs et/ou inférieurs.

Les forages CRZM4 et CRZM5 sont des piézomètres réalisés par le BRGM, dont les cuttings ont été stockés par les mairies des communes concernées.

Les ouvrages EMZM45 et EMZM46 sont de nouveaux forages à l'Eocène destinés pour l'alimentation en eau potable de communes de l'Entre-deux-Mers. Des cuttings ont pu être collectés avec l'accord des syndicats.

LABEL CARISMEAU 2	INDICE°BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CRZM4	08547X0008 / Pz	MONBAHUS	AUX BIARDS
CRZM5	08534X0009 / Pz	PEYRIERES	GRAND GUILLEM
EMZM45	08278X0248 / F4	BAURECH	LE PETIT PORT
EMZM46	08037X0810 / F	YVRAC	LE CABET

Illustration 77 : Forages dont des cuttings ont pu être collectés.

Les coupes géologiques et techniques des 4 forages sont représentées ci-après (Illustration 78 à 81).

2.1.2. Avancement des analyses sur les cuttings en Diffraction des Rayons X

Ce travail est réalisé à l'EGID, en collaboration avec Serge Galaup. Quelques renseignements sur la technique de DRX sont donnés dans le chapitre consacré aux échantillons de gypse de Sainte Sabine.

Le travail de broyage des cuttings est en cours, ainsi que leur passage en DRX. Le travail de dépouillement des premiers diffractogrammes de ces cuttings a commencé.

Parallèlement à ce travail, certains cuttings ont également été transmis à Sabine Schmidt afin de connaître leur teneur en radioéléments (radium).

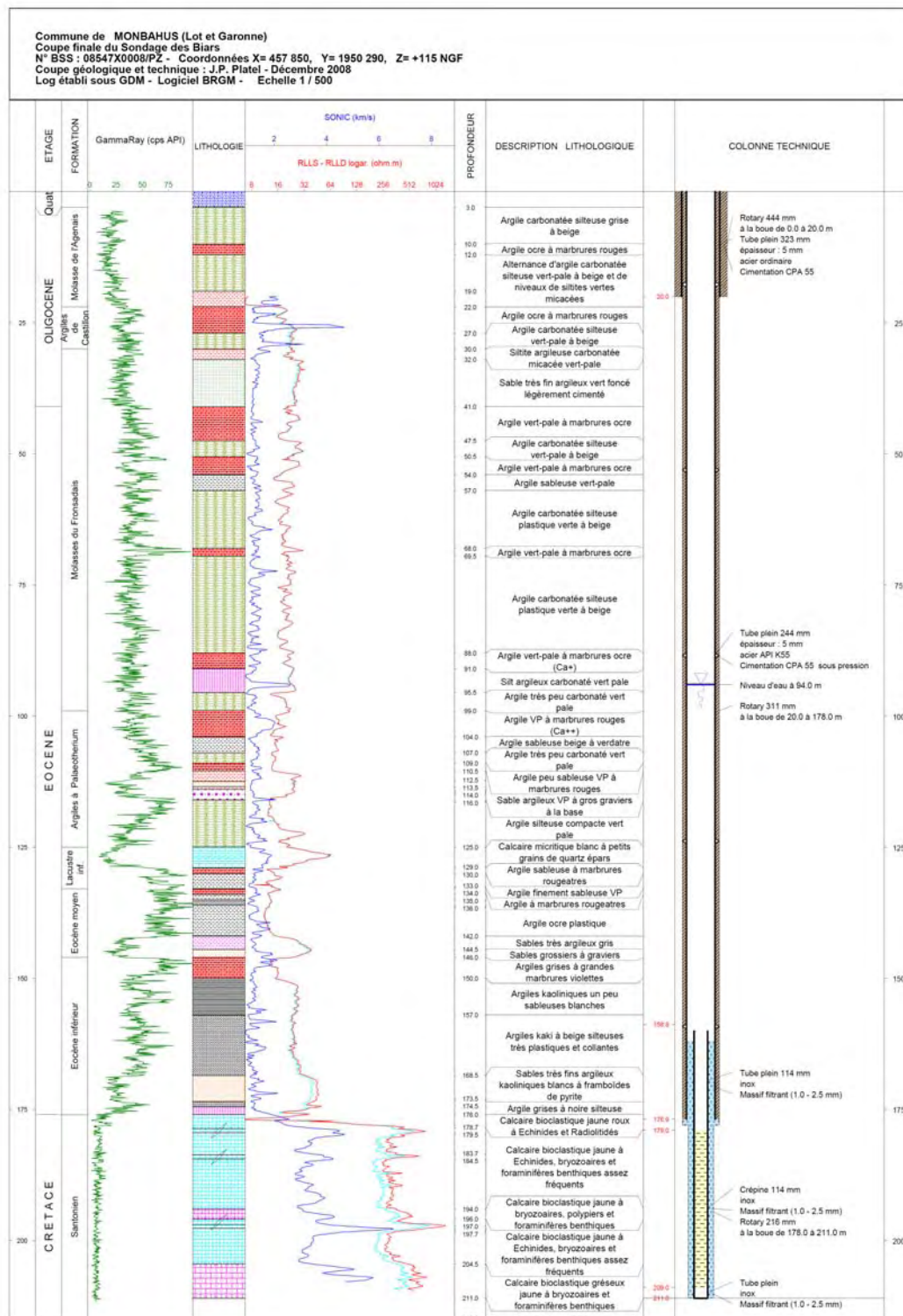


Illustration 78 : Coupe géologique et technique du forage CRZM4 (Mazurier et al, 2009).

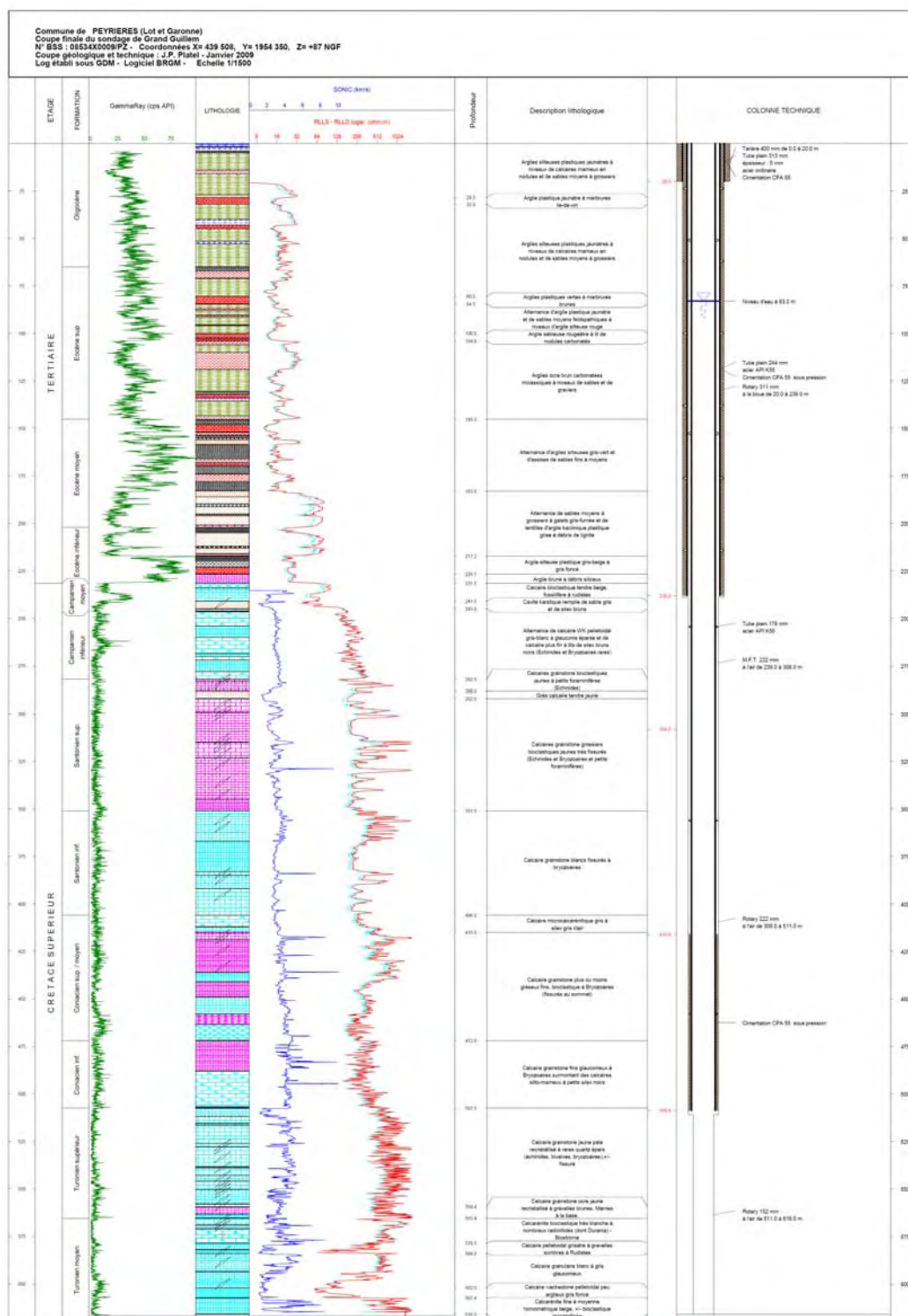


Illustration 79 : Coupe géologique et technique du forage CRZM5 (Mazurier et al, 2009).



Commune : Baurech (33)
Forage : nouveau forage du Petit Port

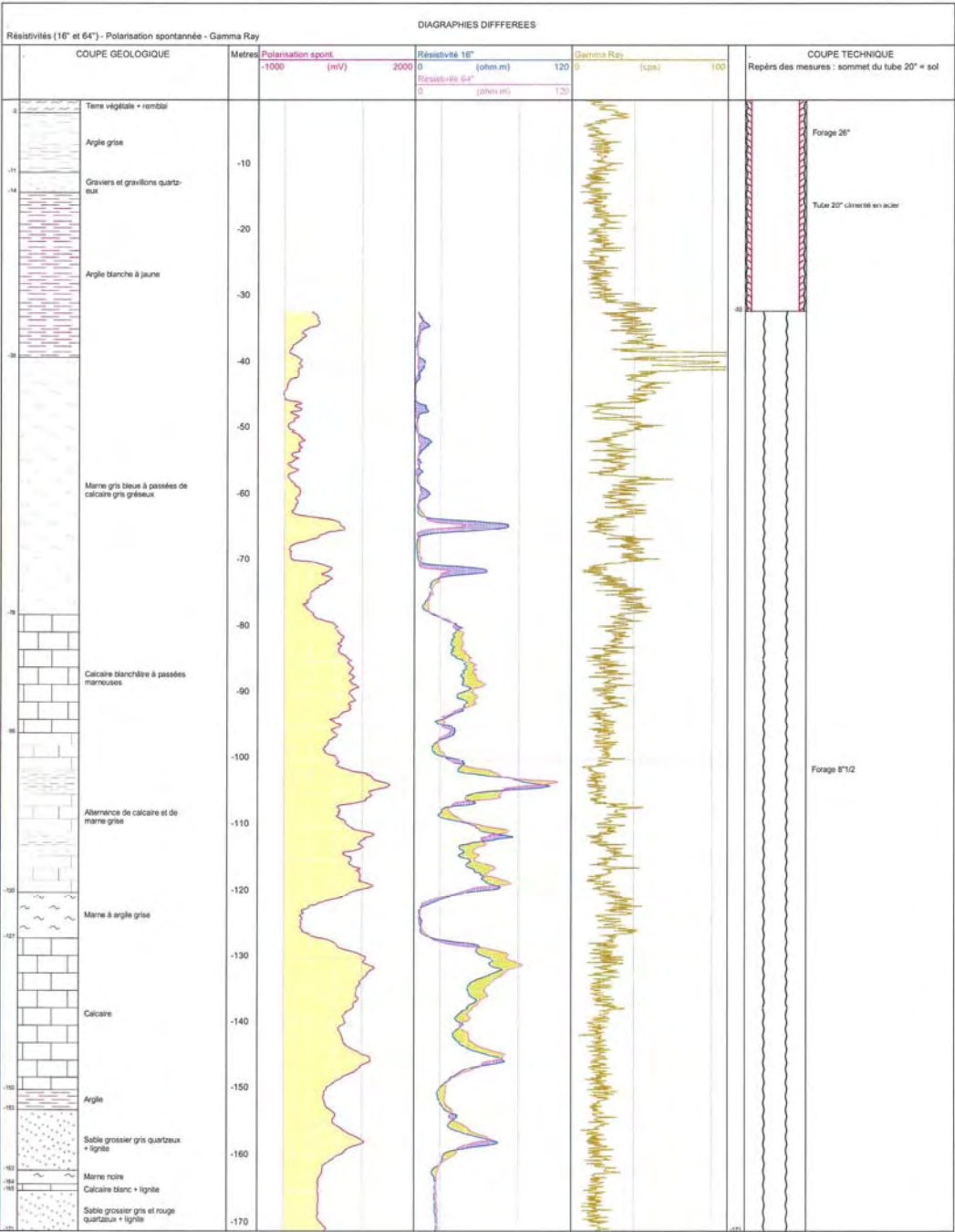


Illustration 80 : Coupe géologique - Diagraphies- du forage EMZM45.

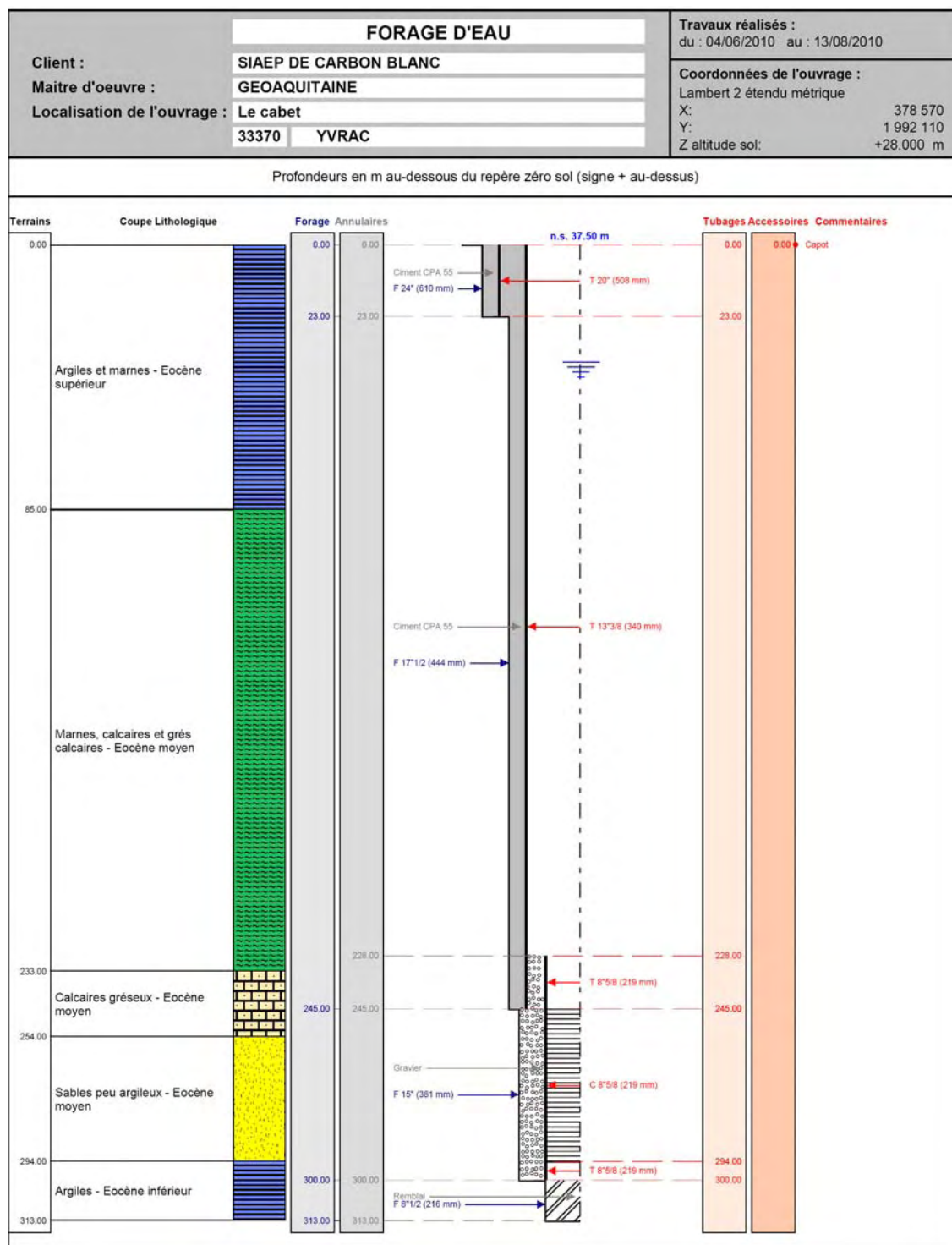


Illustration 81 : Coupe géologique et technique du forage EMZM46.

2.2. ECHANTILLONNAGE DE GYPSE

A proximité du secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » se trouve le site de Sainte Sabine-Born.

Une brève présentation du site est faite dans la notice de la carte géologique de Belvès (Dubreuilh et al, 1983) au chapitre substances minérales et carrières : « Gypse : L'exploitation du gypse a été autrefois réalisée en carrière souterraine sur la commune de Sainte-Sabine, près du lieu-dit Mayne d'Eau. Le gypse était extrait de la partie supérieure de la formation des Molasses du Fronsadais, à partir de couches métriques ou plurimétriques intercalées dans les dépôts argilo-sableux. Cette exploitation est aujourd'hui arrêtée et la carrière inondée ».

Cette exploitation a cessé avant la seconde guerre mondiale.

Grâce aux indications de M. Platel (BRGM) et à des recherches en BSS et dans la Base de données des carrières de Dordogne le site a pu être situé précisément. De plus, la publication de M. Morabito (1999) a apporté un grand nombre de renseignements.

2.2.1. Présentation du site de Sainte Sabine - Born

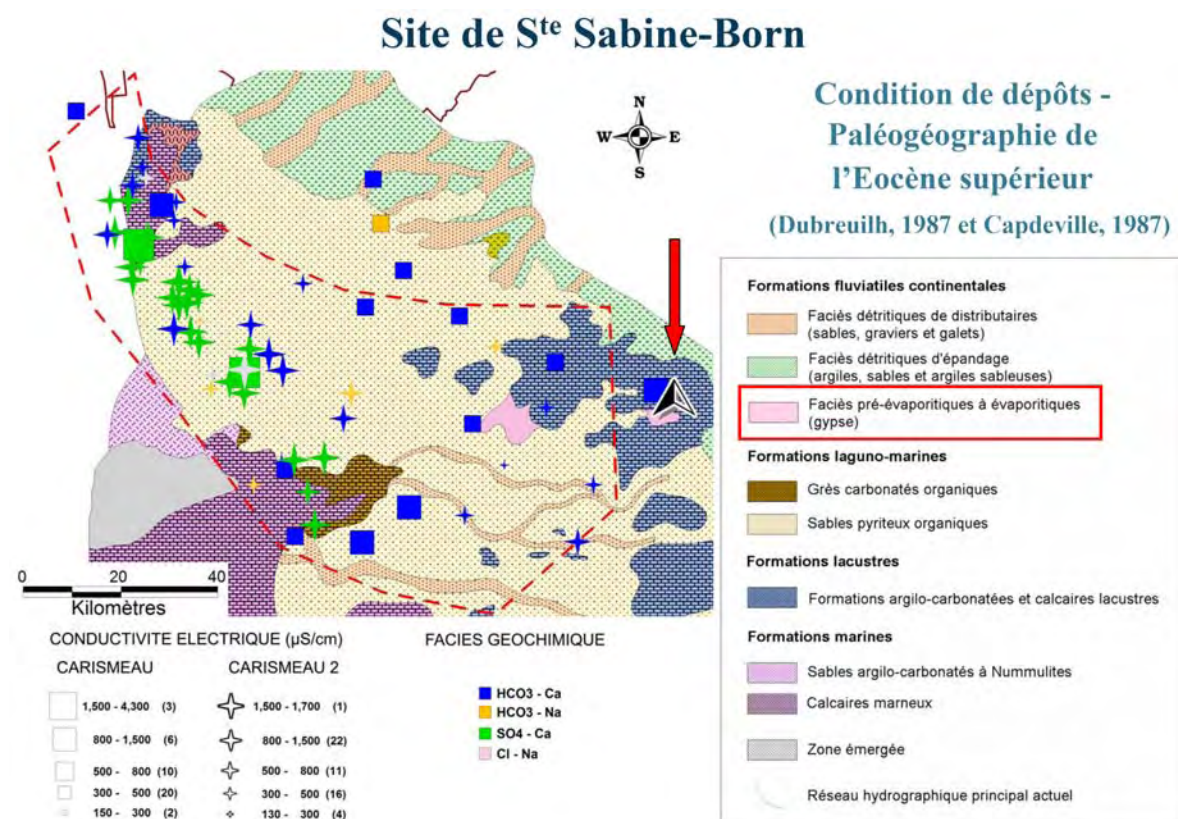


Illustration 82 : Localisation du site de Sainte Sabine-Born

Le site de Sainte Sabine-Born se situe en limite est du secteur d'étude, en Dordogne. La présence de gypse a été indiquée sur la carte de paléogéographie de l'Eocène supérieur du nord du Bassin aquitain (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987). Le site a aussi été re-situé, Illustration 82, en fonction des points d'échantillonnage de CARISMEAU et CARISMEAU 2, de leur faciès géochimique et de leur conductivité électrique *in situ*.

Le contexte géologique de ce gîte de gypse peut être expliqué ainsi : le gypse de Sainte Sabine (Illustration 83) est localisé à la limite de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène, au contact avec la partie supérieure des Molasses du Fronsadais.

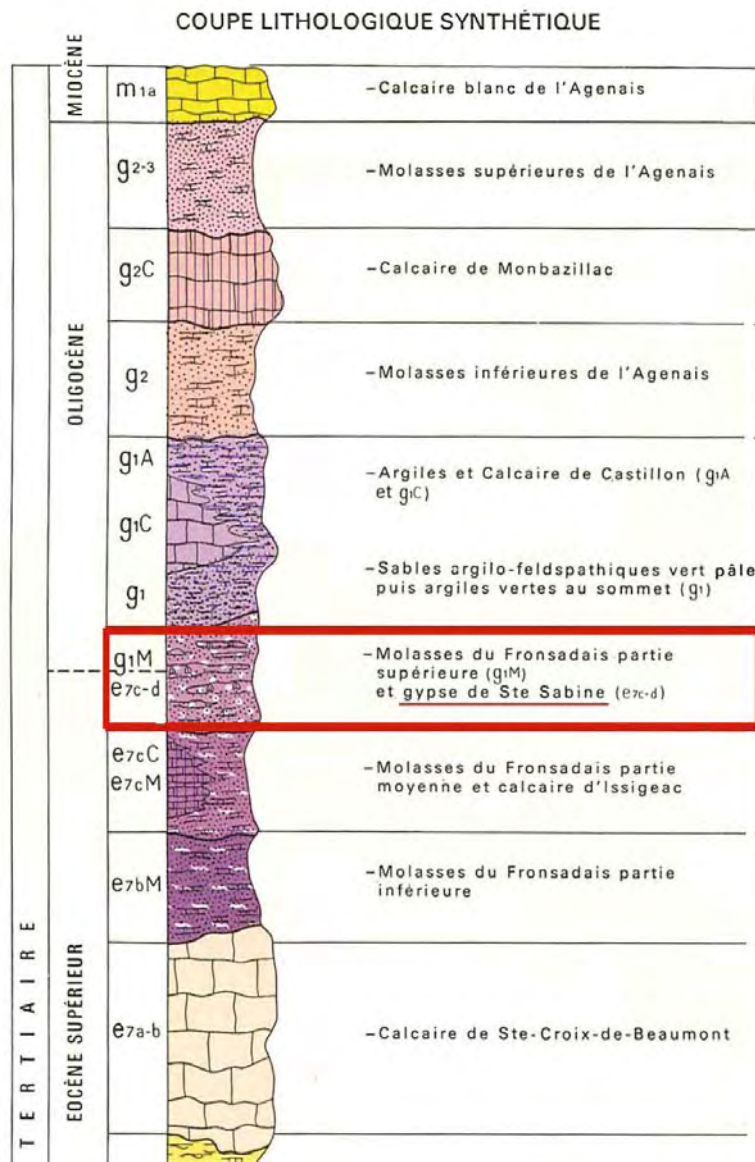


Illustration 83 : Extrait de la coupe lithologique synthétique de la carte géologique de Belvès (Dubreuilh et al., 1983).

2.2.2. Echantillonnage sur site

Avant tout déplacement, un travail de localisation des sites, pour lesquels la probabilité de rencontrer du gypse à l'affleurement était la plus importante, a été réalisé. Ce travail a pris en compte le travail de Morabito (1999), et de ces résultats de DRX des carottages effectués.

Il en découle que le site le plus propice à l'échantillonnage de gypse sur la commune de Sainte Sabine est le lieu-dit Mayne d'eau.

En effet, d'après Morabito, « Au Mayne d'eau, à 700 mètres au nord-est de Sainte-Sabine, les trois séquences gypseuses se superposent pour former un gisement sur 24 mètres de puissance qui s'étend sur environ 200 hectares sous la colline du Champ-de-la-Plaine ».

L'illustration ci-après (Illustration 84) donne une représentation 2D de l'expansion du gypse au droit de Mayne d'eau.

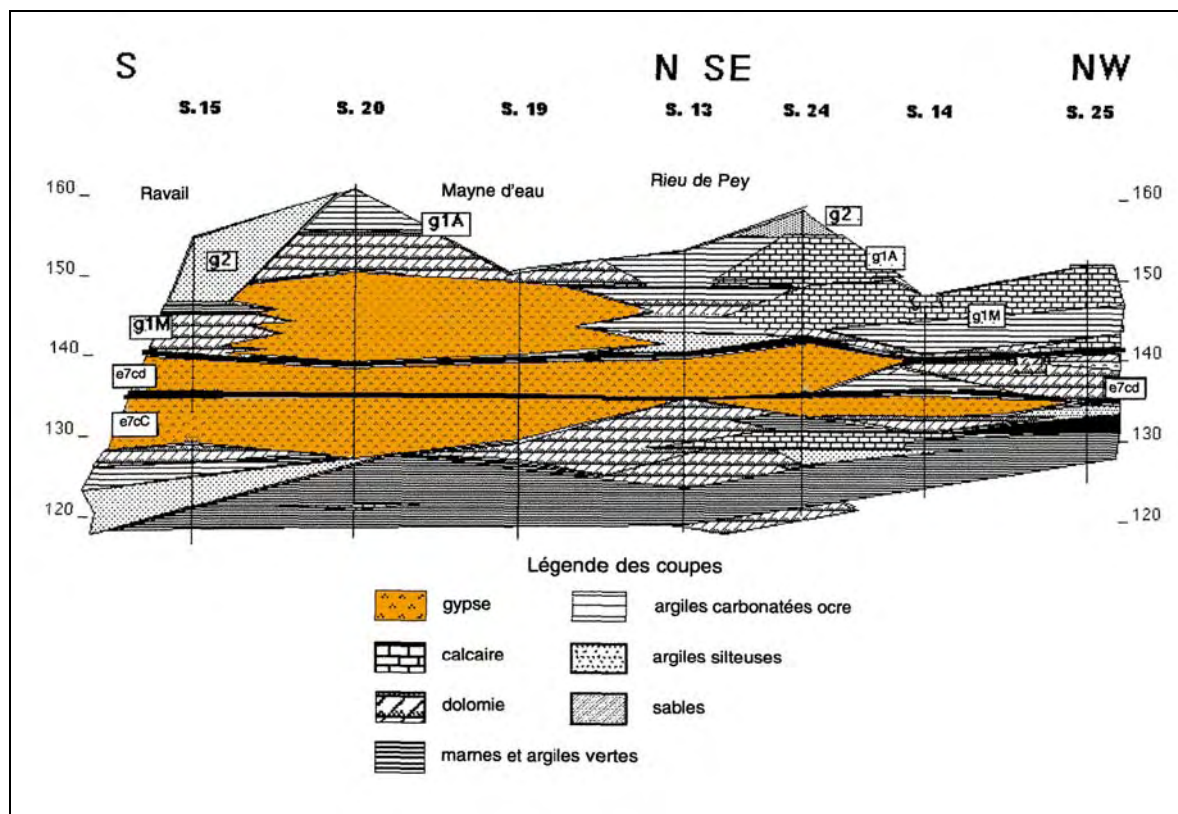


Illustration 84 : Coupe S-NW du site de Sainte Sabine-Born, centrée sur le lieu-dit Mayne d'eau (d'après Morabito, 1999).

Un déplacement sur site a eu lieu en octobre 2010, avec Jean-Pierre Platel (BRGM) et Michel Franceschi (EGID).

D'après les connaissances d'archives et la mémoire de Jean-Pierre Platel, les entrées de l'ancienne exploitation souterraine ont été repérées et échantillonnées, que le gypse soit contenu dans des calcaires ou dans des argiles. Ces deux entrées de l'exploitation souterraine correspondent aux sites site 1 et site 3 sur l'illustration 85.

Le site 2 correspond à des prélèvements à l'affleurement de calcaires contenant du gypse.

A l'affleurement, le pourcentage de gypse le plus important repéré dans les carottes de Morabito a été localisé sur le sondage 19 (S.19 sur l'illustration 84), soit à proximité du site 4 où des cristaux de gypse ont pu être récoltés.

Et enfin le site 5, un peu plus éloigné, est au contact avec les calcaires oligocènes.



Illustration 85 : Localisation des différents sites d'échantillonnage ; photographies des sites et d'échantillons.

2.2.3. Avancement des analyses

Parmi l'ensemble des échantillons collectés, un premier tri a été effectué, pour garder une douzaine d'échantillons représentatifs de la diversité des prélèvements.

Ces échantillons ont été broyés finement par Eline Malcuit (Illustration 86).



a) Echantillon n°3 collecté sur le site n°1.



b) Echantillon n°3 concassé.



c) Zoom sur l'échantillon n°3.



d) Poudre de l'échantillon n°3.

Illustration 86 : Etapes du broyage de l'échantillon n°3.

Une partie de ces poudres a été transmise aux laboratoires du BRGM à Orléans afin d'effectuer des analyses sous fluorescence X.

En outre, une lame épaisse de l'échantillon 6 (Illustration 88) a été réalisée par Brigitte Spiteri de l'EGID. Une analyse au Microscope Electronique à Balayage est programmée en 2011.



a) Echantillon n°6, coupé en 2 morceaux.

b) Lamme épaisse de l'échantillon n°6.

Illustration 87 : Echantillon n°6 de Sainte Sabine-Born.

2.2.4. Diffraction des Rayon X sur poudre (EGID)

Les poudres des échantillons de gypse ont été passées en diffraction des rayons X, (selon la loi de Bragg), au laboratoire de l'EGID (Illustration 88) du 21 octobre 2010 au 2 décembre 2010. Ce travail est réalisé en collaboration avec Serge Galaup (EGID). Il va permet d'identifier dans chaque poudre d'échantillon les différents minéraux.

Afin de connaître les minéraux constituant un échantillon, un travail d'interprétation du diffractogramme doit être effectué. Ce travail de dépouillement est en cours pour l'ensemble des échantillons passés.



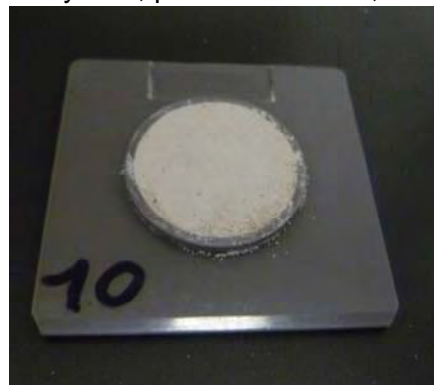
a) Diffractomètre à l'EGID



b) Le cœur du diffractomètre (générateur de rayon X, porte-échantillon, etc.).



c) Poudre préparée.



d) Poudre sur porte-échantillon plastique.

Illustration 88 : Quelques explications sur la méthode de diffraction des rayons X.

3. Paléogéographie à l'Eocène

Les points étudiés de CARISMEAU 2 et de CARISMEAU ont été indiqués sur les cartes de paléogéographie du Nord du Bassin aquitain à l'Eocène inférieur, moyen et supérieur.

Les faciès géochimiques des eaux prélevées sont aussi renseignés.

De cette façon, ces cartes permettent de mettre en relation des prélèvements effectués en 2006 et ceux réalisés en 2009-2010, mais aussi de comparer le faciès géochimiques des eaux en fonction des 3 paléogéographies connues.

Les 3 cartes sont présentées ci-après (Illustration 89 à 91).

Un travail complémentaire sur une corrélation entre les parties captées des aquifères par les forages suivis et ces cartes de paléogéographie sera à effectuer. En effet, un certain nombre d'ouvrages captent à la fois l'Eocène moyen et l'Eocène inférieur dans le secteur de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ».

Ce travail pourra par la suite être recoupé avec les analyses faites sur les cuttings récupérés des forages de la zone d'étude.

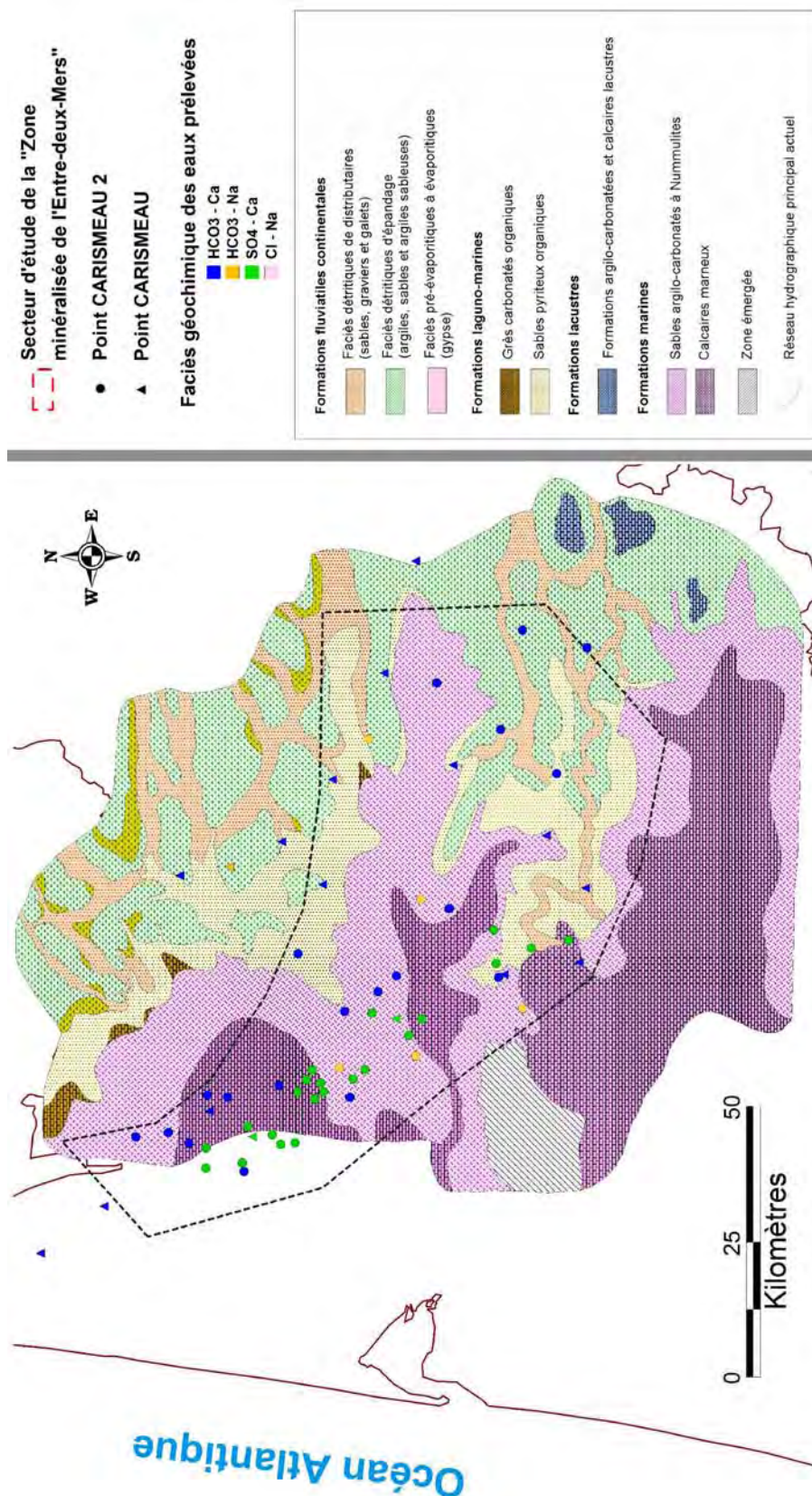


Illustration 89 : Paléogéographie à l'Eocène inférieur (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.

