



SAGE Nappes profondes de Gironde

Etat des lieux des ressources Diagnostic

Approuvé par la CLE le 27 septembre 2010



VERSION
1.7
NOVEMBRE 2010

Secrétariat technique :

SMEGREG - 74 rue Georges Bonnac - 33000 BORDEAUX - Tél. 05.57.01.65.65 - Fax. 05.57.01.65.60 - contact@smegreg.org

Secrétariat administratif :

Conseil général de la Gironde – Bureau de la ressource en eau - Esplanade Charles de Gaulle – 33000 BORDEAUX - Tél. 05.56.99.33.33

Sommaire

I	Les nappes profondes de Gironde : état quantitatif et qualitatif.....	13
I.1	Contexte géologique et hydrogéologique.....	13
I.2	Principes de l'hydrogéologie et de la gestion des nappes profondes	16
I.2.1	L'eau dans le sous-sol	16
I.2.2	Nappes libres – nappes captives	17
I.2.3	Dynamique des nappes captives – évolution des stocks et des flux	20
I.2.4	Les enjeux de la gestion	21
I.3	Principaux aquifères de Gironde.....	23
I.3.1	Généralités	23
I.3.1.1	Les nappes du SAGE	23
I.3.2	Le Jurassique	26
I.3.3	Le Crétacé supérieur.....	27
I.3.4	L'Eocène.....	30
	L'Eocène inférieur à moyen :	30
	L'Eocène supérieur :	34
I.3.5	L'Oligocène	35
I.3.6	Le Miocène	36
I.3.7	Le Plio-Quaternaire.....	39
I.3.8	Extension spatiale des réservoirs en Gironde	40
	Réservoirs à l'affleurement.....	41
	Réservoirs captifs	41
I.4	Etat piézométrique	44
I.4.1	Organisation du suivi technique	44
I.4.2	Les réseaux de surveillance piézométrique.....	44
	Les différents réseaux de mesure.....	44
	Points de suivi.....	45
I.5	Etat piézométrique des nappes du Crétacé.....	46
I.5.1	Nappe du Cénomanien (base du Crétacé supérieur).....	46
I.5.2	Nappe du Campano-Maastrichtien (sommet du Crétacé supérieur)	48
I.6	Etat piézométrique des nappes de l'Eocène	50
I.6.1	Nappe de l'Eocène inférieur à moyen.....	50
I.6.2	Nappe de l'Eocène supérieur calcaire et des sables fluviatiles du libournais	58
I.7	Etat piézométrique de la nappe de l'Oligocène	59
I.8	Etat piézométrique des nappes du Miocène.....	61
I.9	Les outils pour la gestion : modèle de simulation et unités de gestion	64
I.9.1	Le modèle mathématique de simulation nord aquitain.....	64
	Description	64
	Bilan des nappes.....	67
	Flux de drainance.....	68
I.9.2	Les Unités de Gestion	73
I.10	Etat qualitatif	76
I.10.1	Réseaux de mesure.....	76
I.10.2	Vulnérabilité des nappes	77
I.10.3	Qualité générale.....	80
I.10.4	Une qualité propice à la production d'eau potable	80
I.10.5	Zones à enjeu qualitatif	82
	Miocène	84
	Oligocène	85
	Eocène supérieur.....	86
	Eocène inférieur à moyen.....	87
	Crétacé	88
2	Prélèvements et usages de l'eau	89

2.1	Historique et bilan des prélèvements	89
2.1.1	Prélèvements dans les nappes profondes dans le nord du bassin Aquitain	89
2.1.2	Prélèvements en Gironde.....	91
	Nappes du Jurassique et du Crétacé	91
	Nappes de l'Eocène inférieur à moyen	93
	Nappe de l'Eocène supérieur calcaire et des sables fluviatiles du Libournais.....	95
	Nappe des calcaires de l'Oligocène	97
	Nappes du Miocène	101
	Bilan global des prélèvements par nappe.....	103
2.2	Les usages de l'eau : bilan et historique.....	106
2.2.1	Répartition par usage des prélèvements dans les différentes nappes de Gironde (source BRGM).....	106
	Jurassique et Crétacé supérieur.....	106
	Eocène inférieur à moyen.....	107
	Eocène supérieur.....	108
	Oligocène	109
	Miocène	110
	Bilan sur l'ensemble des nappes du SAGE.....	111
2.2.2	Analyse des usages de l'eau en 2004.....	112
	Usages de l'eau prélevée pour l'alimentation en eau potable.....	112
	Usages satisfaits par un prélèvement direct dans les nappes profondes.....	114
	Bilan global des usages satisfaits à partir des unités de gestion déficitaires ou à l'équilibre.....	115
	Usage final de l'eau issue des nappes profondes.....	116
2.2.3	Analyse de l'évolution des besoins unitaires pour l'eau potable	116
	Evolution des prélèvements dans les nappes profondes par habitant en Gironde (1980-2008).....	116
	Evolution des besoins unitaires par catégorie d'abonné sur la CUB (2004-2008)	118
3	Diagnostic – Enjeux de la gestion des nappes profondes de Gironde.....	119
3.1	Gestion en bilan	119
3.2	Gestion en pression	120
3.2.1	Zone à risque « Estuaire de la Gironde et Anticlinal de Blaye-Listrac ».....	121
	Description de la vulnérabilité	121
	Evaluation du risque	122
3.2.2	Zone à risque « Domaine minéralisé de l'Eocène »	124
	Description de la vulnérabilité et évaluation du risque	126
3.2.3	Zone à risque « Salinisation des nappes sur le Bassin d'Arcachon ».....	126
	Description détaillée de l'aquifère concerné par l'aléa	126
	Problématique de biseau salé	126
	Etat des connaissances par rapport à l'aléa.....	127
	Description de la vulnérabilité et évaluation du risque	128
3.2.4	Zone à risque « Dénoyage de l'Oligocène en zone centre ».....	129
	Géologie et hydrogéologie de l'aquifère Oligocène :	129
	Description géologique des terrains oligocènes.....	129
	Description hydrogéologique	132
	Caractéristiques détaillées et évolution piézométrique.....	133
	Problématique du dénoyage de l'oligocène.....	137
	Les prélèvements effectués.....	137
	Théorie et conséquences du dénoyage d'un aquifère captif	138
	Etat des connaissances sur le dénoyage de l'Oligocène : phase I de l'Atlas des zones à risques.....	139
	Description de la vulnérabilité et évaluation du risque : phase I de l'Atlas des zones à risques.....	142
	Amélioration de la connaissance sur le dénoyage : phase 2 de l'atlas des zones à risques.....	144
	Simulations réalisées	149
	Analyse du dénoyage.....	149
	Simulations prospectives	150
	Propositions d'actions curatives	152
4	En synthèse.....	155

Table des illustrations

Illustration 1 : Extrait de la carte géologique au 1/1 000 000 ^{ème} (BRGM)	13
Illustration 2 : Bloc diagramme du bassin aquitain (BRGM).....	14
Illustration 3 : Coupes géologiques schématiques (BRGM)	15
Illustration 4 : Les différents types de nappe d'eau souterraine (Agence de l'eau Adour-Garonne)	16
Illustration 5 : le compteur de vitesse de l'eau dans le milieu naturel (Hydro M).....	17
Illustration 6 : Influence d'un pompage sur une nappe libre et sur une nappe captive. En bleu l'eau, en marron foncé une éponte. (SMEGREG)	18
Illustration 7 : Extension du cône de dépression sous l'influence d'un pompage à débit constant (SMEGREG).....	19
Illustration 8 : Dénoyage d'une nappe captive sous l'influence d'un pompage (SMEGREG).....	20
Illustration 9 : Schéma des circulations d'eau souterraine en Gironde (SMEGREG)	23
Illustration 10 : Etat d'avancement des SAGE du bassin Adour-Garonne en mai 2010 (OIEau)	24
Illustration 11 : Les nappes du SAGE dans la stratigraphie (Société Géologique de France)	24
Illustration 12 : Objectifs de bon état des masses d'eau libres présentes sur le département de la Gironde (Conseil général Gironde).....	25
Illustration 13 : Objectif de bon état des masses d'eau captives présentes sur le département de la Gironde (Conseil général Gironde).....	25
Illustration 14 : Emprise de la masse d'eau 5080 (Jurassique moyen et supérieur captif) (BRGM).....	26
Illustration 15 : Emprise des masses d'eau 5073 (Cénomanien-Turonien-Coniacien captif nord-aquitain) et 5091 (Calcaires Cénomanien-Turonien-Coniacien captif sud-aquitain) (BRGM)	27
Illustration 16 : Emprise des masses d'eau 5072 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif nord aquitain), 5100 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif du littoral nord aquitain), 5081 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif sud aquitain) (BRGM)	28
Illustration 17 : Systèmes aquifères du Cénomanien à gauche et du Turonien-Coniacien à droite (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)	29
Illustration 18 : Systèmes aquifères du Campano-Maastrichtien (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)	29
Illustration 19 : Caractéristiques géométriques de l'aquifère éocène inférieur à moyen (BRGM).....	31
Illustration 20 : Emprise des masses d'eau 5071(Sables, graviers, galets et calcaires de l'Eocène captif du littoral nord aquitain), 5101(Sables, graviers, galets et calcaires de l'Eocène captif nord aquitain) et 5082 (Sables, calcaires et dolomies de l'Eocène-Paléocène captif sud AG) (BRGM).....	32
Illustration 21 : Systèmes aquifères de l'Eocène inférieur à moyen (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)	33
Illustration 22 : Coupe synthétique de l'Eocène Nord-Aquitain entre la Gironde et le Lot (BRGM).....	33
Illustration 23 : Systèmes aquifères de l'Eocène supérieur (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) : calcaires de l'Eocène supérieur dans le Médoc, Sables du libournais et de Boisbretreau (en points noirs) dans le libournais (BRGM).....	34
Illustration 24 : Emprises des masses d'eau 5102 (Calcaires et sables de l'Oligocène captif du littoral nord aquitain) et 5083 (Calcaires et sables de l'Oligocène à l'ouest de la Garonne) (BRGM)	35
Illustration 25 : Système aquifères des calcaires à astéries de l'Oligocène (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)	36
Illustration 26 : Série Miocène - Emprises des masses d'eau 5103 (Calcaires et faluns de l'Aquitainien-Burdigalien captif du littoral nord aquitain) et 5070 (Calcaires et faluns de l'Aquitainien-Burdigalien captif) (BRGM).....	37
Illustration 27 : Série Miocène - Emprises des masses d'eau 5084 (Grès, calcaires et sables de l'Helvétien captif) et 5104 (Grès, calcaires et sables de l'Helvétien captif du littoral nord aquitain) (BRGM).....	38
Illustration 28 : Systèmes aquifères miocènes de l'Aquitainien-Burdigalien à gauche et du Langhien-Serravallien à droite (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM).....	38
Illustration 29 : Emprises des masses d'eau 5074 (Sables et graviers du Pliocène captif secteur Médoc-Estuaire) et 5105 (Sables et graviers du Pliocène captif du littoral aquitain) (BRGM).....	40
Illustration 30 : Emprise des masses d'eau libres sur le département de la Gironde (BRGM)	41
Illustration 31 : Extension générale des réservoirs captifs en Gironde (d'après le Modèle Nord Aquitain BRGM).....	41
Illustration 32 : Extension générale des nappes du SAGE Nappes profondes de Gironde (BRGM)	42
Illustration 33 : Répartition des points de mesures piézométriques en 2008 (BRGM).....	45
Illustration 34 : Cartographie des points de suivi piézométrique en 2008 (BRGM)	45
Illustration 35: Carte piézométrique pour l'aquifère du Cénomanien-2007 (BRGM).....	46

<i>Illustration 36 : Chroniques piézométriques sur la nappe du Cénomanien (BRGM)</i>	47
<i>Illustration 37 : Nappe du Campano-Maastrichtien : carte piézométrique 2008 (BRGM)</i>	48
<i>Illustration 38 : Evolution piézométrique au forage de Sadirac 08274X0019/F (BRGM)</i>	49
<i>Illustration 39 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 1950-1995 (BRGM)</i>	51
<i>Illustration 40 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 1996-2003 (BRGM)</i>	52
<i>Illustration 41 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 2004-2008 (BRGM)</i>	53
<i>Illustration 42 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : carte piézométrique 2008 (BRGM)</i>	54
<i>Illustration 43 : Zones d'alimentation de l'aquifère de l'Eocène moyen à inférieur (BRGM)</i>	55
<i>Illustration 44 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des niveaux d'eau enregistrés dans les forages suivis en continu (BRGM)</i>	56
<i>Illustration 45 : Nappe des calcaires de l'Oligocène : carte piézométrique 2008 (BRGM)</i>	59
<i>Illustration 46 : Nappe des calcaires de l'Oligocène : évolution des niveaux d'eau enregistrés dans les forages suivis en continu (BRGM)</i>	60
<i>Illustration 47 : Carte piézométrique 2008 de l'Aquitainien (BRGM)</i>	62
<i>Illustration 48 : Evolution des niveaux d'eau des forages suivis mensuellement et captant l'Aquitainien (BRGM)</i>	63
<i>Illustration 49 : Principe d'un modèle aux différences finies (BRGM)</i>	64
<i>Illustration 50 : Stratigraphie des couches modélisées dans le MONA (BRGM)</i>	65
<i>Illustration 51 : Extensions des couches du MONA V3.1-2007p (BRGM)</i>	65
<i>Illustration 52 : Vue de l'ouest, sud et est du Modèle Nord Aquitain (BRGM)</i>	66
<i>Illustration 53 : Flux dans les nappes profondes en millions de m³/an : moyenne 1997-2007 sur toute l'extension du MONA (BRGM)</i>	67
<i>Illustration 54 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Plio-Quaternaire et Miocène (Helvétien). En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Miocène vers le Plio-Quaternaire, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Plio-Quaternaire. (BRGM)</i>	68
<i>Illustration 55 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Miocène (Aquitainien) et Oligocène. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Oligocène vers le Miocène, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Miocène. (BRGM)</i>	69
<i>Illustration 56 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène supérieur et Oligocène. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Eocène supérieur vers l'Oligocène, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Oligocène. (BRGM)</i>	70
<i>Illustration 57 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène supérieur et Eocène inférieur à moyen. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Eocène inférieur à moyen vers l'Eocène supérieur, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Eocène supérieur. (BRGM)</i>	71
<i>Illustration 58 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène inférieur et Campano-Maastrichtien. En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Campano-Maastrichtien vers l'Eocène inférieur, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Eocène inférieur. (BRGM)</i>	72
<i>Illustration 59 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Campano-Maastrichtien et Turono-Cénomanien. En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Turono-Cénomanien vers le Campano-Maastrichtien, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Campano-Maastrichtien. (BRGM)</i>	73
<i>Illustration 60 : Les zones du SAGE Nappes profondes de Gironde (SMEGREG)</i>	74
<i>Illustration 61 : Les unités de gestion du SAGE Nappes profondes de Gironde (SMEGREG)</i>	75
<i>Illustration 62 : localisation des points de suivi de la qualité (BRGM)</i>	76
<i>Illustration 63 : Carte de vulnérabilité de l'Aquitaine (BRGM)</i>	78
<i>Illustration 64 : Carte de vulnérabilité intrinsèque de la Gironde (BRGM)</i>	79
<i>Illustration 65 : répartition des types de traitement au niveau des captages hors CUB (source : synthèse départementale de la distribution d'eau potable – CG33 – mars 2008)</i>	82
<i>Illustration 66 : services de l'eau potable et différentes origines de l'eau en Gironde (Source SMEGREG)</i>	83
<i>Illustration 67 : principales anomalies qualitatives de la nappe du Miocène par rapport aux limites de qualité (BRGM)</i> .	84
<i>Illustration 68 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Oligocène par rapport aux limites de qualité (BRGM)</i>	85
<i>Illustration 69 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Eocène supérieur par rapport aux limites de qualité (BRGM)</i>	86
<i>Illustration 70 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen par rapport aux limites de qualité (BRGM)</i>	87