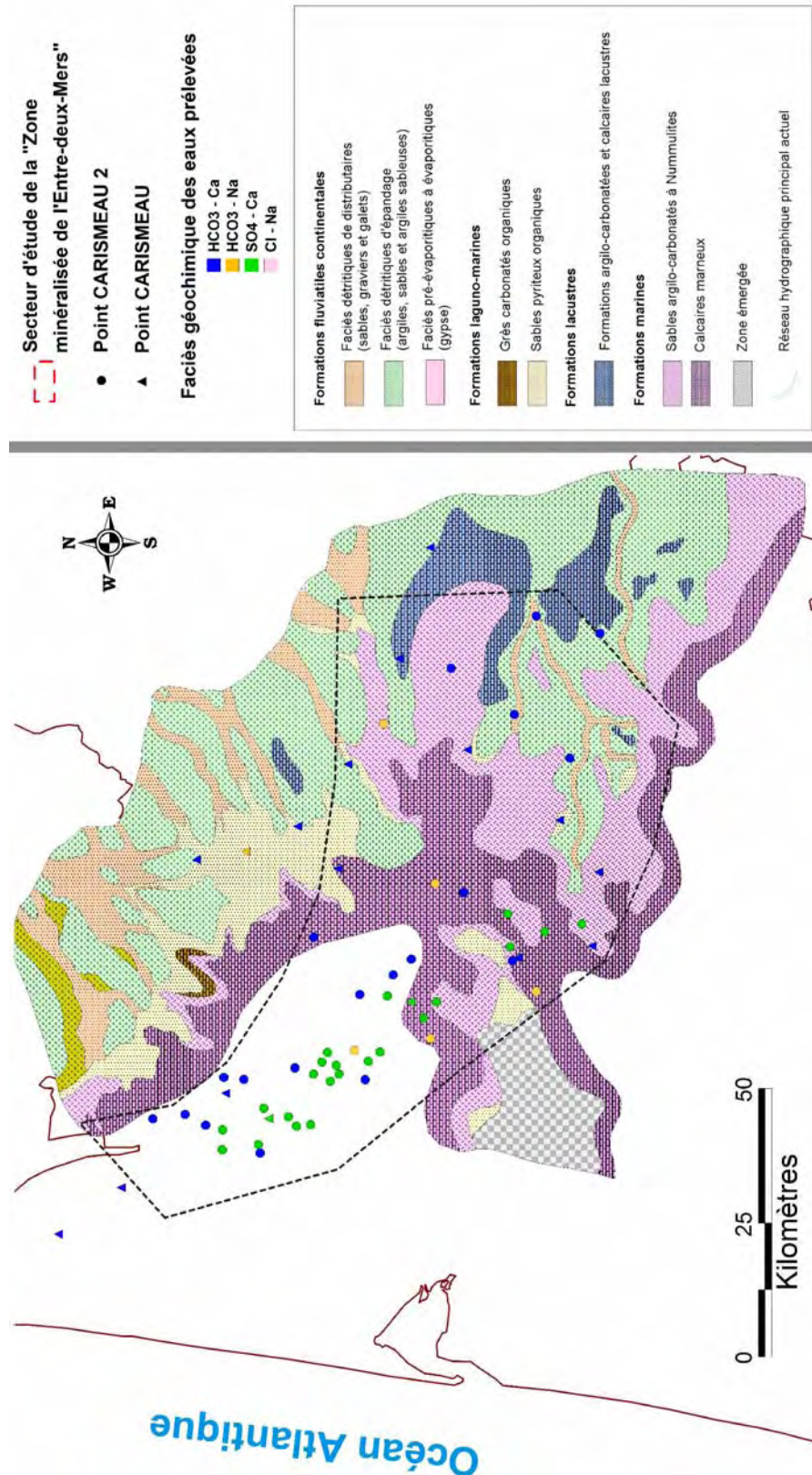


Illustration 90 : Paléogéographie à l'Eocène moyen (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.

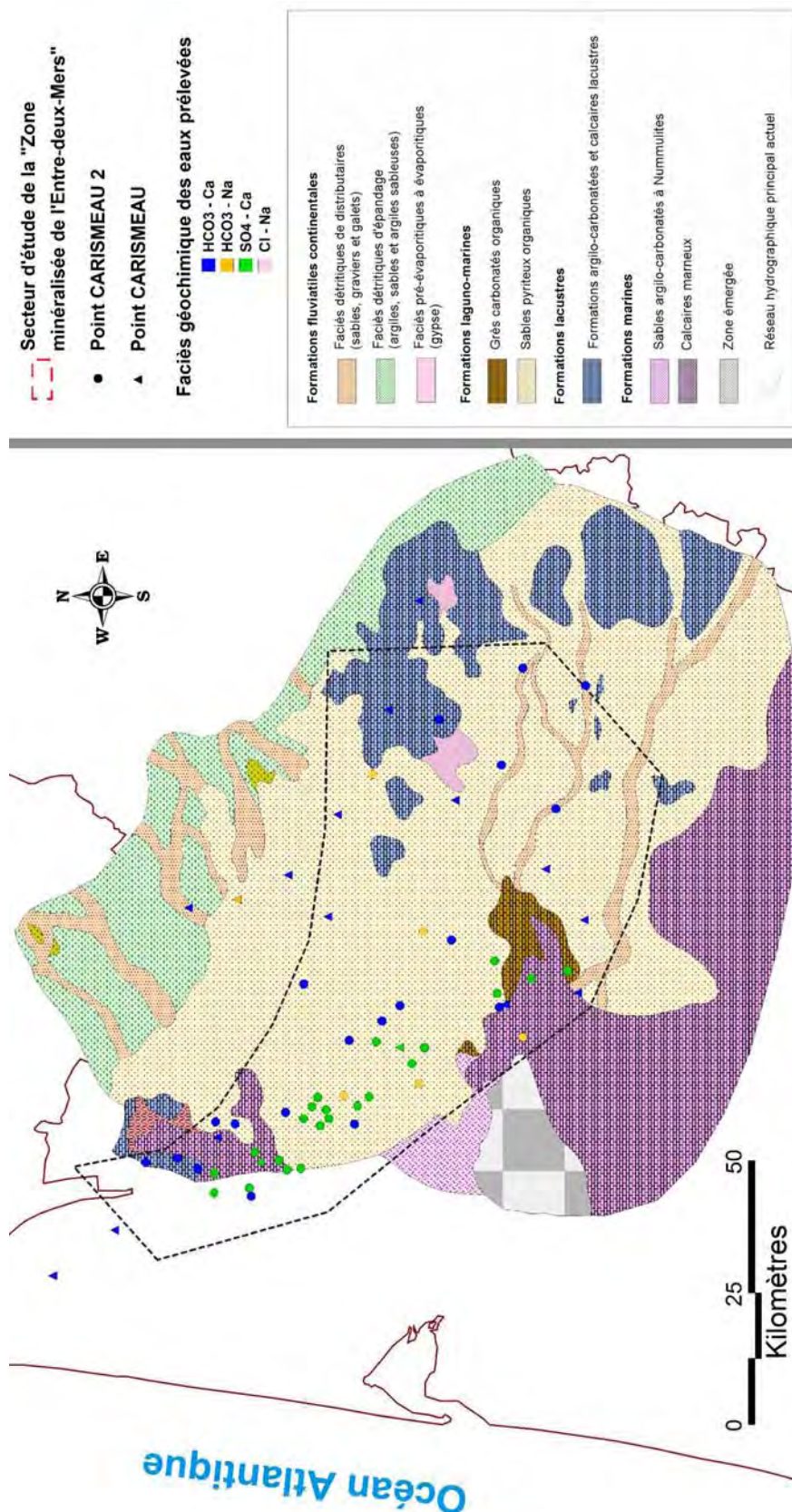


Illustration 91 : Paléogéographie à l'Eocène supérieur (Dubreuilh, 1987 ; Capdeville, 1987) - Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers et faciès géochimique des points CARISMEAU 2 et CARISMEAU.

CHAPITRE 5

VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET VALORISATION

1. Site WEB CARISMEAU

Le site web de CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>) a été adapté en 2 volets principaux :

- le projet CARISMEAU (2006-2009), toujours en phase de valorisation scientifique,
- le projet CARISMEAU 2 (2009 -) et la thèse associée « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ».

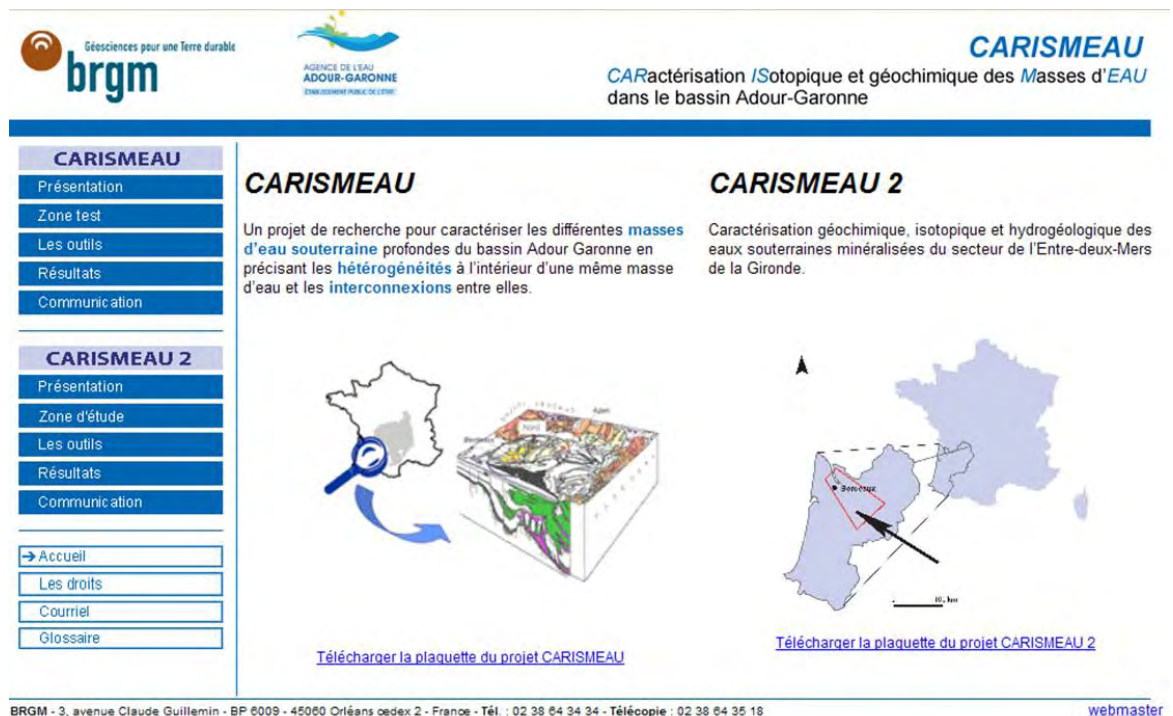


Illustration 92 : Page d'accueil du site CARISMEAU 2.

Le volet CARISMEAU a été mis à jour, l'ensemble des rapports publics CARISMEAU sont maintenant téléchargeables.

Le volet CARISMEAU 2 présente le projet de recherche et de la thèse.

La plaquette de présentation y est téléchargeable. Les outils utilisés dans le projet y sont décrits. Dans les résultats, les 2 premiers rapports d'étape du projet CARISMEAU 2 sont disponibles.

2. Présentation - Bureau de la CLE SAGE Nappes Profondes de GIRONDE

Une présentation d'information du projet de recherche CARISMEAU 2 a eu lieu le 27 septembre 2010 devant le bureau de la Commission Locale de l'Eau du SAGE Nappes Profondes de Gironde présidée par M. DUCOUT.

Cette présentation fait suite à une demande de Céline Débrieu-Levrat du Conseil Général de Gironde.

Eline MALCUIT a présenté un état d'avancement des travaux du programme de recherche « Caractérisation géochimique, isotopique et hydrogéologique des eaux souterraines minéralisées du secteur de l'Entre-deux-Mers de la Gironde (de la caractérisation des systèmes aquifères à la gestion des ressources en eau souterraine). N. Pédron (BRGM) et A. Dupuy (EGID) étaient présents à ses côtés.



Illustration 93 : Présentation devant le bureau de la CLE du SAGE Nappes Profondes de Gironde, septembre 2010.

La présentation d'Eline Malcuit en pdf est téléchargeable sur le site du SAGE Nappes Profondes de Gironde et de la CLE (<http://www.sage-nappes33.org/>).

3. Congrès IAH 2010

Le congrès de l'IAH 2010 (<http://www.iah2010.org/>) a eu lieu à Cracovie du 12 au 17 septembre 2010. A cette occasion une présentation orale du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée a été effectuée par E. Malcuit.

De plus, un résumé étendu a été rédigé. Il est téléchargeable sur le site web du congrès sous le titre suivant :

204 Geochemical, multi-isotopic and hydrogeological characterization of the mineralized groundwater body of the Entre-deux-Mers area, Gironde (South-West of France) • Eline Malcuit, Philippe Négrel, Emmanuelle Petelet-Giraud, Olivier Atteia, Michel Franceschi, Alain Dupuy, François Larroque, Sabine Schmidt, Pierre Marchet



abstract id: **204**

topic: **1**
Groundwater quality sustainability

1.1
Evaluation and management of groundwater — sustainable exploitation

title: **Geochemical, multi-isotopic and hydrogeological characterization of the mineralized groundwater body of the Entre-deux-Mers area, Gironde (South-West of France)**

author(s): **Eline Malcuit**
 (1) BRGM,
 (2) Institut EGID — Université Bordeaux 3, France, e.malcuit@brgm.fr

Philippe Négrel
 BRGM, France, p.negrel@brgm.fr

Emmanuelle Petelet-Giraud
 BRGM, France, e.petelet@brgm.fr

Olivier Atteia
 Institut EGID — Université Bordeaux 3, France,
Olivier.Atteia@egid.u-bordeaux3.fr

Illustration 94 : Références du résumé étendu publié dans les actes du congrès de l'IAH et disponible en ligne sur le site web (<http://www.iah2010.org/>).

L'intégralité de ce résumé est disponible en annexe.

4. RST 2010

Dans le cadre de la 23^{ème} Réunion des Sciences de la Terre, qui a eu lieu cette année du 25 au 29 octobre 2010 à Bordeaux. Un résumé du projet avait été soumis à un comité de lecture et un poster du projet de recherche y a été présenté durant toute la semaine

Le résumé fait partie des actes du colloque.

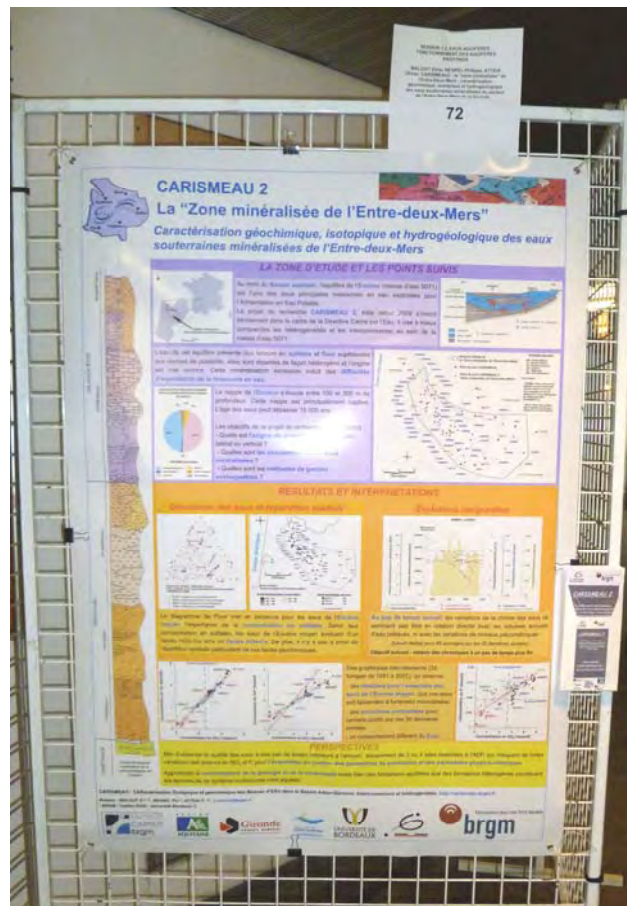


Illustration 95 : Poster CARISMEAU 2 lors de la RST 2010 à Bordeaux.

5. Colloque CFH-AIH 2010

Dans le cadre des 17^{ème} journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'AIH, qui ont eu lieu du 25 au 27 novembre 2010 à Toulouse sur le thème suivant : « La DCE 10 ans après : une dynamique pour la gestion et la connaissance des eaux souterraines », le programme de recherche CARISMEAU 2 et la thèse associée « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » ont été présentés sous différents aspects.

5.1. RESUMES ET POSTER CARISMEAU 2

Suite à la soumission d'un résumé au comité de lecture et à son acceptation, il a été demandé à la fois de présenter un poster lors du colloque du CFH-AIH, et de rédiger pour les actes du colloque un article (résumé étendu) de 12 pages. .

5.1.1. Résumés

Dans le cadre de ce colloque, un résumé d'une page et un résumé de 12 pages (article) ont donc été rédigés par Eline Malcuit. Le résumé étendu est publié dans les actes de la journée technique.

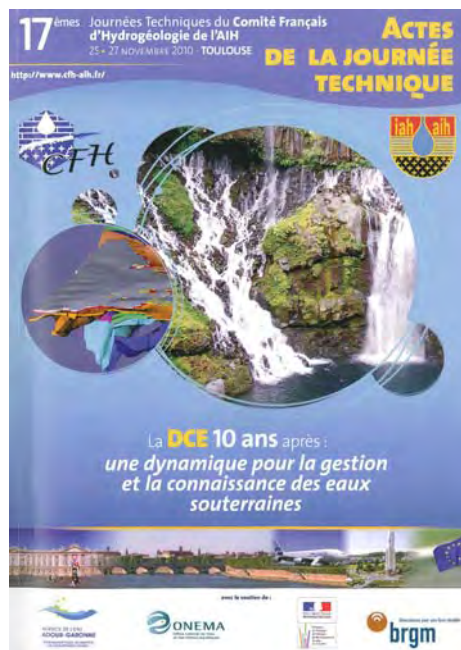


Illustration 96 : Page de présentation des actes de la journée technique du colloque CFH-AIH 2010.

5.1.2. Poster

De plus, un poster a été présenté pendant la journée technique du 26 novembre 2010. Il est présenté ci-dessous.

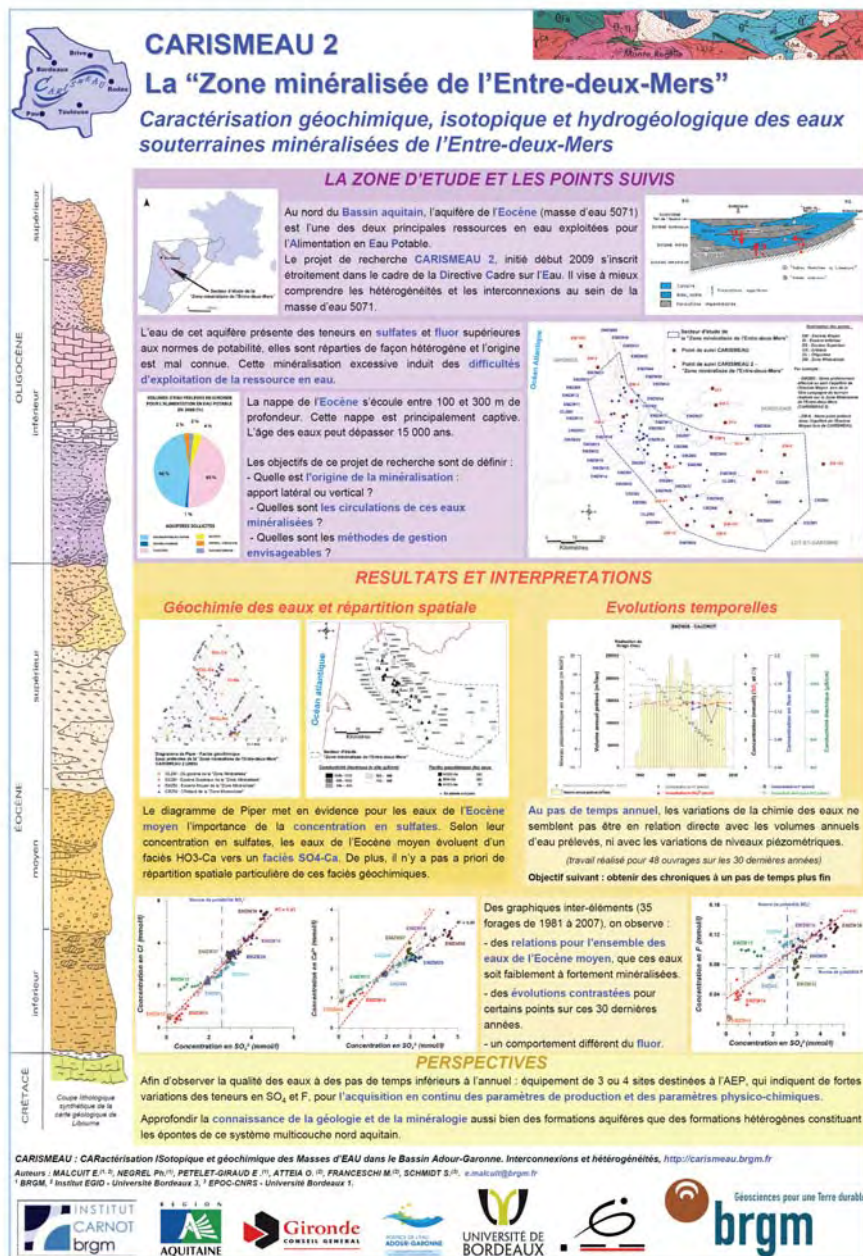


Illustration 97 : Poster présenté lors de la journée technique du Colloque CFH-AIH 2010 à Toulouse.

5.2. PRESENTATION ORALE - CESSION H2I

Par ailleurs, une présentation orale a été effectuée par Eline Malcuit lors de la Cession H2I du colloque le 25 novembre 2010.

Cette présentation a fait suite à une demande de membres du bureau du CFH - H2I, pour aborder le volet « fond géochimique » vis-à-vis de la DCE 10 ans après.

Cette présentation a été adaptée pour une mise en ligne sur le site web du CFH-AIH (<http://www.cfh-aih.fr/>).

La présentation a reçu un très bon accueil et de l'intérêt vis-à-vis de la problématique.

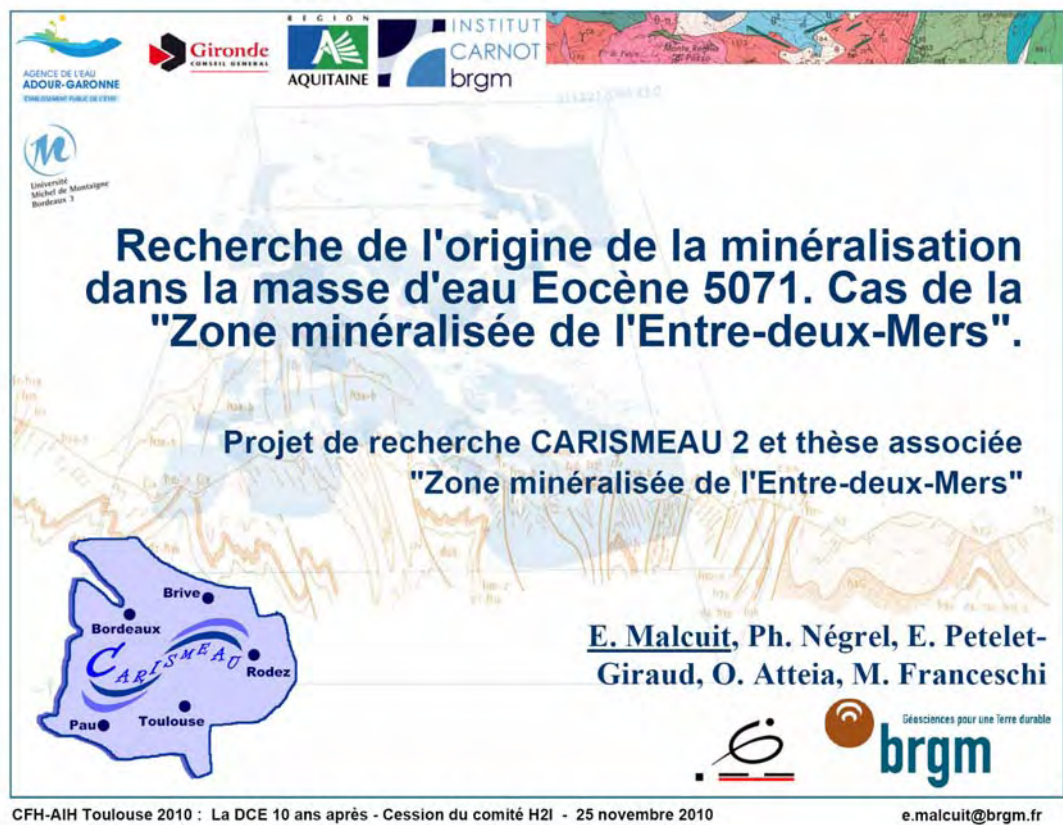


Illustration 98 : Titre de la présentation effectuée par Eline Malcuit à la cession H2I du colloque CFH-AIH de Toulouse 2010.

6. AGU 2010

Un poster du projet de recherche a été présenté du 13 au 17 décembre 2010 à San Francisco au Fall Meeting de l'American Geophysical Union.

Ce poster a été présenté par Philippe Négrel et Emmanuelle Petelet-Giraud.

Ce poster reprenait à la fois les problématiques de CARISMEAU et de CARISMEAU 2. Son titre était le suivant :

« Large sedimentary aquifer system and sustainable management : investigations of hydrogeological and geochemical variations in Eocene Sand Aquifer, south western France ».

Auteurs : Malcuit E, Durst P. Négrel Ph. Petelet-Giraud E.

Le poster est illustré ci après.

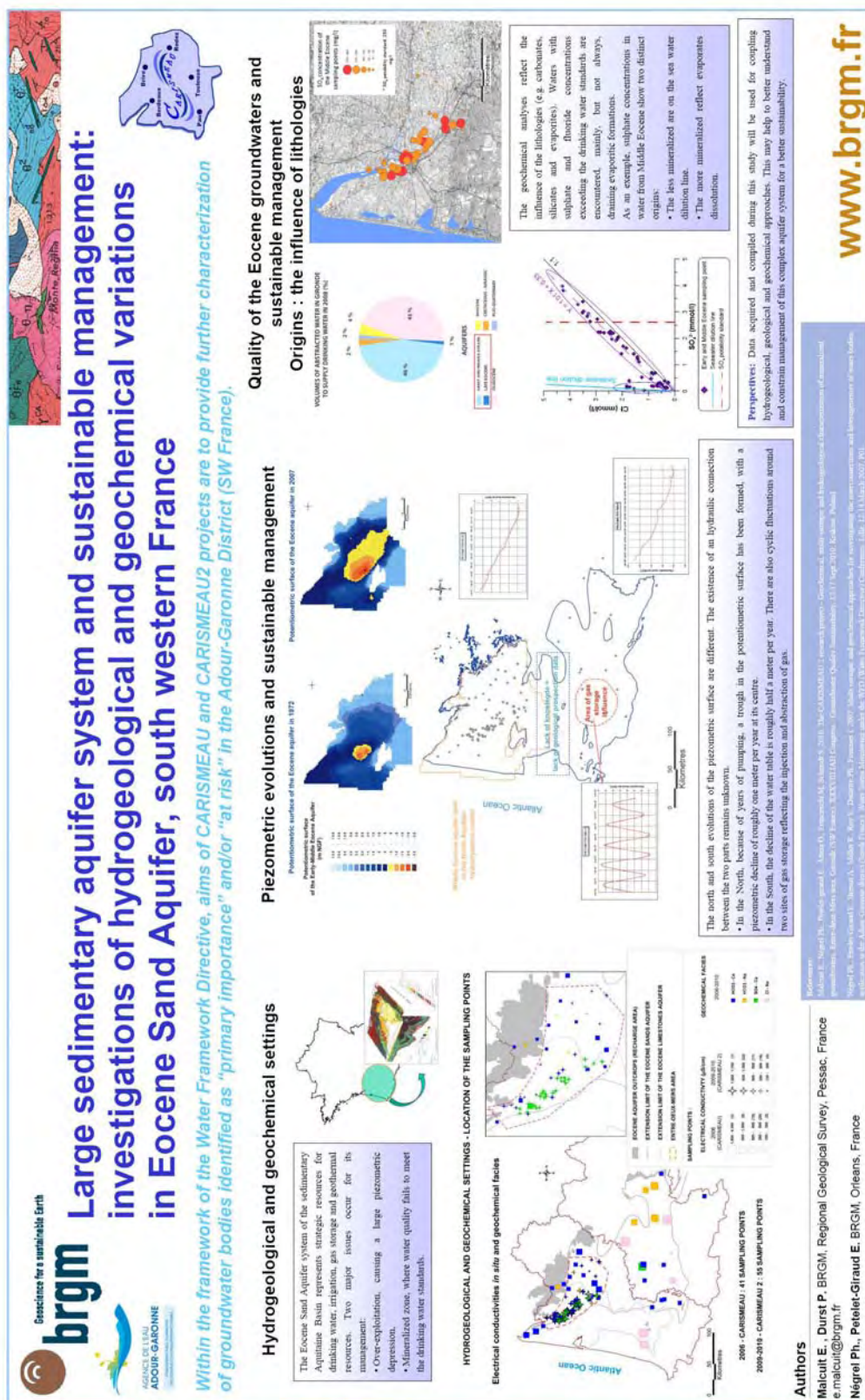


Illustration 99 : Poster présenté à l'AGU 2010 à San Francisco.

Conclusion

Ce rapport constitue un point d'avancement à fin décembre 2010 du projet de recherche et de la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Les travaux menés s'articulent autour de plusieurs grands chapitres :

- Un chapitre fait état de la campagne de prélèvement de CARISMEAU 2. Un état d'avancement des analyses est dressé. Les analyses des échantillons d'eau CARISMEAU 2, ainsi que le travail d'interprétation des données ont avancé. Les résultats sur les paramètres physico-chimiques *in situ* et les éléments majeurs (diagramme de Piper, carte des faciès géochimiques, relations inter-éléments) sont présentés, ainsi que des comparaisons à l'échelle du Bassin aquitain.

- Un second chapitre est consacré à l'évolution temporelle de la qualité des eaux. Primo, l'étude des chroniques de suivi quantitatif et qualitatif au pas de temps annuel sur une cinquantaine d'ouvrages du secteur d'étude a permis de mettre en évidence des tendances contrastées. Il n'y a pas, à priori, au pas de temps annuel, de relation directe entre les volumes d'eau annuels prélevés et l'évolution des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures. De même, il ne semble pas exister de relation directe au pas de temps annuel entre l'évolution de la piézométrie d'un ouvrage et ses concentrations en sulfates, chlorures et fluorures. Secundo, des suivis en continu de plusieurs heures ont eu lieu et un suivi de plusieurs jours lors d'un pompage de longue durée de 72h est programmé pour janvier 2011. Tertio, 4 sites de la CUB ont été retenus pour un suivi en continu, en collaboration avec la Lyonnaise des Eaux - CUB. Les démarches pour la mise en place de l'équipement en continu sur ces 4 sites sont en cours.

- Un autre chapitre est dédié à la relation entre la chimie des eaux et la minéralisation de la roche réservoir. La réalisation, sur deux forages très minéralisés en fluor et en sulfates du secteur d'étude, de prélèvements sélectifs à différentes profondeurs sur la partie crépinée est le début d'un travail plus fin à venir. Ce travail visant à coupler la chimie des eaux de différents horizons de l'ouvrage avec les formations géologiques de la roche encaissante est un volet important de ce travail de recherche, qui a d'ores et déjà débuté.

- La thèse et le projet de recherche continuent à donner lieu à des actions de communication auprès de professionnels et scientifiques mais aussi d'un large public. La plaquette descriptive est toujours très bien accueillie par le public et les actions menées dans le cadre de ce projet de recherche dont la problématique est connue (SAGE Nappes profondes) suscite de l'intérêt. Le site WEB de CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>) a été mis à jour et un second volet intégralement consacré au projet de recherche CARISMEAU 2 et à la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers » a été créé.

- Enfin, le projet a fait l'objet de deux présentations orales l'une lors du Congrès de l'Association Internationale des Hydrogéologues (AIH) à Cracovie en septembre 2010, l'autre lors de la session H2I du colloque du CFH-AIH et trois posters ont été présentés, l'un à la RST 2010 à Bordeaux en octobre 2010, l'autre à CFH-AIH 2010 à Toulouse en novembre 2010 et le dernier à l'AGU à San Francisco en décembre 2010.

Bibliographie

BRGM, ELF, ESSO-REP, SNPA (1974) - Géologie du bassin d'Aquitaine - Atlas de 27 cartes et commentaires.

Corbier P., Platel J.P., Fondin A., Grabenstaetter L., Caperan F., Mazurier C., Abou.Akar A. (2008) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde - Etat des connaissances à fin 2006. Rapport final. Rapport BRGM/RP-55893-FR.

Corbier P., Winckel, A., Mazurier, C., Mauroux, B., Platel, J.P., Benhammouda, S., Dufour, P. (2005). Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde. Année 2004. Investigations préalables à la mise en place d'un réseau qualité sur la nappe de l'Eocène inférieur à moyen du domaine minéralisé. Rapport final. BRGM/RP-53973-FR

Chery L. (1993) - Interprétation des résultats des analyses isotopiques. Etude de la salinité verticale de l'Eocène moyen dans la zone bordelaise (Gironde). BRGM / RR-37732-FR, 36 p., 1 annexe.

Chery L., Dusseau P., Sourisseau B. (1994) - Diagnostic de l'accroissement de la salinité des nappes profondes de l'Eocène moyen en Gironde. Programmes de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) et du Fond National de développement de l'Assainissement et de l'Eau (FNDAE). BRGM / RR-37998-FR, 56 p., 38 fig., 8 tabl., 28 annexes.

Dubreuilh J. (1987) - Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviatiles tertiaires du nord du bassin d'Aquitaine. Passage aux formations palustres, lacustres et marines. Thèse de Doctorat d'Etat. BRGM n°172. 393 pages.

Dubreuilh J, Capdeville J.P. et Platel J.P. (1983) - Carte géologique de la France à 1/50000. BELVÈS.

Housse B., Maget P. (1977) - Potentiel géothermique du Bassin Aquitain. BRGM SNEA ELF. Compte rendu de fin de contrat d'une étude financée par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. 167 pages, 4 annexes, 38 planches.

Malcuit E. (2009) - CARISMEAU 2 - Thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'avancement. Rapport BRGM/RP-57604-FR, 21 pages, 1 illustration, 2 annexes.

Malcuit E. (2010) - CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée : « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'étape - Janvier 2010. Rapport BRGM/RP-58062-FR, 45 pages, 26 illustrations, 5 annexes.

Malcuit E. (2010) - CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée : « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'étape - Juillet 2010. Rapport BRGM/RP-58819-FR, 59 pages, 49 illustrations, 4 annexes.

Malcuit E., Négrel P., Petelet-Giraud E., Gandolfi J.M., Pédrón N., Brenot A. (2008) - Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le Bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final. Tome 2: Approche couplée hydrogéologique et géochimique isotopique des Sables Infra-Molassiques du Bassin Adour-Garonne. Rapport BRGM/RP-56737-FR, 136 pages, 74 illustrations, 3 annexes.

Mazurier C., Platel J.P., Pédrón N. (2009) – Réalisation d'un piézomètre (08547X0008/PZ) captant lanappe du Santonien dans le cadre de la DCE. Commune de Monbahu (47). BRGM/RP-56847-FR, 39 p., 22 illustrations, 13 annexes.

Mazurier C., Platel J.P., Pédrón N., avec la collaboration de Capéran F. et Grabenstaetter L. (2009) – Réalisation d'un piézomètre (08534X0009/PZ) captant la nappe du Turonien dans le cadre de la DCE. Commune de Peyrières (47). BRGM/RP-56846-FR, 41p., 27 illustrations, 13 annexes.

Morabito J.S. (1999) - Le bassin évaporitique de Saint-Sabine (Dordogne) : un exemple typique de playa continentale. Géologie de la France, n°3, 1999, pp. 71-90, 8 fig., 9 tabl., 1 ann.

Moussié B. (1972) - Le système aquifère de l'Eocène moyen et supérieur du Bassin Nord-Aquitain. Influence du cadre géologique sur les modalités de circulation. Thèse, Université de Bordeaux, 100 pages.

Négrel P., Colin A., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Roy S. (2006) - CARISMEAU : Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour Garonne : interconnexions et hétérogénéités. Rapport de phase 1. Rapport BGRM/RP-55069-FR, 128 pages, 62 illustrations.

Négrel P., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Innocent C. (2008) - Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final. Tome 1 : Les outils isotopiques appliqués à la gestion des ressources en eau. Exemple de la masse d'eau des Sables Infra-Molassiques. Rapport BRGM/RP-56291-FR, 194 pages, 44 illustrations.