<i>Illustration 71 : principales anomalies qualitatives de la nappe du Crétacé par rapport aux normes de potabilité (BRGM)</i>	88
<i>Illustration 72 : Carte de répartition des 3 759 captages recensés dans la BD "Prélèvements" et limite d'extension globale du MONA (BRGM)</i>	89
<i>Illustration 73 : Evolution des prélèvements par département (tous usages confondus) pour les 3759 ouvrages contenus dans la base de données de prélèvement du MONA (BRGM)</i>	90
<i>Illustration 74 : Répartition par nappe des volumes prélevés sur la zone d'étude « Volumes prélevables » (2048 ouvrages) (BRGM)</i>	91
<i>Illustration 75 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour les nappes du Secondaire (Jurassique et Crétacé supérieur) en 2008 (BRGM)</i>	92
<i>Illustration 76 : Evolution du nombre d'ouvrages captant le Jurassique et le Crétacé supérieur (BRGM)</i>	93
<i>Illustration 77 : Nappes du Crétacé supérieur : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)</i>	93
<i>Illustration 78 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen en 2008 (BRGM)</i>	94
<i>Illustration 79 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Eocène inférieur à moyen (BRGM)</i>	95
<i>Illustration 80 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde"</i>	95
<i>Illustration 81 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Eocène supérieur en 2008</i>	96
<i>Illustration 82 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Eocène supérieur</i>	97
<i>Illustration 83 : Nappe de l'Eocène supérieur : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)</i>	97
<i>Illustration 84 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Oligocène en 2008 (BRGM)</i>	98
<i>Illustration 85 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Oligocène (BRGM)</i>	99
<i>Illustration 86 : Nappe de l'Oligocène : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)</i>	100
<i>Illustration 87 : Evolution des prélèvements sur les sources oligocènes de 1968 à 2008 (BRGM)</i>	101
<i>Illustration 88 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour les nappes du Miocène en 2008 (BRGM)</i>	102
<i>Illustration 89 : Evolution du nombre d'ouvrages captant le Miocène</i>	103
<i>Illustration 90 : Nappes du Miocène : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)</i>	103
<i>Illustration 91 : Evolution des prélèvements girondins (en m³/an) dans les différentes nappes du SAGE (BRGM)</i>	104
<i>Illustration 92 : Evolution des prélèvements girondins (en m³/an) dans les différentes nappes du SAGE, en distinguant l'Oligocène libre de l'Oligocène captif, ainsi que les différentes nappes de l'Eocène et du Crétacé (BRGM)</i>	104
<i>Illustration 93 : détails sur la période 1990-2008 de l'illustration précédente (BRGM)</i>	105
<i>Illustration 94 : détails de l'illustration précédente, sur l'Eocène supérieur et le Crétacé et pour la période 1990-2008 (BRGM)</i>	105
<i>Illustration 95: Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour les nappes du Secondaire (Jurassique et Crétacé supérieur), en m³/jour (BRGM)</i>	106
<i>Illustration 96 : Nappes du Crétacé supérieur et du Jurassique : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)</i>	107
<i>Illustration 97 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen, en m³/j (BRGM)</i>	107
<i>Illustration 98 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)</i>	108
<i>Illustration 99 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Eocène supérieur, en m³/j (BRGM)</i>	108
<i>Illustration 100 : Nappe de l'Eocène supérieur : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)</i>	109
<i>Illustration 101 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Oligocène en m³/jour (BRGM)</i>	109
<i>Illustration 102 : Nappe de l'Oligocène : évolution des prélèvements par usages en Mm³/an (BRGM)</i>	110
<i>Illustration 103 : Nappe du Miocène : Répartition des prélèvements par usage m³/jour (BRGM)</i>	110
<i>Illustration 104 : Nappe du Miocène : évolution des prélèvements par usages en Mm³/an (BRGM)</i>	111
<i>Illustration 105 : répartition des prélèvements géo référencés en 2008 par usages dans les différentes nappes en m³/an ; les volumes dans l'Oligocène incluant les volumes prélevés en Entre-deux-Mers (BRGM)</i>	111
<i>Illustration 106 : répartition des usages par nappes en 1998 (BRGM, Etat des lieux du SAGE 2003)</i>	112
<i>Illustration 107 : principes de décomposition des usages de l'eau (SMEGREG)</i>	113
<i>Illustration 108 : répartition en Mm³ des utilisations des 120 Mm³ prélevés pour l'eau potable dans les nappes profondes de Gironde en 2004 (SMEGREG)</i>	114

Illustration 109 : Répartition en Mm ³ des usages des 8,8 Mm ³ prélevés directement dans les nappes profondes déficitaires ou à l'équilibre en 2004 (SMEGREG)	115
Illustration 110 : Répartition des prélèvements directs en volume (Mm ³) dans les nappes profondes déficitaires (en rouge) ou à l'équilibre (en jaune).....	115
Illustration 111 : répartition des usages des prélèvements en 2004 dans les nappes déficitaires ou à l'équilibre du SAGE (SMEGREG) (avec une pondération de 80% des 120 Mm ³ d'eau potable et de 100% des 8,8Mm ³ prélevés directement)	116
Illustration 112 : Qui utilise l'eau prélevée pour l'eau potable en Gironde ? et quel usage fait-on de cette eau ? (SMEGREG)	116
Illustration 113 : prélèvements unitaires (m ³ /habitant) dans les nappes profondes de Gironde (tableau de bord SAGE).....	117
Illustration 114 : volumes unitaires mis en distribution et consommés à Paris (graphique de gauche, source SIAAP)	117
Illustration 115 : prélèvements par habitant pour l'eau potable à l'échelle des Agences de l'eau (Agences de l'eau) ...	117
Illustration 116 : Evolution de la consommation d'eau potable par abonné et par habitant sur la CUB (CUB)	118
Illustration 117 : Ordre de grandeur des flux des eaux souterraines en Gironde (BRGM, 1996)	119
Illustration 118 : Comparaison des volumes prélevés en 2008 par rapport aux VMPO (BRGM)	120
Illustration 119 : Carte de vulnérabilité à la pénétration de chlorures dans l'aquifère de l'Eocène moyen (BRGM)	122
Illustration 120 : Carte du risque de salinisation dans les nappes de l'Eocène moyen (BRGM).....	123
Illustration 121 : Les différents types d'évolutions observés.....	125
Illustration 122 : Schéma théorique de l'intrusion d'un biseau salé dans une nappe captive	127
Illustration 123 : Coupe schématique est-ouest de l'aquifère helvétique à l'ouest du Bassin d'Arcachon (BRGM)	127
Illustration 124 : Coupe schématique est-ouest de l'aquifère helvétique (Miocène supérieur) à l'ouest du Bassin d'Arcachon et représentation des positions calculées du biseau salé (BRGM)	128
Illustration 125 : Coupe lithostratigraphique synthétique de l'Oligocène et de ses terrains de recouvrement dans la région bordelaise (BRGM).....	130
Illustration 126 : Coupes des terrains oligocènes et miocènes au sud de Bordeaux (BRGM)	131
Illustration 127 : Accidents structuraux de l'Oligocène (BRGM)	132
Illustration 128 : Nature de l'aquifère oligocène en fonction de la distance à la Garonne.....	133
Illustration 129 : Caractéristiques géométriques et piézométrie 2003 de l'aquifère de l'Oligocène (BRGM)	134
Illustration 130 : Evolution de la piézométrie de la nappe des calcaires de l'Oligocène entre 1975 et 2005	136
Illustration 131 : Evolution des prélèvements sur les sources de la zone d'étude (BRGM)	137
Illustration 132 : Evolution des volumes prélevés sur les forages AEP situés entre Léognan et Saucats (BRGM).....	138
Illustration 133 : Différence entre la piézométrie « basses eaux 2000 » et le toit de réservoir dans la zone d'extension de l'éponte supérieure de l'Oligocène et présentation de quelques chroniques représentatives (BRGM)	140
Illustration 134 : Coupes hydrogéologiques schématiques et piézométries (1980, 1989 et 2004).....	141
Illustration 135 : Carte d'évaluation simplifiée du risque à l'aléa « dénoyage », Etat en 2004 (BRGM)	143
Illustration 136 : Vue 3D du modèle géologique de l'Oligocène (BRGM).....	144
Illustration 137 : Couches modélisées (à gauche) et exemple de coupe géologique numérique (BRGM)	145
Illustration 138 : Épaisseur du réservoir oligocène à gauche et de l'éponte au toit de l'Oligocène à droite (BRGM).....	145
Illustration 139 : Agencement schématique des couches du modèle hydrodynamique (BRGM).....	146
Illustration 140 : Vue 3D du modèle hydrodynamique (BRGM).....	146
Illustration 141 : Perméabilités de l'aquifère oligocène dans le modèle hydrodynamique (BRGM)	147
Illustration 142 : Piézométrie et chroniques restituées par le modèle (BRGM)	148
Illustration 143 : Extension de la zone dénoyée estimée à partir de charges restituées par le modèle- année 2005 (BRGM)	149
Illustration 144 : Rabattement estimé à partir du modèle entre l'état piézométrique des années 1980 et 2005 (BRGM)	150
Illustration 145 : Évolution des prélèvements (hors sources) selon les différents scénarios considérés (BRGM)	151
Illustration 146 : Différence piézométrie-côte du toit de l'Oligocène en 2025 - scénario 2 (BRGM).....	152
Illustration 147 : Situation à 2025 avec réduction de 3 millions de m ³ par an des prélèvements par rapport à 2005 – zoom sud (BRGM)	153
Illustration 148 : Situation à 2025 avec réduction de 3 millions de m ³ par an des prélèvements par rapport à 2005 – zoom nord (BRGM)	153

Préambule :

Les principaux actes administratifs qui ont conduit à l'approbation du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Nappes profondes de Gironde en vigueur sont les suivants :

- l'arrêté préfectoral du 24 octobre 2000, en interdisant à titre conservatoire avant l'adoption du SAGE, tout nouveau prélèvement non destiné à la production d'eau potable dans les nappes de l'Oligocène, de l'Eocène et du sommet du Crétacé supérieur, définit les nappes les plus profondes concernées par le SAGE ; le Miocène sera intégré par la suite ;
- l'arrêté préfectoral du 19 août 1998 fixe le périmètre du SAGE à l'ensemble du département de la Gironde, suite à l'avis favorable du Comité de bassin Adour-Garonne pour ce périmètre départemental ;
- l'arrêté préfectoral du 22 mars 1999 institue la CLE du SAGE nappes profondes de Girondes et en définit la composition ;
- enfin, l'arrêté préfectoral du 25 novembre 2003 approuve le SAGE.

Pour sa mise en œuvre, la Commission Locale de l'Eau (CLE) s'est appuyée sur :

- un secrétariat administratif assuré par le Conseil général de la Gironde ;
- un secrétariat technique confié au Syndicat Mixte d'études pour la Gestion de la Ressource en Eau de la Gironde (SMEGREG).

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 a modifié le contenu et la portée des SAGE et impose une révision des SAGE déjà approuvés avant le 31 décembre 2011. Cette révision sera l'occasion de vérifier leur compatibilité avec les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) approuvés en 2009 (SDAGE Adour-Garonne dans le cas présent).

L'élaboration ou la révision d'un SAGE se décline en plusieurs séquences et s'articule autour de la production de différents documents :

- Etat des lieux-diagnostic ;
- Tendances et scénarios ;
- Choix de la stratégie ;
- Rédaction du Plan d'Aménagement et de Gestion Durables et du Règlement du SAGE ;
- Evaluation environnementale ;
- Procédure d'adoption et approbation.

Ce document constitue le premier rapport : « Etat des lieux des ressources- Diagnostic » qui vise à faire le point sur la situation. Il utilise des données dont les plus récentes ont été actualisées en 2008. Il est complété par un document intitulé « Etat des lieux de la mise en œuvre - Diagnostic – Evaluation » relatif au contenu et à la mise en œuvre du SAGE approuvé en 2003.

Introduction :

Les nappes dites profondes présentent par rapport aux eaux superficielles des spécificités qui sont :

- une grande stabilité dans leurs caractéristiques physico-chimiques ;
- une faible vulnérabilité vis-à-vis des pollutions accidentelles sauf dans les zones où les réservoirs affleurent ;
- une relative indépendance entre ressource exploitable et aléas climatiques ;
- une grande extension géographique ;
- une grande inertie des systèmes liée à la faiblesse relative des flux en regard de l'importance des stocks.

Ces qualités évidentes sont particulièrement recherchées et bien valorisées pour un usage tel que l'eau potable qui, en Gironde, en dépend à près de 97 % (2,3 % pour les nappes hors SAGE : nappes alluviales de la Garonne et de la Dordogne) et 0,7 % pour le lac de Cazaux.

Les nappes profondes présentent en revanche des handicaps pour conduire une gestion raisonnée, car elles sont :

- à renouvellement lent ce qui confère un caractère fini ou limité quant aux possibilités d'exploitation ;
- tenues à l'écart d'une conscience collective affirmée car peu connues du public ;
- multiples, complexes, superposées avec des caractéristiques variables dans l'espace ;
- rythmées sur des pas de temps longs ;
- incomplètement connues, essentiellement au gré de leur exploitation.

Ces caractères deviennent fondamentaux lorsque l'on s'engage dans une politique dite de "gestion durable", car les concepts de risque (surexploitation et pollution) et de solidarité s'envisagent sur les moyen et long termes sur des emprises spatiales importantes.

Le département de la Gironde dispose d'une expérience significative en la matière et différents actes réglementaires en témoignent :

- à partir de 1959, application du Décret-loi de 1935 ;
- 2003, approbation du SAGE Nappes profondes ;
- 2003, classement des nappes de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur en zone de répartition des eaux.

I Les nappes profondes de Gironde : état quantitatif et qualitatif

I.1 Contexte géologique et hydrogéologique

Depuis les contreforts du Massif Central et des Pyrénées, jusqu'à l'Atlantique, le Bassin aquitain est constitué d'empilements de couches perméables de sables, de grès ou de calcaires alternant avec des argiles ou des marnes imperméables. Dans ce système d'extension inter-régionale, les couches les plus anciennes affleurent à l'Est et au Nord et sont recouvertes par les couches plus récentes qui s'épaississent et s'approfondissent vers l'Ouest pour s'étendre largement sous le plateau continental à plus de 50 kilomètres au large de la côte girondine.

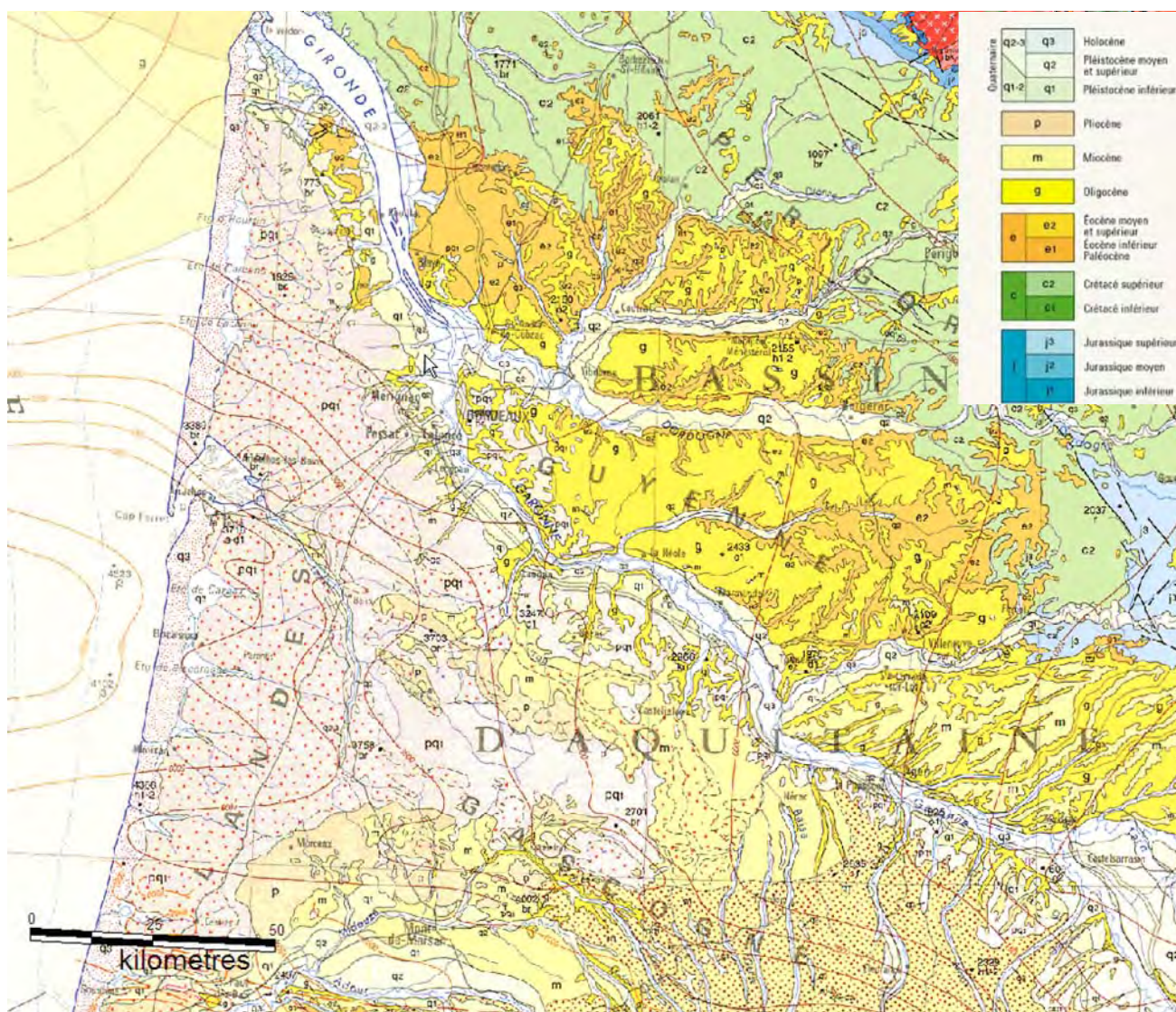


Illustration I : Extrait de la carte géologique au 1/1 000 000 ème (BRGM)

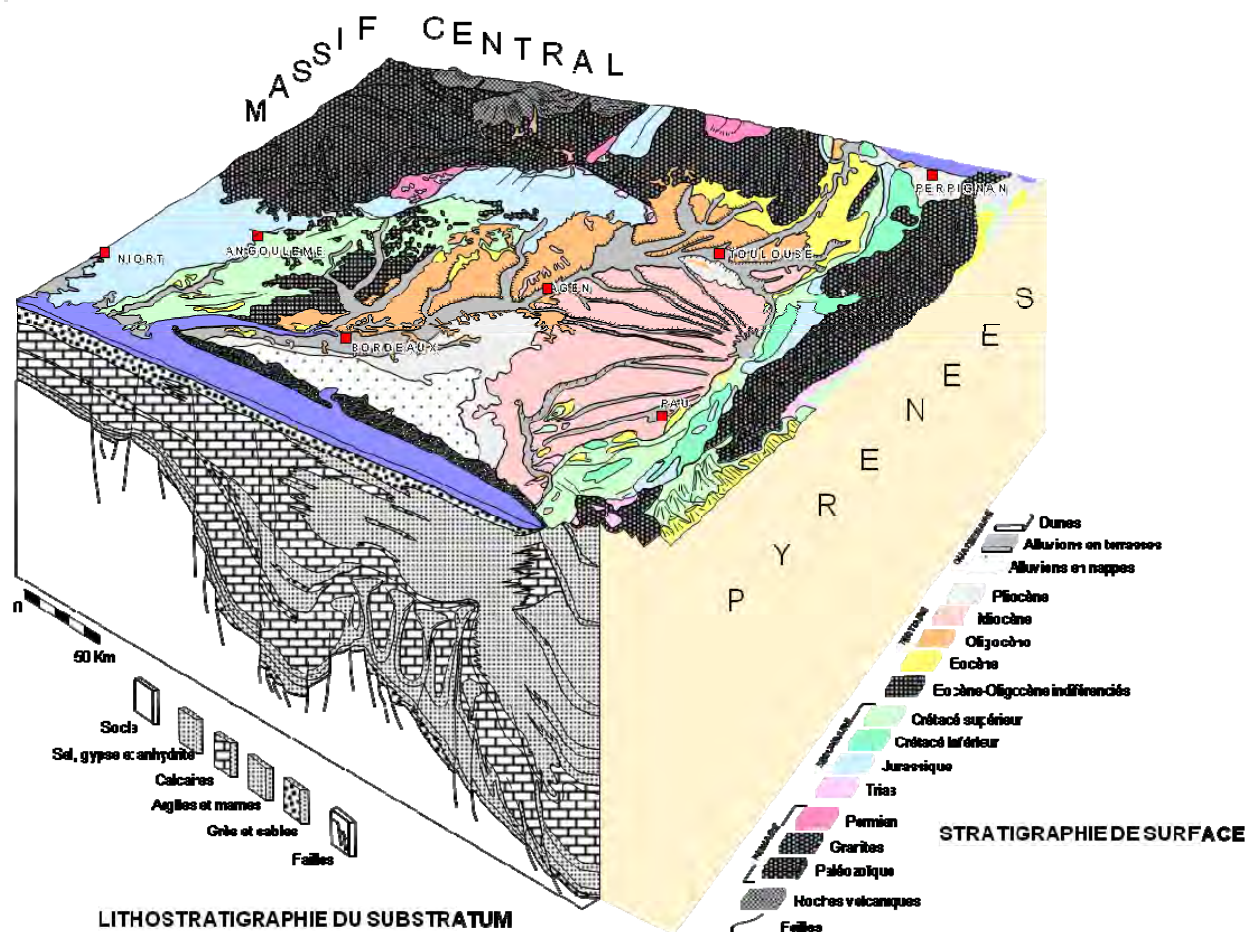
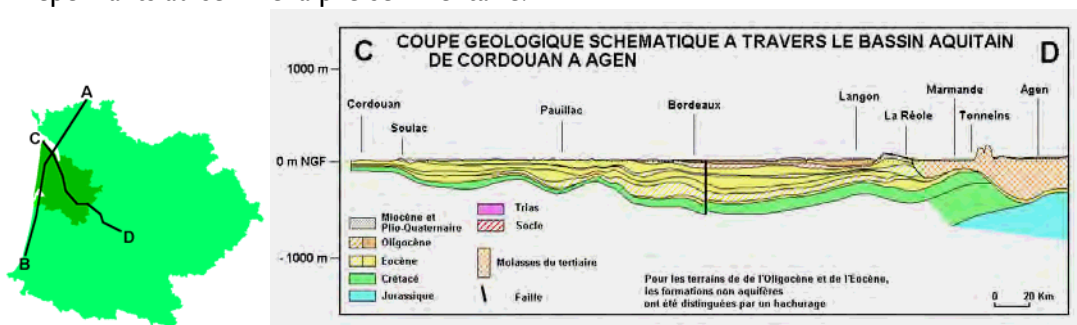


Illustration 2 : Bloc diagramme du bassin aquitain (BRGM)

Ces terrains appartiennent à des formations géologiques allant du secondaire (250 millions d'années) au Pliocène (1 million d'années). Pendant ces 250 millions d'années, les conditions physiques, climatiques et les reliefs qui régnaient sur le bassin ont évolué, modifiant sans cesse la nature des dépôts de sédiments qui constituent aujourd'hui le sous sol aquitain. Le fait le plus notable est sans doute lié aux cycles des transgressions et des régressions marines qui déterminaient au même moment et selon les secteurs, des conditions de dépôt continentales, côtières ou océaniques. De manière schématique, le déplacement des lignes de côte a engendré à plusieurs reprises le dépôt de couches argileuses de vasières littorales encadrées par des terrains alternativement continentaux et sableux, d'une part, et calcaires et marins d'autre part. L'imperméabilité des formations littorales a contribué à individualiser des compartiments hydrauliques indépendants au sein de la pile sédimentaire.



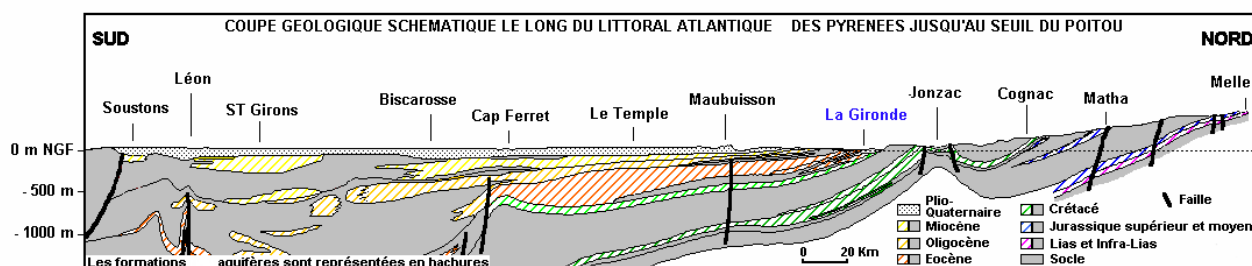


Illustration 3 : Coupes géologiques schématiques (BRGM)

Ces dépôts ont été affectés par des déformations de type plis ou failles qui favorisent leur remontée à l'affleurement ou leur enfoncement en profondeur et sont aussi à l'origine de nombreuses irrégularités géométriques dont certaines sont importantes pour le SAGE compte tenu de leurs effets sur le fonctionnement hydrogéologique.

C'est ainsi que le département de la Gironde se trouve encadré par deux structures anticlinales qui font remonter l'ensemble des couches et amènent le Crétacé à l'affleurement. Au nord, il s'agit du seuil charentais de Jonzac et au sud de l'anticlinal de Villagrains-Landiras. De petits plis affectent le détail des couches, décrivant des seuils et des bassins telles les rides de Couquèques et de Blaye-Listrac dans l'estuaire. Ces structures ont joué pendant le dépôt des couches et confèrent très grossièrement à chaque dépôt unitaire une forme en cuillère axée plus ou moins grossièrement sur l'estuaire.

L'âge de l'étage géologique concerné permet de baptiser d'un seul et même nom des ensembles parfois très complexes dans le détail quant à la nature des roches et à leurs propriétés physiques vis à vis des eaux souterraines. Cette dénomination est cohérente. Pour des raisons historiques, les étages géologiques se trouvent correspondre grossièrement chacun à un intervalle transgressif sur le plateau continental.

La connaissance du sous-sol repose néanmoins sur les sondages ponctuels plus ou moins profonds réalisés et des mesures indirectes de type géophysique. Il faut donc accepter une certaine imprécision dans le détail de la connaissance et définir par convention les ensembles sur lesquels sera appliqué le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

Le cadre physique de l'état des lieux des nappes profondes ne peut être figé définitivement et l'on doit accepter une part d'arbitraire dans la définition des limites des principaux sous ensembles.