Négrel P., Roy S., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Dutartre Ph., Fournier I. (2008) - Application des outils de diagraphie chimique à la caractérisation des masses d'eau. Techniques - Sciences - Méthodes. 20 pages.

Vigneaux M. (1975) - Aquitaine occidentale. - Guides géologiques régionaux. - Masson, Paris, 223 pages. N° ISBN : 2-225-41118-2.

Annexe 1

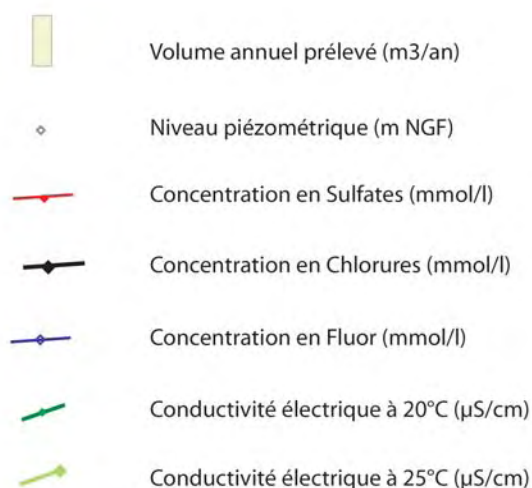
Evolutions temporelles des concentrations en sulfates, chlorures et fluorures

Liste des figures

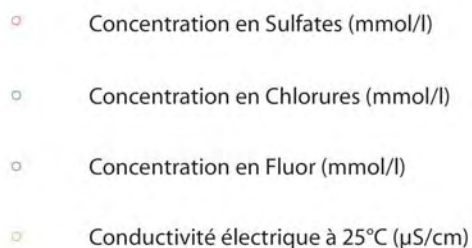
Figure 1 : Légende des graphiques	143
Figure 2 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (1/2).	144
Figure 3 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (2/2) - Listing des 15 points pré-sélectionnés.	145
Figure 4 : Suivi de EMZM1-DDASS167 - LATRESNE - Chicand.	145
Figure 5 : Suivi de EMZM3-DDASS159 - LANGOIRAN -Communal.	146
Figure 6 : Suivi de EMZM4-DDASS224 - PAILLET - Communal / Lasserre.	146
Figure 7 : Suivi de EMZM5-DDASS341 - LA SAUVE - Le Riot.	147
Figure 8 : Suivi de EMZM6 - DDASS105 -CREON -Montuared.	147
Figure 9 : Suivi de DDASS250 - LE POUT - Rochon.	148
Figure 10 : Suivi de EMZM8-DDASS347 - TARGON - Communal.	148
Figure 11 : Suivi de EMZM10-DDASS1357 - LE PIAN MEDOC - Graviel.	149
Figure 12 : Suivi de EMZM13-DDASS13 - ARTIGUES PRES BORDEAUX - Mirail.	149
Figure 13 : Suivi de EMZM16 -DDASS56 - BORDEAUX - Amelin.	150
Figure 14 : Suivi de EMZM17-DDASS190 - LORMONT - La Ramade.	150
Figure 15 : Suivi de EMZM22 - DDASS54 - BORDEAUX - Bourbon.	151
Figure 16 : Suivi de EMZM23-DDASS93 - CENON - Loret.	151
Figure 17 : Suivi de DDASS94 - CENON - La Marègue.	152
Figure 18 : Suivi de DDASS113 - EYSINES - La Forêt.	152
Figure 19 : Suivi de EMZM24-DDASS1204 - BAZAS - Le Pigeon 2.	153
Figure 20 : Suivi de EMZM38-DDASS88 - CAUDROT - Le Grava F1.	153
Figure 21 : Suivi de EMZM39-DDASS278 - SAINT FELIX DE FONCAUDE - Sources de Fontet.	154
Figure 22 : Suivi de EMZM41-DDASS16 - AUROS - Le Campech.	154
Figure 23 : Suivi de EMZM43-DDASS370 - VILLENEUVE - Roque de Thau.	155
Figure 24 : Suivi de EMZM44-DDASS162 - LANSAC - Les Moisselles.	155
Figure 25 : Suivi de EMZM45bis-DDASS27 - BAURECH - Beau Rivage.	156
Figure 26 : Suivi de OLZM2-DDASS339 - SAUTERNES - Brouquet.	156
Figure 27 : Suivi de OLZM3-DDASS277 - SAINT FELIX DE FONCAUDE - Sources de Fontet.	157
Figure 28 : Suivi de CRZM6-DDASS1317 - CAUDROT - Le Grava F2.	157
Figure 29 : Suivi de EM5-DDASS241 - LE PIAN MEDOC - Bouchaud.	158
Figure 30 : Suivi de EM6-DDASS295 - SAINT MAGNE DE CASTILLON - Chapoutère.	158
Figure 31 : Suivi de EM11-DDASS161 - LANGON - Les Salières.	159

Figure 32 : Suivi de EM12-DDASS30 - BAZAS - Les Pouilles.....	159
Figure 33 : Suivi de EM103-DDASS180 - LEPARRE-MEDOC - Prada.	160
Figure 34 : Suivi de DDASS14 - LES ARTIGUES DE LUSSAC - Moulin Gaillard.....	160

LEGENDE DES GRAPHIQUES



Mesures CARISMEAU et/ou CARISMEAU 2



Normes de potabilité pour l'AEP




	7.04	Norme Cl	(250 mg/l)
	2.60	Norme SO4	(250 mg/l)
	0.0785	Norme F	(1.5 mg/l)

Figure 1 : Légende des graphiques

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT	CODE ECHANTILLON	INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CARISMEAU 2	EMZM1	DDASS167	08273X0353	F3	LATRESNE	CHICAND
CARISMEAU 2	EMZM3	DDASS159	08278X0129	F2	LANGOIRAN	COMMUNAL
CARISMEAU 2	EMZM4	DDASS224	08285X0012	F2	PAILLET	COMMUNAL - LASSERRE
CARISMEAU 2	EMZM5	DDASS341	08281X0018	RIOT2	LA SAUVE	LE RIOT
CARISMEAU 2	EMZM6	DDASS105	08281X0007	LAFONT	CREON	LAFONT - MONTUARED
	EMZM7BIS	DDASS250	08281X0022	F	LE POUT	ROCHON
CARISMEAU 2	EMZM8	DDASS347	08282X0029	F2	TARGON	COMMUNAL
CARISMEAU 2	EMZM10	DDASS1357	08032X0331	F2	LE PIAN MEDOC	GRAVIEL
CARISMEAU 2	EMZM13	DDASS13	08037X0396	F1	ARTIGUES PRES BORDEAUX	MOULINAT - MIRAIL
CARISMEAU 2	EMZM16	DDASS56	08037X0040	F	BORDEAUX	AMELIN
CARISMEAU 2	EMZM17	DDASS190	08037X0429	F2	LORMONT	LA RAMADE
CARISMEAU 2	EMZM22	DDASS54	08036X0018	F	BORDEAUX	BOURBON
CARISMEAU 2	EMZM23	DDASS93	08037X0313	F1	CENON	LORET-ZUP
		DDASS94	08037X0425	F	CENON	LA MAREGUE
		DDASS113	08035X0376	F2	EYSINES	LA FORET
CARISMEAU 2	EMZM24	DDASS1204	08763X0016	F2	BAZAS	LE PIGEAN 2
CARISMEAU 2	EMZM38	DDASS88	08523X0092	F1	CAUDROT	LE GRAVA
CARISMEAU 2	EMZM39	DDASS278	08287X0015	F	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
CARISMEAU 2	EMZM41	DDASS16	08526X0053	F	AUROS	LE CAMPECH
CARISMEAU 2	EMZM43	DDASS370	07795X0006	F2	VILLENEUVE	ROQUE DE THAU
CARISMEAU 2	EMZM44	DDASS162	07796X0101	F	LANSAC	LES MOISELLES (DEMOISELLES)
CARISMEAU 2	EMZM45	nouveau	08278X0248	F4	BAURECH	LE PETIT PORT
CARISMEAU 2	EMZM45BIS	DDASS27	08278X0112	F2	BAURECH	BEAU RIVAGE
CARISMEAU 2	OLZM2	DDASS339	08525X0028	F2	SAUTERNES	BROUQUET
CARISMEAU 2	OLZM3	DDASS277	08287X0014	S	SAINT FELIX DE FONCAUDE	SOURCES DE FONTET
CARISMEAU 2	CRZM6	DDASS1317	08523X0095	F2	CAUDROT	LE GRAVA 2
CARISMEAU	EM5	DDASS241	08031X0199	F1	LE PIAN MEDOC	COMMUNAL - BOUCHAUD
CARISMEAU	EM6	DDASS295	08048X0048	F	SAINT MAGNE DE CASTILLON	CHAPOUTERE
CARISMEAU	EM11	DDASS161	08522X0116	F2	LANGON	LES SALIERES
CARISMEAU	EM12	DDASS30	08762X0018	F	BAZAS	LES POUILLES
CARISMEAU	EM103	DDASS180	07542X0002	F2	LESPARRE-MEDOC	PRADAL
		DDASS14	08043X0029	F	LES ARTIGUES DE LUSSAC	MOULIN GAILLARD
		DDASS1343	08272X0056	F1/ EMPTY	PESSAC	STADIUM I

Figure 2 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (1/2).

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT	CODE ECHANTILLON	INDICE ARS	INDICE BSS	DES BSS	COMMUNE	LIEU-DIT
CARISMEAU 2	EMZM2	DDASS165	08273X0262	F1	LATRESNE	COULOMB
CARISMEAU 2	EMZM9	DDASS197	07795X0003	F2	MARGAUX	STADE
CARISMEAU 2	EMZM11	DDASS12	08031X0241	F	ARSAC	GOURION
CARISMEAU 2	EMZM12	DDASS17	07788X0037	F4	AVENSAN	VILLEGEORGES
CARISMEAU 2	EMZM14	DDASS35	08272X0007	F3	BEGLES	VERDUN (BEGLES 3)
CARISMEAU 2	EMZM15	DDASS57	08037X0042	F	BORDEAUX	LA BENAUGE
CARISMEAU 2	EMZM18	DDASS92	08037X0041	F	CENON	CAVAILLES
CARISMEAU 2	EMZM19	DDASS110	08035X0270	F	EYSINES	CANTINOLLE
CARISMEAU 2	EMZM20	DDASS345	08031X0198	F	LE TAILLAN MEDOC	L'ECUREUIL
CARISMEAU 2	EMZM21	DDASS47	08031X0172	F	BLANQUEFORT	LINAS
CARISMEAU 2	EMZM37	DDASS292	08522X0024	F2	SAINT MACAIRE	COMMUNAL
CARISMEAU et CARISMEAU 2	EM7	DDASS138	08281X0020	F	HAUX	CHATEAU D'EAU
CARISMEAU	EM9	DDASS89	08764X0005	F	CAUVIGNAC	LE LYSOS / GRIGNOLS-RIPPES
		DDASS48	08032X0221	F	BLANQUEFORT	TREMBLAY
		DDASS188	08037X0400	F2	LORMONT	GENICART

Figure 3 : Listing des ouvrages observés au pas de temps annuel (2/2) - Listing des 15 points pré-sélectionnés.

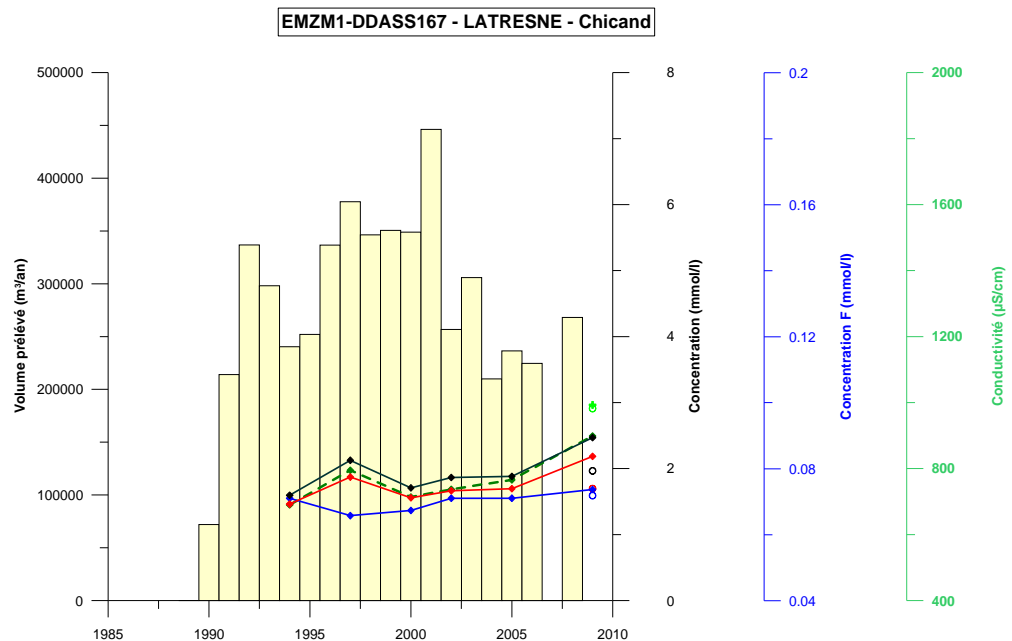


Figure 4 : Suivi de EMZM1-DDASS167 - LATRESNE - Chicand.

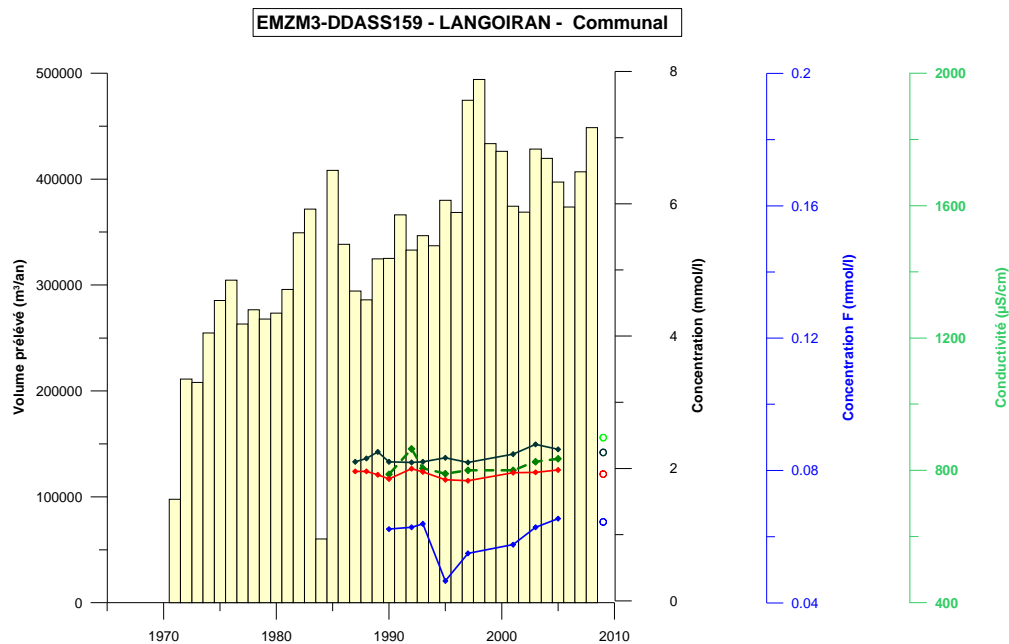


Figure 5 : Suivi de EMZM3-DDASS159 - LANGOIRAN -Communal.

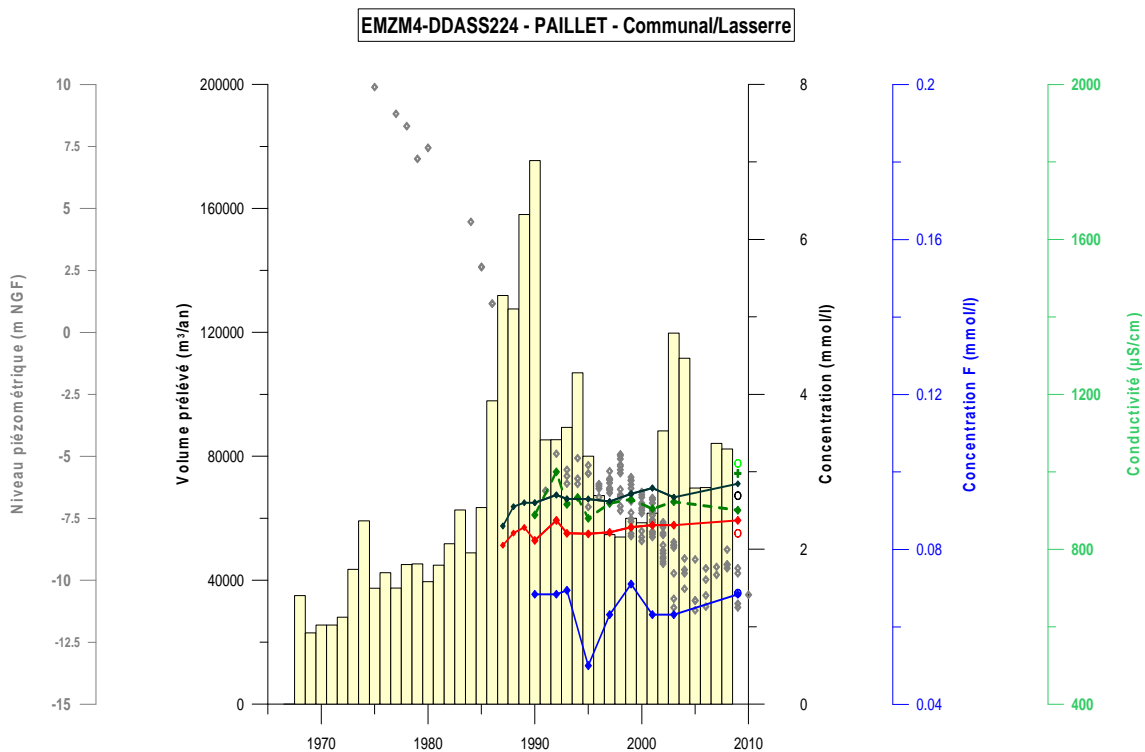


Figure 6 : Suivi de EMZM4-DDASS224 - PAILLET - Communal / Lasserre.

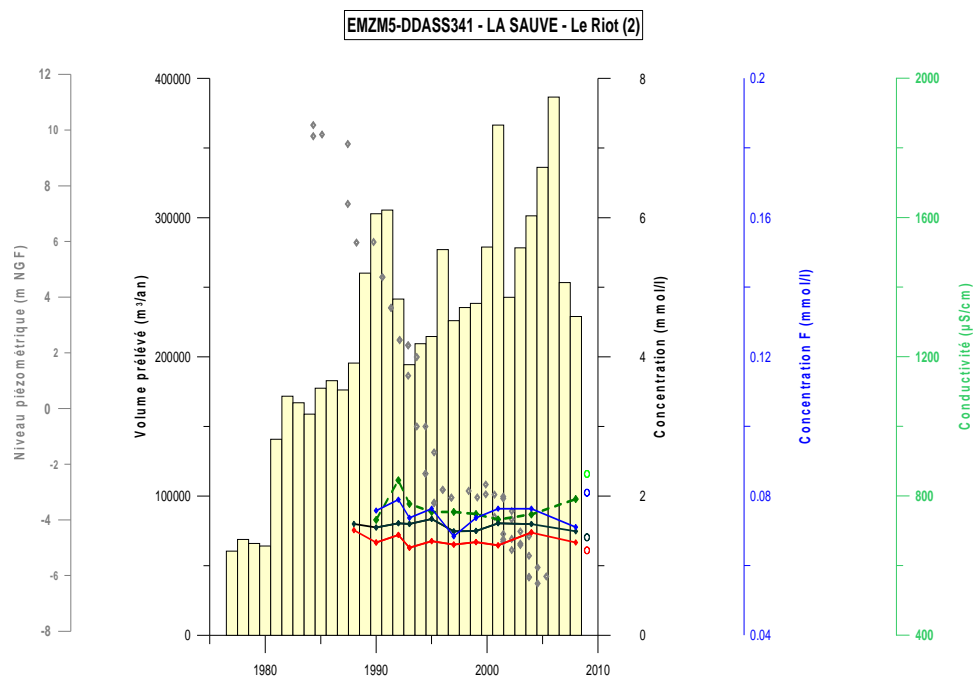


Figure 7 : Suivi de EMZM5-DDASS341 - LA SAUVE - Le Riot.

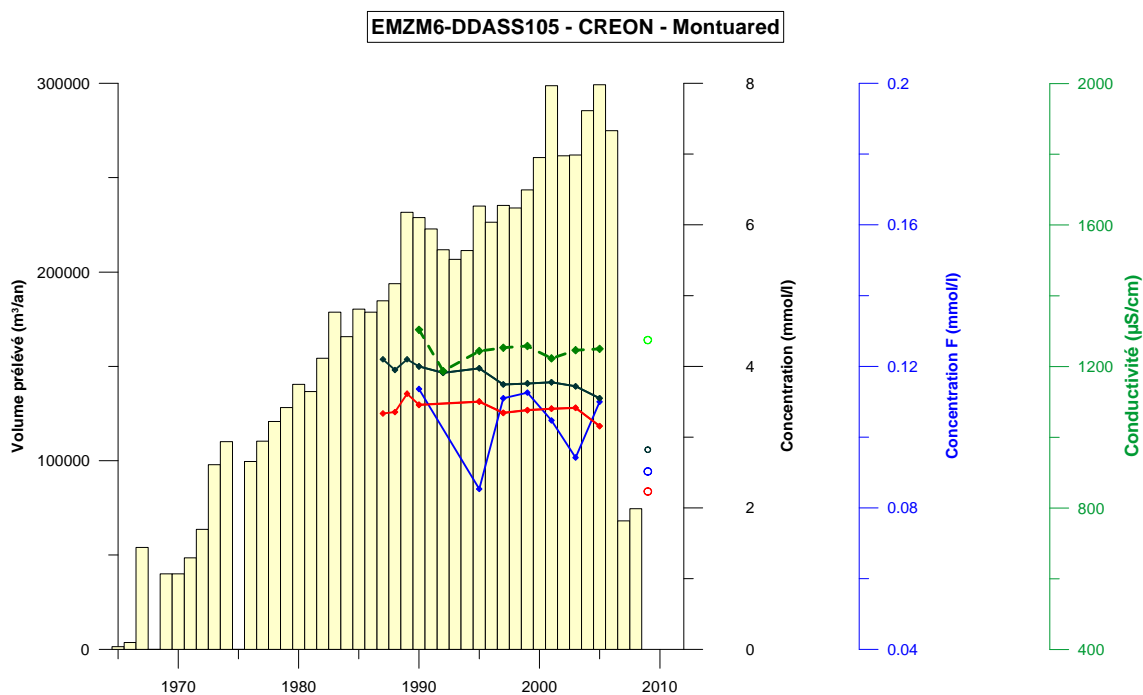


Figure 8 : Suivi de EMZM6 - DDASS105 -CREON -Montuared.

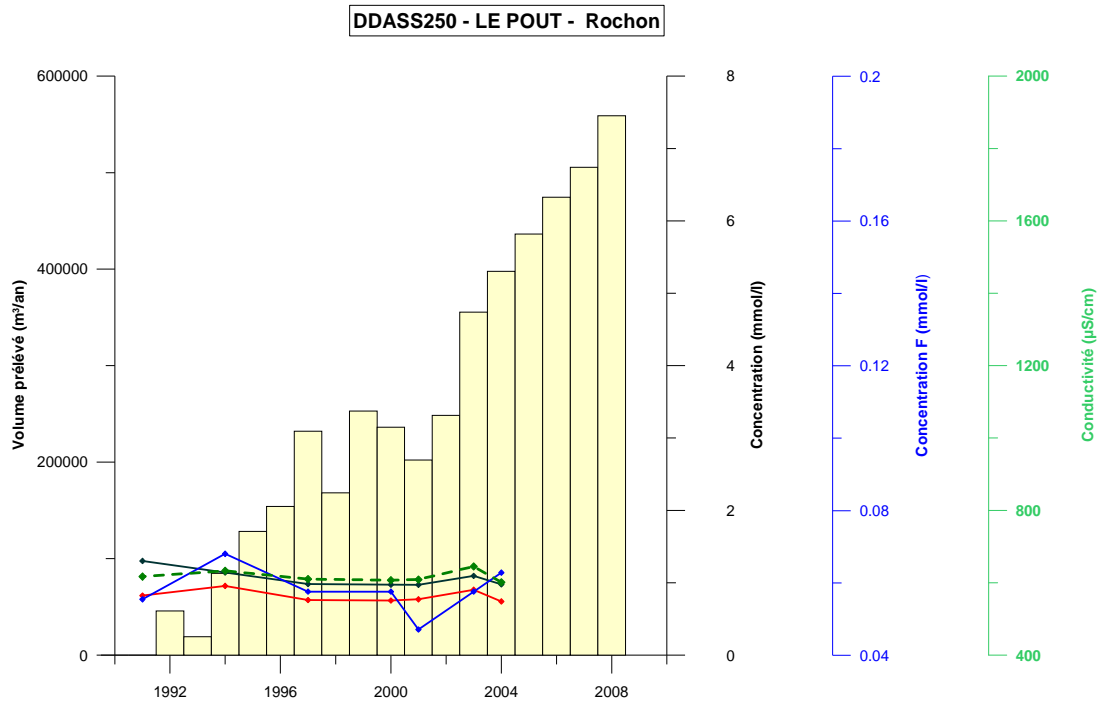


Figure 9 : Suivi de DDASS250 - LE POUT - Rochon.

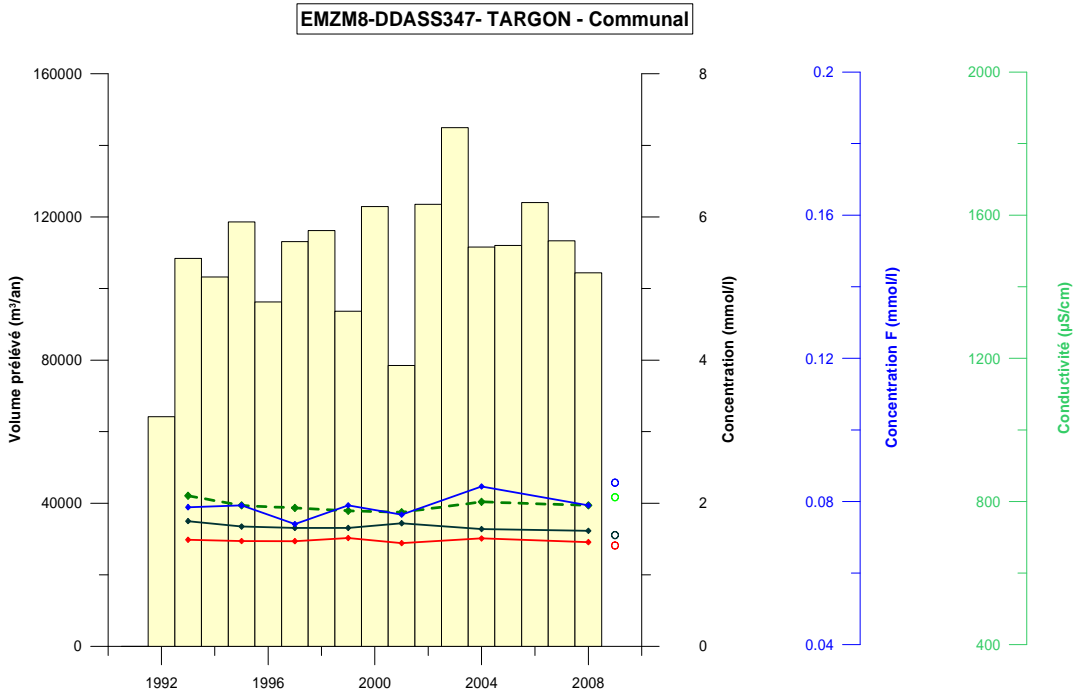


Figure 10 : Suivi de EMZM8-DDASS347 - TARGON - Communal.

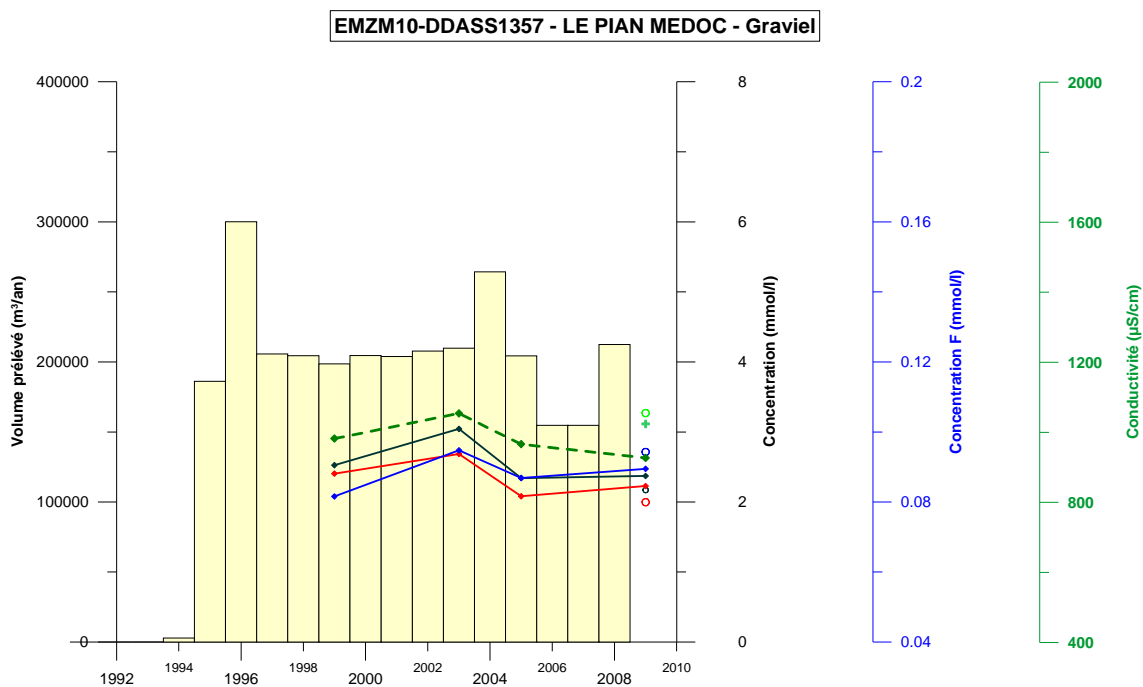


Figure 11 : Suivi de EMZM10-DDASS1357 - LE PIAN MEDOC - Graviel.

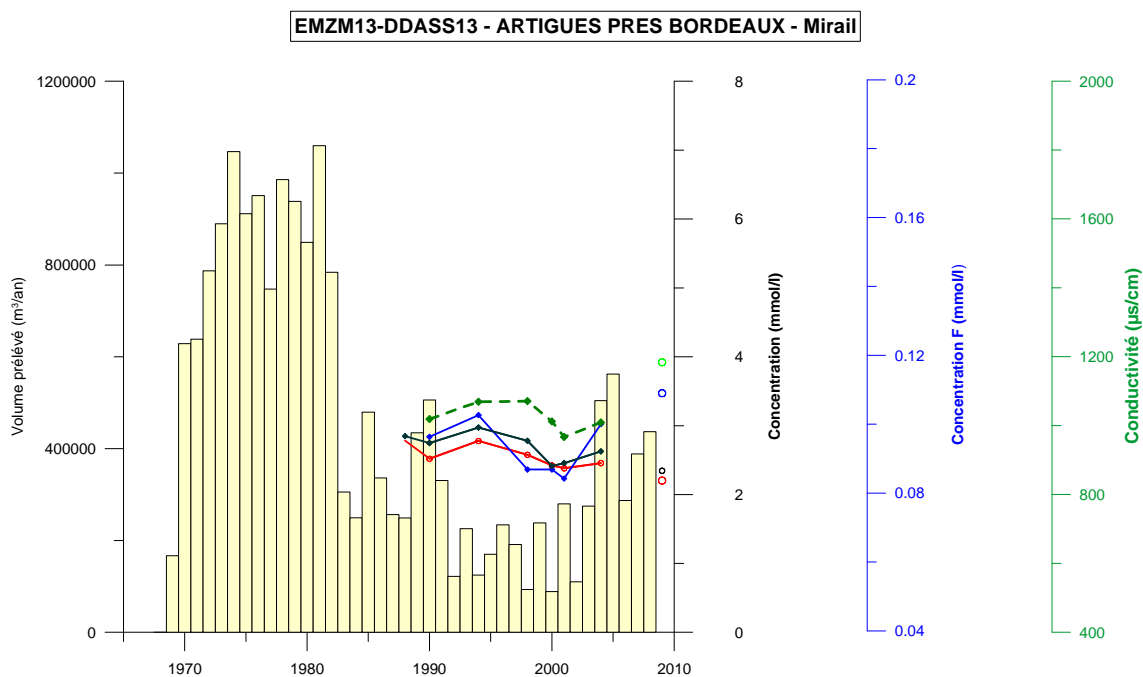


Figure 12 : Suivi de EMZM13-DDASS13 - ARTIGUES PRES BORDEAUX - Mirail.

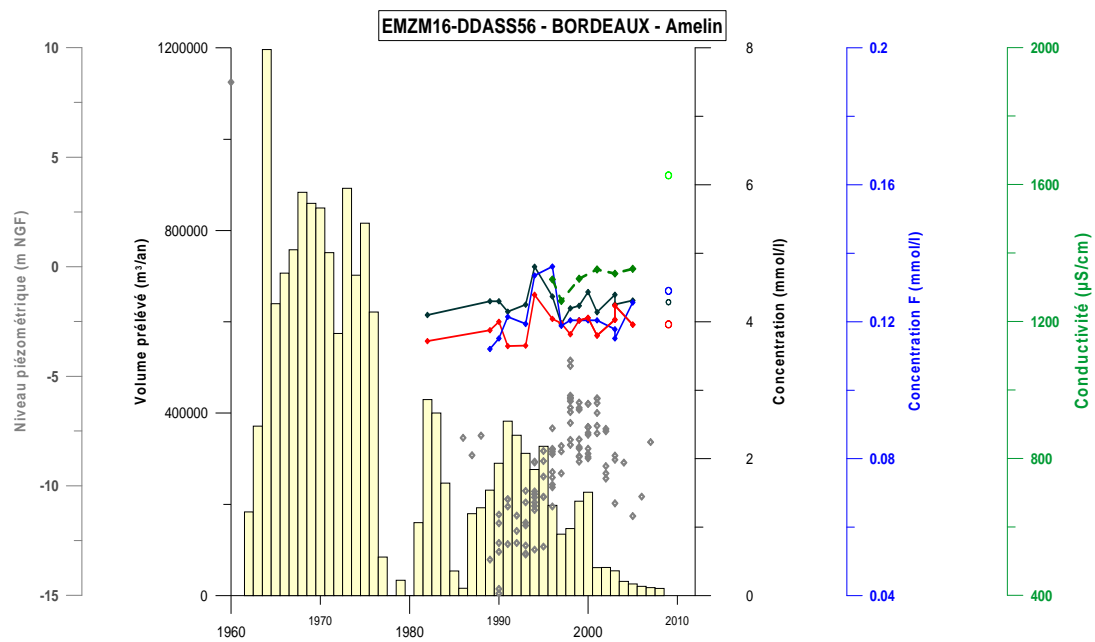


Figure 13 : Suivi de EMZM16 -DDASS56 - BORDEAUX - Amelin.

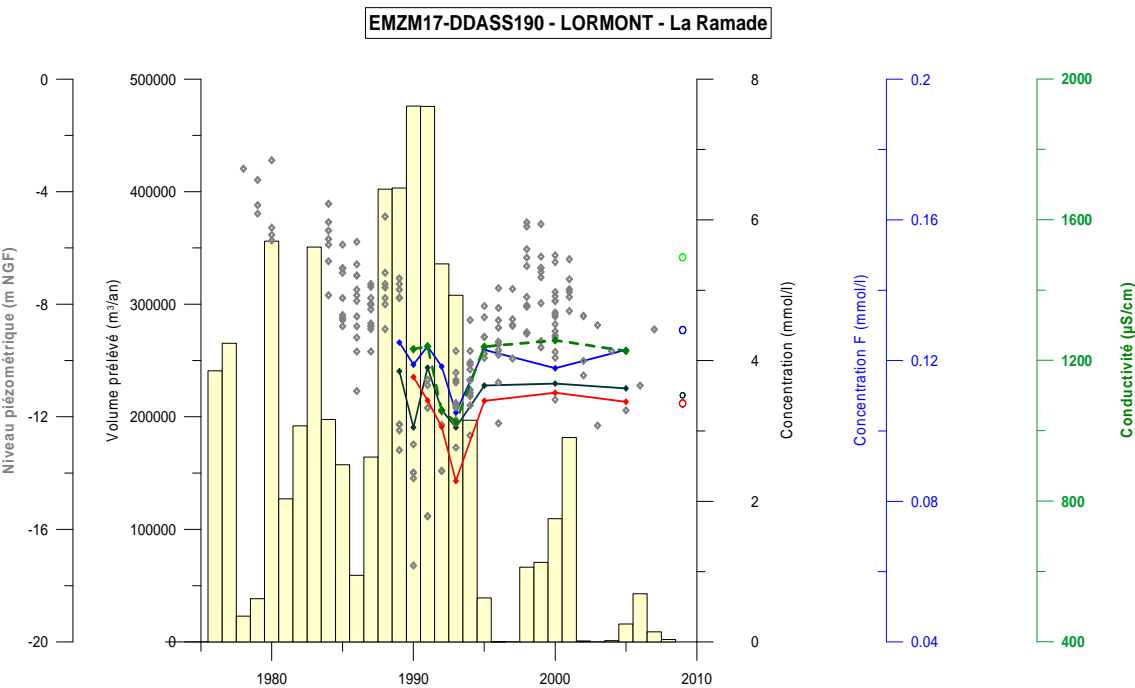


Figure 14 : Suivi de EMZM17-DDASS190 - LORMONT - La Ramade.

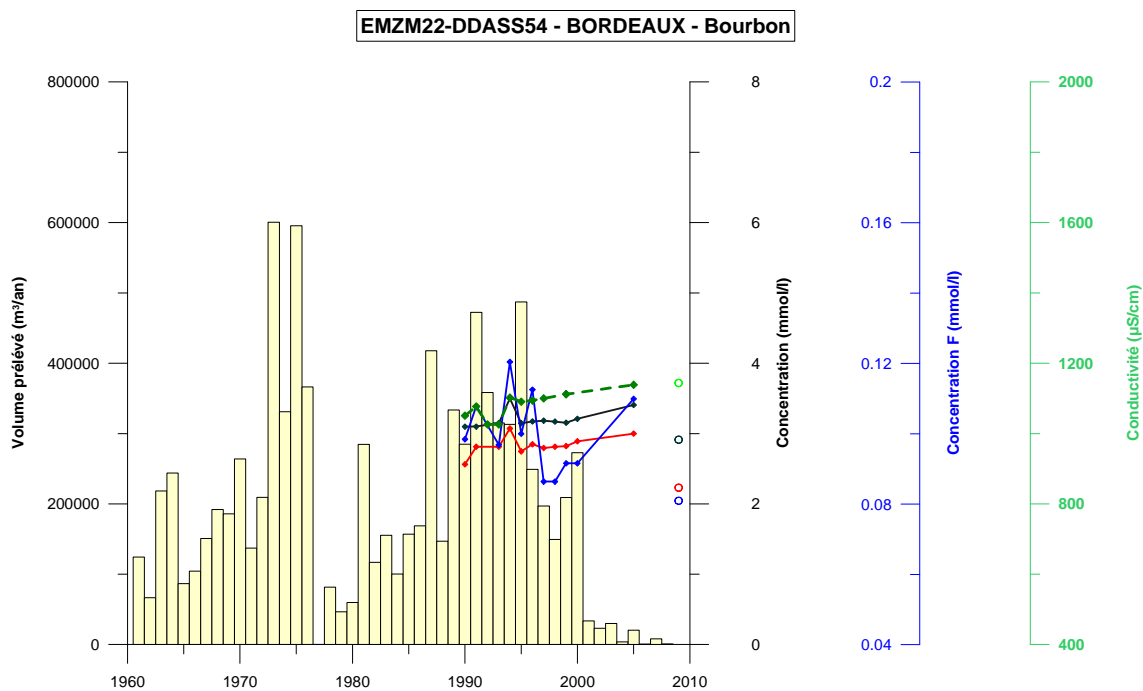


Figure 15 : Suivi de EMZM22 - DDASS54 - BORDEAUX - Bourbon.

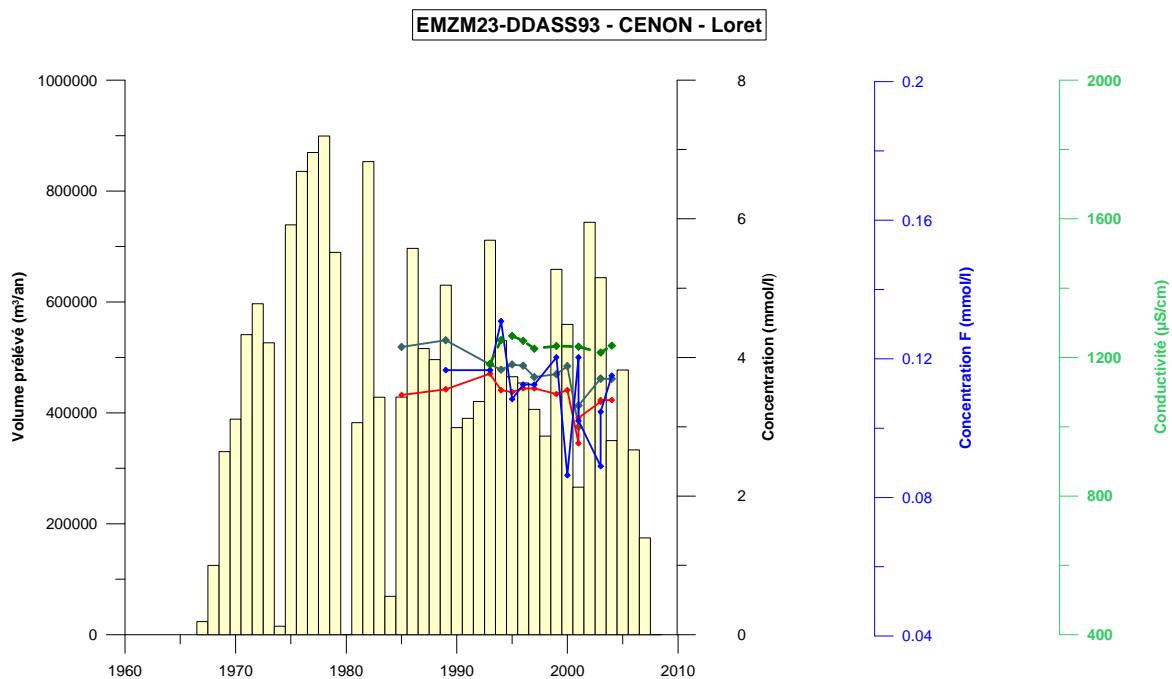


Figure 16 : Suivi de EMZM23-DDASS93 - CENON - Loret.

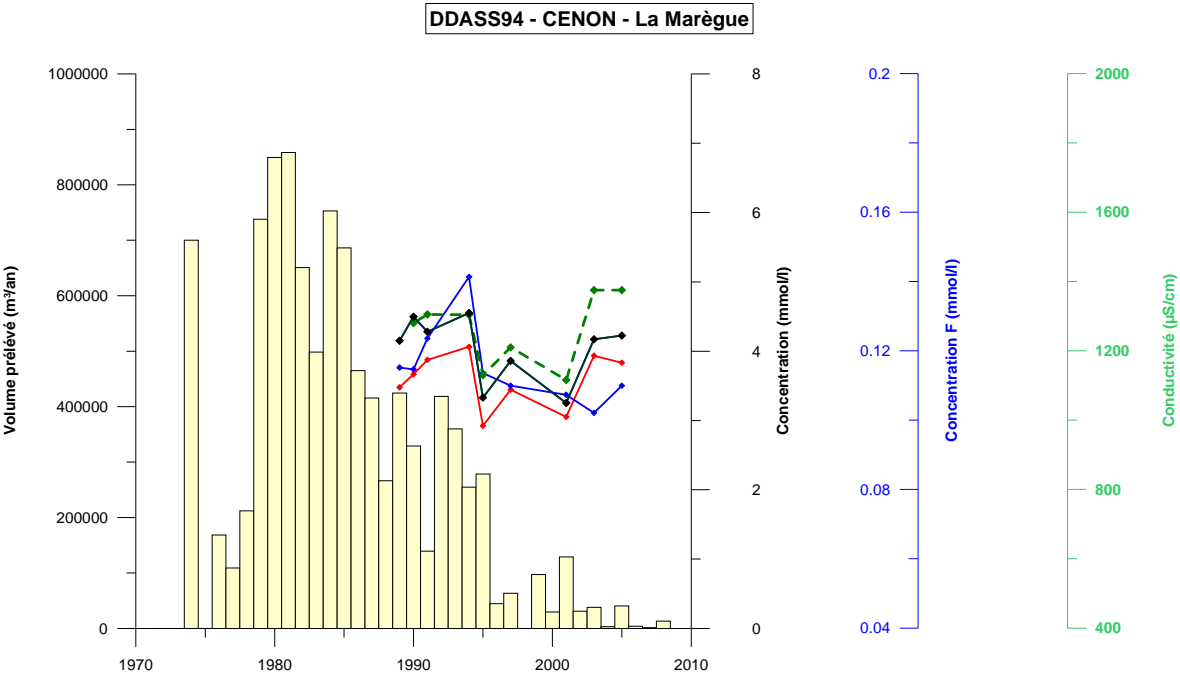


Figure 17 : Suivi de DDASS94 - CENON - La Marègue.

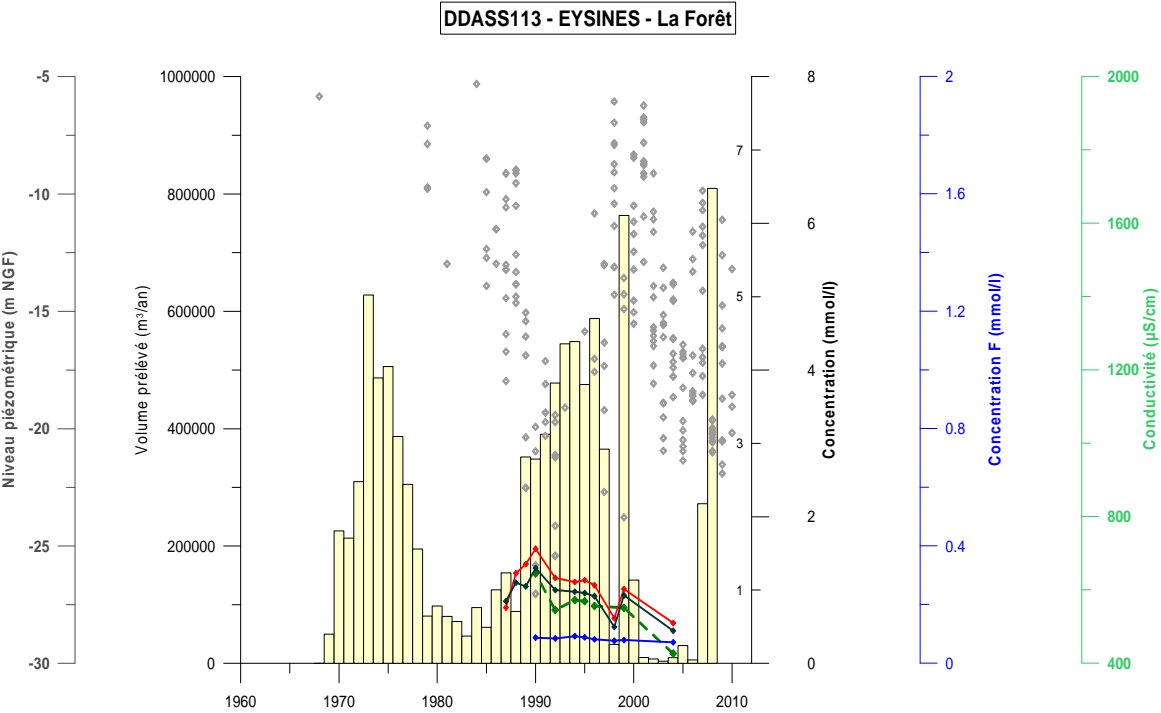


Figure 18 : Suivi de DDASS113 - EYSINES - La Forêt.

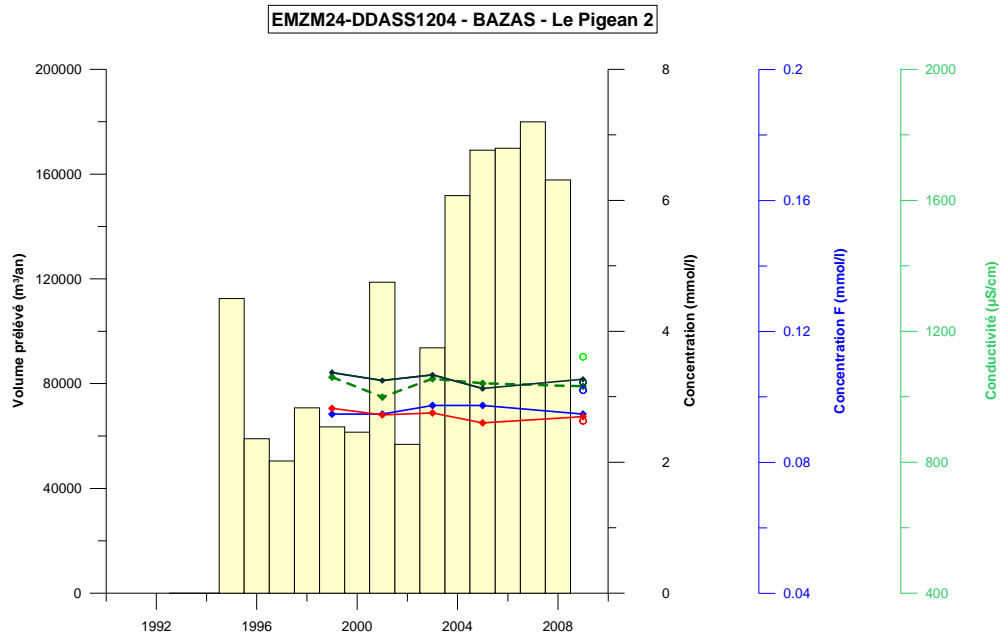


Figure 19 : Suivi de EMZM24-DDASS1204 - BAZAS - Le Pigeon 2.

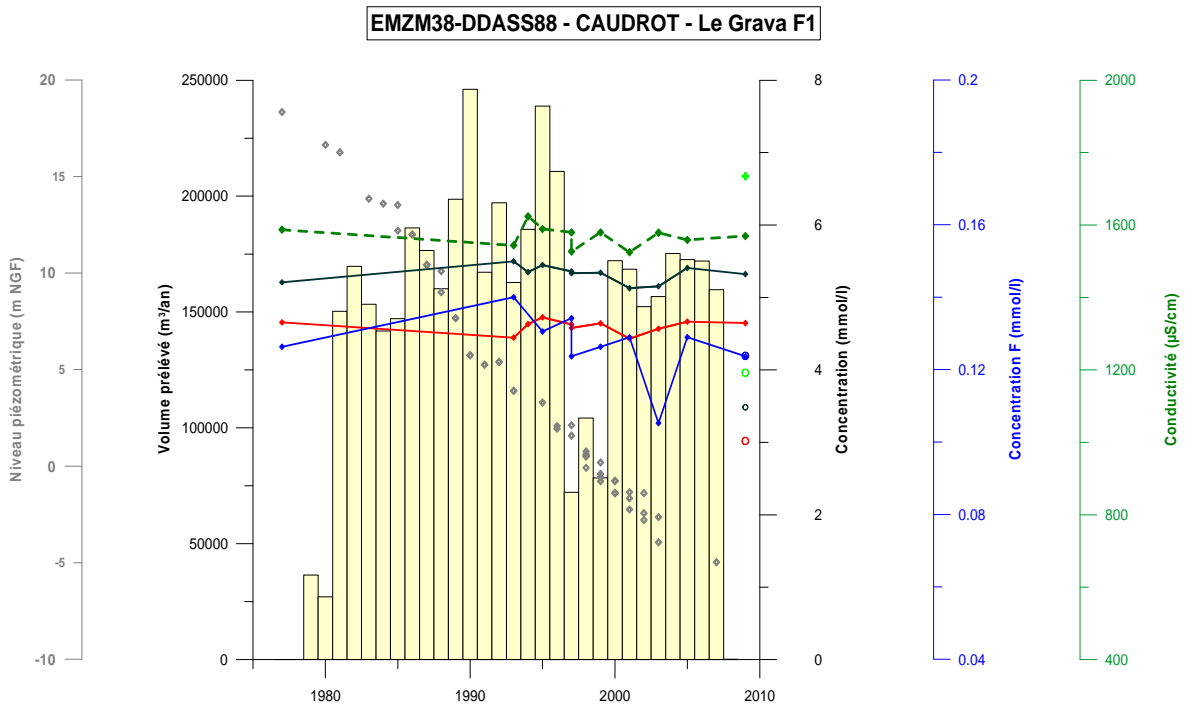


Figure 20 : Suivi de EMZM38-DDASS88 - CAUDROT - Le Grava F1.

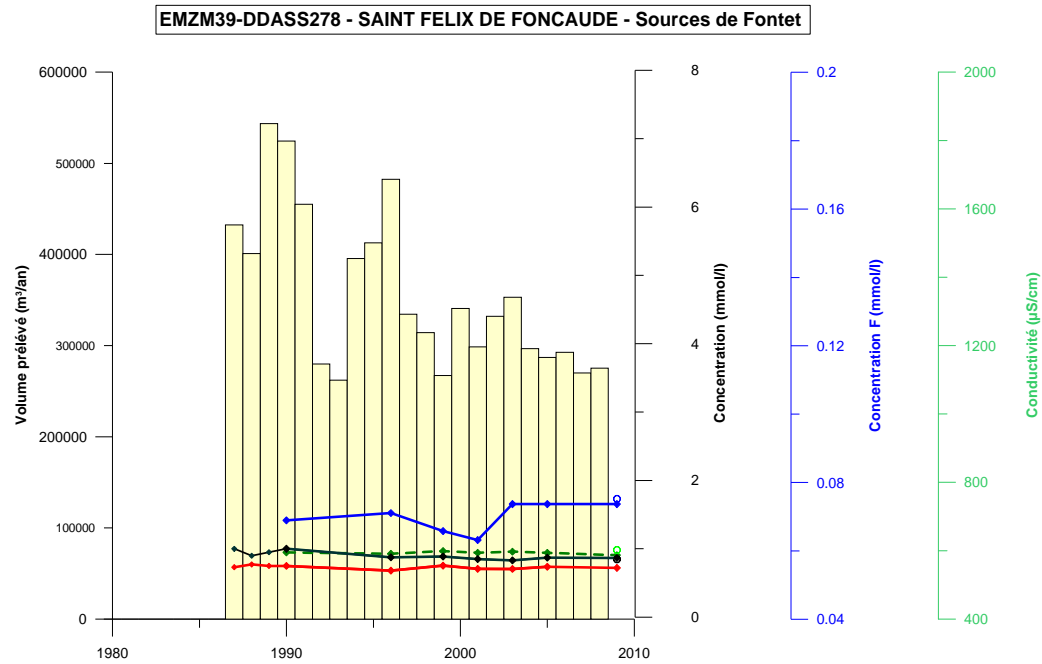


Figure 21 : Suivi de EMZM39-DDASS278 - SAINT FELIX DE FONCAUDE - Sources de Fontet.

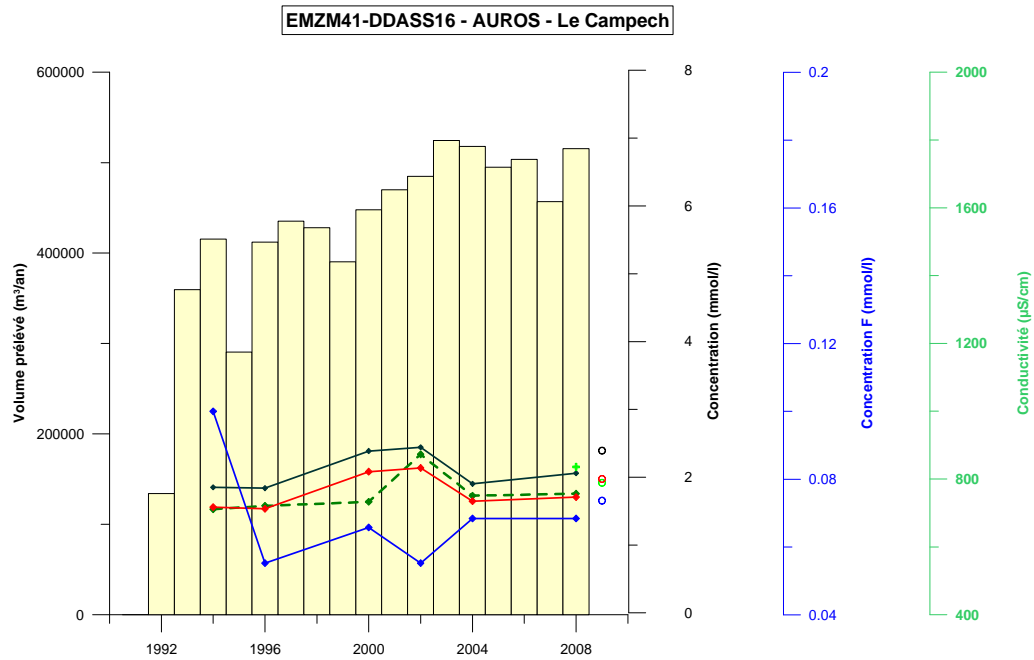


Figure 22 : Suivi de EMZM41-DDASS16 - AUROS - Le Campech.

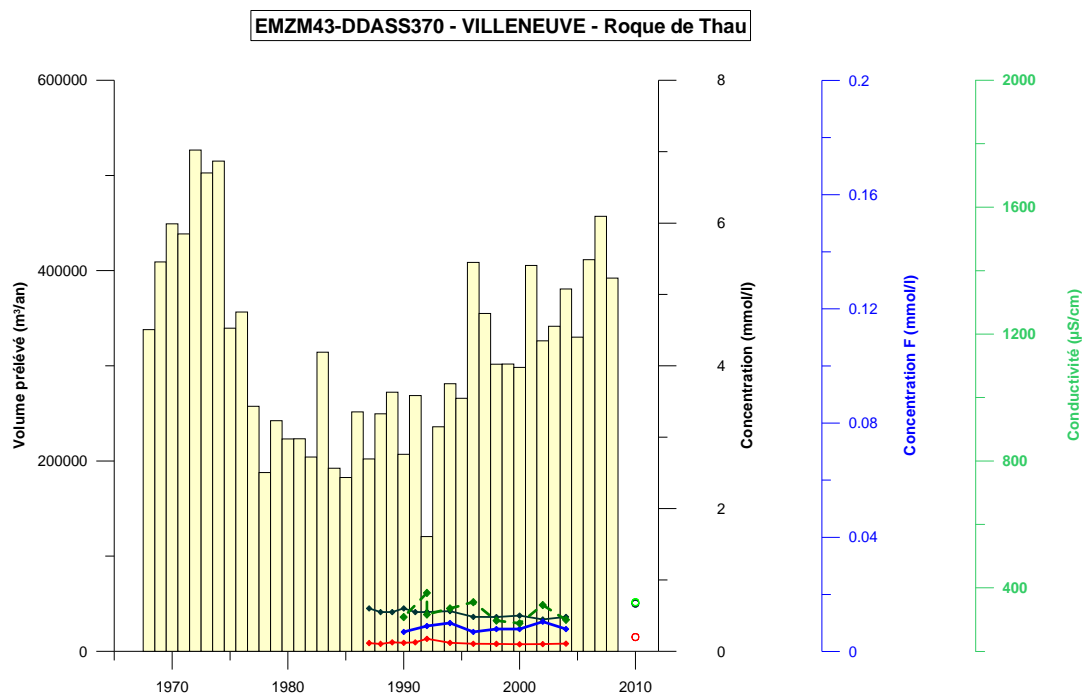


Figure 23 : Suivi de EMZM43-DDASS370 - VILLENEUVE - Roque de Thau.

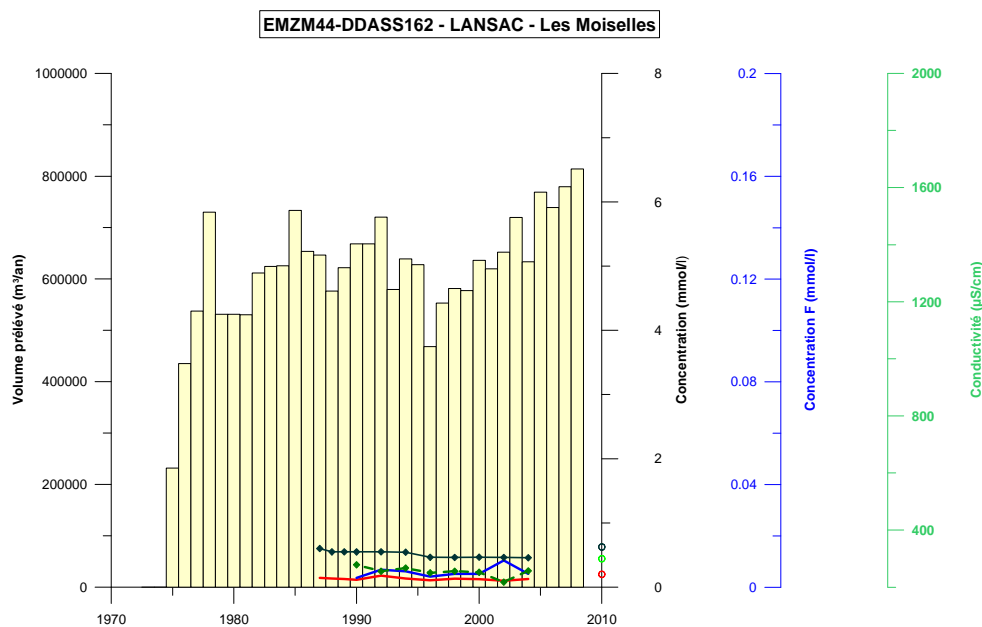


Figure 24 : Suivi de EMZM44-DDASS162 - LANSAC - Les Moisselles.

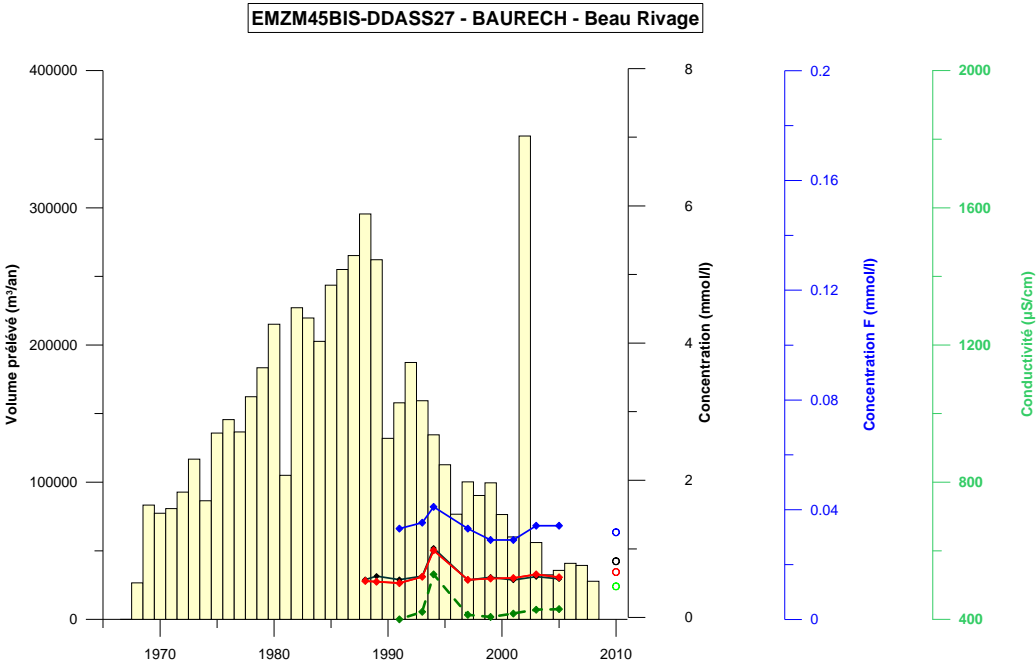


Figure 25 : Suivi de EMZM45bis-DDASS27 - BAURECH - Beau Rivage.

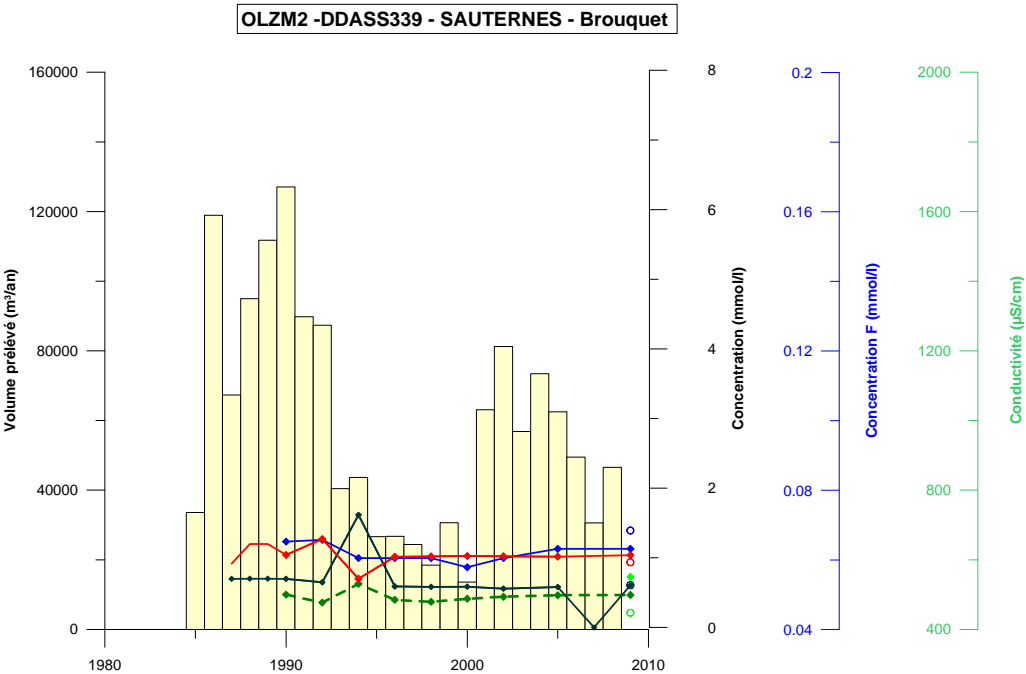


Figure 26 : Suivi de OLZM2-DDASS339 - SAUTERNES - Brouquet.

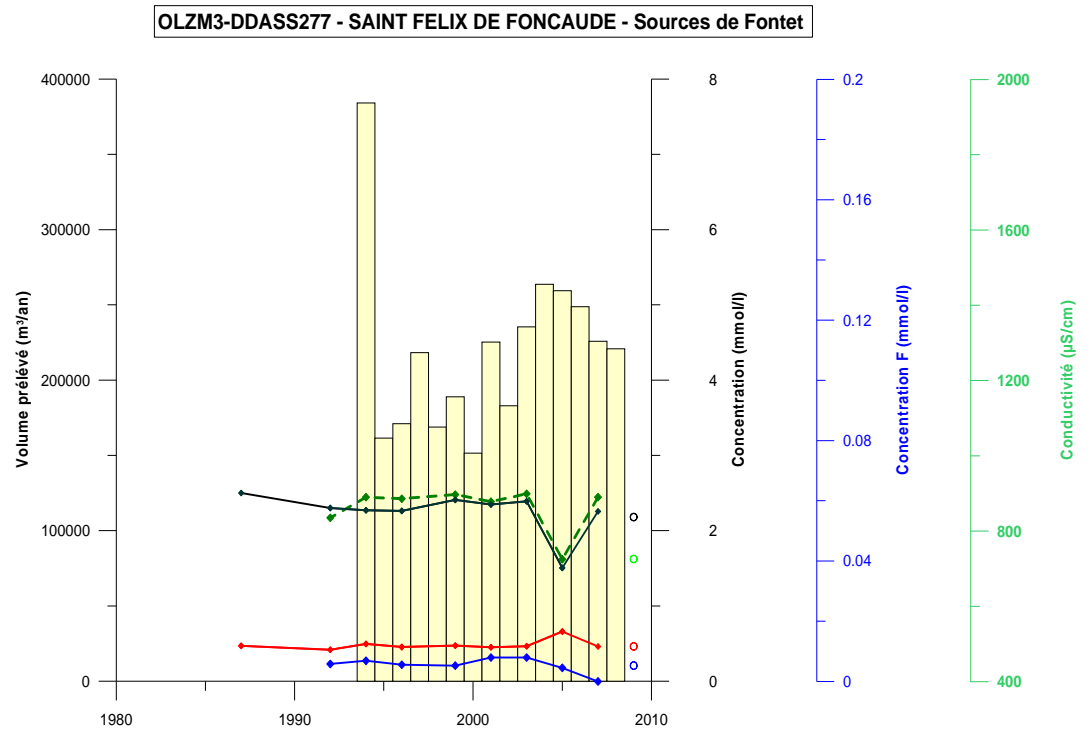


Figure 27 : Suivi de OLZM3-DDASS277 - SAINT FELIX DE FONCAUDE - Sources de Fontet.

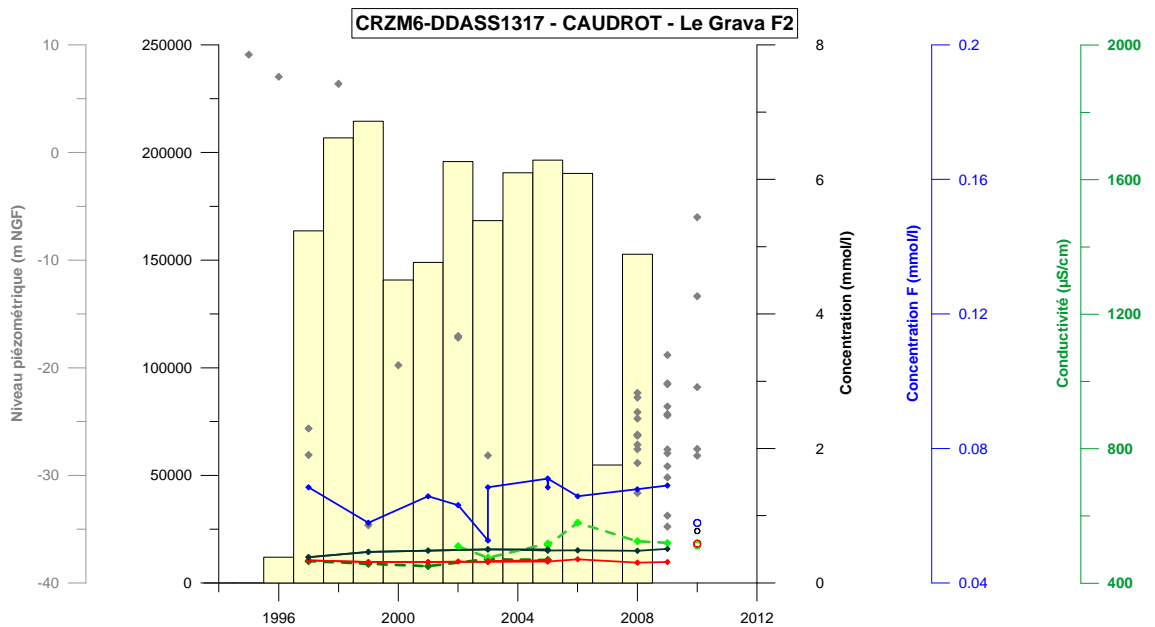


Figure 28 : Suivi de CRZM6-DDASS1317 - CAUDROT - Le Grava F2.

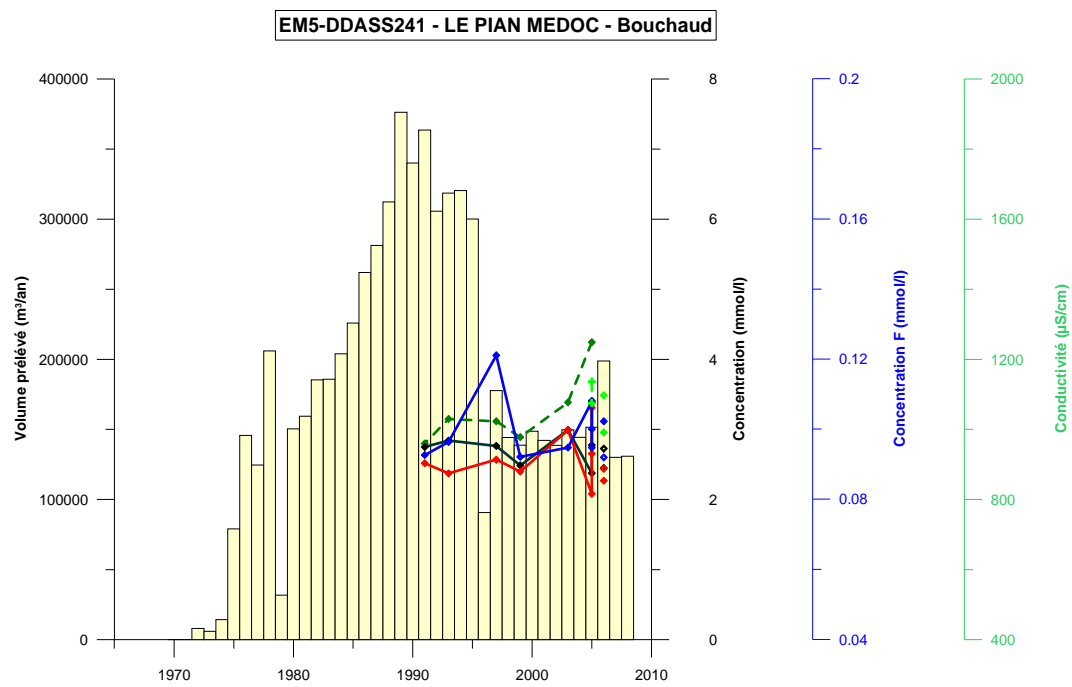


Figure 29 : Suivi de EM5-DDASS241 - LE PIAN MEDOC - Bouchaud.