I.2 Principes de l'hydrogéologie et de la gestion des nappes profondes

I.2.1 L'eau dans le sous-sol

L'eau est un constituant naturellement présent dans le sous-sol qui occupe la porosité et les fissures de la roche en profondeur. Le stock d'eau représente une proportion notable du volume de la roche (quelques % à plus de 20%). Cette eau est tombée à la surface sous forme de précipitation avant de percoler plus ou moins rapidement en profondeur. La roche réservoir qui stocke l'eau est un aquifère que l'on désigne généralement par le nom de la série ou de l'étage géologique au cours duquel la roche s'est constituée (exemple : aquifère de l'Eocène).

La nappe phréatique est la première nappe rencontrée dans le sous-sol. C'est une nappe généralement libre alimentée par la pluviométrie et les eaux superficielles : elle est sujette aux infiltrations directes et aux pollutions de surface.

Les nappes captives sont isolées de la nappe phréatique (ou des pollutions de surface lorsque cette dernière n'existe pas) par des couches intercalaires moins perméables, appelées épontes, maintenant ces nappes en pression (éventuellement différentes). Certaines d'entre elles peuvent même être jaillissantes comme l'était la nappe de l'Eocène jusqu'aux années 50 et encore comme le sont encore les nappes du Crétacé dans de nombreux secteurs. Leur alimentation et leur mise en charge s'effectuent sur des zones d'affleurement. La circulation et le renouvellement de l'eau y sont généralement très lents. L'eau peut être ancienne, mais son âge est toujours sans commune mesure avec celui du réservoir (le contenant) : pour l'Eocène par exemple, l'eau est âgée de près de 20 000 ans au droit de Bordeaux alors que les roches se sont déposées il y a plus de 33 millions d'années. Hormis dans les systèmes karstiques du Crétacé, l'eau circule en sous-sol au sein du même réservoir à la vitesse de quelques mètres par an (et parfois moins).

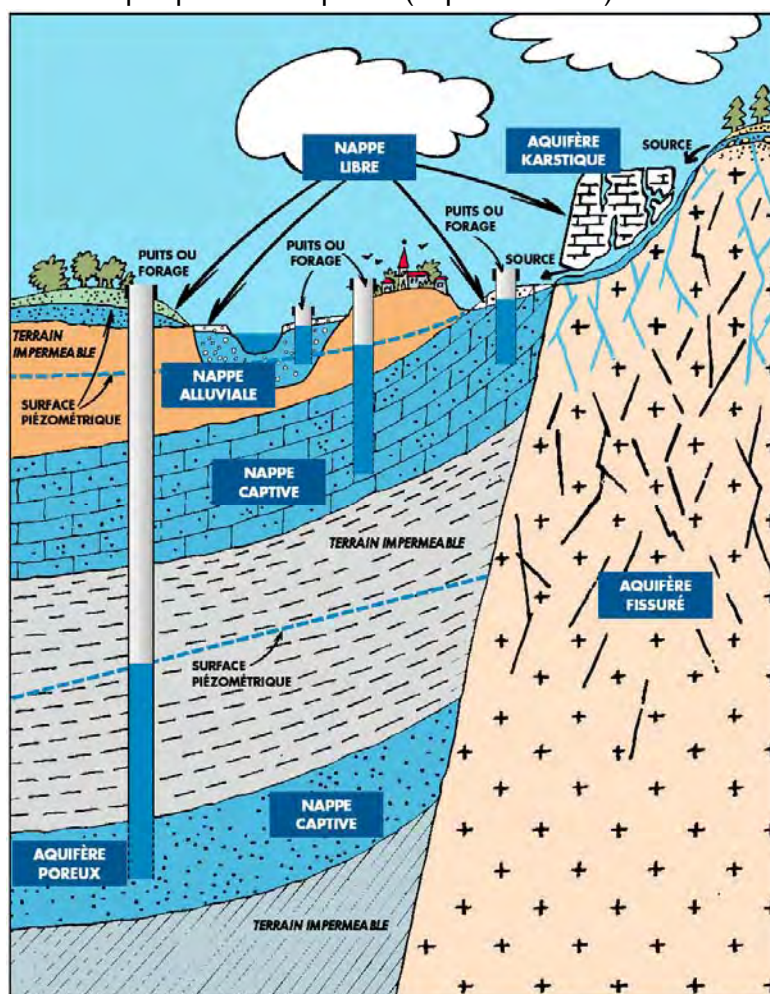


Illustration 4: Les différents types de nappe d'eau souterraine (Agence de l'eau Adour-Garonne)



Illustration 5 : le compteur de vitesse de l'eau dans le milieu naturel (Hydro M)

Ce sont les forces de gravité qui constituent le moteur de la circulation des eaux. Cette circulation est régie par la différence de charge hydraulique (pression) existant entre deux points, appelée gradient hydraulique, d'une part et par la perméabilité propre de la roche d'autre part. Ces deux paramètres suffisent à décrire la "loi de Darcy" qui stipule que le débit qui traverse une section donnée dépend de la différence de pression et de la perméabilité. L'analogie avec les lois de l'électricité, où l'intensité dépend de la différence de potentiel et de la résistance, est évidente.

Un aquifère a une double fonction de stockage et de transport qui peuvent se trouver conjointement modifiées par l'action de l'homme. Dans le cas d'un forage, le niveau piézométrique est ponctuellement abaissé sous l'action du pompage ce qui induit un cône de rabattement à fort gradient hydraulique à la périphérie de l'ouvrage, concourant ainsi à augmenter les apports d'eau vers le point de prélèvement. La fonction de stockage a été ponctuellement diminuée tandis que la fonction de transport s'est trouvée localement augmentée.

L'existence d'écrans d'argiles ou de marnes semi-perméables limitant les aquifères n'empêche pas des transferts d'eau entre aquifères sous l'effet de différences de pression. En effet, si les épontes peuvent être considérées comme imperméables à petite échelle, leur perméabilité est loin d'être négligeable à l'échelle d'extension des réservoirs. Ces échanges au travers des épontes, appelés "flux de drainance", contribuent, de manière significative à l'alimentation des nappes captives étant donné la taille des surfaces d'échange disponibles.

La notion de régime naturel de ces eaux est souvent abusive aujourd'hui dans la mesure où on ne mesure plus que des nappes influencées par les prélèvements.

Les eaux circulent par des effets naturels de pressions différentielles (gravitaires ou artificiels par pompages). Les débits des nappes ne pouvant se mesurer de façon directe et simple, la mesure des pressions d'eau régnant dans la roche réservoir (piézométrie), de la perméabilité par des pompages d'essais et la comptabilisation des prélèvements sont les principaux outils d'évaluation du phénomène physique.

Ce sont les forces de gravité qui constituent le moteur de la circulation des eaux. Entre deux points d'une nappe d'eau souterraine, le débit d'eau est proportionnel à la fois à la perméabilité de la roche et à la différence de pression entre ces points.

1.2.2 Nappes libres – nappes captives

Pour qu'une nappe d'eau existe, il faut que trois conditions soient remplies :

- condition de nature : il faut une roche réservoir, c'est-à-dire une roche qui contient des vides qui communiquent entre eux et suffisamment grands pour que les molécules d'eau puissent y circuler ;
- condition de structure : l'eau pouvant s'écouler gravitairement dans la roche réservoir, il faut qu'un obstacle s'oppose (globalement ou ponctuellement) à cet écoulement pour que se crée une accumulation d'eau ;
- condition d'alimentation : il faut bien entendu que de l'eau alimente ou ait alimenté le réservoir pour que la nappe existe.

Les nappes d'eau sont notamment classées en deux catégories en fonction de la pression qui s'exerce à la surface de l'eau dans le réservoir :

- si cette pression est égale à la pression atmosphérique, on parle de nappe libre. La surface de l'eau et la surface piézométrique sont confondues. C'est le cas par exemple lorsque la roche réservoir affleure à la surface, et que l'eau peut s'y accumuler sans contrainte jusqu'à déborder ;
- si cette pression est supérieure à la pression atmosphérique, on parle de nappe captive. La surface de l'eau dans le réservoir et la surface piézométrique sont distinctes, la deuxième se situant au dessus de la première. C'est le cas lorsque la roche réservoir est surmontée d'une couche imperméable et que l'eau ne pouvant déborder verticalement se met en pression sous cette éponte.

Les modalités de fonctionnement des nappes d'eau dépendent de leur caractère libre ou captif, notamment sous l'effet d'un pompage (cf. illustration 6).

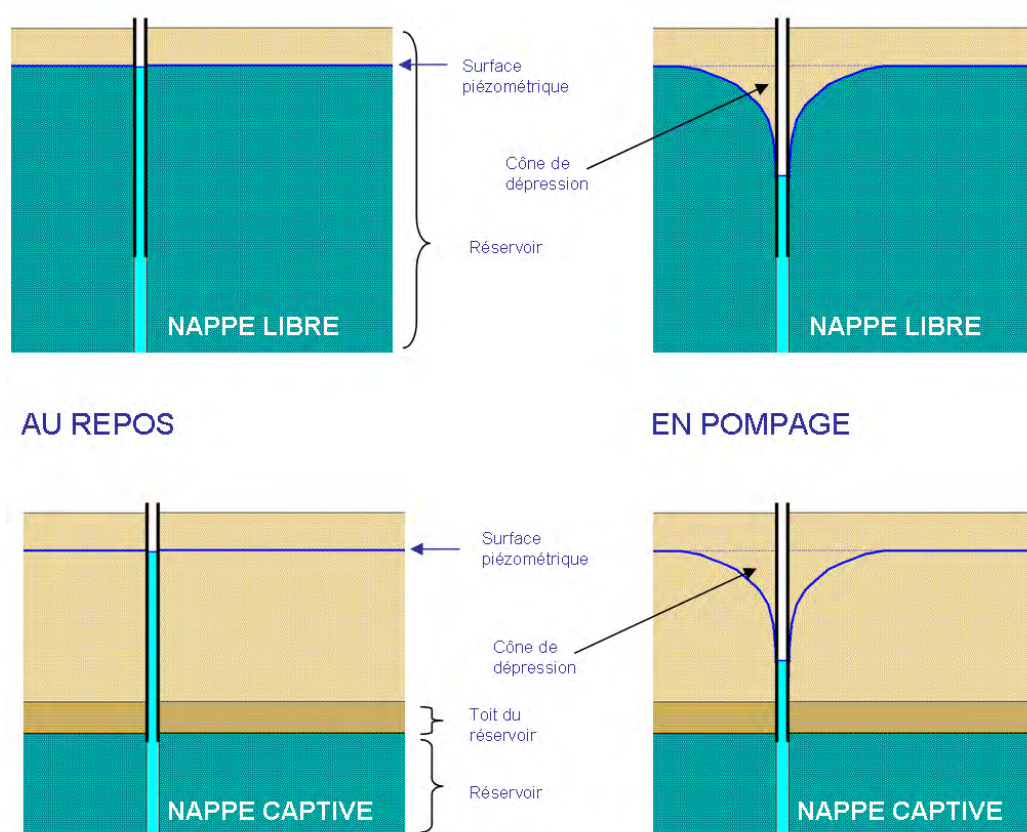


Illustration 6 : Influence d'un pompage sur une nappe libre et sur une nappe captive. En bleu l'eau, en marron foncé une éponte. (SMEGREG)

Nappe libre :

Sous l'effet d'un pompage, de l'eau est libérée par désaturation du réservoir dans le cône de dépression engendré par le pompage. Dans ce cône, il n'y a plus d'eau dans la roche. Le volume d'eau libéré est égal au volume de roche désaturé multiplié par la porosité efficace de la roche (jusqu'à 20 % du volume de roche).

Nappe captive :

Sous l'effet d'un pompage, et dans des conditions normales d'exploitation (pas de dénoyage), toute la roche réservoir reste saturée en eau. Au droit du cône de dépression, il y a toujours de l'eau dans la roche mais à une pression plus faible qu'auparavant. L'eau est libérée par décompression de l'eau et des terrains dans la zone d'influence du pompage. Comparé à une nappe libre, le volume d'eau libéré est bien plus faible, de 100 à 1 000 fois moins pour une même dépression. Le paramètre utilisé pour les calculs n'est plus la porosité mais le coefficient d'emmagasinement.

Cône de dépression :

Un pompage dans une nappe génère toujours un cône de dépression. Pour une même nappe, le cône de dépression :

- est d'autant plus profond que le débit de pompage est important ;
- est d'autant plus étendu que le pompage dure longtemps (cf. illustration 7).

Pour un même pompage, le cône de dépression est toujours plus étendu dans une nappe captive.

Lors d'un pompage dans une nappe libre, l'eau est libérée par désaturation de l'eau et de la roche réservoir.

Lors d'un pompage dans une nappe captive, l'eau est libérée par décompression de la roche réservoir.

La dépression générée par un pompage dans une nappe est :

- d'autant plus profonde que le débit est élevé,
- d'autant plus étendue que le pompage dure longtemps.

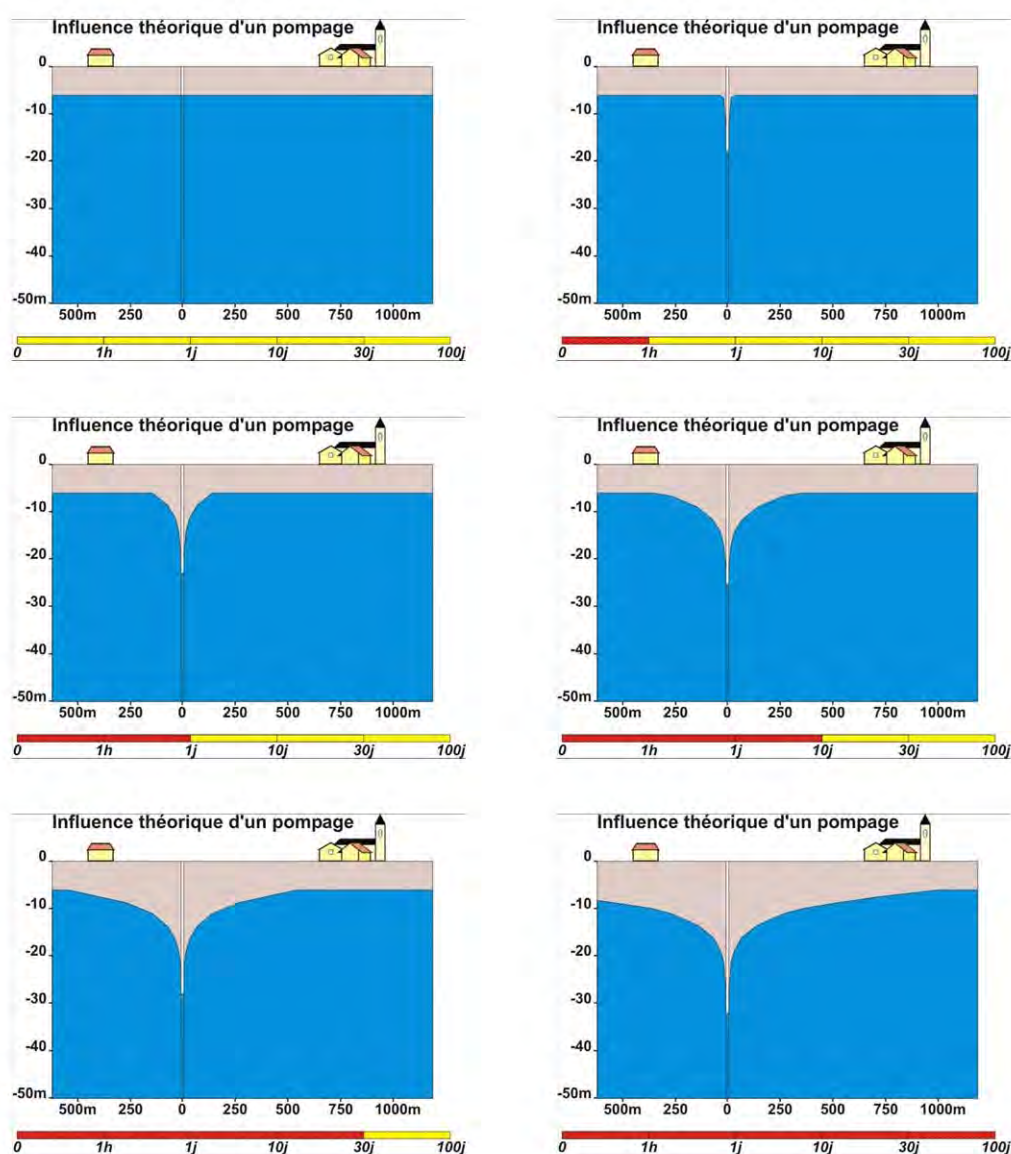


Illustration 7 : Extension du cône de dépression sous l'influence d'un pompage à débit constant (SMEGREG)

Dénoyage d'une nappe captive :

Le dénoyage d'une nappe captive consiste à désaturer le réservoir par abaissement de la surface piézométrique de la nappe sous l'éponte imperméable qui constitue le toit du réservoir (cf. illustration 8).

Le dénoyage est une opération qui met en péril la conservation des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et hydrauliques de la ressource. Lors du dénoyage, la nappe captive devient libre ce qui se traduit immédiatement par une modification du comportement hydraulique de la nappe et par une modification de la productivité de l'ouvrage.

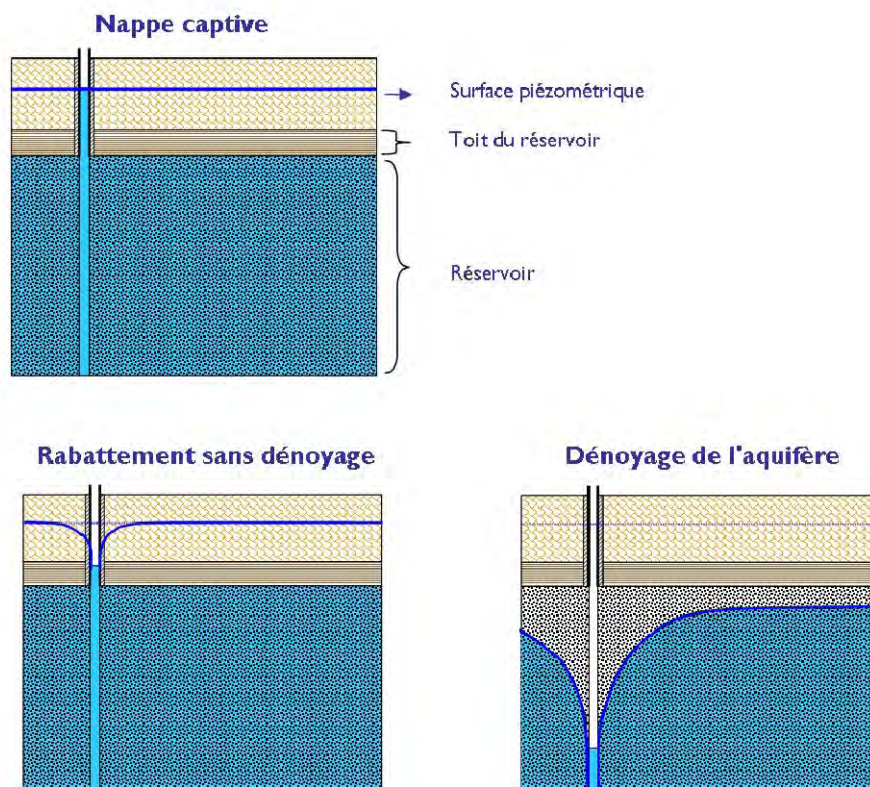


Illustration 8 : Dénoyage d'une nappe captive sous l'influence d'un pompage (SMEGREG)

1.2.3 Dynamique des nappes captives – évolution des stocks et des flux

Comme c'est généralement le cas pour les nappes captives, les nappes profondes girondines se caractérisent par des volumes stockés excessivement importants en regard des volumes renouvelés chaque année.

A titre d'exemple, pour le réservoir de l'Eocène, on peut estimer :

- le stock d'eau présent à un instant donné dans la nappe (ou réserve géologique) à quelques centaines de milliards de mètres cube ;
- le volume renouvelé chaque année à environ une centaine de millions de mètres cube.

Le faible flux entrant en regard du stock immobilisé s'explique par les modalités propres de fonctionnement de ces ressources. Comme indiqué dans les paragraphes précédents, le débit entre deux points au sein d'une nappe est proportionnel, notamment, à la différence de pression entre ces deux points.

En dehors de toute exploitation, les différences de pression sont relativement faibles, aussi bien :

- dans les zones d'alimentation directe par infiltration des précipitations sur les zones d'affleurement du réservoir ;
- entre les nappes profondes ce qui limite les échanges par drainance.

Dans ces conditions, les flux naturels sont limités.

Comme indiqué ci-avant, un pompage dans une nappe génère un cône de dépression et les différences de potentiel ainsi créées généreront un déplacement de l'eau vers le forage. Bien entendu, cela se traduit par un déstockage de l'eau dans la portion de réservoir concerné. Pour que ce pompage se traduise par une modification significative des flux entrants dans la nappe, il faut que cette onde de dépression ait une extension spatiale et une intensité suffisantes pour que :

- des transferts de masse au travers des formations peu perméables représentent des flux significatifs ;
- les flux entrants par les zones d'alimentation directe soient augmentés.

L'aire d'influence d'un pompage étant directement proportionnelle à la durée du pompage, les volumes prélevés ne sont jamais compensés par des entrées d'eau supplémentaires dans le réservoir en début de pompage. Il en résulte donc toujours un déstockage (diminution du stock présent).

En revanche, lorsque le pompage dure suffisamment longtemps, l'augmentation des flux entrants du fait de l'extension du cône de dépression peut conduire à un équilibre entre les prélèvements et les entrées dans le réservoir.

Dès que cet équilibre est atteint, ce qui peut demander plusieurs années voire plusieurs décennies pour les grands réservoirs profonds, le déstockage s'arrête. Il peut également arriver que ce déstockage ne s'arrête pas : on est alors en déséquilibre structurel.

A noter que l'ensemble des prélèvements individuels réalisés sur un aquifère captif, du fait de la propagation en pression très rapide se comporte comme un méga-forage produisant une dépression régionale, somme des influences ponctuelles.

L'exploitation des eaux souterraines se traduit obligatoirement par une baisse des pressions qui sera le moteur du renouvellement de l'eau.

Cette exploitation se traduit toujours par un déstockage. Pour que les volumes extraits soient compatibles avec une gestion durable de la ressource, le déstockage annuel doit progressivement se stabiliser et devenir nul permettant une compensation des prélèvements par une augmentation des entrées (recharge et drainances), et ce dans un délai à l'échelle humaine.

1.2.4 Les enjeux de la gestion

La dépression générée par l'exploitation d'un ou plusieurs forages se traduit par une modification des conditions d'écoulement dans l'aire d'influence des pompes. Dans certains cas, on peut aboutir à des inversions locales des directions d'écoulement qui sont à l'origine de désordres susceptibles d'affecter la qualité des eaux.

En effet, en cas d'inversion des écoulements à proximité des exutoires naturels de la nappe, c'est l'eau de ces exutoires (mer ou estuaire par exemple) qui pénétrera dans le réservoir, affectant durablement la qualité des eaux.

De même, dans le cas d'une nappe captive protégée des pollutions de surface, la diminution de pression peut permettre aux eaux de surface d'y pénétrer et pire, peut conduire au dénoyage local, voire plus général, du réservoir dont nous avons vu les conséquences au 1.2.2.

Pour se prémunir de ces risques, la gestion visera à maintenir dans les réservoirs des pressions qui n'affectent pas les directions d'écoulement dans les zones à enjeux identifiées.

Pour ce faire, il convient de fixer des règles de gestion à deux échelles :

- une gestion en bilan à grande échelle : il s'agit là de s'assurer que les conditions d'exploitation permettront à long terme d'équilibrer les prélèvements par des flux entrant et ainsi de ne plus déstocker ;
- une gestion en pression à l'échelle locale : même si les bilans sont respectés à grande échelle, un seul pompage peut générer localement les inversions d'écoulement dont on veut se prémunir. Il convient de fixer des pressions minimales à respecter sur des zones à enjeux identifiées.

La préservation des qualités de la ressource des nappes captives impose que les directions d'écoulement soient préservées dans des zones à enjeux identifiées.

Pour ce faire, les règles de gestion doivent préciser :

- **à grande échelle, les volumes maximum prélevables en vue de maîtriser le déstockage ;**
- **à une échelle locale, les pressions à respecter pour ne pas générer d'inversion d'écoulement ou de dénoyage.**

I.3 Principaux aquifères de Gironde

I.3.1 Généralités

Les grands systèmes aquifères profonds du département de la Gironde ont une extension supra-régionale. En bordure du Bassin aquitain, ils sont libres et deviennent captifs par enfouissement sous des formations semi-perméables à imperméables plus récentes.

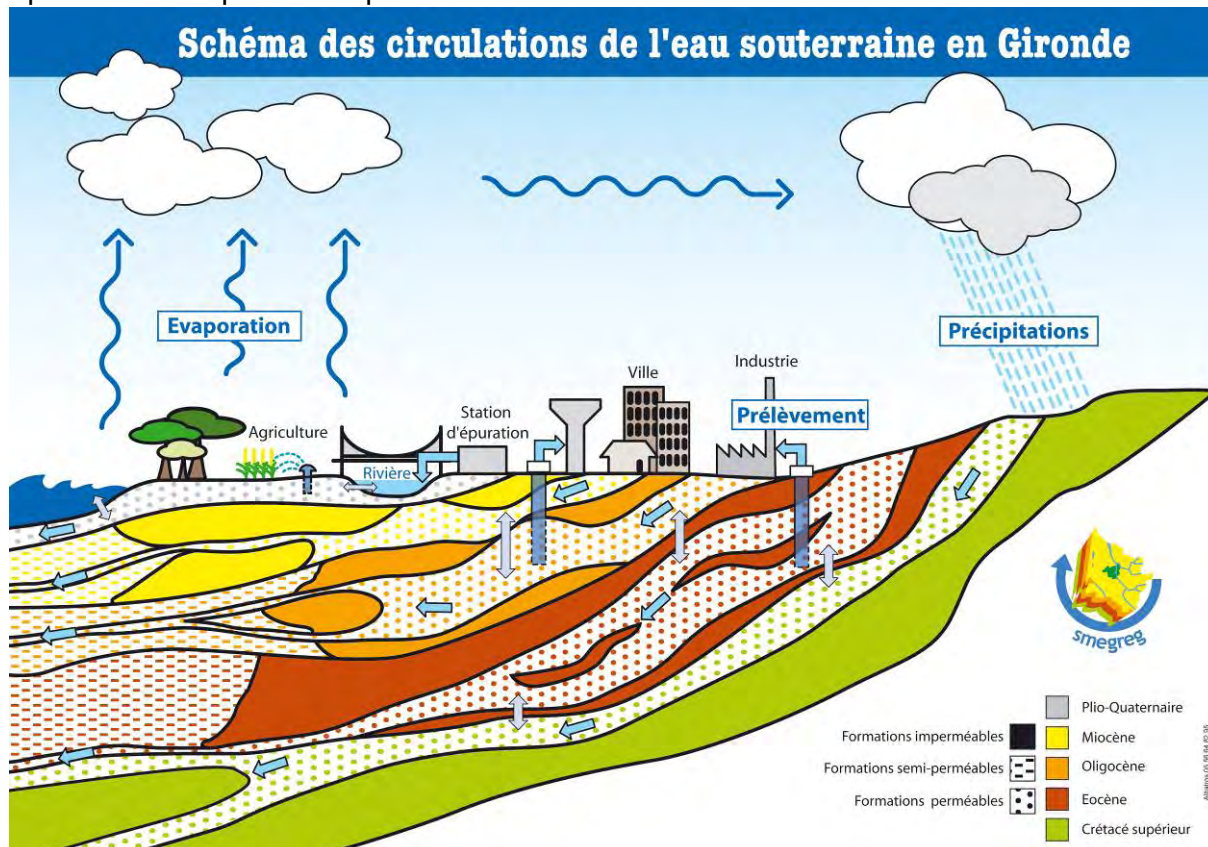


Illustration 9 : Schéma des circulations d'eau souterraine en Gironde (SMEGREG)

Les nappes superficielles libres en relation avec le réseau hydrographique, et certaines nappes localement captives ne sont pas concernées par le SAGE Nappes Profondes. Sont exclues précisément les nappes contenues dans les terrains plio-quaternaires, sables et graviers pliocènes, alluvions des rivières et sables éoliens des Landes. Ces nappes peuvent par contre concerner les milieux aquatiques associés des autres SAGE (cf. illustration 10). En revanche, les parties libres des nappes profondes, qui peuvent constituer des zones d'alimentation, entrent dans le cadre du SAGE. Ces zones peuvent être localement en relation avec le réseau hydrographique.