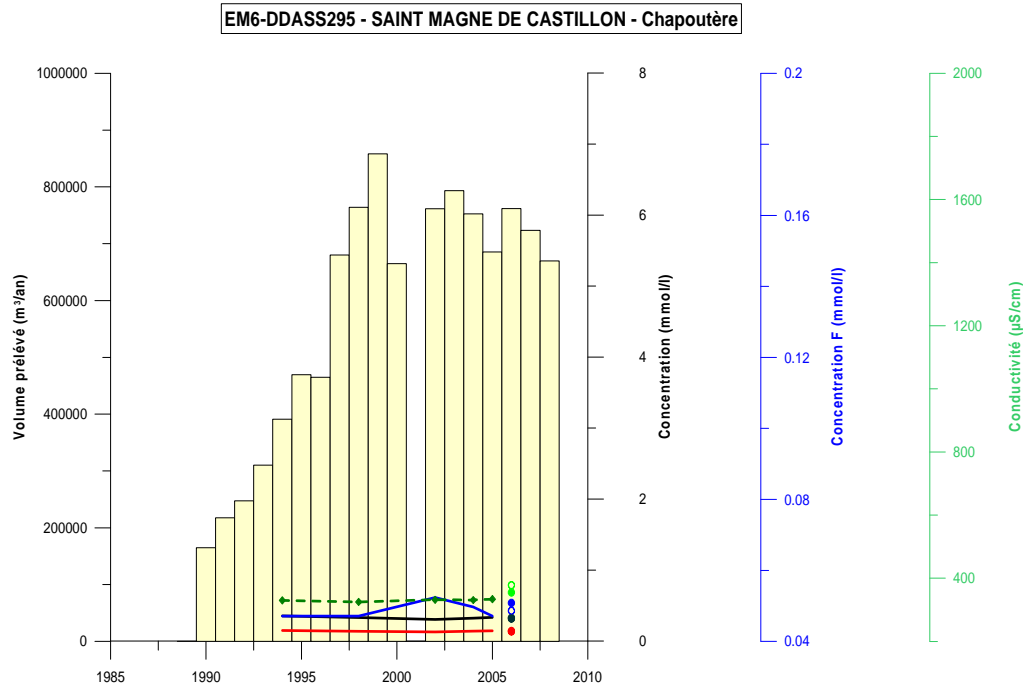


Figure 30 : Suivi de EM6-DDASS295 - SAINT MAGNE DE CASTILLON - Chapoutère.

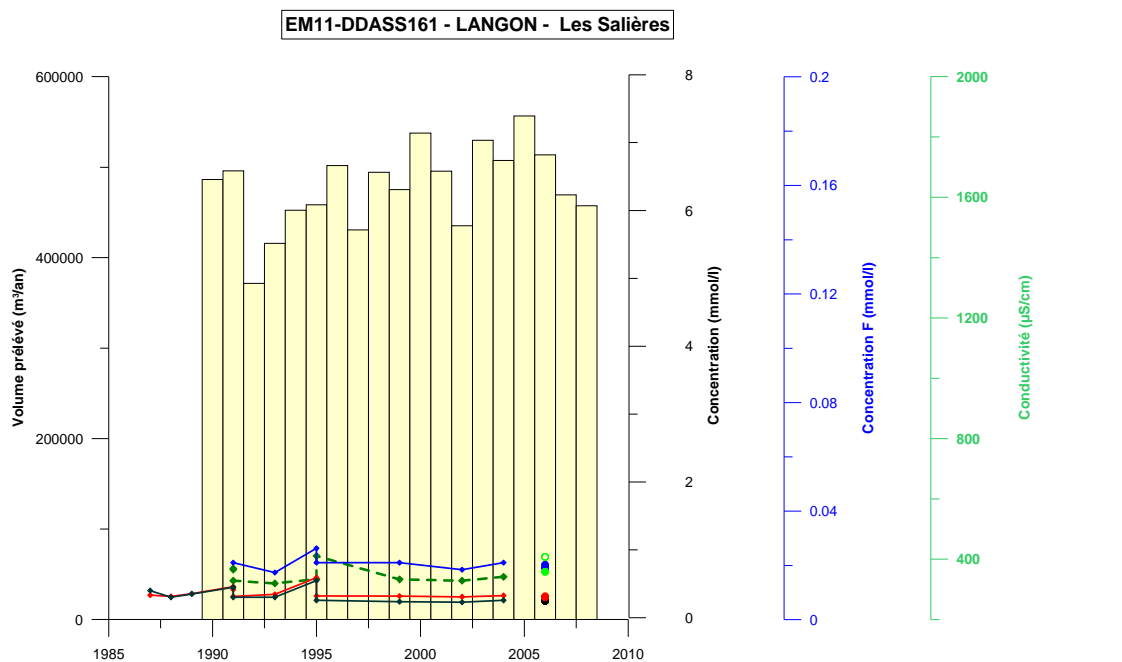


Figure 31 : Suivi de EM11-DDASS161 - LANGON - Les Salières.

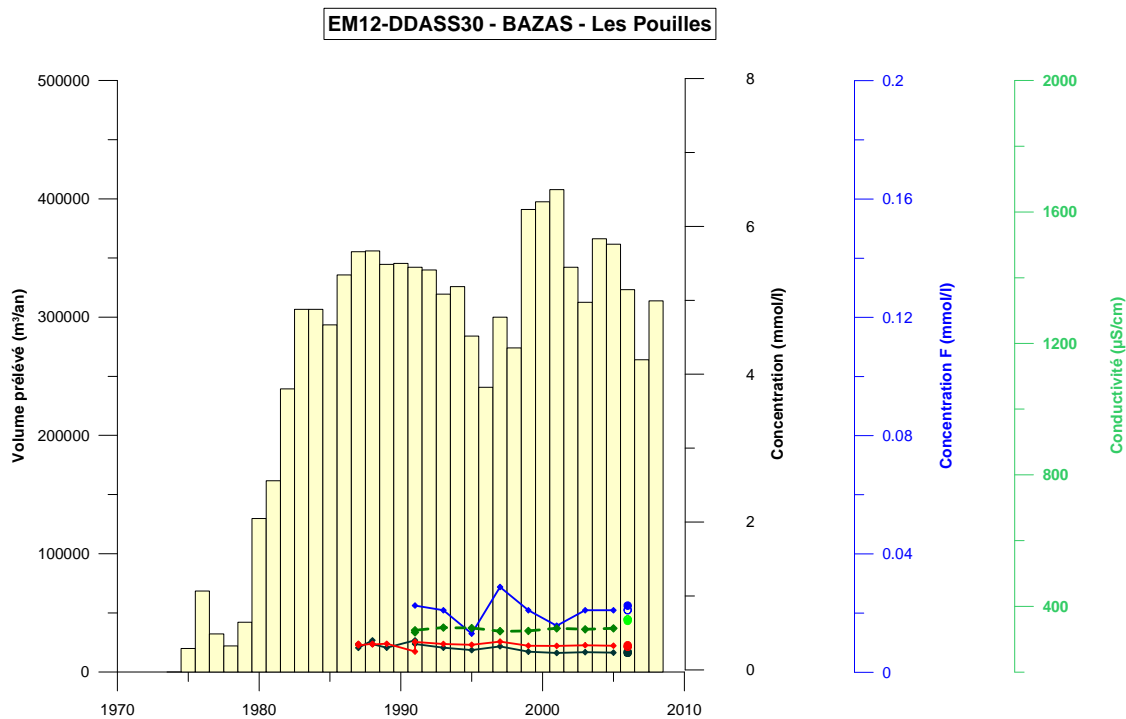


Figure 32 : Suivi de EM12-DDASS30 - BAZAS - Les Pouilles.

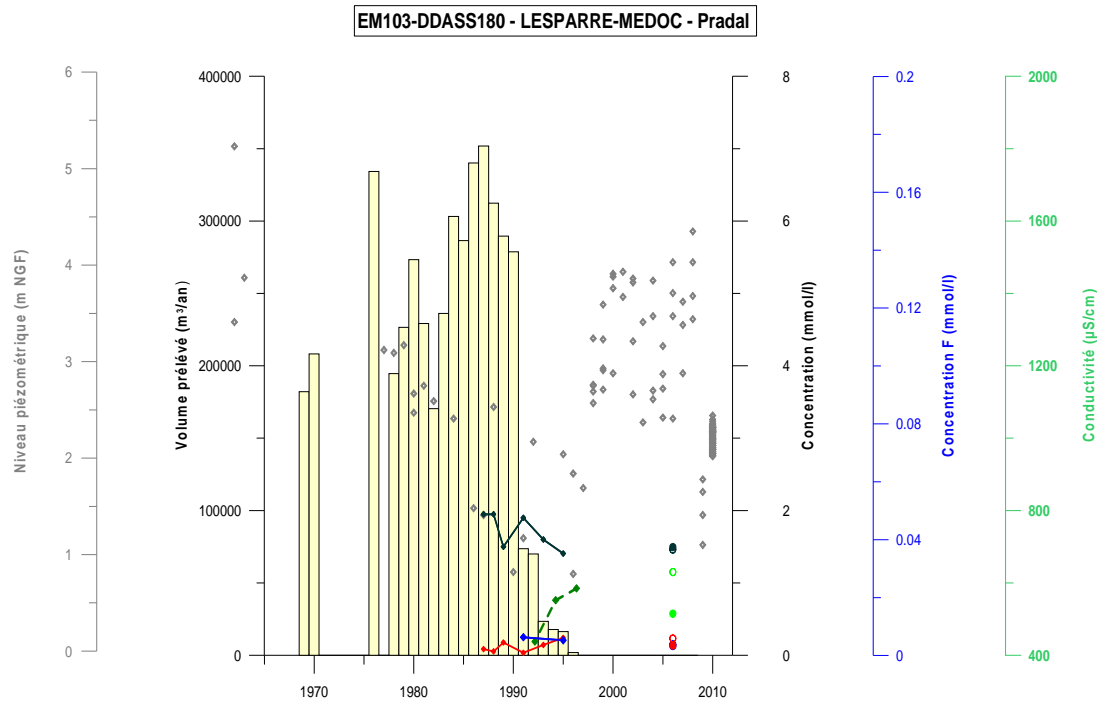


Figure 33 : Suivi de EM103-DDASS180 - LESPARE-MEDOC - Prada.

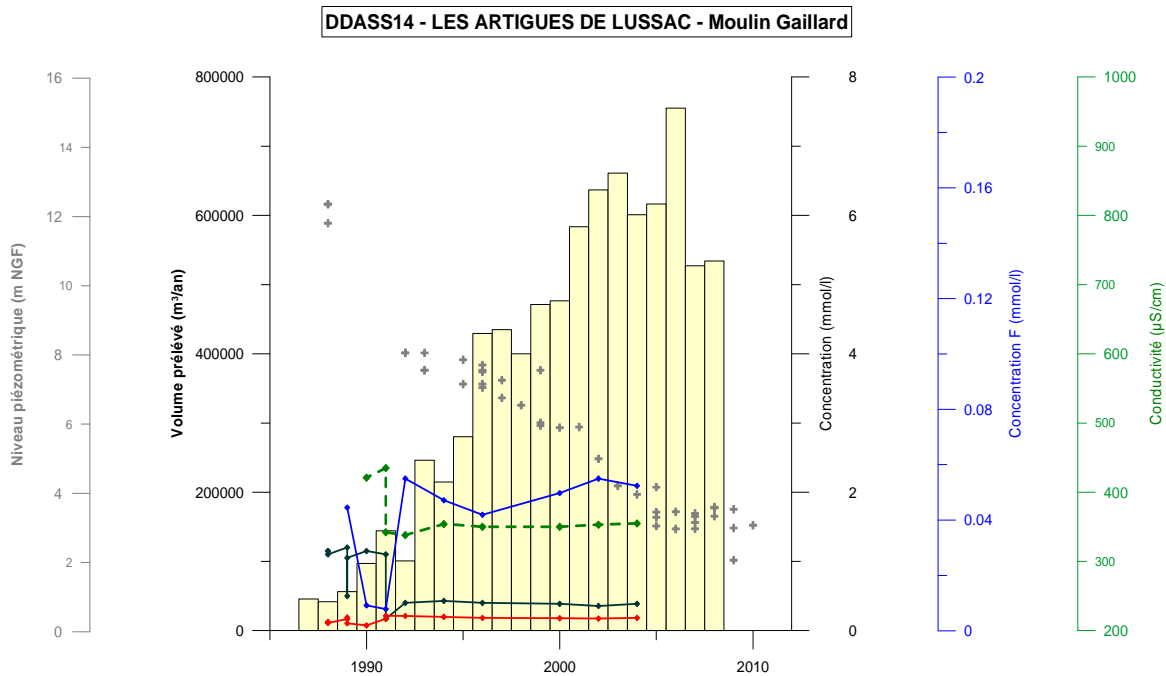


Figure 34 : Suivi de DDASS14 - LES ARTIGUES DE LUSSAC - Moulin Gaillard.

Annexe 2

Résumé étendu CARISMEAU 2 - IAH 2010 Krakow

XXXVIII IAH Congress

**Groundwater Quality Sustainability
Krakow, 12–17 September 2010**

Extended Abstracts

**Editors:
Andrzej Zuber
Jarosław Kania
Ewa Kmiecik**



**University
of Silesia
Press 2010**

abstract id: **204**

topic: **1**

Groundwater quality sustainability

1.1

Evaluation and management of groundwater — sustainable exploitation

title: **Geochemical, multi-isotopic and hydrogeological characterization of the mineralized groundwater body of the Entre-deux-Mers area, Gironde (South-West of France)**

author(s): **Eline Malcuit**

(1) BRGM,

(2) Institut EGID — Université Bordeaux 3, France, e.malcuit@brgm.fr

Philippe Négrel

BRGM, France, p.negrel@brgm.fr

Emmanuelle Petelet-Giraud

BRGM, France, e.petelet@brgm.fr

Olivier Atteia

Institut EGID — Université Bordeaux 3, France,
Olivier.Atteia@egid.u-bordeaux3.fr

Michel Franceschi

Institut EGID — Université Bordeaux 3, France,
Michel.Franceschi@egid.u-bordeaux3.fr

Alain Dupuy

Institut EGID — Université Bordeaux 3, France,
alain.dupuy@egid.u-bordeaux3.fr

François Larroque

Institut EGID — Université Bordeaux 3, France,
Francois.Larroque@egid.u-bordeaux3.fr

Sabine Schmidt

EPOC — CNRS — Université Bordeaux 1, France,
s.schmidt@epoc.u-bordeaux1.fr

Pierre Marchet

Agence de l'Eau Adour-Garonne, France,
pierre.marchet@eau-adour-garonne.fr

keywords: geochemistry, multi-isotopes, hydrogeology, salinity

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

In the south-west of France, the Eocene aquifer is one of the main resources for irrigation, thermo-mineral water, and mainly for drinking water in the Bordeaux region.

This aquifer is characterized by the presence of a large saline area (Fig. 1a), centered on the Entre-deux-Mers area, between the Garonne and the Dordogne rivers, where the ground waters show strong mineralization and anomalous levels of critical elements (Chery, 1993; Chery et al., 1994 and Corbier et al., 2005), such as sulfates and fluoride, leading to difficulties of resource exploitation for drinking water supply.

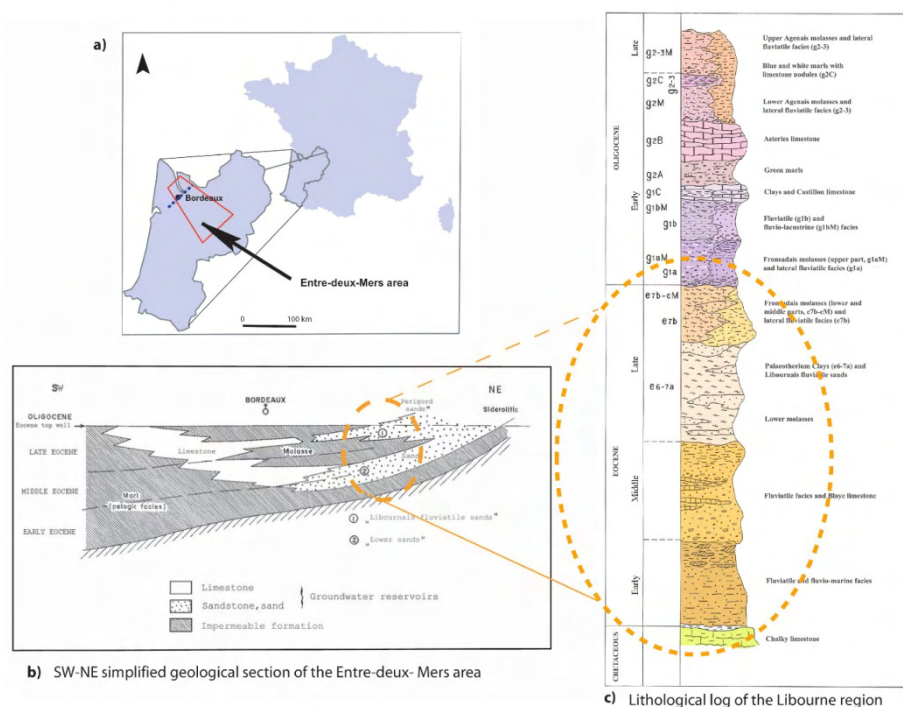


Figure 1. a) Location of the Entre-deux-Mers area, b) SW-NE simplified geological section, c) Lithological log of the Libourne region.

Initiated in 2009, the CARISMEAU 2 project, funded by the Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), the Institut EGID — University Bordeaux 3 and the French Water Agency Adour-Garonne (AEAG), focuses on the geochemical, multi-isotopic and hydrogeological characterization of this mineralized groundwater sector of the Entre-deux-Mers area. Its main objectives are to improve the understanding of the origin of the salinity in this mineralized area and to investigate how these waters circulate in the Eocene aquifer and more largely in the multi-layer aquifer system.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SETTINGS

The deposit sequences characterizing the Eocene aquifer system are progradational westward (Fig. 1b), from detrital deposits (Fig. 1c) to carbonates. The Eocene sands and the Eocene limes-

tones are hydraulically connected, the limit of their extension is located under the city of Bordeaux (Dubreuilh, 1987 and Moussié, 1972). The groundwater recharge may occur through the Eocene outcrops located in the north and north-east of this mineralized area of the Entre-deux-Mers, and also by vertical leakage from the Oligocene aquifer.

Furthermore, the second aspect to consider in this saline area concerns the piezometric evolution of the Eocene aquifer years after years. In fact, a trough in the potentiometric surface is noticeable for the Eocene Aquifer, centred under the city of Bordeaux (Corbier et al., 2005). For years, the decline of the piezometric surface is roughly one meter per year in the center. The cone of pressure relief in this confined aquifer stretches to the east year after year in the same direction, toward the Garonne and the Dordogne rivers. Moreover, two groundwater ridges separate the trough in the Early and Middle Eocene potentiometric surface from the Atlantic Ocean in the South-West and from the Gironde estuary in the North-West.

GROUNDWATER SAMPLING AND ANALYTICAL METHODS

In order to improve the understanding of the origin of the salinity and to investigate how these waters circulate, combined geochemical analyses (major and trace elements) and classical isotopic methods using $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ and $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$ are carried out. In addition, an innovative isotopic method using strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) and more exploratory isotopic methods using boron ($\delta^{11}\text{B}$), lithium ($\delta^7\text{Li}$), uranium ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) and radium ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) isotopes will be applied on the mineralized area (Négre et al., 2006, 2007, 2008 and Malcuit et al., 2008).

The first investigation, carried out from September to December 2009, allowed the characterization of about 50 groundwater sampling points in the mineralized area.

The water samples were collected after measurement of their physical-chemical parameters *in situ*. Furthermore, for the wells without any pump completion, a geochemical logging has been done. These geochemical logging have validated the representativeness of abstracted water (Fig. 2).

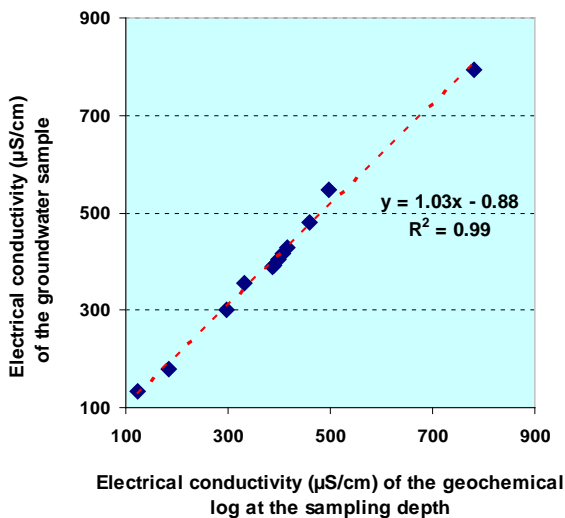


Figure 2. Correlation between the electrical conductivity measured in the wells and conductivity of the sampled groundwaters.

In addition the *in situ* parameters (pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, redox potential, and fluoride concentration) have helped to better characterize the actual hydrogeological and geochemical status of the drillings.

RESULTS

Spatial distribution of the mineralized ground waters

The *in situ* electrical conductivity ranges from 130-1630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 3). It allows to characterize three highly mineralized areas: the first, centered in Bordeaux and the north-west vicinity of the city; the second in the Entre-deux-Mers area and the last one, in the south-east of the studied area, near the town of Langon.

The geochemical facies

Most of the abstracted groundwaters show a $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ water type (Fig. 4), in agreement with the interaction between the waters and the carbonates rocks of the Aquitaine Basin. However, 12 of the analysed groundwaters have a sulphated-calcic type: these samples are all from the Middle Eocene aquifer. The Piper diagram (Fig. 4.) shows how the Middle Eocene groundwaters are influenced by the sulphates concentration, at the difference of the aquifers over or under the Middle Eocene. We hypothesize these results of the influence of gypsum deposits.

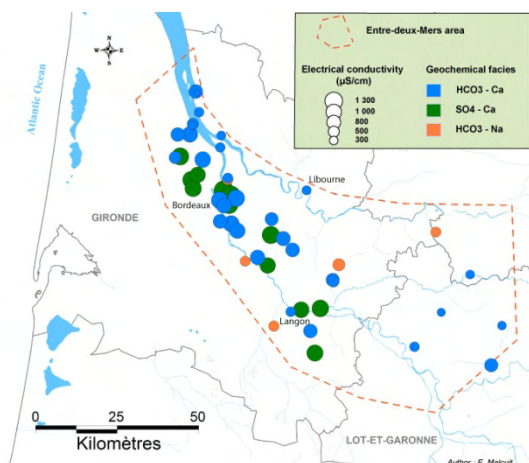


Figure 3. Groundwater sampling sites of the first investigation, their electrical conductivity and their geochemical water type.

The spatial distribution of geochemical water types (Fig. 3) indicates that the sulphated-calcic type coincides with the three most mineralized areas, although the bicarbonated-calcic type is the main one in the studied area.

In addition, groundwaters in the saline area with a sulphate concentration exceeding the potability standard also display a fluoride content above the standard. Among the 50 sampling points, 3 exceed drinking water standard for sulphate concentration (e.g. 250 mg/l) and 12 for fluoride (e.g. 1.5 mg/l). All these points correspond to boreholes used for drinking water.

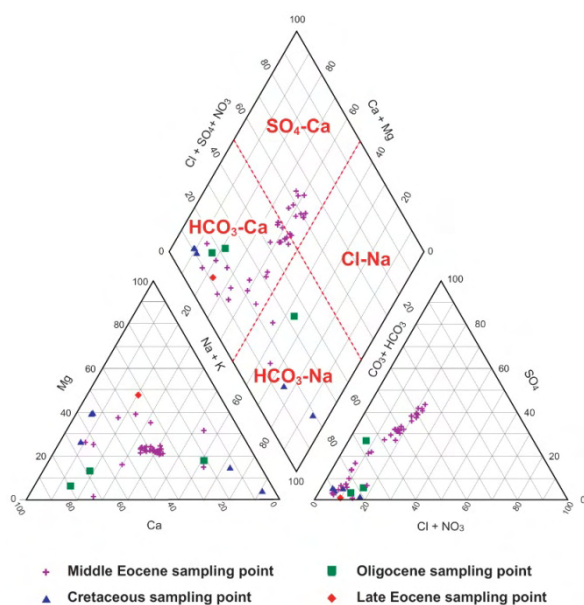


Figure 4. Piper diagram of the sampling points.

Spatial and temporal evolutions/variations of the water quality

Over the past 20 years, the boreholes used for drinking water in the Entre-deux-Mers have presented variations of the water quality and contrasting trends can be highlighted.

A first characterization has been done by comparing the electrical conductivity of the water and chlorides, sulphates and fluorides contents. These four parameters do not always present identical trends. For example some groundwaters show an increase, others a significant decline. But most do not indicate any specific trends.

So far the observed trends do not seem to depend on geographical location or on the excessive mineralization of waters. Further investigations are needed to better understand these results.

CONCLUSION

Ongoing analyses of major elements confirm the salinity variation in the groundwater system in the Entre-deux-Mers (S-W France). The first results of geochemical analysis and multi-isotope combination will be presented at the conference so as to improve our understanding of the origin of these elements, their behaviour and migration in aquifers.

REFERENCES

Chery L., 1993: *Interprétation des résultats des analyses isotopiques. Etude de la salinité verticale de l'Eocène moyen dans la zone bordelaise (Gironde)*. BRGM/RR-37732-FR, 36 pages, 1 annexe. (Interpretation of the isotopic analyses results. Study of the vertical salinity of the Middle Eocene in the Bordeaux region).

Chery L., Dusseau P., Sourisseau B., 1994: *Diagnostic de l'accroissement de la salinité des nappes profondes de l'Eocène moyen en Gironde. Programmes de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) et du Fond National de développement de l'Assainissement et de l'Eau (FNDAE)*. BRGM/RR-37998-FR, 56 p., 38 fig., 8 tabl., 28 annexes. (Diagnosis of the salinity increasing in the deep aquifers in Gironde. CUB and FNDAE programmes).

Corbier P., Winckel A., Mazurier C., Mauroux B., Platel J.P., Benhammouda S., Dufour P., 2005: *Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde. Année 2004. Investigations préalables à la mise en place d'un réseau qualité sur la nappe de l'Eocène inférieur à moyen du domaine minéralisé. Rapport final*. BRGM/RP-53973-FR. (Quality control and management of the Gironde groundwaters bodies. 2004. Preliminary investigations before setting up the quality network of the Early and Middle Aquifer in the mineralized area. Final report).

Dubreuilh J., 1987: *Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviatiles tertiaires du nord du bassin d'Aquitaine. Passage aux formations palustres, lacustres et marines*. Thèse de Doctorat d'Etat. BRGM n°172. 393 pages. (Paleogeographic and structural synthesis of Tertiary fluvial deposits in the north of the Aquitaine Basin. PhD).

Malcuit E., Négrel Ph., Petelet-Giraud E., Gandolfi J.M., Pédrón N., Brenot A., 2008: *Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le Bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final*. Tome 2: Approche couplée hydrogéologique et géochimique isotopique des Sables Infra-Molassiques du Bassin Adour-Garonne. Rapport BRGM/RP-56737-FR, 136 pages, 74 illustrations, 3 annexes. (Characterising of water bodies in the Adour-Garonne district by multi-isotopic and geochemical approaches: interconnections and heterogeneities - The CARISMEAU research project. Final report. Part 2. Hydrogeological, geochemical and multi-isotopic approaches of the Infra-Molassic Sands of the Adour-Garonne Basin).

Moussié B., 1972: *Le système aquifère de l'Eocène moyen et supérieur du Bassin Nord-Aquitain. Influence du cadre géologique sur les modalités de circulation*. Thèse, Université de Bordeaux, 100 pages. (The Middle and Late Eocene aquifer system in the north of the Aquitaine Basin. Influence of the geological framework on the water circulation conditions. PhD. Bordeaux University).

Négrel Ph., Colin A., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Roy S., 2006: *CARISMEAU : Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport de phase 1*. Rapport BGRM/RP-55069-FR, 128 pages, 62 illustrations. (Characterising of water bodies in the Adour-Garonne district by multi-isotopic and geochemical approaches: interconnections and heterogeneities - The CARISMEAU research project. First report).

Négrel Ph., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Innocent C., 2008: *Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final*. Tome 1: Les outils isotopiques appliqués à la gestion des ressources en eau. Exemple de la masse d'eau des Sables Infra-Molassiques. Rapport BRGM/RP-56291-FR, 194 pages, 44 illustrations. (Characterising of water bodies in the Adour-Garonne district by multi-isotopic and geochemical approaches: interconnections and heterogeneities - The CARISMEAU research project. Final report. Part 1. Isotopic tools used to the management of water resources. Example of the Infra-Molassic Sands water body).

Négrel Ph., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Roy S., Dutartre Ph., Fournier I., 2007: *Multi isotopic and geochemical constraints of interconnection and heterogeneities of water bodies in the Adour-Garonne district (SW France)* - The CARISMEAU research project. International Symposium on Advances in Isotope Hydrology and its Role in Sustainable Water Resources Management (IHS-2007); 21 – 25 May 2007 Vienna, Austria. IAEA-CN-151.

Négrel Ph., Roy S., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Dutartre Ph., Fournier I., 2008: *Application des outils de diagraphie chimique à la caractérisation des masses d'eau. Techniques - Sciences -Méthodes*. 20 pages. (Geochemical loggings tools applied to water bodies characterisation).



International Association of Hydrogeologists



AGH University of Science and Technology

2-vol. set + CD

ISSN 0208-6336

ISBN 978-83-226-1979-0

Annexe 3

Présentation Bureau de la CLE

SAGE Nappes Profondes

Bordeaux, CG33, 27 septembre 2010



Le projet de recherche CARISMEAU 2 “Zone minéralisée de l’Entre-deux-Mers”

Caractérisation géochimique, multi- isotopique et hydrogéologique des eaux minéralisées de l’Entre-deux-Mers.

E. Malcuit




Réunion d’avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

e.malcuit@brgm.fr

Projet de recherche CARISMEAU (2006-2009)

➤ Une question ➔ Un outil ➔ Une réponse



➤ Le district Adour-Garonne :

✓ 1/5^{ème} du territoire français

✓ Masse d’eau des Sables Eocène (SIM)

➤ Une approche intégrée multi-traceurs

o Eléments Majeurs et Traces,

o Isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{34}\text{S}$ (SO_4) et $\delta^{18}\text{O}$ (SO_4), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{11}\text{B}$, $\delta^7\text{Li}$)

CARactérisation
Isotopique et
 géochimique des **M**asses
 d’**E**AU dans le bassin
 Adour-Garonne



➤ En phase de
 valorisation
 scientifique

<http://carismeau.brgm.fr/>

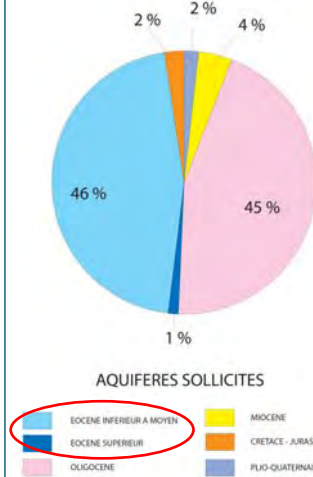
Géosciences pour une Terre durable
brgm

Présentation du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée

Au nord du Bassin aquitain, l'aquifère de l'**Eocène** est l'une des deux principales ressources en eau exploitées pour l'**Alimentation en Eau Potable**.

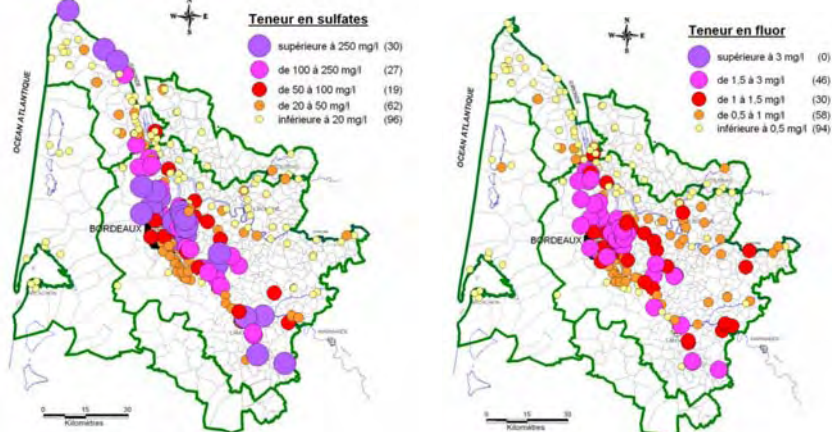
Le projet de recherche **CARISMEAU 2**, initié début 2009, s'inscrit dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Il vise en particulier à mieux comprendre la complexité de fonctionnement de l'aquifère de l'Eocène.

VOLUMES D'EAU PRELEVES EN GIRONDE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN 2008 (%)

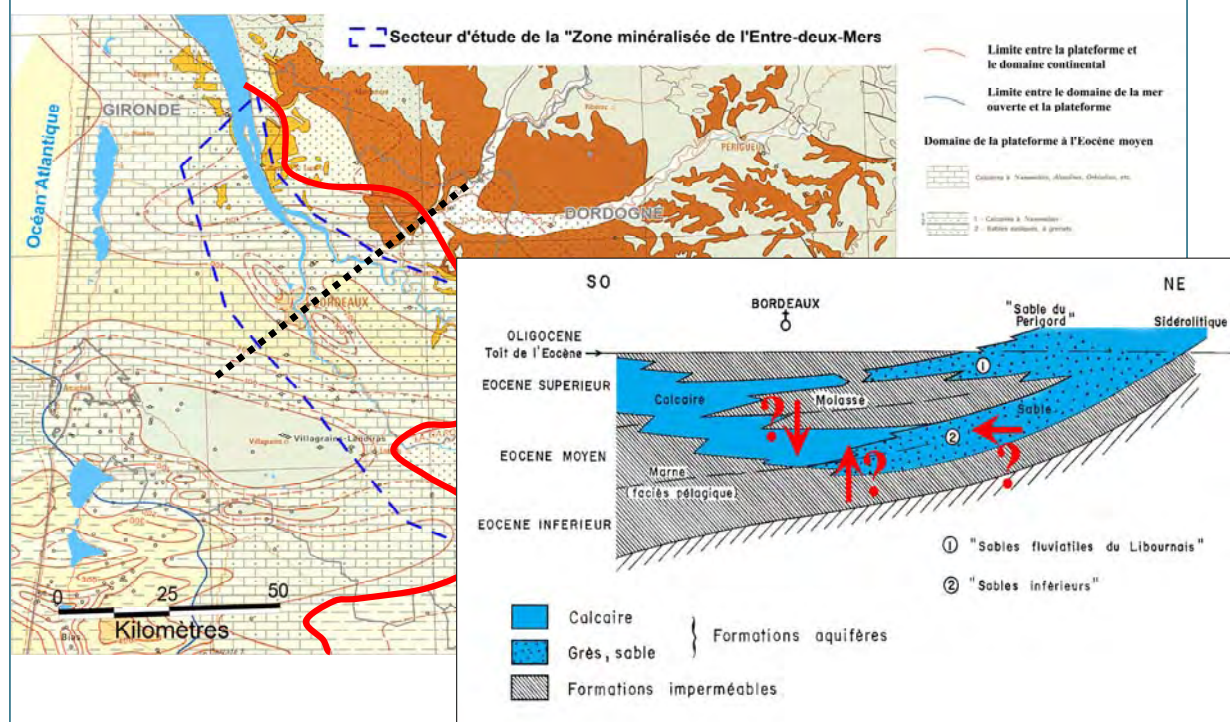


L'eau de cet aquifère présente des teneurs en **sulfates** et **fluor** supérieures aux normes de potabilité*, réparties de façon hétérogène, et dont l'origine est mal connue. Cette minéralisation excessive induit des **difficultés d'exploitation** de la ressource en eau.