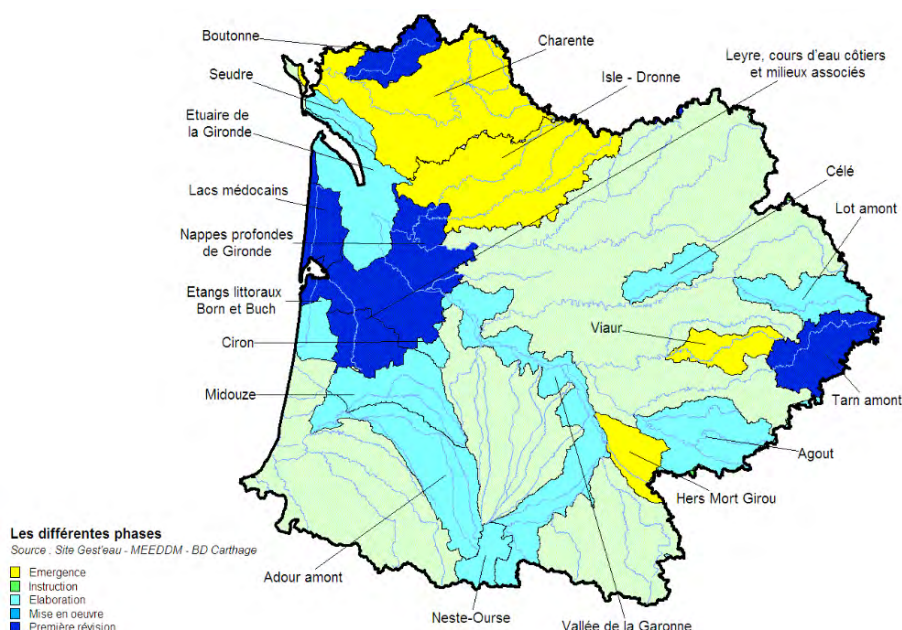


Illustration 10 : Etat d'avancement des SAGE du bassin Adour-Garonne en mai 2010 (OIEau)

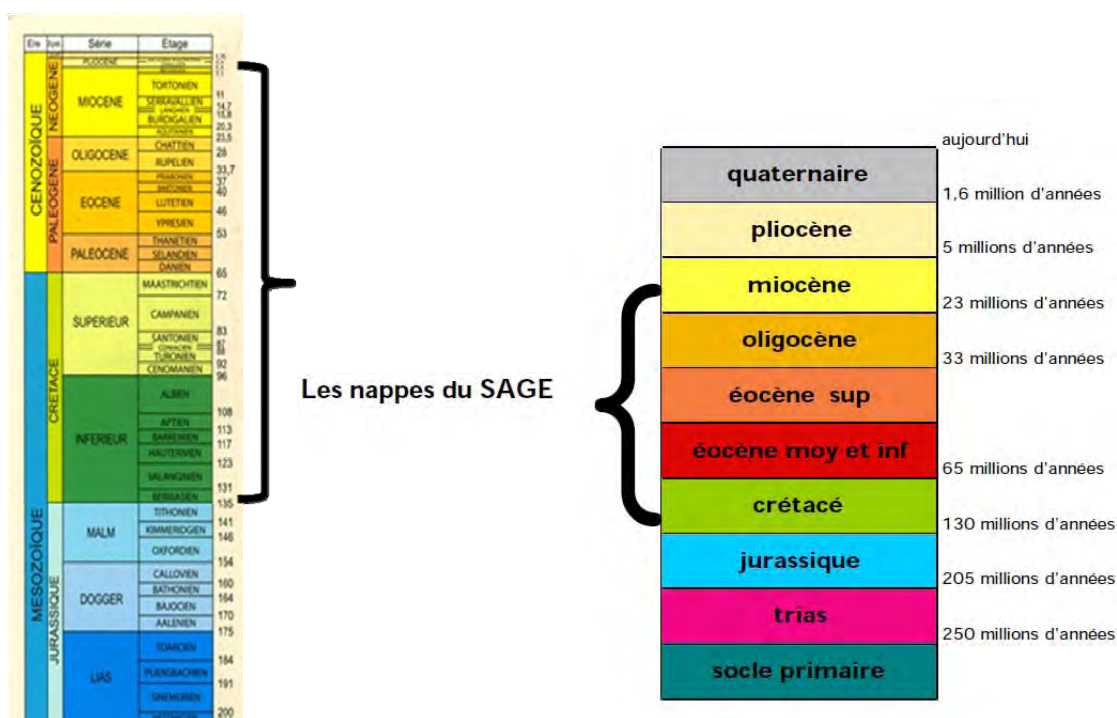


Illustration 11 : Les nappes du SAGE dans la stratigraphie (Société Géologique de France)

Le SAGE Nappes Profondes concerne les séries du Miocène, de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur. Différents aquifères sont individualisés au sein de ces séries.

Les nappes suivies par le BRGM pour le compte du Conseil général de la Gironde dans le cadre de ma mission "Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde" correspondent aux 6 grands systèmes aquifères profonds du département. Ces derniers sont constitués de formations géologiques allant du Jurassique (250 millions d'années) au Plio-Quaternaire (subactuel).

Ces aquifères ont été largement décrits en Aquitaine, et des descriptifs plus détaillés sont disponibles en bibliographie. Le descriptif ci-dessous est organisé par série et précise les masses d'eau associées définies dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre européenne (DCE). Le tableau ci-dessous dresse l'inventaire de ces masses d'eau et les objectifs fixés par le SDAGE Adour-Garonne.

Le SAGE Nappes profondes de Gironde précise les objectifs généraux retenus pour ces entités en les déclinant par zone. Il est à ce titre compatible avec le SDAGE Adour-Garonne.

Masse d'eau souterraines libres	Nom de la masse d'eau	Unité hydrologique de rattachement	Objectif état quantitatif	Objectif état chimique	Objectif d'état global
5041	CALCAIRES DE L'ENTRE 2 MERS DU BV DE LA DORDOGNE	Dordogne atlantique	2015	2027	2027
5024	ALLUVIONS DE LA DORDOGNE	Dordogne aval	2015	2027	2027
5077	MOLASSE DU BASSIN DE LA DORDOGNE	Dordogne aval	2015	2027	2027
5025	ALLUVIONS DE L' ISLE ET DE LA DRONNE	Isle	2015	2027	2027
5026	ALLUVIONS DE LA GIRONDE	Estuaire	2021	2015	2021
5045	SABLES PLIOQUATERNAIRES DES BASSINS COTIERS REGION HYDRO S	Etangs et lacs	2015	2021	2021
5047	SABLES PLIOQUATERNAIRES DU BASSIN DE LA GIRONNE REGION HYDRO O	Garonne Atlantique	2015	2015	2015
5062	ALLUVIONS DE LA GIRONNE AVAL	Garonne Atlantique	2015	2021	2021
5068	CALCAIRES DE L'ENTRE 2 MERS DU BV DE LA GIRONNE	Garonne Atlantique	2015	2015	2015

Illustration 12 : Objectifs de bon état des masses d'eau libres présentes sur le département de la Gironde (Conseil général Gironde)

Etage géologique	Masses d'eau souterraines profondes	Nom de la masse d'eau	SAGE Nappes profondes de Gironde	Objectif état quantitatif	Objectif état chimique	Objectif d'état global
Miocène	5070	CALCAIRES ET FALUNS DE L'AQUITANIENBURDIGALIEN (MIOCENE) CAPTIF		2015	2015	2015
Eocène à Paléocène	5071	SABLES ET CALCAIRES DE L'EOCENE NORD AG		2021	2015	2021
Crétacé supérieur terminal	5072	CALCAIRES DU SOMMET DU CRETACE SUPERIEUR CAPTIF NORD AQUITAINE		2021	2015	2021
Crétacé supérieur basal à Turo-Coniacien-Santonien	5073	CALCAIRES ET SABLES DU TURONIEN CONIACIEN CAPTIF NORDAQUITAINE		2015	2015	2015
Pliocène	5074	SABLES ET GRAVIERS DU PLIOCENE CAPTIF SECTEUR MEDOC ESTUAIRE	Non suivi	2015	2015	2015
Crétacé supérieur basal à Turo-Coniacien-Santonien	5075	CALCAIRES, GRES ET SABLES DE L'INFRACENOMANIEN/CENOMANIEN CAPTIF NORD AQUITAINE		2021	2015	2021
Infratoarcien	5078	SABLES, GRES, CALCAIRES ET DOLOMIES DE L'INFRATOARCIE	Non suivi	2015	2027	2027
Jurassique moyen et supérieur	5080	CALCAIRES DU JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR CAPTIF	Non suivi	2015	2015	2015
Oligocène	5083	CALCAIRES ET SABLES DE L'OLIGOCENE A L'OUEST DE LA GIRONNE		2015	2015	2015
Miocène	5084	GRES CALCAIRES ET SABLES DE L'HELVETIEN (MIOCENE) CAPTIF		2015	2015	2015
Crétacé supérieur terminal	5100	CALCAIRES DU SOMMET DU CRETACE SUPERIEUR CAPTIF DU LITTORAL NORD AQUITAINE		2015	2015	2015
Eocène à Paléocène	5101	SABLES, GRAVIERS, GALETS ET CALCAIRES DE L'EOCENE CAPTIF DU LITTORAL NORD AQUITAINE		2015	2015	2015
Oligocène	5102	CALCAIRES ET SABLES DE L'OLIGOCENE CAPTIF DU LITTORAL NORD AQUITAINE		2015	2015	2015
Miocène	5103	CALCAIRES ET FALUNS DE L'AQUITANIENBURDIGALIEN (MIOCENE) CAPTIF DU LITTORAL NORD AQUITAINE		2015	2015	2015
Miocène	5104	GRES CALCAIRES ET SABLES DE L'HELVETIEN (MIOCENE) CAPTIF DU LITTORAL NORD AQUITAINE		2015	2015	2015
Pliocène	5105	SABLES ET GRAVIERS DU PLIOCENE CAPTIF DU LITTORAL AQUITAINE	Non suivi	2015	2015	2015

Illustration 13 : Objectif de bon état des masses d'eau captives présentes sur le département de la Gironde (Conseil général Gironde)

Ce document fait le choix de deux représentations pour les aquifères concernés par le SAGE Nappes Profondes de Gironde :

- en systèmes aquifères, pour les opérateurs de terrain (utilisation de la BD LISA),
- en masses d'eau pour les services en charge du contrôle du respect des exigences de la « Directive cadre sur l'eau ».

1.3.2 Le Jurassique

Ce système complexe, bien connu dans les départements de la Charente-Maritime, de la Charente, de la Dordogne et, dans une moindre mesure, du Lot-et-Garonne, est présent dans la quasi-totalité du sous-sol de la Gironde entre 800 m et plus de 1 500 m de profondeur (cf. illustration 14).

Il est constitué par des calcaires et des dolomies qui fournissent des débits très importants et des eaux chaudes souvent très minéralisées.

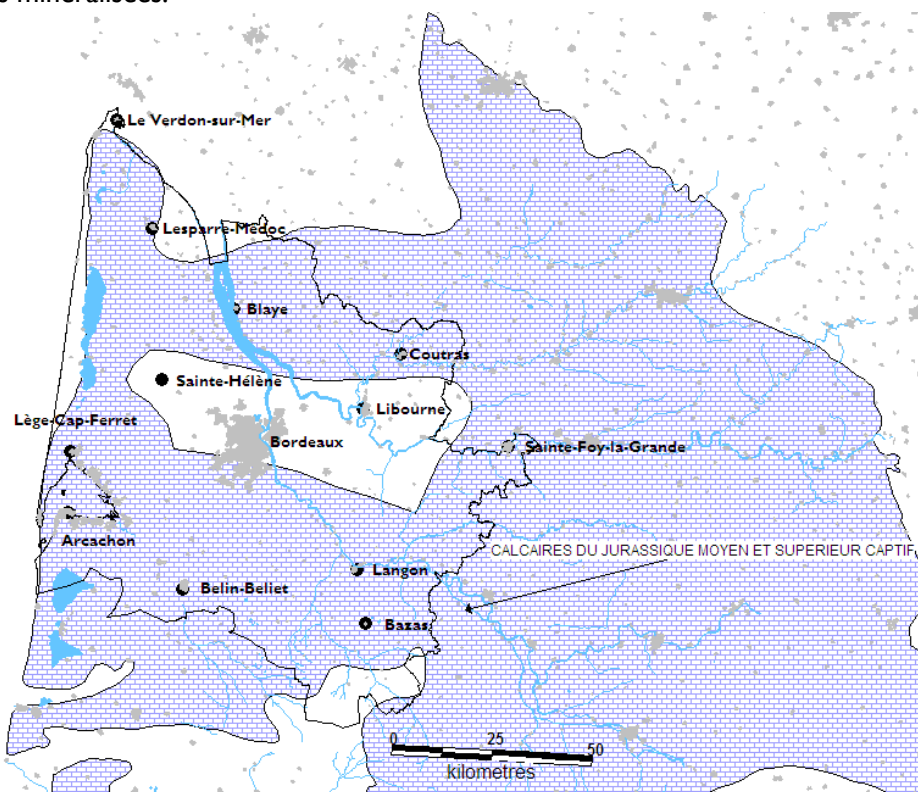


Illustration 14 : Emprise de la masse d'eau 5080 (Jurassique moyen et supérieur captif) (BRGM)

1.3.3 Le Crétacé supérieur

Les formations du Crétacé inférieur n'étant que peu exploitables en Gironde, la série suivante correspond au Crétacé supérieur.

Ce système se compose de deux grands sous-systèmes (la base et le sommet du Crétacé supérieur) qui s'étendent sur la totalité du sous-sol du département.

La base du Crétacé supérieur (Cénomanien à Santonien), située entre 50 et 1 100 mètres de profondeur, est constituée de calcaires, de sables et de dolomies. Ces formations fournissent des débits importants allant de 100 à 200 m³/h par forage et une eau généralement de bonne qualité. Des teneurs en fer, en fluor, en sulfates et en potassium supérieures aux limites de potabilité ont néanmoins été observées localement.

Les eaux sont principalement utilisées pour la géothermie dans la région bordelaise (eaux à environ 50°C) et pour l'eau potable dans le sud Gironde ou, malgré des excès en fluor, dans le Nord-Médoc.

Le sommet du Crétacé supérieur (Campano-Maastrichien), situé entre 0 et 700 mètres de profondeur, est constitué de calcaires qui fournissent des débits compris entre 50 et 200 m³/h par forage. Les eaux sont généralement de bonne qualité malgré des teneurs en fer, en fluor, en sulfates et en potassium qui peuvent être supérieures aux limites de potabilité.

Le principal usage correspond à l'eau potable mais les eaux du sommet du Crétacé supérieur sont aussi utilisées pour la géothermie.

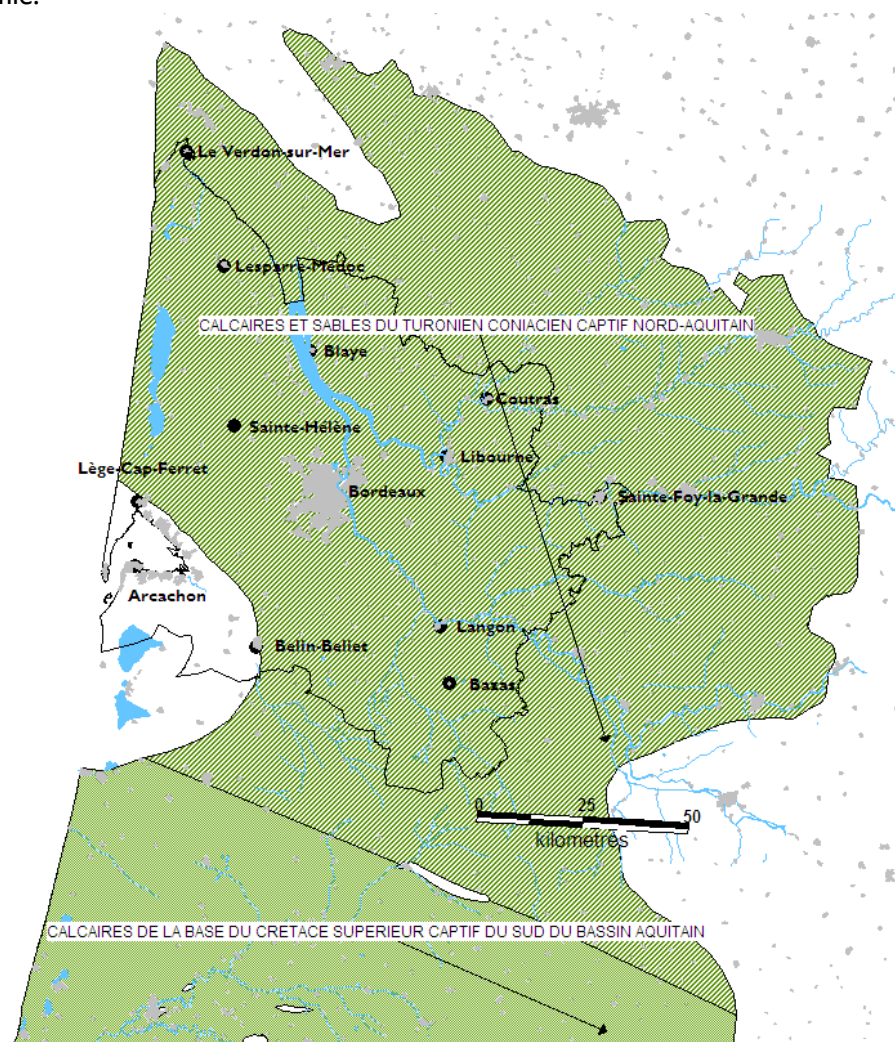


Illustration 15 : Emprise des masses d'eau 5073 (Cénomanien-Turonien-Coniacien captif nord-aquitain) et 5091 (Calcaires Cénomanien-Turonien-Coniacien captif sud-aquitain) (BRGM)

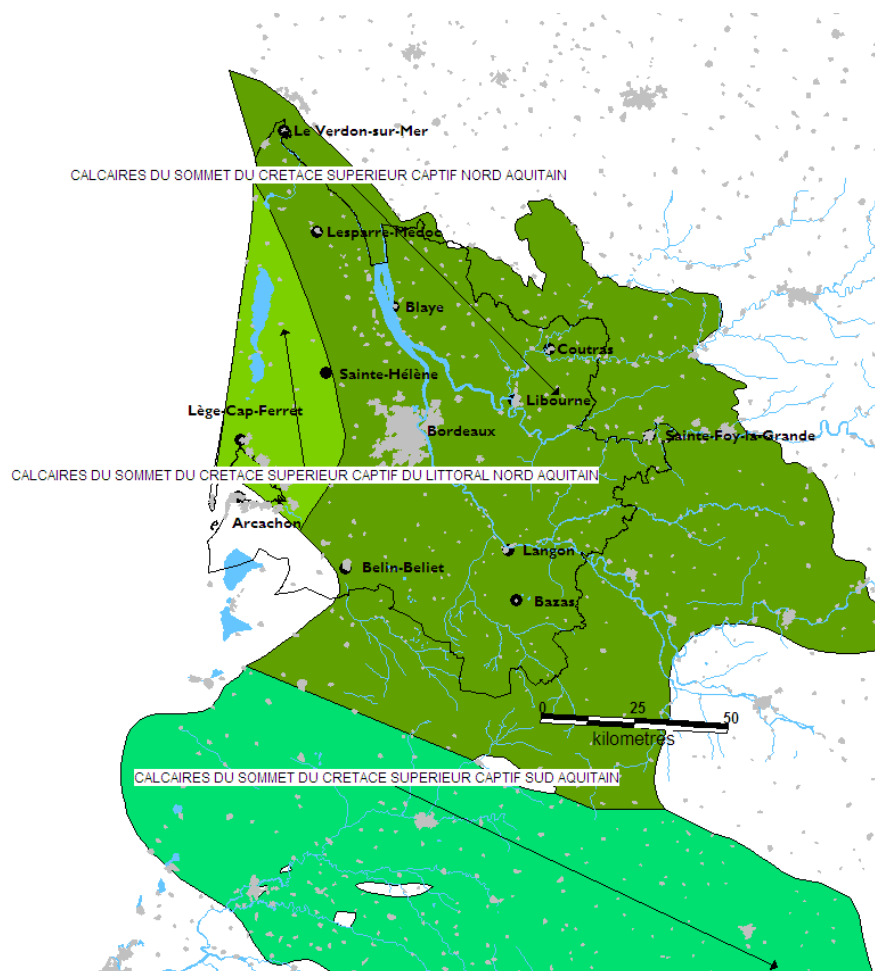


Illustration 16 : Emprise des masses d'eau 5072 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif nord aquitain), 5100 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif du littoral nord aquitain), 5081 (Calcaires du sommet du Crétacé supérieur captif sud aquitain) (BRGM)

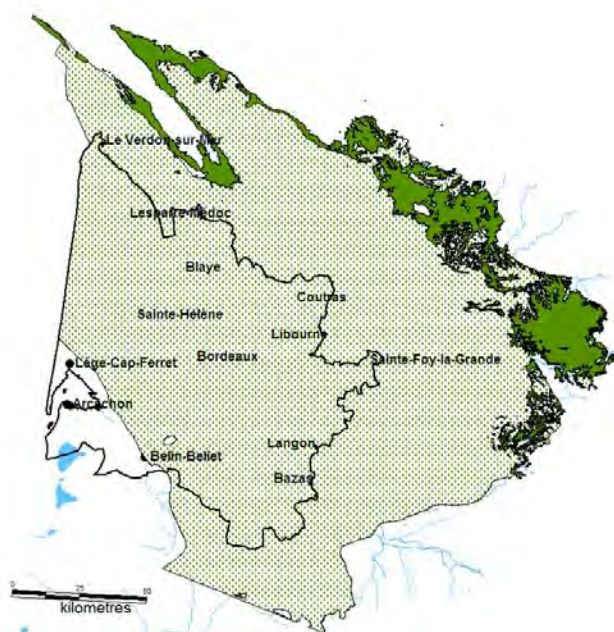
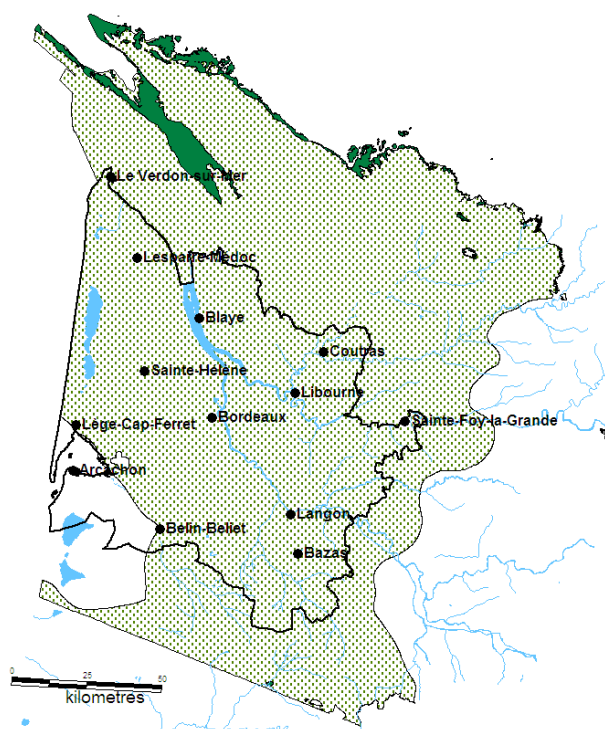


Illustration 17 : Systèmes aquifères du Cénomanien à gauche et du Turonien-Coniacien à droite (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