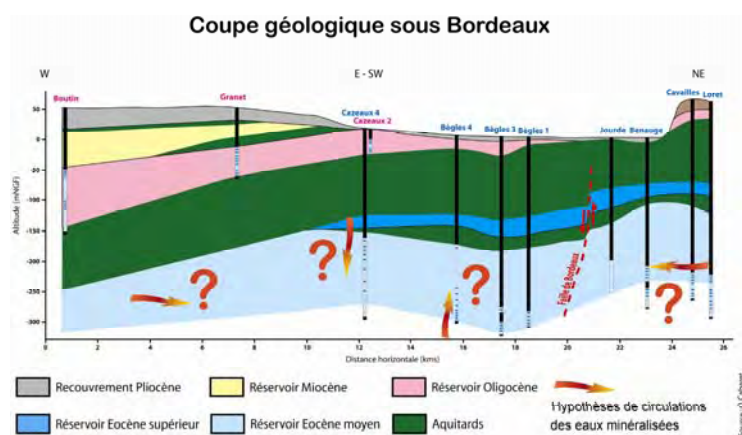
* : Norme de potabilité pour les sulfates (250 mg/l) et le fluor (1.5 mg/l)



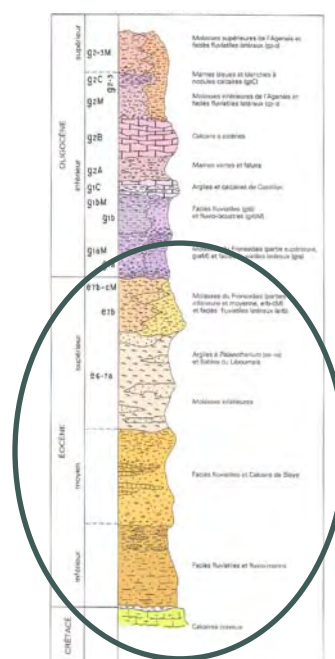
Présentation du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée



Présentation du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée



Coupe lithologique synthétique de la carte géologique de Libourne



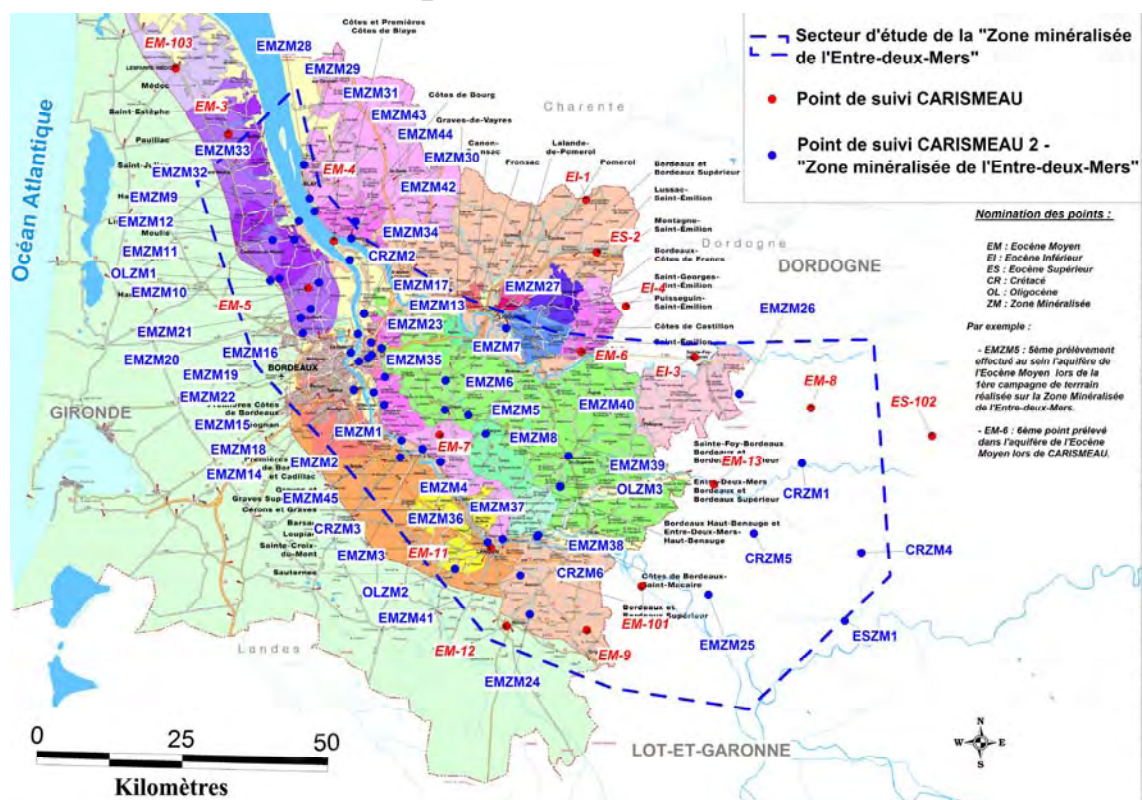
Les objectifs de ce projet de recherche sont de définir :

- L'origine de la minéralisation : apport latéral ou vertical ?
- Les sens de circulation de ces eaux minéralisées et les risques associés ?
- Les méthodes de gestion envisageables ?

Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

> 5

La zone étudiée et les points suivis CARISMEAU 2



Source : Carte du vignoble de Bordeaux, réalisée par les Editions Benoît France.

Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

≥ 6

Etat d'avancement des analyses

➤ Analyses réalisées

- ✓ Eléments Majeurs : 50 pts,
- ✓ Isotopes du Radium ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) : 50 pts + cuttings,

▶ Carte de localisation

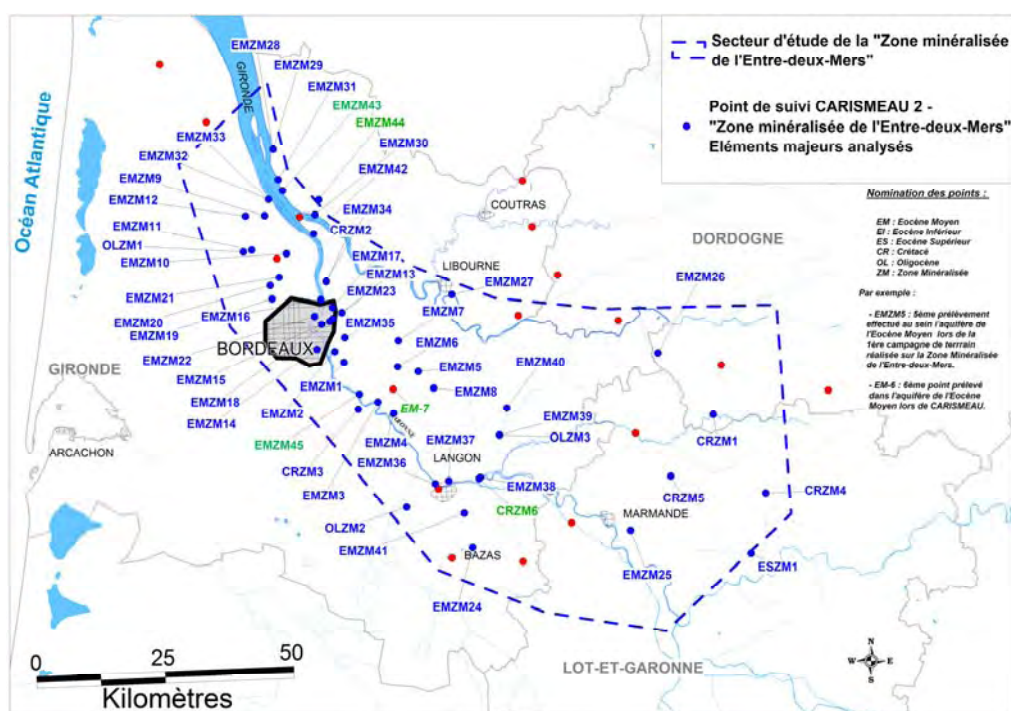
- ✓ Eléments Traces : 30 pts,
- ✓ Isotopes stables de la molécule d'eau ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$) : 20 pts,
- ✓ Isotopes du Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) : 20 pts,
- ✓ Isotopes du Bore ($\delta^{11}\text{B}$) : 20 pts,

▶ Carte de localisation

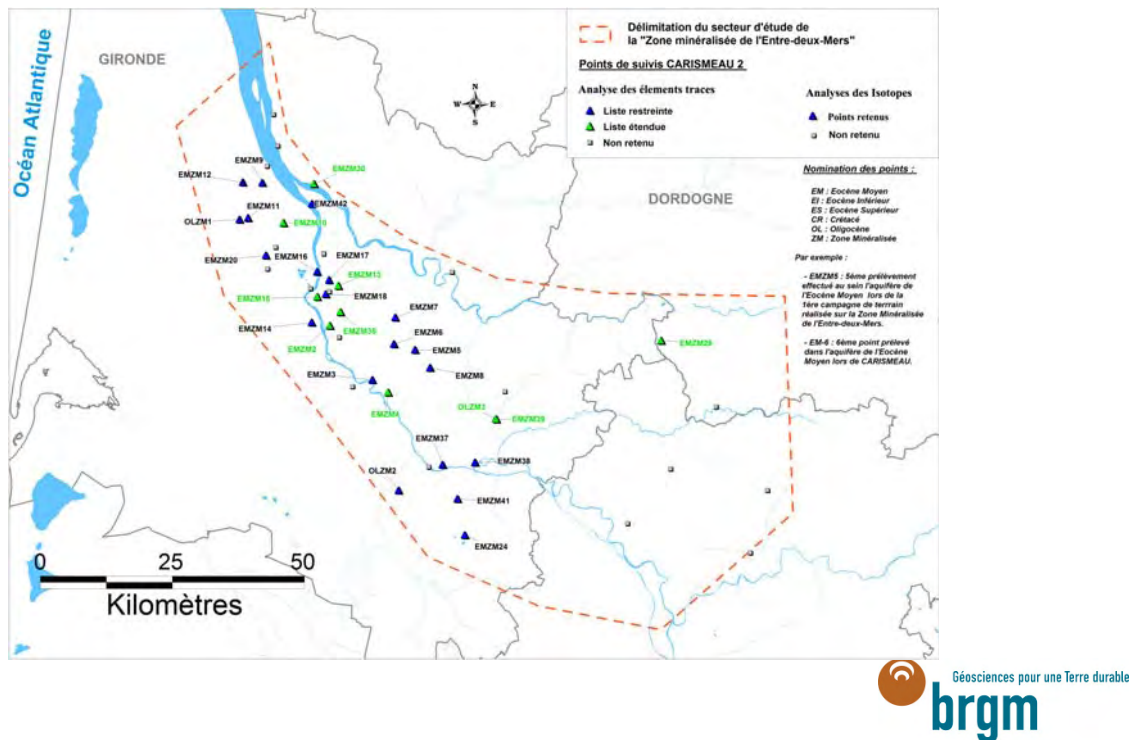


Carte de localisation des 50 points CARISMEAU 2

➤ Éléments analysés : paramètres *in situ* + majeurs



Carte de localisation des analyses Eléments traces et Isotopes (Bore et Strontium)



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

> 9

Etat des analyses (2)

Analyses en cours :

- ✓ Isotopes des Sulfates ($\delta^{34}\text{S}_{(\text{SO}_4)}$ et $\delta^{18}\text{O}_{(\text{SO}_4)}$),
- ✓ Tritium (^3H).

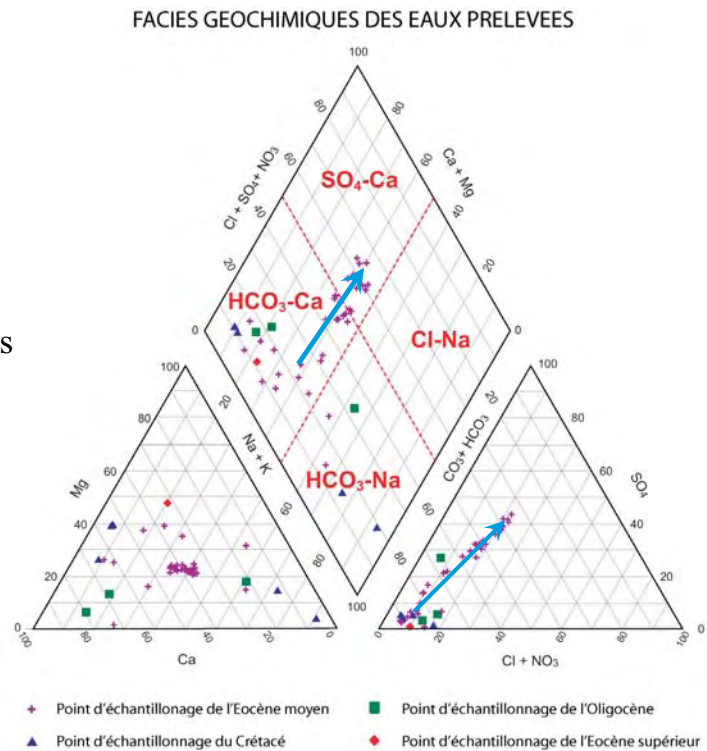
(5 nouveaux points suivis)

- ✓ **Pour les 4 forages suivants :**
 - Forages de Villeneuve et Lansac (majeurs),
 - Nouveau forage de Baurech (majeurs + cuttings)
 - Forage Crétacé de Caudrot (majeurs).

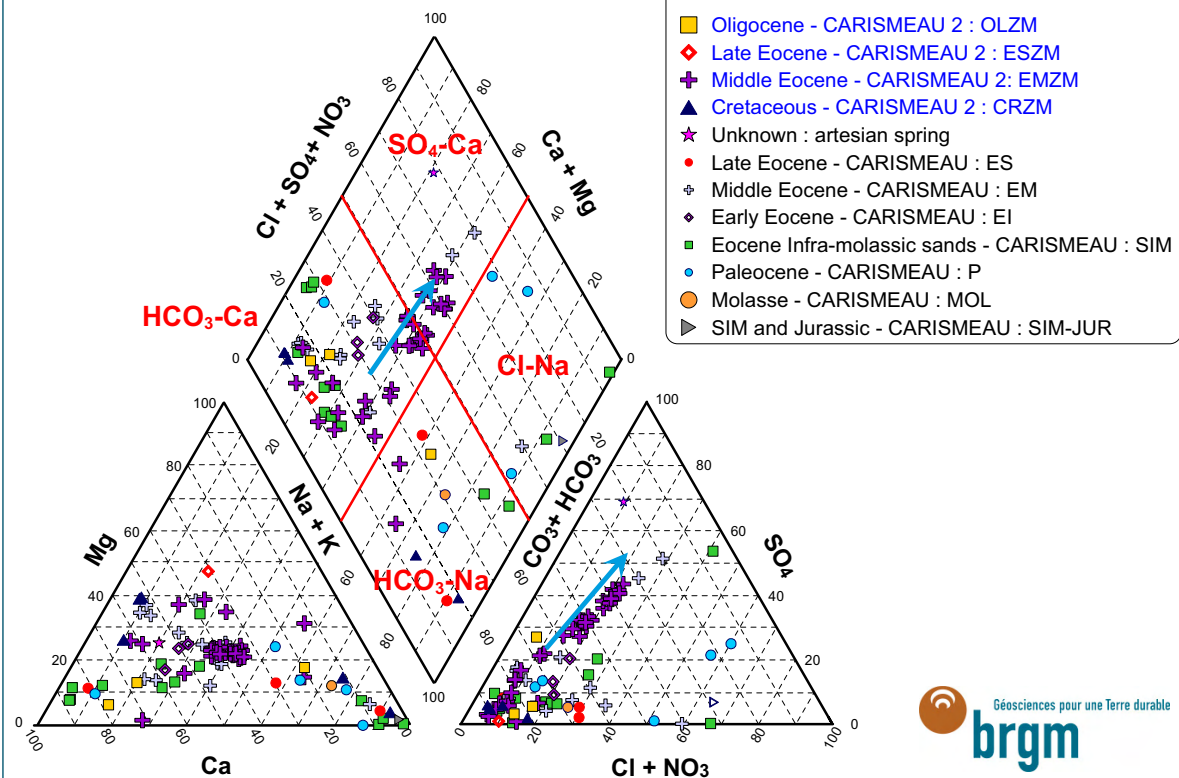
- ✓ **Forage de Haux :**
Analyses des majeurs, traces et isotopes pour des prélèvements effectués à différents niveaux au sein de l'ouvrage.

Faciès géochimique des eaux prélevées

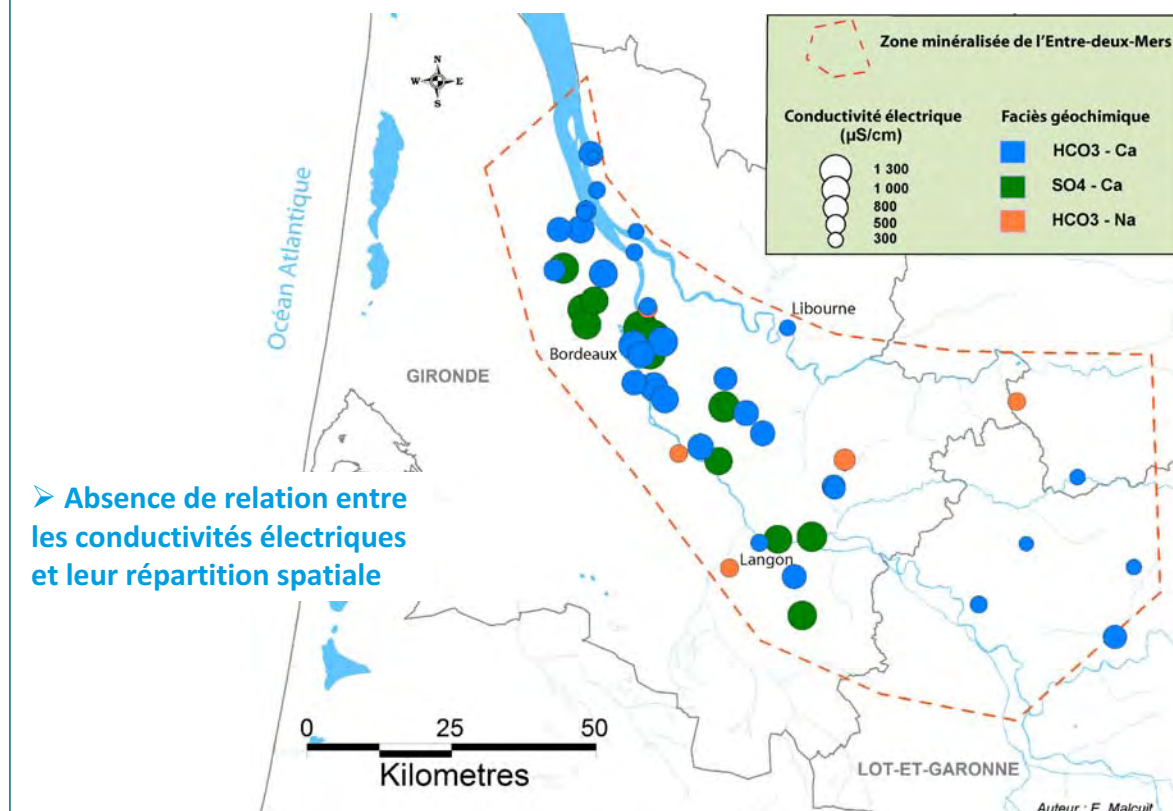
- Faciès géochimique majoritaire : faciès bicarbonaté-calcique
- Mise en évidence pour les eaux de l'Eocène de l'importance des sulfates
- Faciès sulfaté-calcique



The CARISMEAU 2 research project Geochemical facies



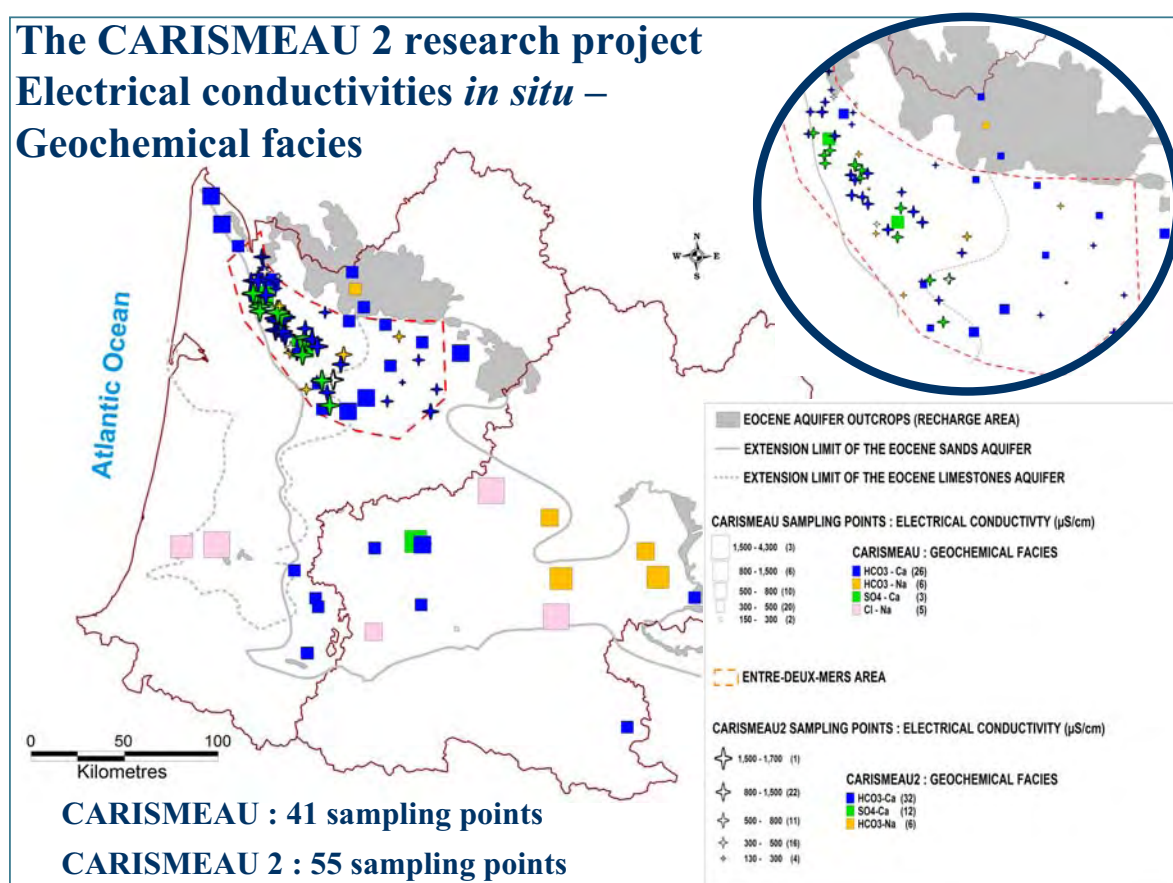
Répartition spatiale des faciès géochimiques



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

> 13

The CARISMEAU 2 research project Electrical conductivities *in situ* – Geochemical facies



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

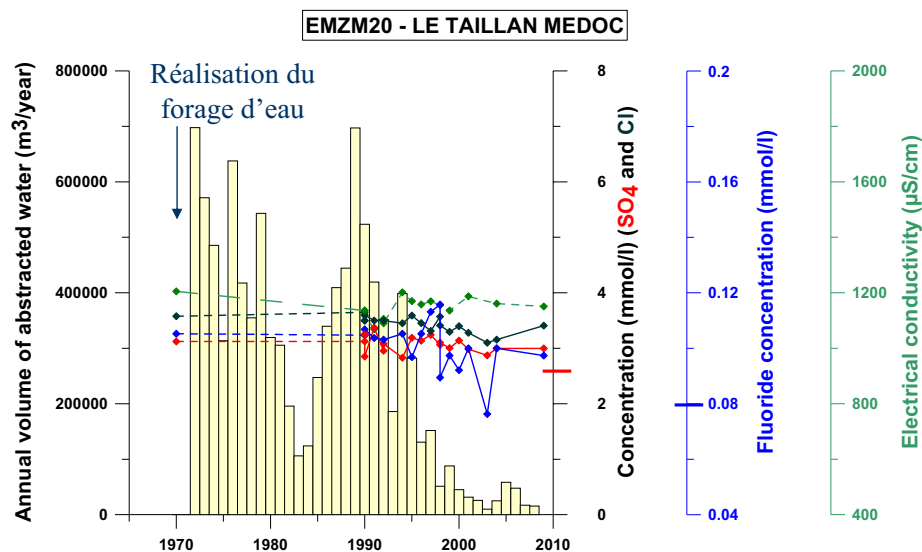
> 14

> 15

➤ Nécessité de regarder à une échelle plus fine la géologie

> 16

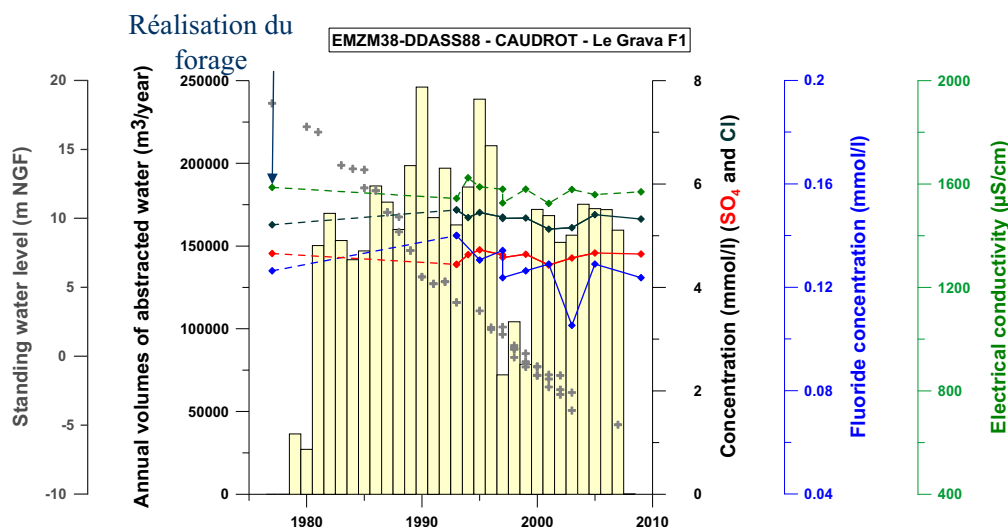
Evolutions spatiales and temporelles de la qualité des eaux sur les 40 dernières années



- Dépassement des normes de potabilité : SO_4 et F
- Variations indépendantes du F
- Baisse des prélèvements depuis 1990 sans connexion apparente avec la qualité de l'eau



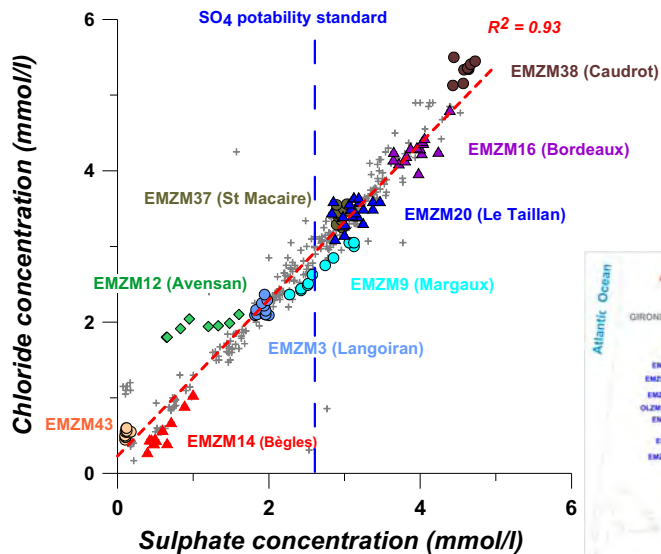
Evolutions spatiales and temporelles de la qualité des eaux sur les 30 dernières années



- Dépassement des normes de potabilité pour SO_4 et F
- Baisse de la piézométrie depuis la réalisation du forage jusqu'en 2007.
- Absence de relation entre : 1) la baisse de la piézométrie et la qualité de l'eau
2) les prélèvements annuel et la qualité de l'eau .
- Absence de corrélation entre F et SO_4 , Cl

Evolution des concentrations en sulfates et chlorures sur les 30 dernières années

Pour 35 forages de l'Eocène moyen de 1981 à 2007

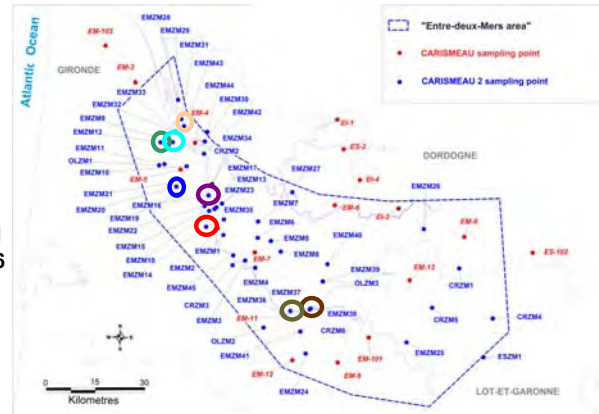


➤ EMZM43 (proche des zones de recharge)

➤ EMZM12 : enrichissement en sulfate

➤ EMZM9 and EMZM14 : augmentation proportionnelle des concentrations en SO₄ et Cl

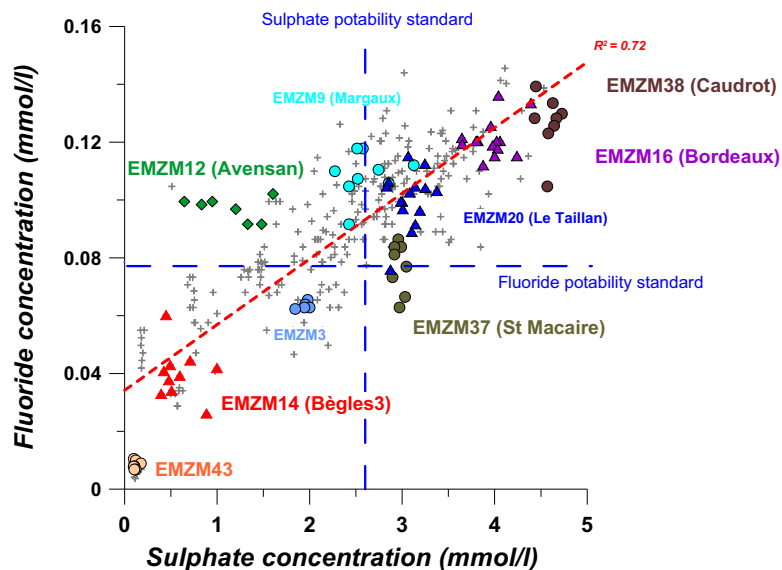
➤ EMZM38 and EMZM16 : eaux minéralisées



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

> 19

Evolution des concentrations en sulfates et fluor sur les 30 dernières années



➤ Faible corrélation pour l'ensemble des points, non confirmée point par point

➤ EMZM37 et EMZM38 : variations de F avec une concentration stable en SO₄

➤ EMZM12 : variations de la concentration en SO₄ avec une concentration stable en F

Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

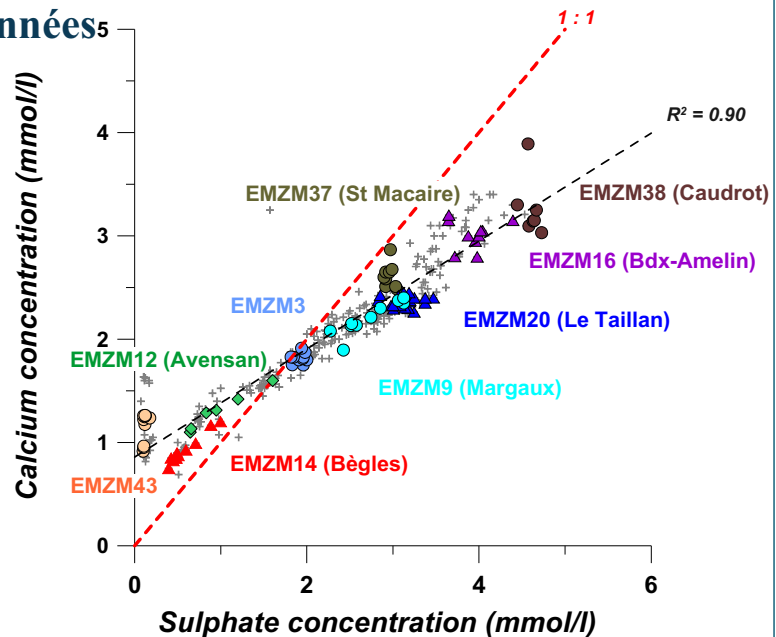
> 20

Evolution des concentrations en sulfates and calcium sur les 30 dernières années

➤ Tendance globale : une bonne corrélation entre SO_4 et Ca

➤ Zone de recharge : EMZM43

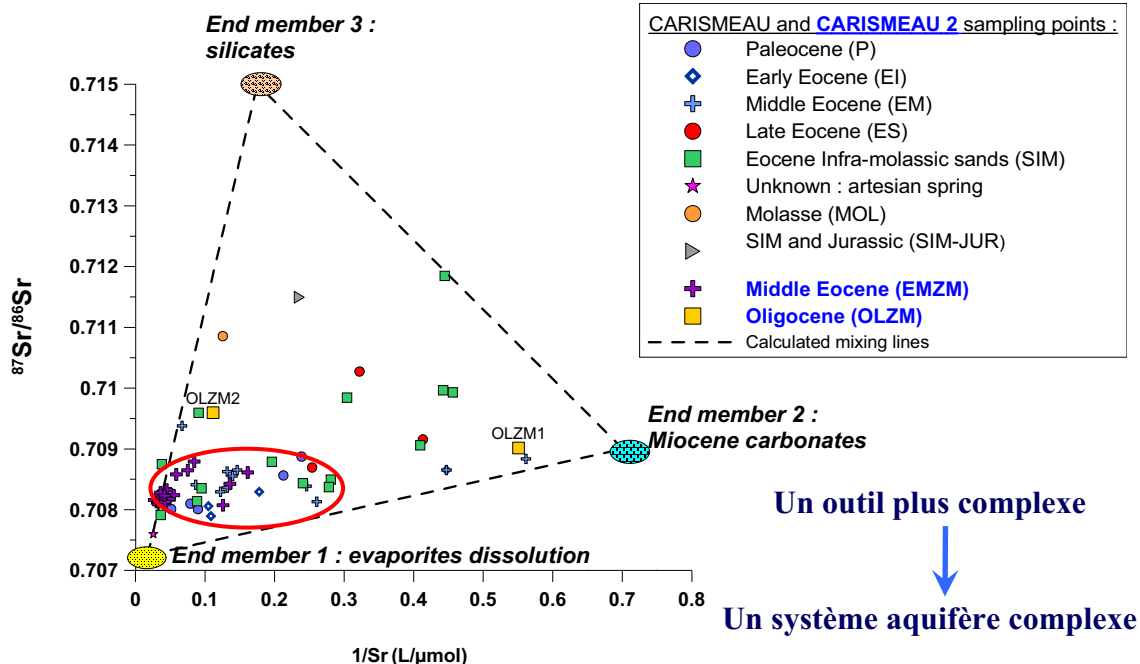
➤ Fortes minéralisations EMZM38 et EMZM16



Comportement typique d'un système tout d'abord à l'équilibre avec des carbonates, puis de dissolution d'évaporites des type gypse (CaSO_4)



Sr isotopes



➤ CARISMEAU 2 : eaux prélevées de l'Eocène moyen

➤ 3 end-members distincts : Silicates, Carbonates, dissolution d'évaporites



Perspectives

- Equiper en continu certains sites
- Utiliser les outils isotopiques complémentaires ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$, ...)
- Regarder davantage la géologie et la minéralogie du système multi-couche
- Modèle hydrodynamique contraint par la géochimie



Communication et information

- **SEMAINE DE L'EAU - Bordeaux - Juin-juillet 2010**
Poster Grand Public + Réunion d'avancement



- **IAH 2010 - Cracovie - Septembre 2010**

- **RST 2010 - Bordeaux - Octobre 2010**

- **CFH-AIH 2010 - Toulouse - Novembre 2010**

- **AGU 2010 – San Francisco – Décembre 2010**



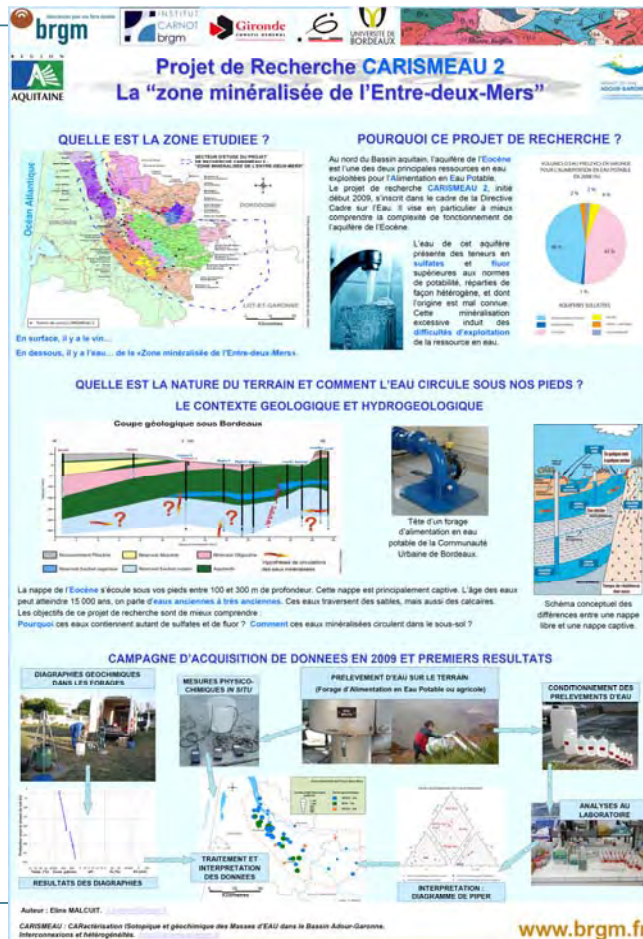
Poster CARISMEAU 2 Grand Public

Semaine de l'Eau,
juin-juillet 2010

Poster exposé dans le Hall de
l'Immeuble Gironde de fin juin à
fin août 2010



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010



Réunion d'avancement – Bureau de la CLE 27 Septembre 2010

e.malcuit@brgm.fr

Annexe 4

Résumé étendu - Colloque CFH-AIH

Toulouse, 25-27 novembre 2010

La "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers" : Caractérisation hydrogéologique, géochimique et isotopique - CARISMEAU 2.

**MALCUIT E.^(1,2), NEGREL Ph.⁽¹⁾, PETELET-GIRAUD E.⁽¹⁾, ATTEIA O.⁽²⁾,
FRANCESCHI M.⁽²⁾, SCHMIDT S.⁽³⁾**

¹ BRGM.

² Institut EGID - Bordeaux 3

³ EPOC-CNRS - Université Bordeaux 1.

*SGR Aquitaine, 24 avenue Léonard de Vinci, 33600 PESSAC, e.malcuit@brgm.fr

RESUME

Au nord du Bassin Adour-Garonne, la ressource en eau principalement exploitée pour l'alimentation en eau potable est l'aquifère Eocène (masse d'eau 5071). Le projet de recherche CARISMEAU 2, initié début 2009 s'inscrit étroitement dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Il vise à mieux comprendre les hétérogénéités et les interconnexions au sein de la masse d'eau 5071. En effet, cet aquifère présente des teneurs anormales en sulfates et fluor qui induisent des difficultés d'exploitation de la ressource. L'origine de ces minéralisations excessives, réparties de façon hétérogène, n'est pas encore connue.

Le projet CARISMEAU 2, auquel est associée la thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers », met en application une approche couplée hydrogéologique, géochimique et isotopique. Les objectifs sont de mieux connaître l'origine de la salinité et de définir les circulations de ces eaux minéralisées dans l'aquifère Eocène, lui-même compris au sein du système aquifère multicouche du Bassin aquitain.

Afin de mieux caractériser cette masse d'eau, une cinquantaine de points ont été suivis fin 2009. Des méthodes de géochimie et de géochimie isotopique classiques sont utilisées, mais aussi des méthodes isotopiques innovantes et/ou expérimentales.

Les premiers résultats des analyses géochimiques et multi-isotopiques sont présentés dans l'objectif de mieux comprendre l'origine de ces éléments, leur comportement et leur migration dans les aquifères.

I. INTRODUCTION

Le projet de recherche CARISMEAU¹ (2006-2009) avait comme objectif de mieux caractériser les différentes masses d'eau souterraines profondes d'âge Eocène du district Adour-Garonne en termes de connaissance des hétérogénéités et des interconnexions entre les aquifères. Dans le cadre de ce projet, une boîte à outils (outils isotopiques) a été développée. Le projet CARISMEAU a permis de mettre en évidence la spécificité de chacun des outils dans l'étude des grands systèmes aquifères, mais aussi leurs limites respectives, qui peuvent être partiellement ou totalement levées en couplant deux ou plus de ces outils.

Le projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers », commencés début 2009, constituent une suite à CARISMEAU. Leur objectif est de caractériser les eaux souterraines minéralisées des aquifères Oligocène, Eocène et Crétacé du secteur de l'Entre-deux-Mers de la Gironde. Le secteur d'étude de CARISMEAU 2 correspond à la partie nord de CARISMEAU. Certains points suivis lors de CARISMEAU (2006-2009) ont donc pu être ajoutés aux points suivis de

¹ CARISMEAU : CARactérisation Isotopique et géochimique des Masses d'EAU dans le bassin Adour-Garonne (<http://carismeau.brgm.fr/>).

CARISMEAU 2. De plus, les outils développés lors de CARISMEAU sont mis en œuvre dans le cadre de ce projet.

II. LA ZONE D'ETUDE ET LES POINTS SUIVIS

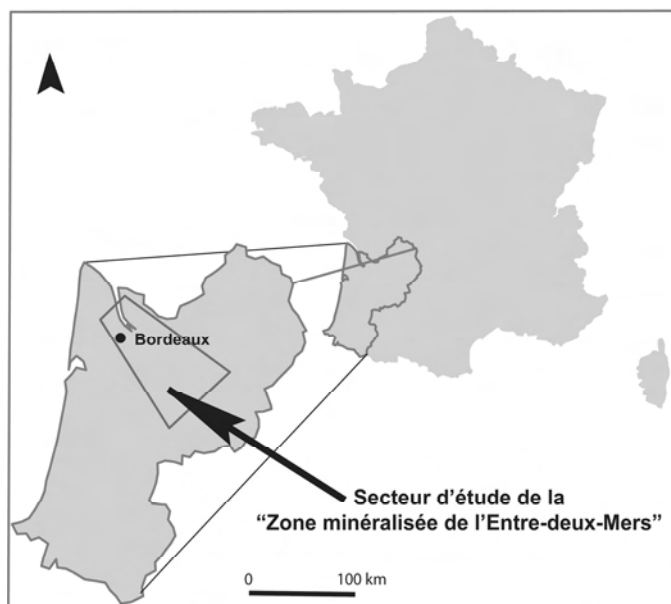


Figure 1 – le secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

II. 1 La Problématique

Au nord du Bassin aquitain, l'aquifère de l'Eocène est l'une des deux principales ressources en eau exploitées pour l'Alimentation en Eau Potable (Figure 2).

L'eau de cet aquifère présente des teneurs en sulfates et fluor supérieures aux normes de potabilité, elles sont réparties de façon hétérogène et l'origine est mal connue. Cette minéralisation excessive induit des difficultés d'exploitation de la ressource en eau.

Les **objectifs** de ce projet de recherche sont de définir :

- Quelle est l'origine de la minéralisation : apport latéral ou vertical ?
- Quelles sont les circulations de ces eaux minéralisées (Figures 3 et 4)?
- Quelles sont les méthodes de gestion envisageables ?

Le BRGM et l'Institut EGID (Université de Bordeaux 3) réalisent conjointement ce programme de recherche sur l'origine de la minéralisation et son impact sur l'exploitation à long terme de ce réservoir éocène. Ils mettent en œuvre leurs moyens analytiques et co-encadrent une thèse associée.

Le projet de recherche CARISMEAU 2, initié début 2009, s'inscrit donc parfaitement dans le cadre et les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau.

VOLUMES D'EAU PRELEVES EN GIRONDE
POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
EN 2008 (%)

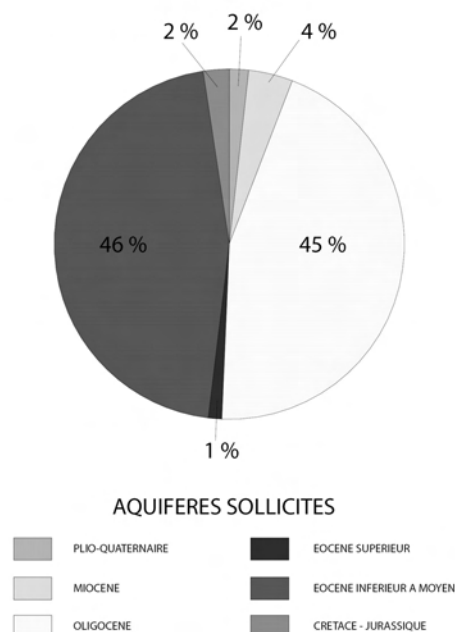


Figure 2 – répartition des volumes d'eau prélevés en Gironde pour l'Alimentation en Eau potable en 2008.

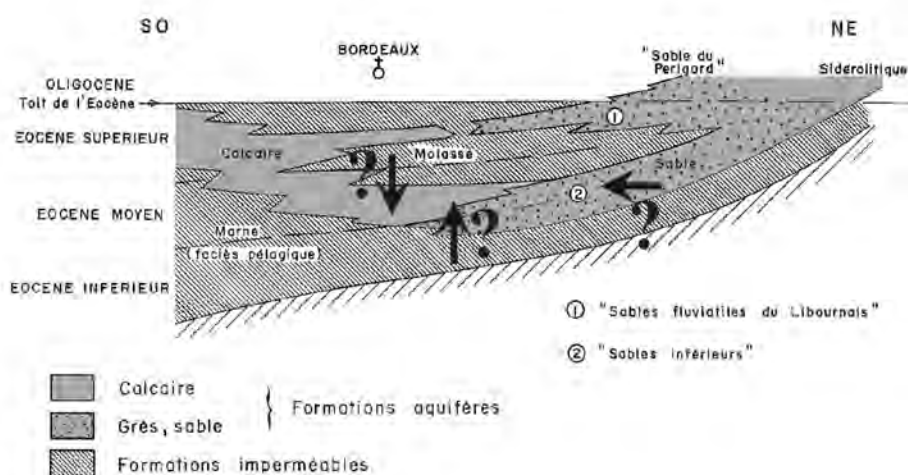


Figure 3 – coupe schématique NE - SW de la zone d'étude à l'Eocène moyen. Les hypothèses des circulations des eaux minéralisées sont matérialisées par les flèches.

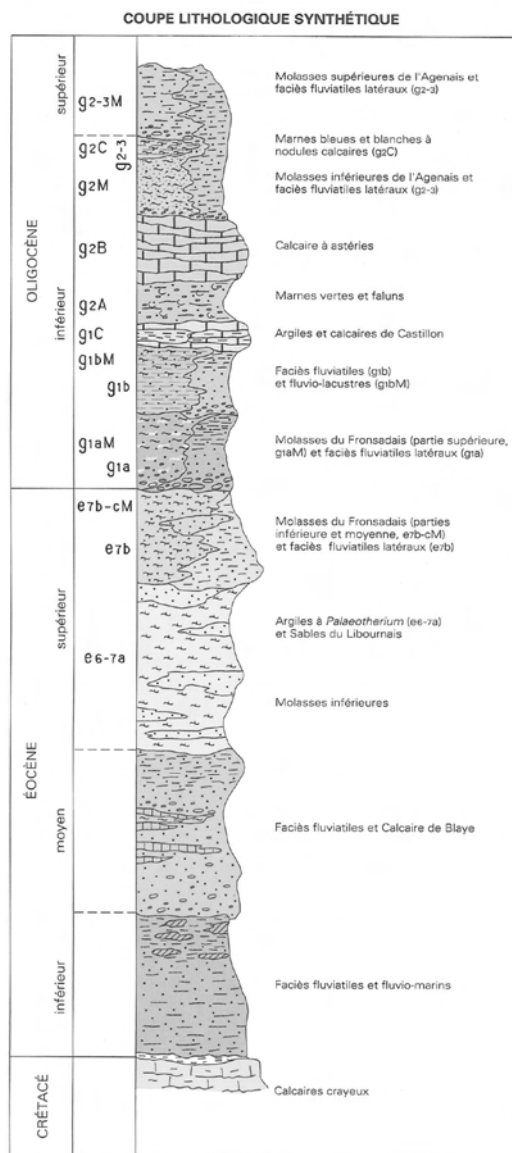


Figure 4 – coupe lithologique synthétique de la carte géologique de Libourne

Les outils géochimiques et isotopiques usuels (isotopes de l'oxygène et de l'hydrogène de l'eau, du soufre et de l'oxygène des sulfates), novateurs (isotopes du strontium) et potentiels (isotopes du bore) testés lors du projet CARISMEAU (<http://carismeau.brgm.fr/>) sont utilisés dans le cadre de ce projet. Un travail de marquage des eaux souterraines au moyen du radium est également réalisé en collaboration avec S. Schmidt d'EPOC - CNRS.

De plus, l'intérêt de ce sujet est partagé par l'ensemble des co-financeurs (Conseil Général de Gironde, Agence de l'Eau Adour Garonne, Région Aquitaine).

II. 2 Les points suivis

La première campagne de terrain de septembre - octobre 2009 regroupe un total de 51 sites suivis. A ces derniers s'ajoutent les 17 points de CARISMEAU correspondant au secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». La localisation de l'ensemble des points est illustrée Figure 5.

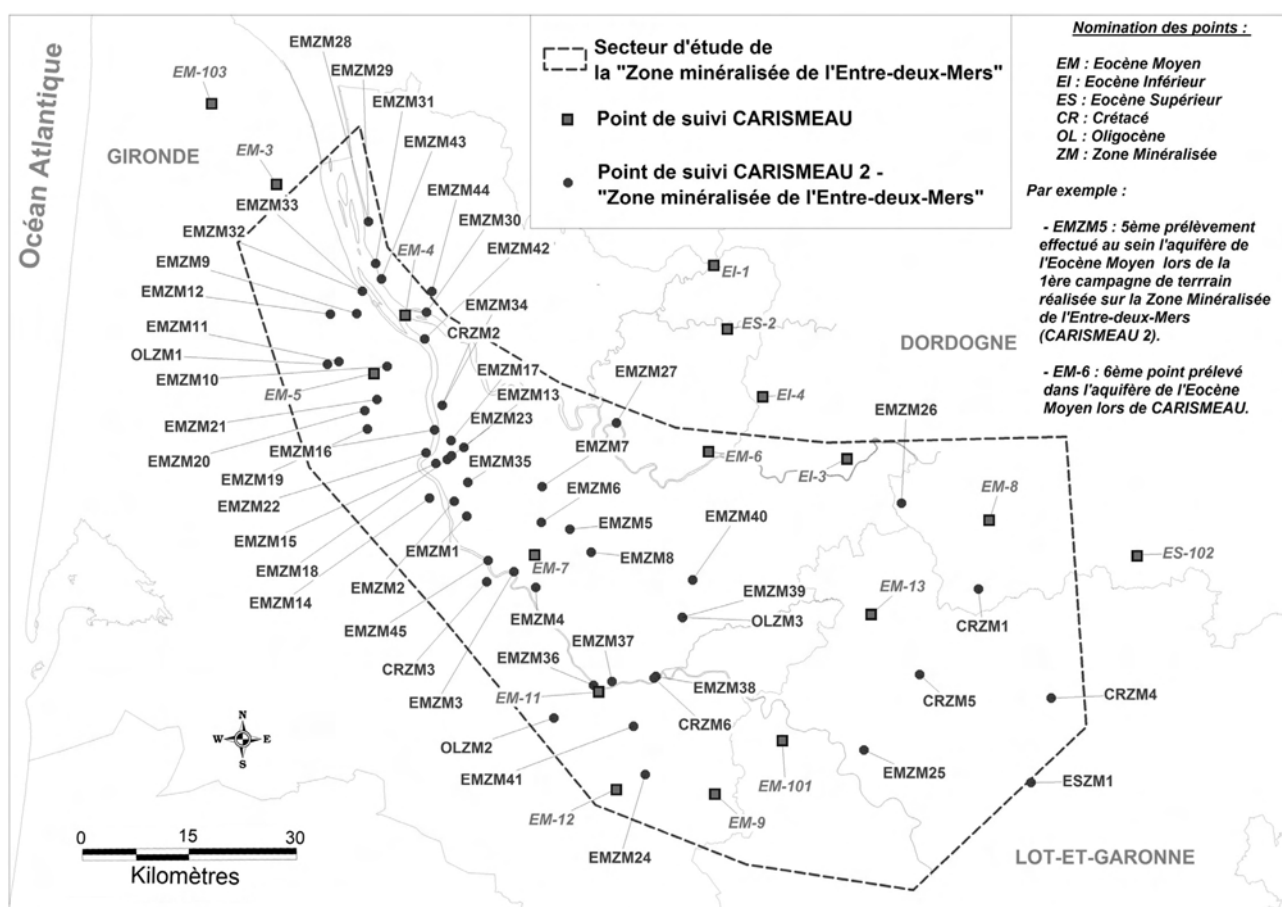


Figure 5 – carte de localisation des points de suivi CARISMEAU 2 et CARISMEAU pour le secteur d'étude de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

III. 1 Géochimie des eaux et répartition spatiale

Le faciès géochimique majoritaire pour le secteur d'étude est bicarbonaté-calcique. Néanmoins, étant donné le travail de sélection effectué en amont pour choisir les ouvrages à suivre pour focaliser sur la

« La DCE 10 ans après : une dynamique pour la connaissance et la gestion des eaux souterraines. »

problématique de la zone minéralisée, il en résulte un nombre de points aussi important présentant un faciès sulfaté-calcique que ceux qui ont un faciès bicarbonaté-calcique.

Le diagramme de Piper (Figure 6) met en évidence pour les eaux de l'Eocène moyen l'importance de la concentration en sulfate. La quasi-totalité des points de l'Eocène se répartissent entre le faciès bicarbonaté-calcique et le faciès sulfaté-calcique. Selon leur concentration en sulfates, les eaux évoluent d'un faciès $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ vers un faciès $\text{SO}_4\text{-Ca}$.

Les autres aquifères prélevés, où le nombre de points échantillonnés est moindre, ne montrent pas à priori de tendance particulière. Les eaux de l'aquifère du Crétacé ont un faciès soit bicarbonaté-calcique soit bicarbonaté-sodique.

Seuls les points échantillonnés dans l'aquifère de l'Eocène moyen montrent une évolution avec un enrichissement en sulfates, ce qui implique aussi pour un certain nombre d'entre eux le dépassement de la norme de potabilité pour les sulfates (250 mg/l).

Si on s'intéresse à la répartition géographique de ces faciès géochimiques (Figure 7), il n'y a pas à priori de répartition spatiale particulière.

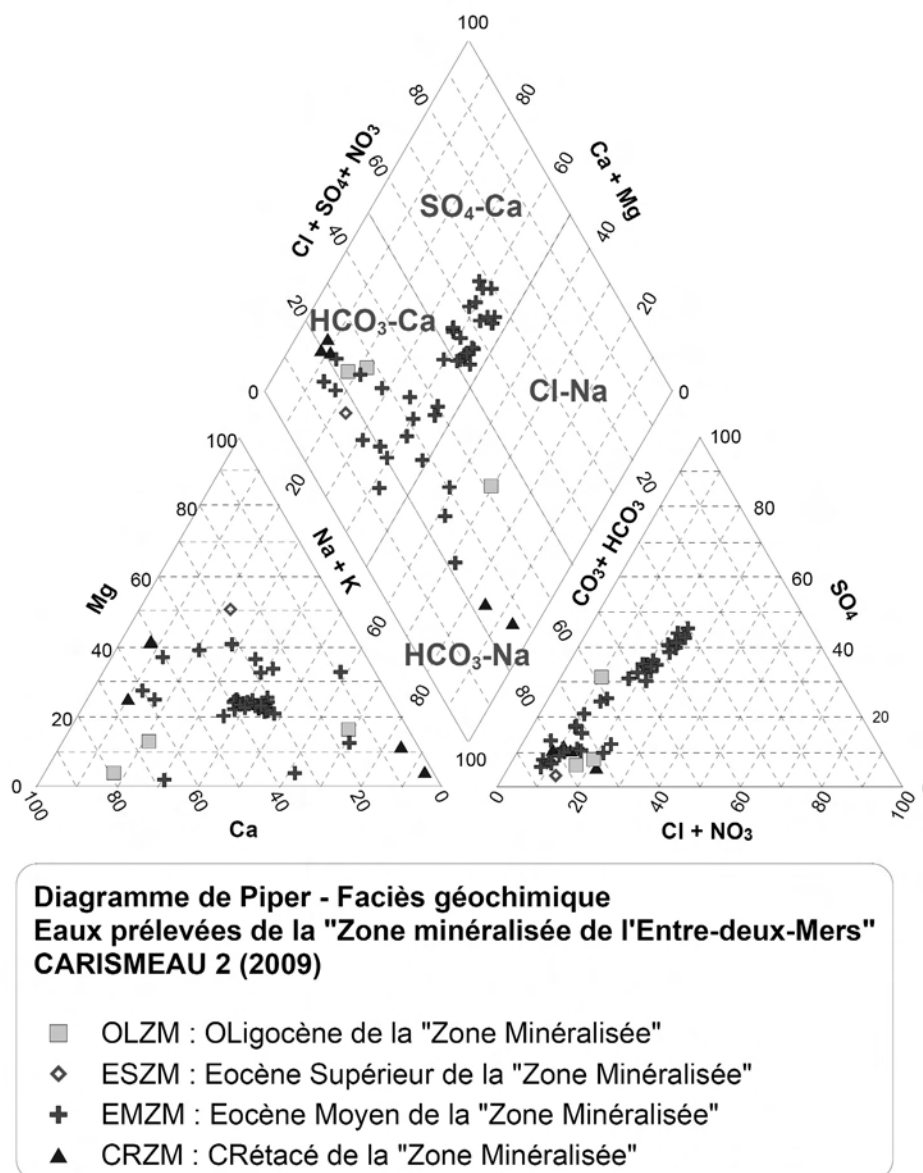


Figure 6 – diagramme de Piper des eaux de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

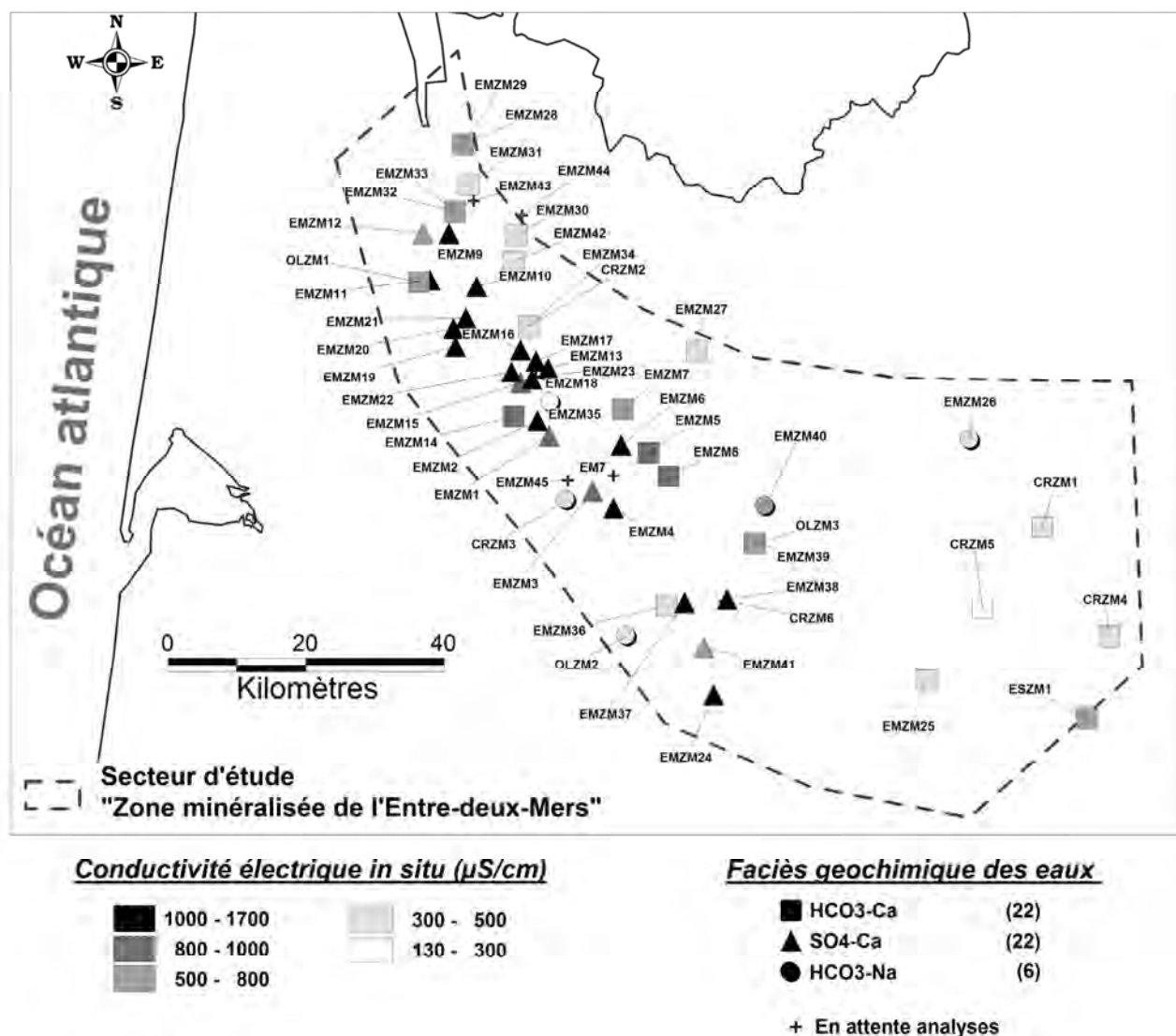


Figure 7 – répartition spatiale des faciès géochimiques et de la conductivité électrique in situ

III.2. Evolutions temporelles

III.2.1. Evolutions de la qualité des eaux en fonction des volumes prélevés et de la piézométrie

48 captages situés dans le secteur d'étude ont été pris en compte. Ces 48 points sont constitués de 47 forages et d'une source ; mais aussi si on regarde d'un point de vue de leur usage : de 47 points pour l'Alimentation en Eau Potable et un point correspondant à un forage « thermal » qui alimente en eau la piscine universitaire de Talence.

Les ouvrages d'Alimentation en Eau Potable de l'Entre-deux-Mers présentent des variations qualitatives significatives. Des tendances contrastées ont pu être mises en évidence.

Un seul exemple est illustré ici (Figure 8 ; Malcuit, 2010b).

Le premier résultat des évolutions obtenues est l'absence de relation directe au pas de temps annuel entre les volumes annuels prélevés et les fluctuations des teneurs en sulfates, en chlorures et en fluorures, ainsi que les fluctuations de la conductivité électrique. Cette remarque est aussi valable entre l'évolution des niveaux piézométriques et les fluctuations de la composition chimique des eaux, observée au pas de temps annuel.

« La DCE 10 ans après : une dynamique pour la connaissance et la gestion des eaux souterraines. »

Certains ouvrages, comme EMZM8, ont une composition chimique stable indépendante des volumes annuellement prélevés. Pour d'autres, comme EMZM9, les chroniques montrent une baisse régulière des concentrations en sulfates et chlorures ainsi que de la conductivité électrique. Le fluor semble avoir un comportement indépendant des autres paramètres.

Au contraire, certains ouvrages, comme EMZM12 et EMZM14 indiquent une augmentation des concentrations en sulfates et chlorures qui se traduisent aussi sur la conductivité électrique des eaux. Là aussi le comportement du fluor semble indépendant.

Et enfin pour le point EMZM38 (Figure 8) on peut constater d'une part l'absence de relation entre la baisse de la piézométrie constatée sur ces 30 dernières années et la qualité de l'eau, et d'autre part l'absence de relation entre les volumes annuels prélevés et la qualité des eaux. La première valeur de qualité sur l'ouvrage, datant de 1977, est celle de l'analyse réalisée lors de la création de l'ouvrage. Les données disponibles en ligne sous ADES débutent en 1993.

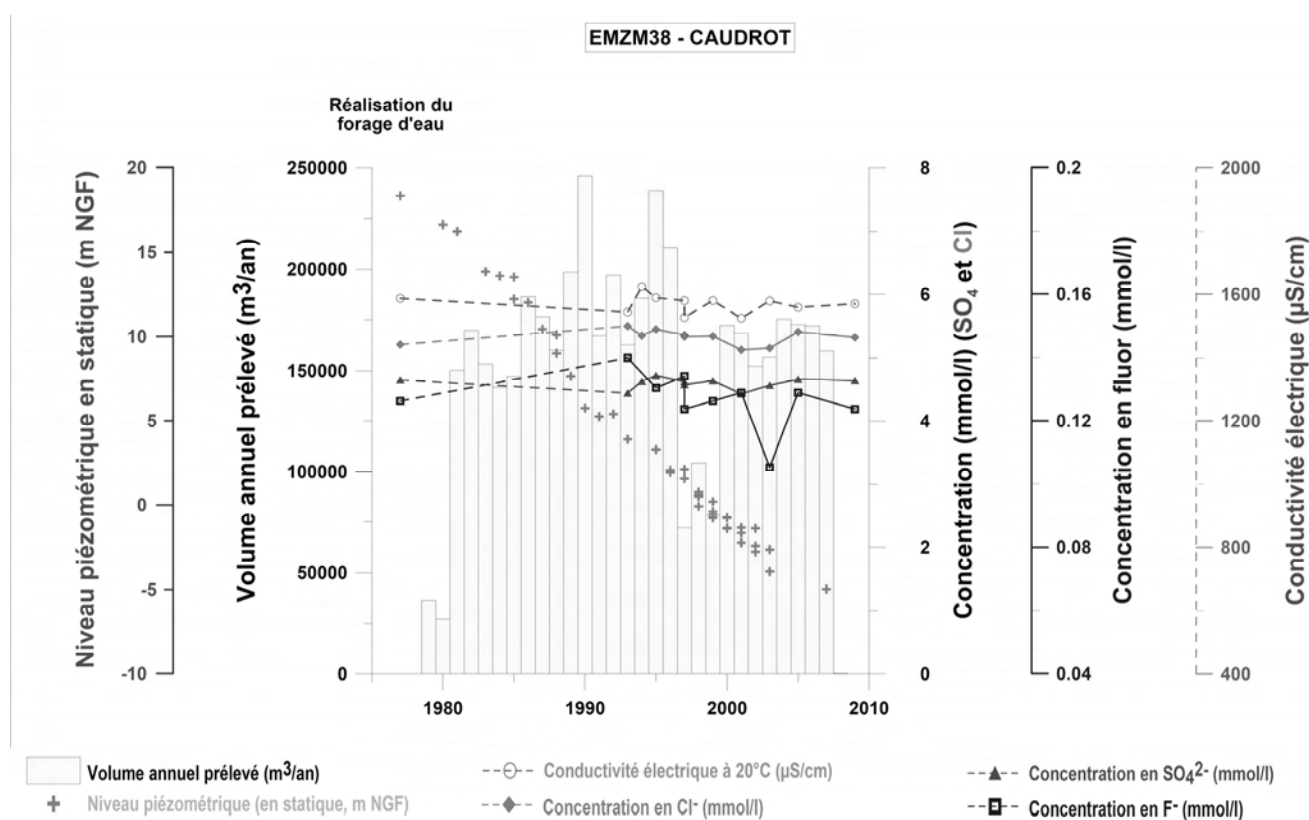


Figure 8 – évolution temporelle de la qualité des eaux en fonction des volumes d'eau prélevés par an et de la baisse de la piézométrie ces 30 dernières années.

En première conclusion, les évolutions ne semblent donc pas répondre à une logique particulière. Diverses tendances sont constatées suivant les points de suivi pris en compte.

Au pas de temps annuel, les variations de la chimie des eaux ne semblent pas être en relation directe avec les volumes annuels d'eau prélevés, ni avec les variations de niveaux piézométriques. Certains ouvrages montrent une composition chimique stable dans le temps, d'autres des baisses ou des hausses régulières des concentrations en sulfates et chlorures, et enfin d'autres points montrent des fluctuations très erratiques dans le temps.

Dans tous les cas, le comportement du fluor semble indépendant des concentrations en sulfates et chlorures, des volumes prélevés et de l'évolution piézométrique au pas de temps annuel.

III.2.2. Relations inter-éléments : diagrammes binaires

Les données "qualité" d'une quarantaine de forages d'eau sur les 30 dernières années ont été prises en compte. Ces ouvrages sont majoritairement les points suivis de CARISMEAU 2 auxquels s'ajoutent quelques points particuliers de la " Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ".

Afin d'observer, pour les points de la zone d'étude captant l'Eocène inférieur à moyen, les relations inter-éléments sur les 30 dernières années, des diagrammes binaires inter-éléments ont été tracés. Les fluctuations des concentrations en sulfates, chlorures, fluorures et calcium y sont illustrées par l'ensemble des données disponibles (Figure 9).

Les données qualité d'un même point de suivi y sont représentées avec le même figuré. De plus, les deux normes de potabilité pour les sulfates (2.60 mmol/l) et pour les fluorures (0.0785 mmol/l) ont été représentées par des droites en pointillés sur les graphiques.

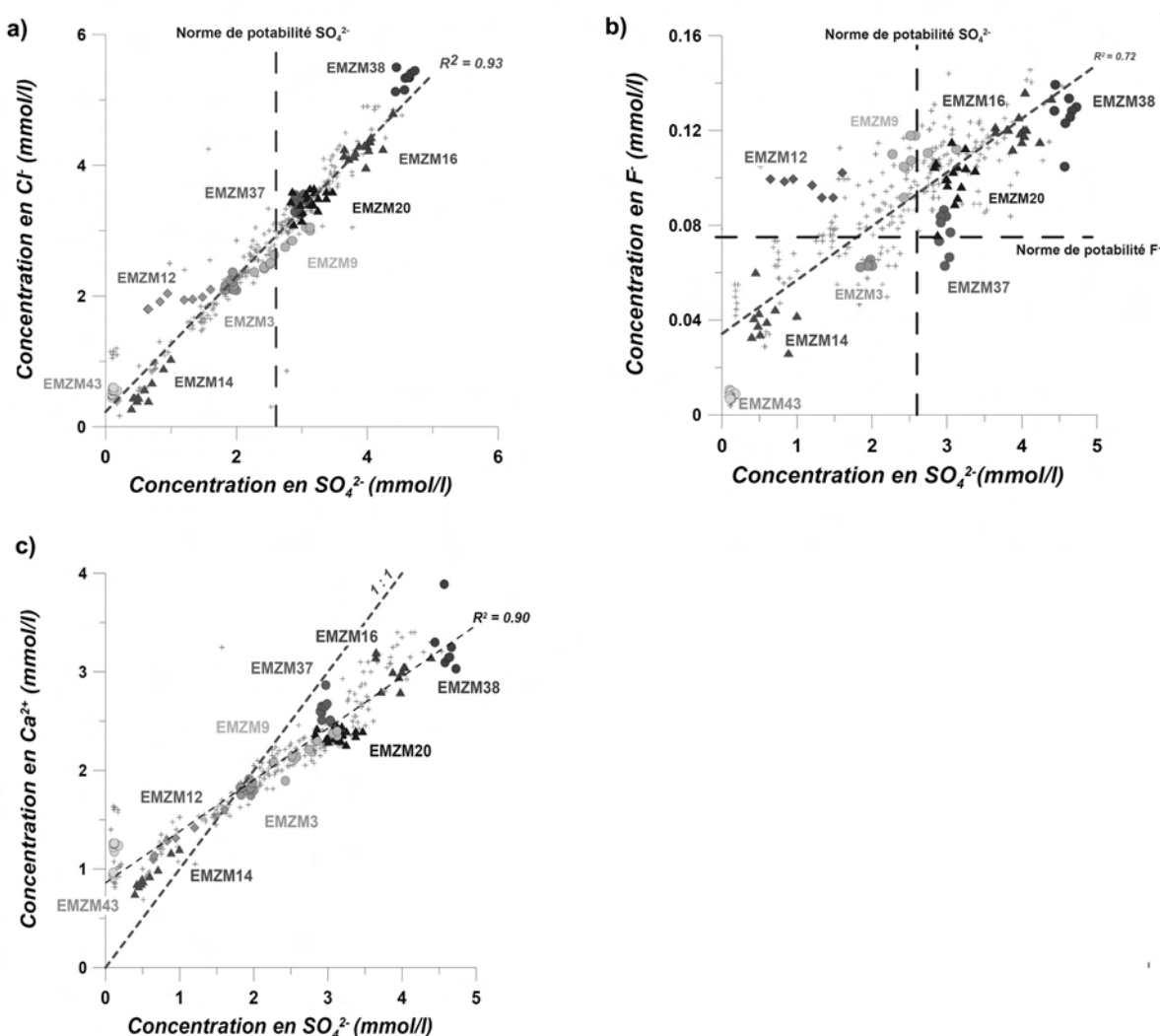


Figure 9 – graphiques binaires inter-éléments pour les eaux de forages d'Alimentation en Eau Potable de la "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers" captant l'Eocène moyen à inférieur - évolution sur les 30 dernières années - a) SO_4^{2-} versus Cl^- , b) SO_4^{2-} versus F^- , c) SO_4^{2-} versus Ca^{2+}

Relation sulfates - chlorures (Figure 9 a)

Ce graphe illustre les données pour 35 forages de 1981 à 2007.

Il existe une relation entre les concentrations en chlorures et sulfates. Les points évoluent de façon linéaire, de points comme EMZM43, proche des zones d'affleurement ou EMZM14, faiblement minéralisé par rapport à la moyenne à des points beaucoup plus minéralisés et hors norme de potabilité vis - à vis des sulfates, comme EMZM38, au centre de l'Entre-deux-Mers et EMZM16, situé à Bordeaux.

De plus, les points indiquent des tendances différentes dans le temps, certains, comme EMZM12, montrent un enrichissement en sulfates avec une teneur en chlorures relativement stable. D'autres points comme EMZM9 et EMZM14 indiquent une augmentation proportionnelle des concentrations en SO_4^{2-} et Cl^- .

Relation sulfates - fluorures (Figure 9 b)

La première observation est qu'il existerait à priori une relation entre les concentrations en fluorures et les concentrations en sulfates, bien que le coefficient de régression soit relativement faible ($R^2=0.72$). Tous les points étudiés sont situés en continuité de 0 à 5 mmol/l de sulfates de part et d'autre de la droite de régression, des points, comme EMZM43, peu minéralisés situés en zone d'affleurement de l'Eocène moyen, au point le plus minéralisé EMZM38.

De plus, cette faible corrélation entre l'ensemble des points n'est pas confirmée point par point. Les relations entre SO_4^{2-} et F^- semblent plus complexes. Certains points, comme EMZM37 et EMZM38, indiquent des variations en F^- avec une concentration stable en SO_4^{2-} et l'inverse est aussi visible avec par exemple le point EMZM14. Des cas intermédiaires sont aussi observables.

Relation sulfates - calcium (Figure 9 c)

La tendance globale illustre une bonne corrélation entre SO_4^{2-} et Ca^{2+} pour l'ensemble des points.

Les points évoluent de façon linéaire, de points situés en zones proches d'affleurement (EMZM43) ou faiblement minéralisées (EMZM14), où la teneur en Ca^{2+} est supérieure à SO_4^{2-} , à des points beaucoup plus minéralisées, où alors la concentration en Ca^{2+} est inférieure à la concentration en SO_4^{2-} . Ce comportement semble indiquer un système dans un premier temps à l'équilibre avec les carbonates, puis dans lequel il y aurait dissolution d'évaporites de type gypse ou anhydrite (CaSO_4).

Ces 3 graphiques inter-éléments montrent donc qu'il existe des relations entre l'ensemble des eaux de l'Eocène moyen de la " Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ", que ces eaux soit faiblement à fortement minéralisées. Des évolutions contrastées se distinguent pour certains points sur ces 30 dernières années.

Par ailleurs, là encore, le fluor semble avoir un comportement différent des autres éléments comme les sulfates, chlorures et le calcium.

IV. PERSPECTIVES

Outre la finalisation des analyses pour certains points, l'équipement en continu de 3 ou 4 sites destinées à l'AEP pour l'acquisition en continu des paramètres de production (débit, volumes, niveau piézométrique), des paramètres physico-chimiques (Conductivité, Eh, pH, concentration en F), est en cours. Ces forages retenus qui captent l'Eocène moyen indiquent sur ces 30 dernières années des fluctuations remarquables en fluor et/ou sulfates.

Un travail important visant à approfondir la connaissance de la géologie et de la minéralogie aussi bien des formations aquifères que des formations hétérogènes constituant les épontes de ce système multicouche nord aquitain est en cours.

Références bibliographiques :

BRGM, ELF, ESSO-REP, SNPA (1974) - Géologie du bassin d'Aquitaine - Atlas de 27 cartes et commentaires.

Corbier P., Platel J.P., Fondin A., Grabenstaetter L., Caperan F., Mazurier C., Abou.Akar A. (2008) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde - Etat des connaissances à fin 2006. Rapport final. Rapport BRGM/RP-55893-FR.

Corbier, P., Winckel, A., Mazurier, C., Mauroux, B., Platel, J.P., Benhammouda, S., Dufour, P. (2005). Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde. Année 2004. Investigations préalables à la mise en place d'un réseau qualité sur la nappe de l'Eocène inférieur à moyen du domaine minéralisé. Rapport final. BRGM/RP-53973-FR

Chery, L. (1993) - Interprétation des résultats des analyses isotopiques. Etude de la salinité verticale de l'Eocène moyen dans la zone bordelaise (Gironde). BRGM / RR-37732-FR, 36 p., 1 annexe.

Chery L., Dusseau P., Sourisseau B. (1994) - Diagnostic de l'accroissement de la salinité des nappes profondes de l'Eocène moyen en Gironde. Programmes de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) et du Fond National de développement de l'Assainissement et de l'Eau (FNDAE). BRGM / RR-37998-FR, 56 p., 38 fig., 8 tabl., 28 annexes.

Dubreuilh J. (1987) - Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviaux tertiaires du nord du bassin d'Aquitaine. Passage aux formations palustres, lacustres et marines. Thèse de Doctorat d'Etat. BRGM n°172. 393 pages.

Housse B., Maget P. (1977) - Potentiel géothermique du Bassin Aquitain. BRGM SNEA ELF. Compte rendu de fin de contrat d'une étude financée par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. 167 pages, 4 annexes, 38 planches.

Malcuit E. (2009) - CARISMEAU 2 - Thèse « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'avancement. Août 2009. Rapport BRGM/RP-57604-FR, 21 pages, 1 illustration, 2 annexes.

Malcuit E. (2010a) - CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée : « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'étape - Janvier 2010. Rapport BRGM/RP-58062-FR, 45 pages, 26 illustrations, 5 annexes.

Malcuit E. (2010b) - CARISMEAU 2 - Projet de recherche et thèse associée : « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers ». Rapport d'étape - Juillet 2010. Rapport BRGM/RP-58819-FR, 59 pages, 49 illustrations, 4 annexes.

Malcuit E., Négrel P., Petelet-Giraud E., Gandolfi J.M., Pédrón N., Brenot A. (2008) - Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le Bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final. Tome 2: Approche couplée hydrogéologique et géochimique isotopique des Sables Infra-Molassiques du Bassin Adour-Garonne. Rapport BRGM/RP-56737-FR, 136 pages, 74 illustrations, 3 annexes.

Moussié B. (1972) - Le système aquifère de l'Eocène moyen et supérieur du Bassin Nord-Aquitain. Influence du cadre géologique sur les modalités de circulation. Thèse, Université de Bordeaux, 100 pages.

Négrel P., Colin A., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Roy S. (2006) - CARISMEAU : Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour Garonne : interconnexions et hétérogénéités. Rapport de phase 1. Rapport BGRM/RP-55069-FR, 128 pages, 62 illustrations.

Négrel P., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Innocent C. (2008) - Caractérisation isotopique et géochimique des masses d'eau dans le bassin Adour-Garonne : interconnexions et hétérogénéités - CARISMEAU. Rapport final. Tome 1 : Les outils isotopiques appliqués à la gestion des ressources en eau. Exemple de la masse d'eau des Sables Infra-Molassiques. Rapport BRGM/RP-56291-FR, 194 pages, 44 illustrations.

Négrel P., Roy S., Petelet-Giraud E., Brenot A., Millot R., Dutartre Ph., Fournier I. (2008) - Application des outils de diagraphie chimique à la caractérisation des masses d'eau. Techniques - Sciences - Méthodes. 20 pages.

Vigneaux M. (1975) - Aquitaine occidentale. - Guides géologiques régionaux. - Masson, Paris, 223 pages. N° ISBN : 2-225-41118-2.

Annexe 5

Présentation à la cession H2I - Colloque CFH-AIH 2010

Toulouse, 25 novembre 2010

Recherche de l'origine de la minéralisation dans la masse d'eau Eocène 5071. Cas de la "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers".

Projet de recherche CARISMEAU 2 et thèse associée
"Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers"



E. Malcuit, Ph. Négrel, E. Petelet-Giraud, O. Atteia, M. Franceschi



Géosciences pour une Terre durable

brgm

CFH-AIH Toulouse 2010 : La DCE 10 ans après - Cession du comité H2I - 25 novembre 2010

e.malcuit@brgm.fr

1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

Projet de recherche CARISMEAU 2 et thèse associée

2. Etat d'avancement du travail réalisé

2.1 Chimie des eaux

2.1.1. Analyses CARISMEAU 2

- Etat d'avancement des analyses
- 1^{ers} résultats et interprétation

2.1.2. Evolutions temporelles

2.2. Géologie - minéralogie

3. Perspectives



Géosciences pour une Terre durable

brgm

1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

Trop de fluor dans l'eau potable

SUD-MÉDOC L'eau consommée sur les communes d'Arsac, Cantenac, Soussans et Margaux contient trop de fluor en regard des normes de l'Organisation mondiale de la santé. C'est ce révèle le rapport 2009 du Syndicat intercommunal de l'eau et de l'assainissement (SIEA). Le taux de fluor est compris entre 1,9 mg/l et 2,1 mg/l alors qu'il ne devrait pas dépasser les 1,5 mg/l. Cette situation n'est pas nouvelle et dure depuis dix ans. Une étude est en cours pour trouver une autre source peu chargée en fluor et dont l'eau mélangée avec celle des autres captages abaisserait le taux de fluor de l'eau du robinet.

Un excès de fluor dans l'eau du robinet



En 2009, 297 160 m³ sont passés par le château d'eau de Margaux. PHOTO LOUIS LE COR

Les conseillers municipaux des communes d'Arsac, Cantenac, Margaux et Soussans viennent de recevoir le rapport 2009 du Syndicat intercommunal de l'eau et de l'assainissement (SIEA) concernant la qualité de l'eau potable. La Lyonnaise des eaux exploite le réseau par délégation du syndicat et l'eau alimentant les quatre communes provient de deux forages : l'un à Margaux (297 160 m³) et l'autre à Arsac (166 932 m³). Il est possible de puiser indifféremment dans l'un ou l'autre.

En 2009, les 3 297 abonnés desservis ont consommé 356 273 m³. Les contrôles de qualité de l'eau effectués ont révélé une eau qui répond aux normes bactériologiques. Elle contient beaucoup de calcium, la classant ainsi très dure. En revanche, concernant le fluor, le taux compris entre 1,9 et 2,1 mg/l n'est pas conforme à la norme en vigueur à savoir 1,5 mg/l. Une étude est en cours pour rechercher des ressources complémentaires en eau potable, peu chargée en fluor afin de les diluer avec l'eau distribuée et en faire ainsi baisser le taux.

24 septembre 2010

Par Louis Le Cor

Articles Sud Ouest, du 24 sept. 2010 et 6 oct. 2010

1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

➤ Au nord du **Bassin aquitain** :
Aquifère de l'Eocène : importante ressource en eau pour l'**AEP**.

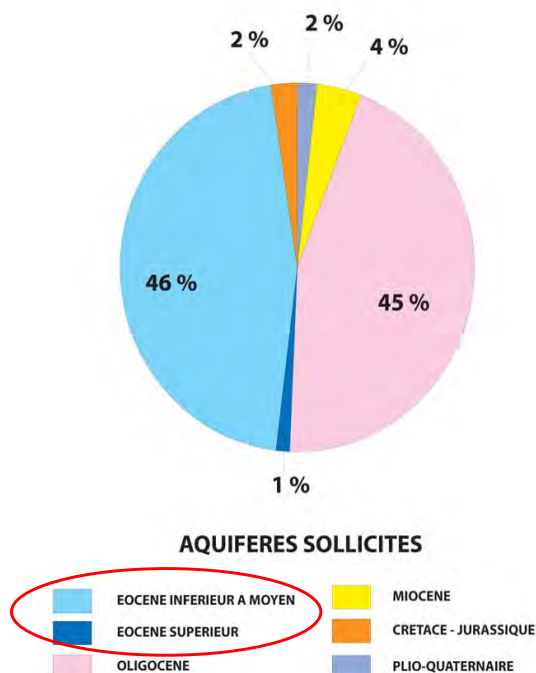
➤ Le projet de recherche **CARISMEAU 2**, initié début 2009, s'inscrit dans le cadre de la **Directive Cadre sur l'Eau**.

Objectif : Améliorer la connaissance de la complexité de fonctionnement de l'aquifère de l'Eocène.

➤ Teneurs en **sulfates** et **fluor** supérieures aux normes de potabilité (origine naturelle).

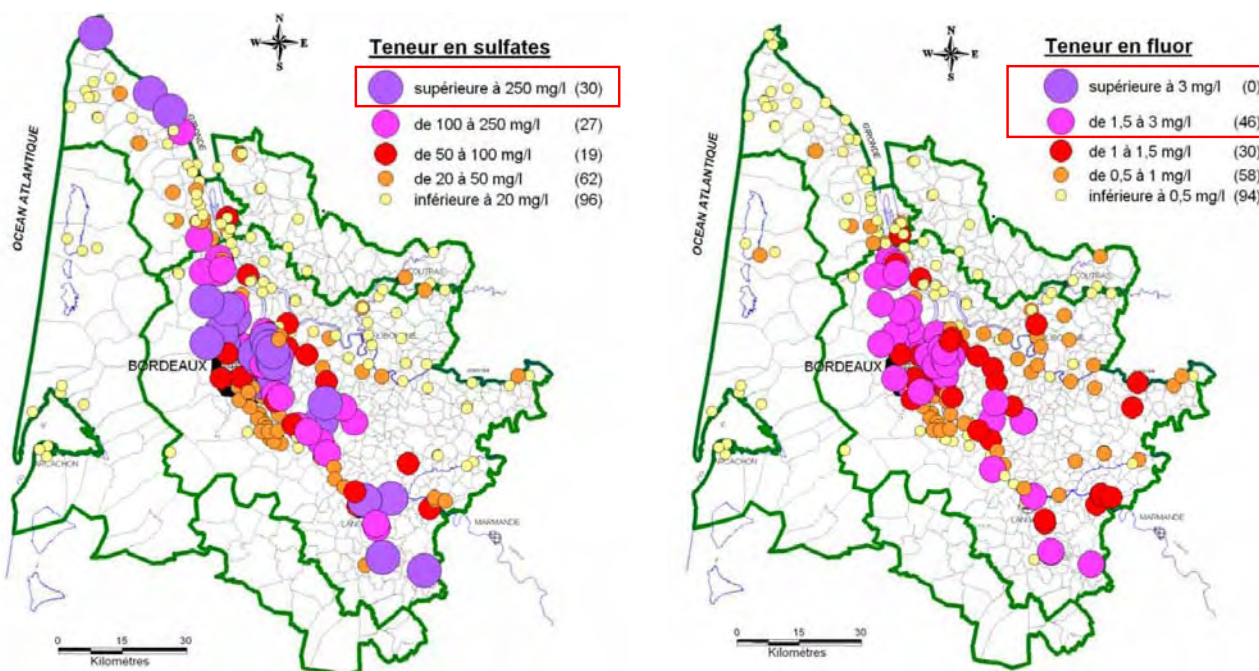
➤ Minéralisation excessive qui induit des **difficultés d'exploitation** de la ressource en eau.

VOLUMES D'EAU PRELEVES EN GIRONDE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE EN 2008 (%)



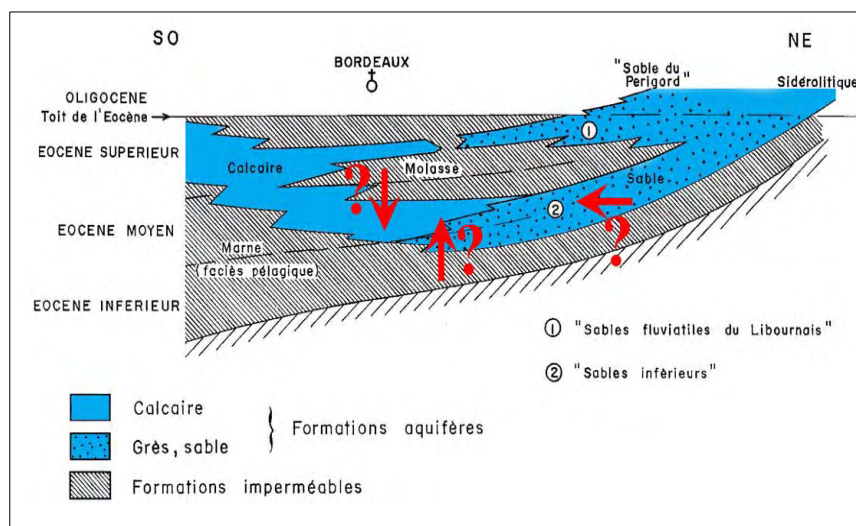
1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

Norme de potabilité pour les sulfates (250 mg/l) et le fluor (1.5 mg/l)

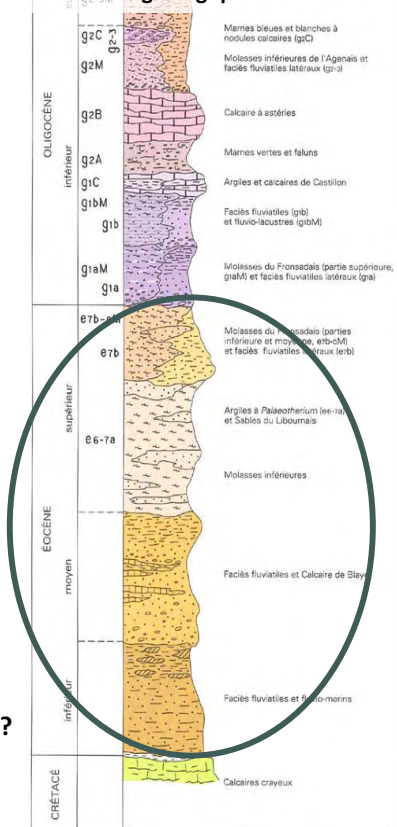


Cartes extraites du rapport public BRGM-57841-FR (Corbier et al, 2008)

1. Présentation du projet de recherche CARISMEAU 2 et de la thèse associée



Coupe lithologique synthétique de la carte géologique de Libourne



Les objectifs de ce projet de recherche sont de définir :

- L'origine de la minéralisation : apport latéral ou vertical ?
- Les sens de circulation de ces eaux minéralisées et les risques associés ?
- Les méthodes de gestion envisageables ?

1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

Projet de recherche CARISMEAU 2 et thèse associée

2. Etat d'avancement du travail réalisé

2.1 Chimie des eaux

2.1.1. Analyses CARISMEAU 2

- Etat d'avancement des analyses
- 1^{ers} résultats et interprétation

2.1.2. Evolutions temporelles

2.2. Géologie - minéralogie

3. Perspectives



2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

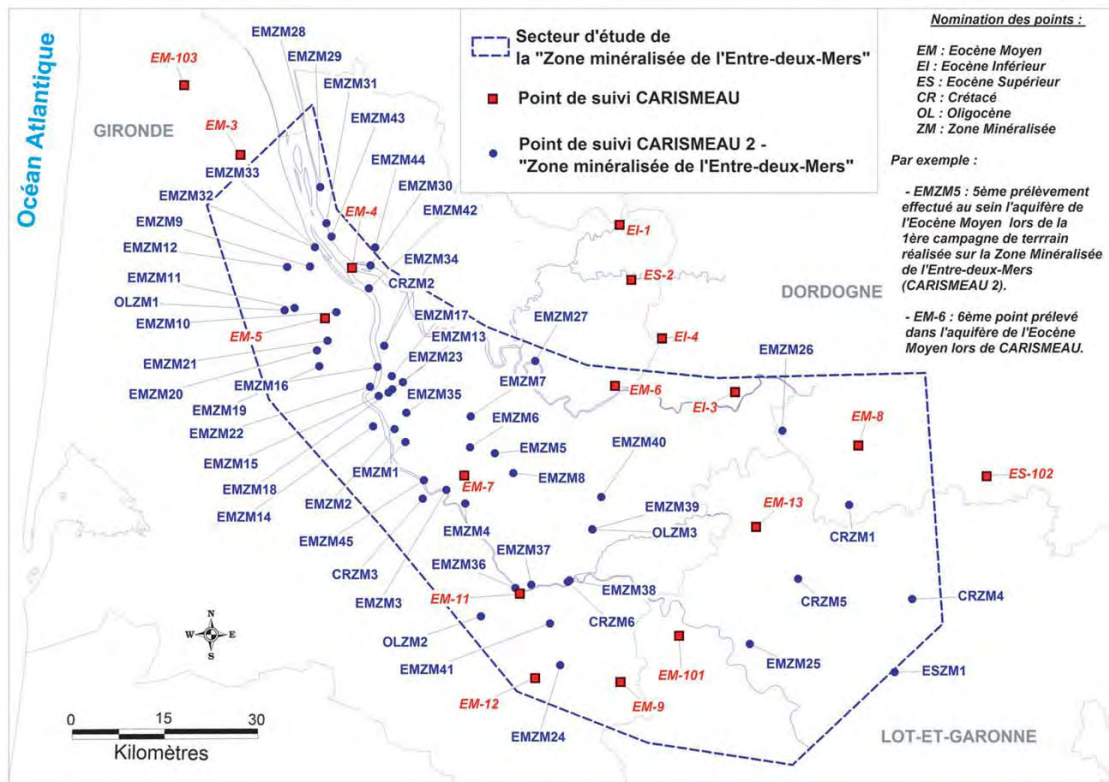
➤ Analyses réalisées

- ✓ Eléments Majeurs : 55 pts,
- ✓ Isotopes du Radium ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) : 50 pts + cuttings,
- ✓ Eléments Traces : 30 pts,
- ✓ Isotopes stables de la molécule d'eau ($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$) : 20 pts,
- ✓ Isotopes du Strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) : 20 pts,
- ✓ Isotopes du Bore ($\delta^{11}\text{B}$) : 20 pts,
- ✓ Isotopes des Sulfates ($\delta^{34}\text{S}_{(\text{SO}_4)}$ et $\delta^{18}\text{O}_{(\text{SO}_4)}$) : 20 pts,
- ✓ Uranium : 20 pts.
- ✓ Tritium (^3H) : 11 pts,



2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

Carte de localisation des 55 points CARISMEAU 2



2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

Faciès géochimique des eaux prélevées

➤ Faciès géochimiques majoritaires :

- Faciès bicarbonaté-calcique
- Faciès sulfaté-calcique

➤ Mise en évidence pour les eaux de l'Eocène de l'importance des sulfates.

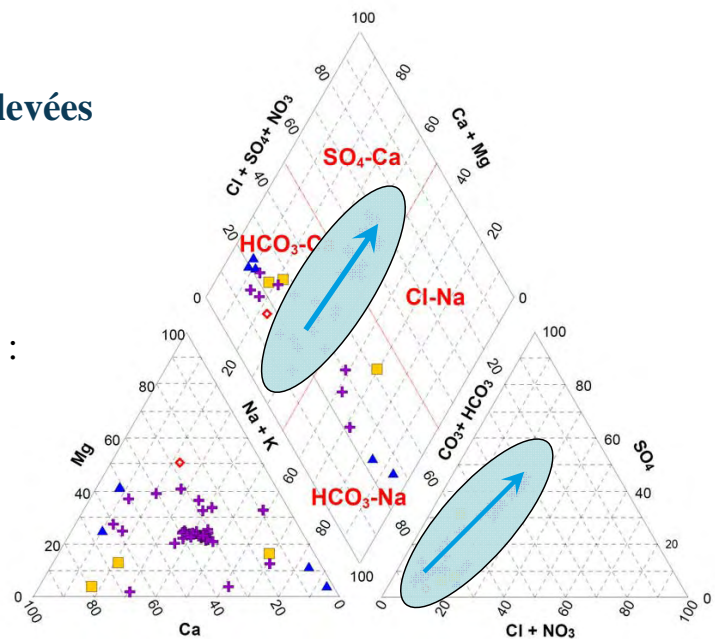
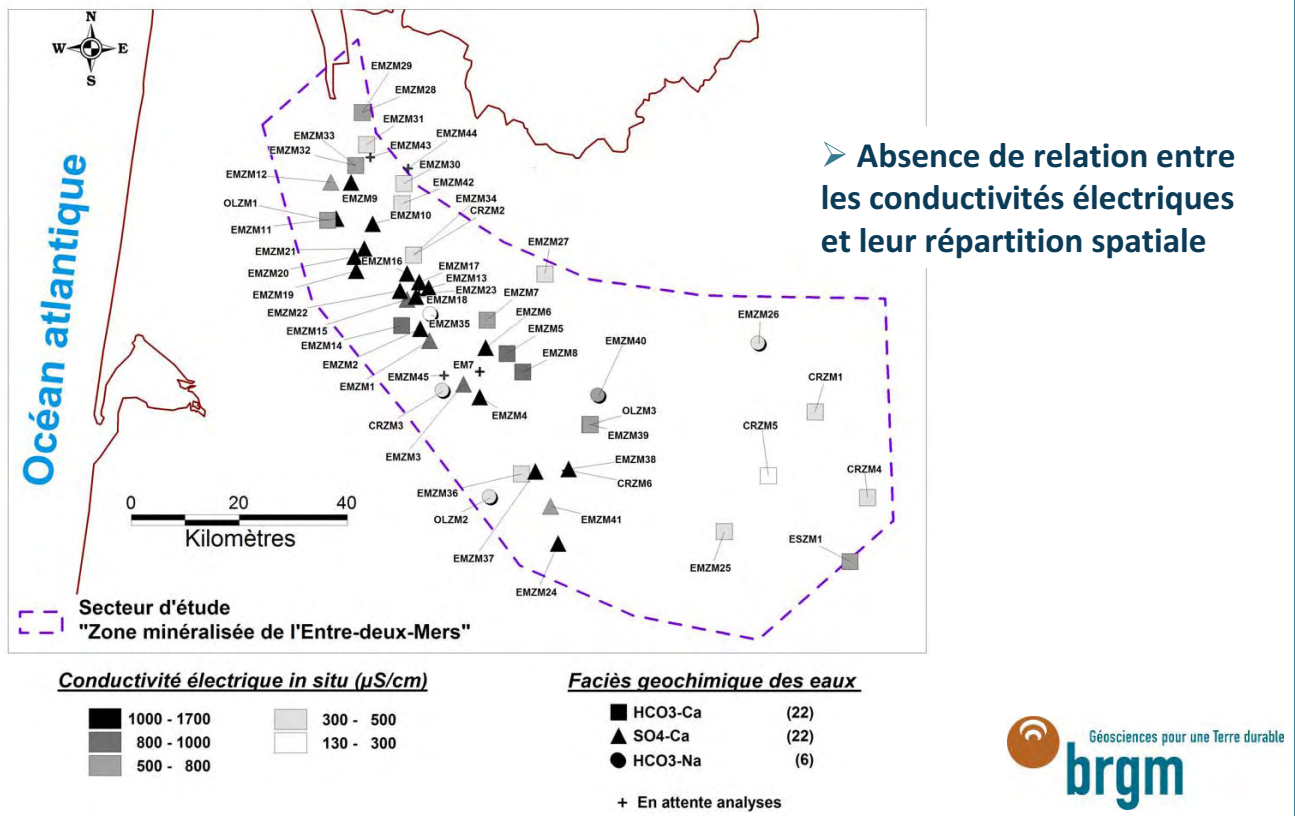


Diagramme de Piper - Faciès géochimique
Eaux prélevées de la "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers"
CARISMEAU 2 (2009)

- OLZM : OLigocène de la "Zone Minéralisée"
- ◆ ESZM : Eocène Supérieur de la "Zone Minéralisée"
- + EMZM : Eocène Moyen de la "Zone Minéralisée"
- ▲ CRZM : CRétacé de la "Zone Minéralisée"

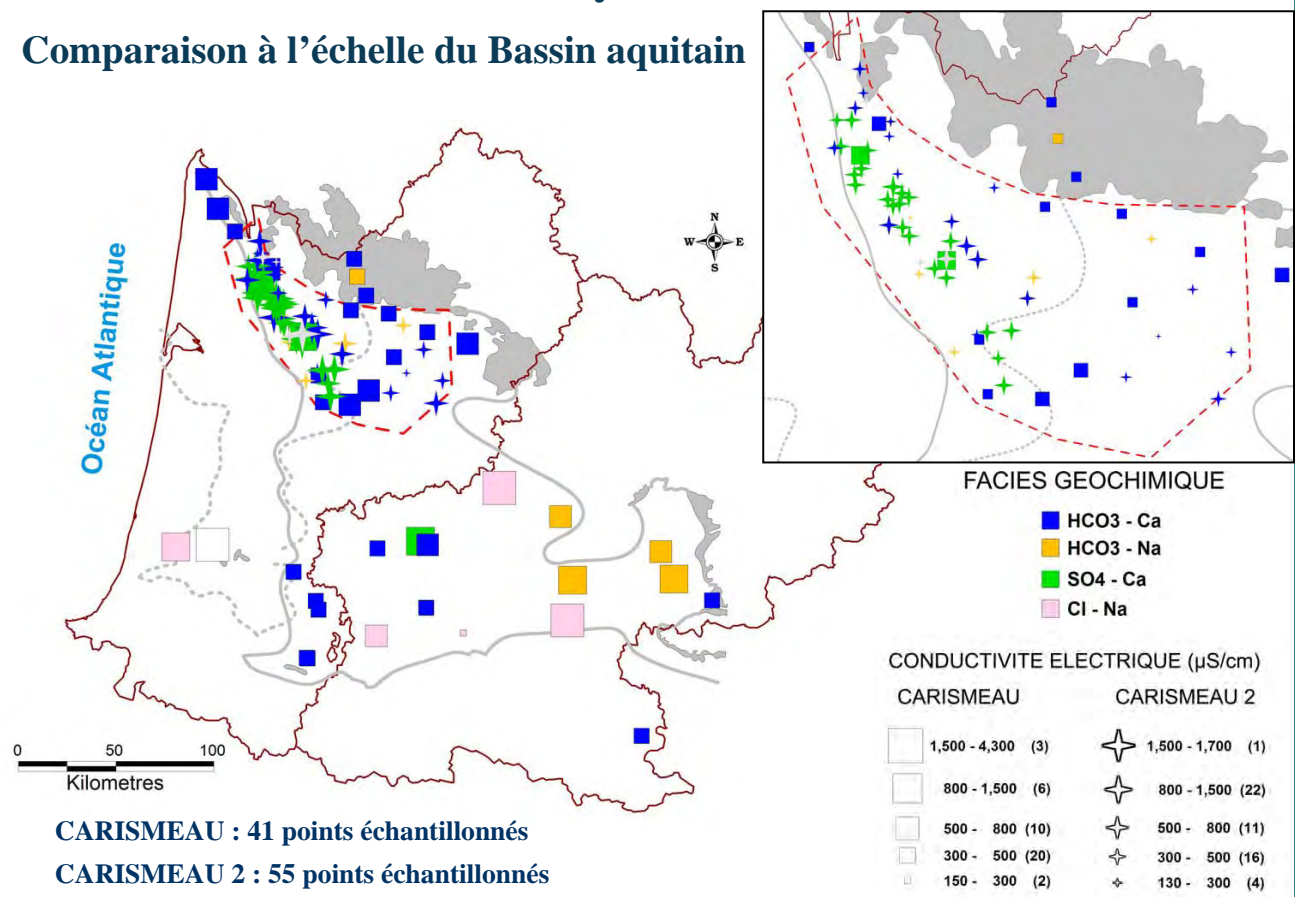
2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

Répartition spatiale des conductivités électriques et des faciès géochimiques



2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

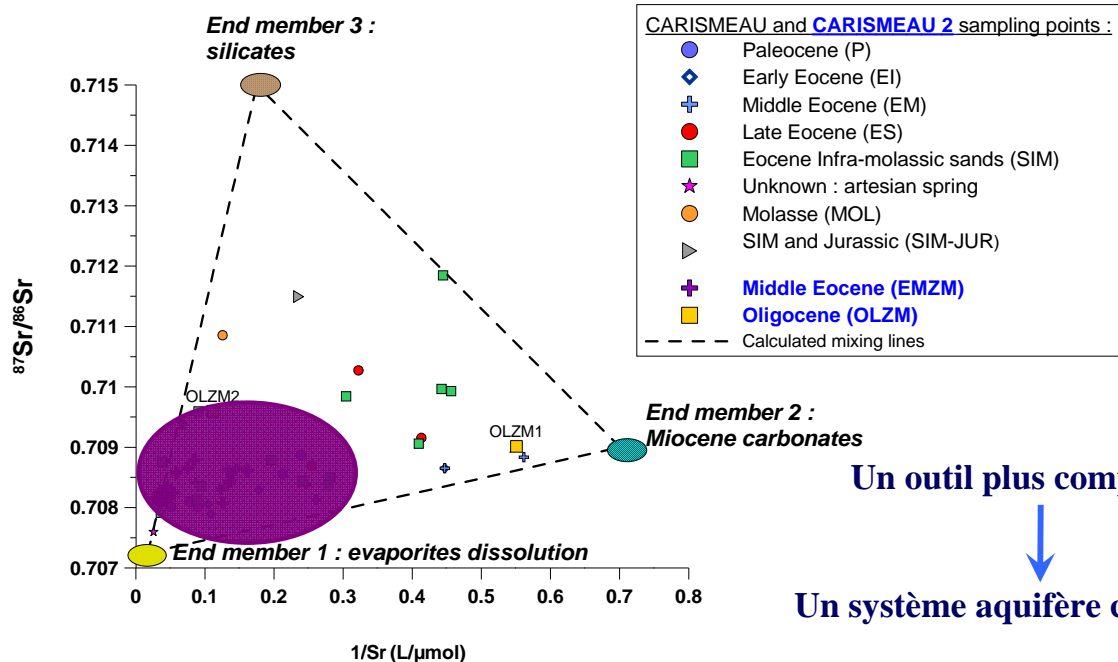
Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain



2.1.1. Chimie des eaux - Analyses CARISMEAU 2

Sr isotopes

Comparaison à l'échelle du Bassin aquitain

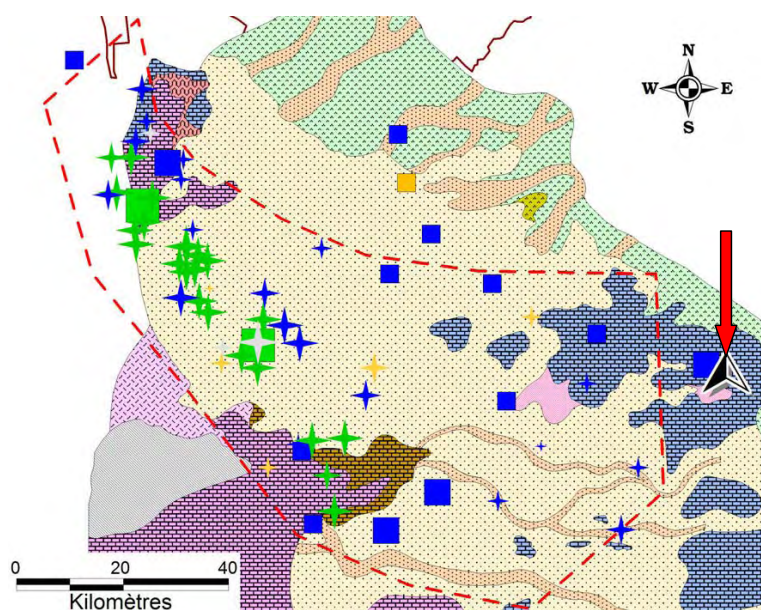


➤ CARISMEAU 2 : eaux prélevées de l'Eocène moyen

➤ 3 end-members distincts : Silicates, Carbonates, dissolution d'évaporites



2.2. Géologie - minéralogie – Site Echantillonnage Gypse



Condition de dépôts - Paléogéographie de l'Eocène supérieur

(Dubreuilh, 1987 et Capdeville, 1987)

Formations fluviales continentales

- Faciès détritiques de distributeurs (sables, graviers et galets)
- Faciès détritiques d'épandage (argiles, sables et argiles sableuses)
- Faciès pré-éaporitiques à évaporitiques (gypse)

Formations laguno-marines

- Grès carbonatés organiques
- Sables pyriteux organiques

Formations lacustres

- Formations argilo-carbonatées et calcaires lacustres

Formations marines

- Sables argilo-carbonatés à Nummulites
- Calcaires marneux
- Zone émergée
- Réseau hydrographique principal actuel

CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (μS/cm)

CARISMEAU

1,500 - 4,300 (3)	★
800 - 1,500 (8)	✱
500 - 800 (10)	✱
300 - 500 (20)	✱
150 - 300 (2)	✱

CARISMEAU 2

1,500 - 1,700 (1)	✱
800 - 1,500 (22)	✱
500 - 800 (11)	✱
300 - 500 (16)	✱
130 - 300 (4)	✱

FACIES GEOCHIMIQUE

- HCO₃ - Ca
- HCO₃ - Na
- SO₄ - Ca
- Cl - Na

2.2. Géologie - minéralogie – Site Echantillonnage Gypse



1. Problématique et gestion actuelle de la « Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers »

Projet de recherche CARISMEAU 2 et thèse associée

2. Etat d'avancement du travail réalisé

2.1 Chimie des eaux

2.1.1. Analyses CARISMEAU 2

- Etat d'avancement des analyses
- 1^{ers} résultats et interprétation

2.1.2. Evolutions temporelles

2.2. Géologie - minéralogie

3. Perspectives

3. Perspectives

- Acquisition de données en continu
- Interprétation des données, utilisation des outils isotopiques complémentaires ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$, ...)
- Approfondir la connaissance de la géologie et la minéralogie du système multicouche
- Modélisation hydrodynamique à l'échelle du puits
- Etablir un modèle du fonctionnement de l'aquifère, pour une meilleure gestion de la "Zone minéralisée de l'Entre-deux-Mers"







**Projet de recherche CARISMEAU 2 et
thèse associée "Zone minéralisée de
l'Entre-deux-Mers"**

MERCI DE VOTRE ATTENTION



<http://carismeau.brgm.fr/>





Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
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