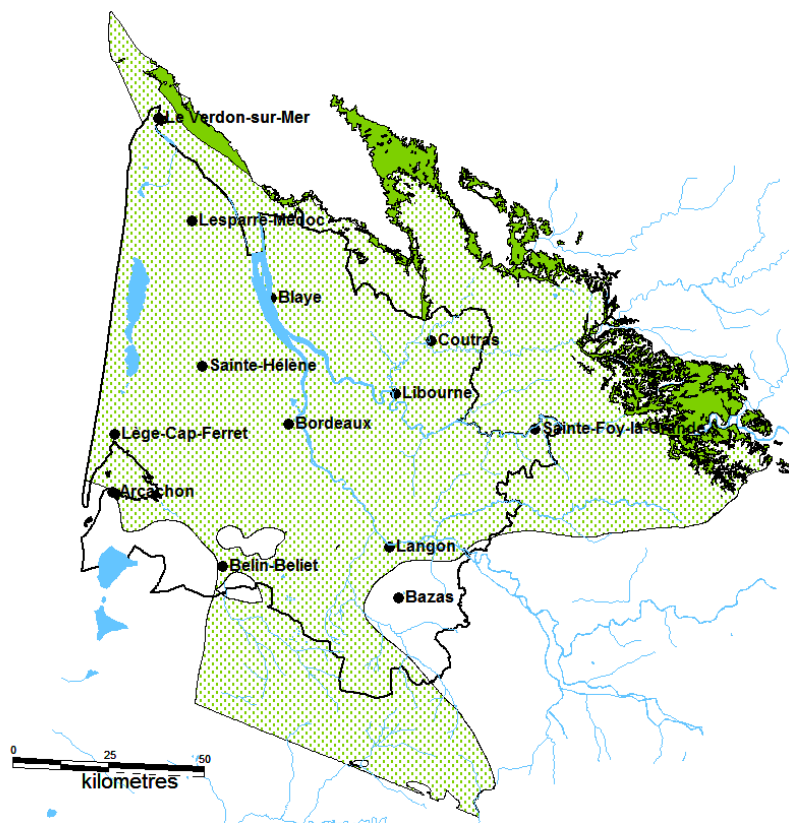


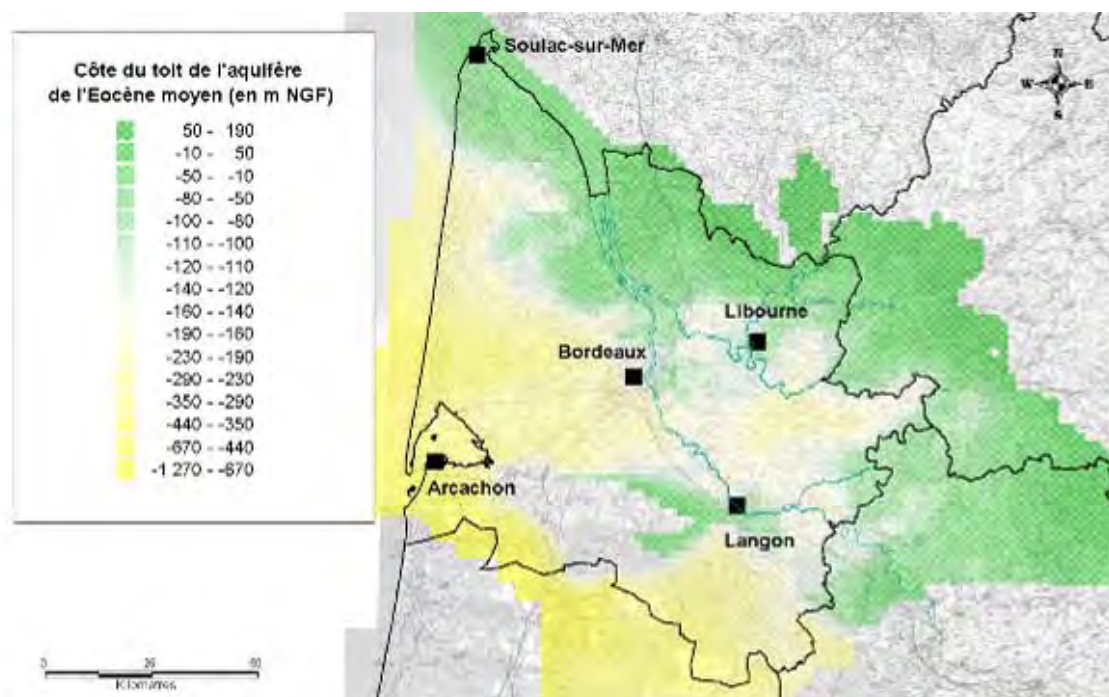
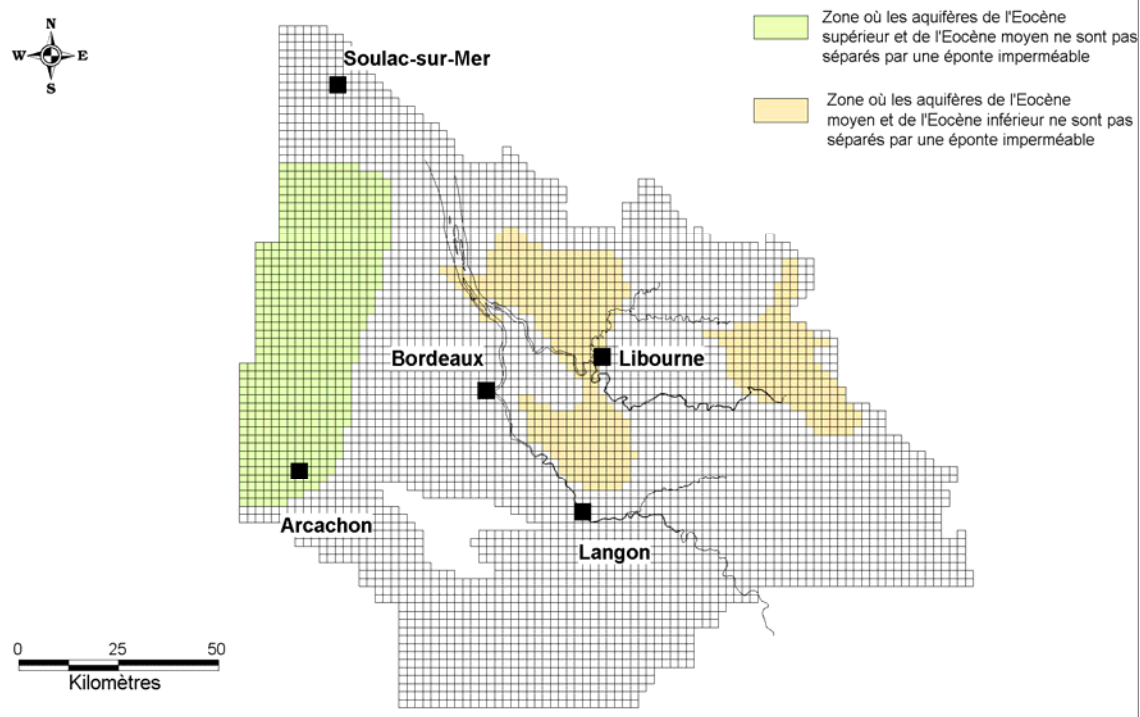
Illustration 18 : Systèmes aquifères du Campano-Maastrichtien (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

I.3.4 L'Eocène

Le système aquifère éocène s'étend sur la totalité du département de la Gironde (cf. illustration 20) à l'exception de l'anticlinal de Villagrains-Landiras. Il se situe entre 100 et plus de 500 mètres de profondeur. Il est constitué de plusieurs niveaux superposés de sables, de graviers, d'argiles, de marnes et de calcaires allant de l'Eocène inférieur à l'Eocène supérieur. Les forages fournissent des débits de l'ordre de 100 à 200 m³/h.

Le principal complexe aquifère est constitué par l'Eocène inférieur à moyen. Les formations de l'Eocène supérieur ne sont pas présentes sur tout le département et ne sont pas systématiquement aquifères.

L'Eocène inférieur à moyen :



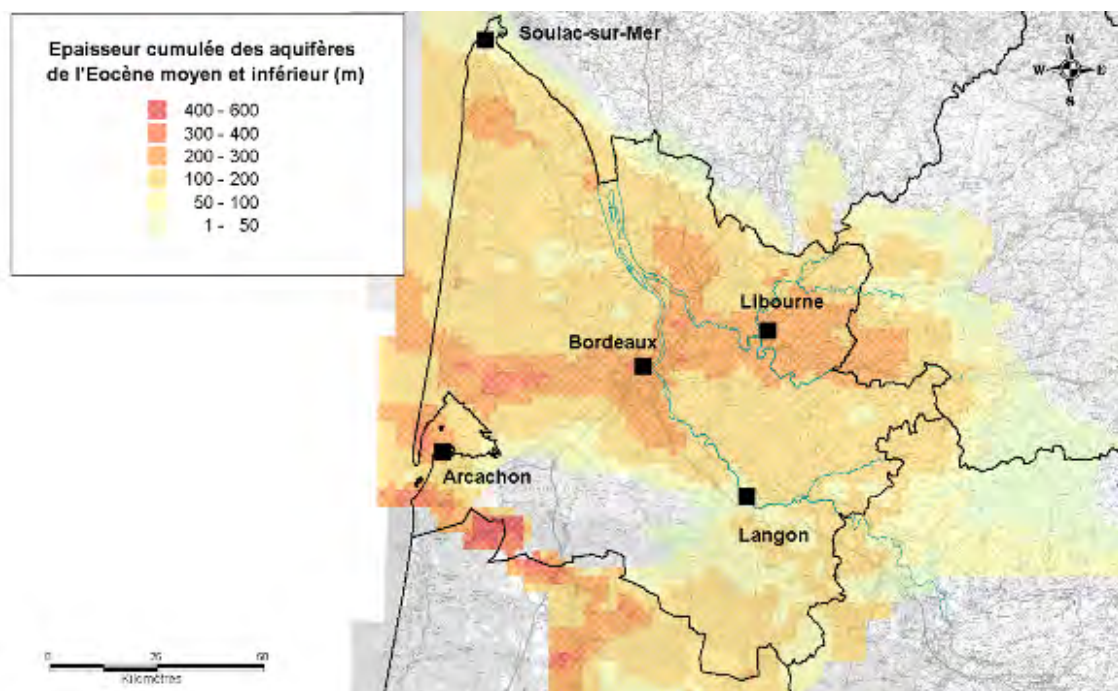


Illustration 19 : Caractéristiques géométriques de l'aquifère éocène inférieur à moyen (BRGM)

Les eaux sont généralement d'excellente qualité, à l'exception des teneurs en fer qui, souvent élevées, imposent presque toujours un traitement des eaux.

Au droit d'un domaine dit "minéralisé" situé entre la Garonne et la Dordogne, de Grignols dans le Bazadais à Lamarque dans le Médoc, les eaux présentent des teneurs en fer et en fluor supérieures aux limites de potabilité ainsi que de fortes concentrations en calcium, chlorures, sodium et sulfates.

Au droit de l'anticlinal de Blaye-Lamarque, l'aquifère est en communication avec le système estuarien de la Gironde qui est constitué du fleuve proprement dit mais aussi de nappes d'eaux souterraines fortement minéralisées piégées sous les argiles du Flandrien. Des invasions par des eaux saumâtres à salées sont observées dans le secteur de la Pointe de Grave et en bordure de l'estuaire, dans sa partie aval.

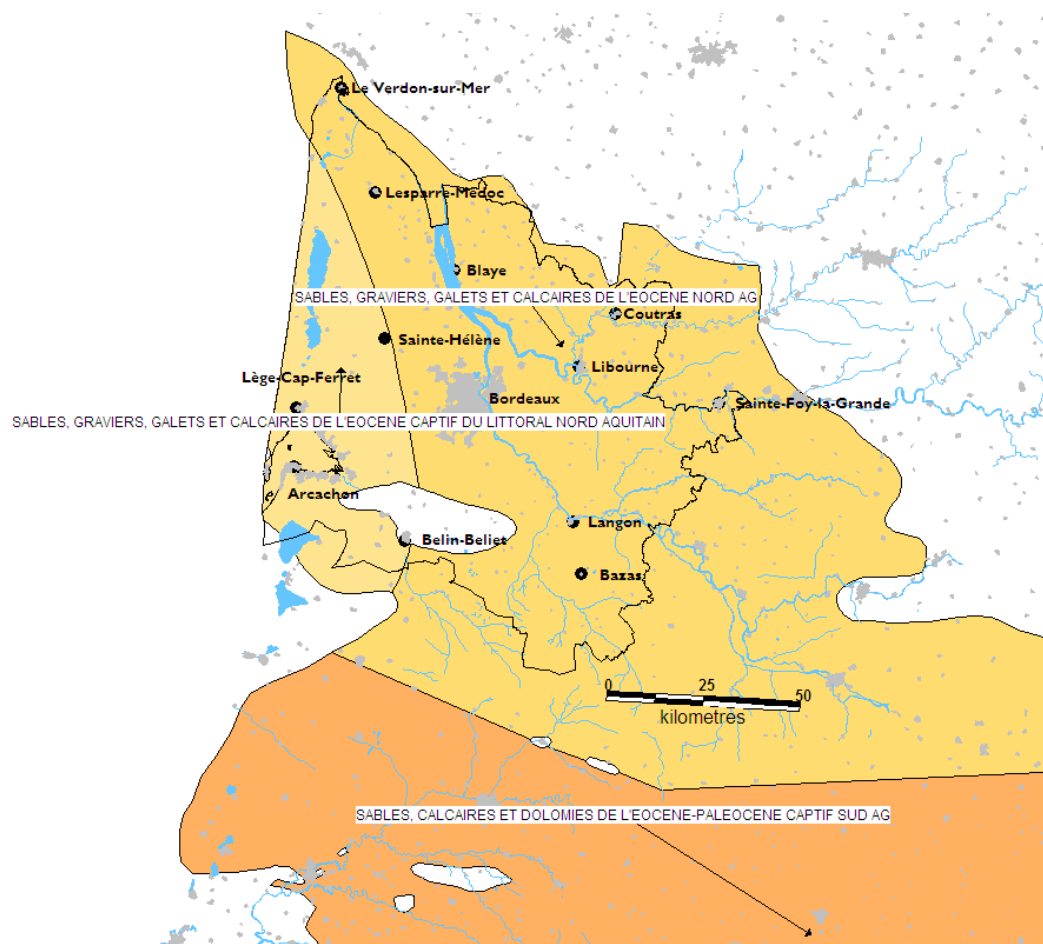


Illustration 20 : Emprise des masses d'eau 5071 (Sables, graviers, galets et calcaires de l'Eocène captif du littoral nord aquitain), 5101 (Sables, graviers, galets et calcaires de l'Eocène captif nord aquitain) et 5082 (Sables, calcaires et dolomies de l'Eocène-Paléocène captif sud AG) (BRGM)

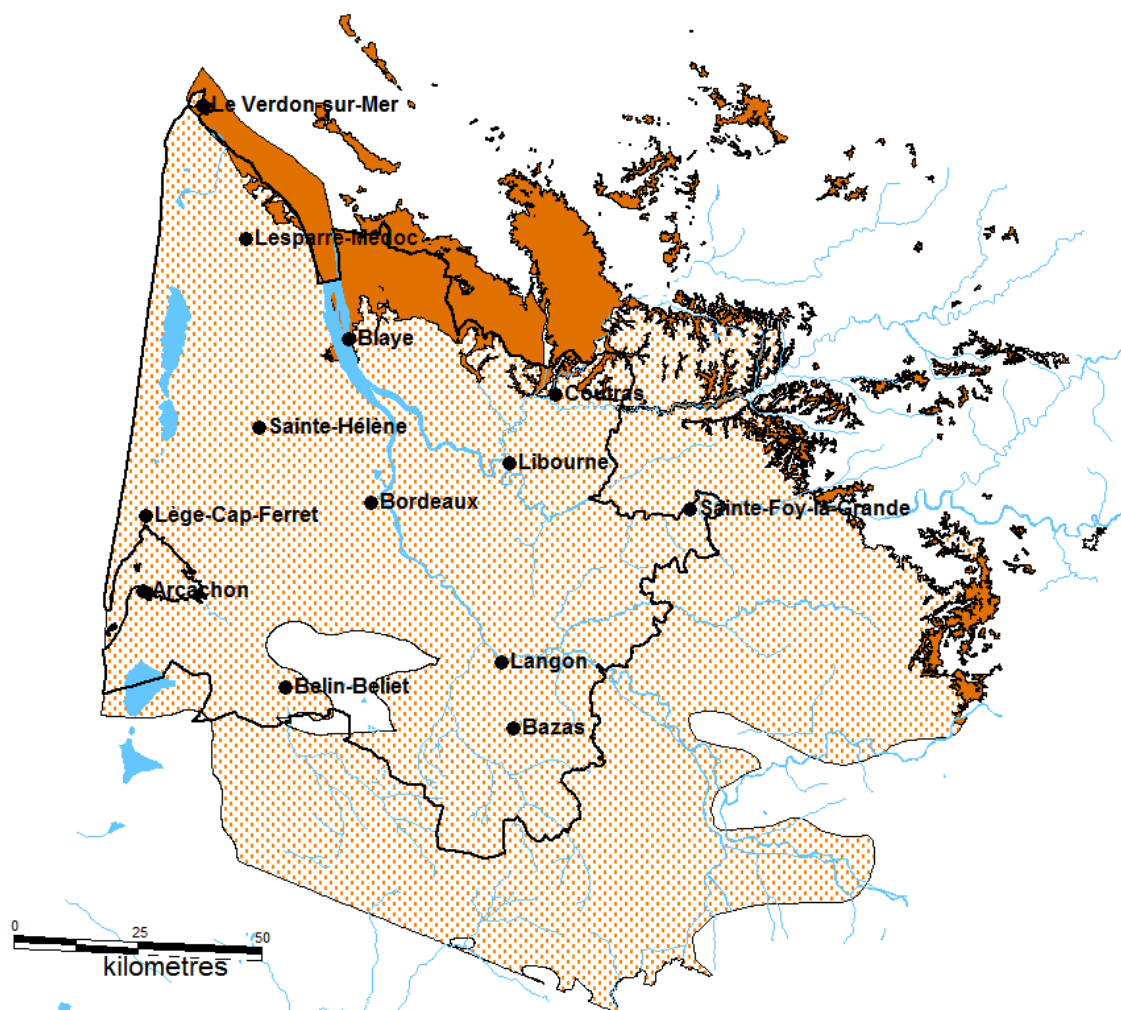


Illustration 21 : Systèmes aquifères de l'Eocène inférieur à moyen (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

Les eaux de la nappe de l'Eocène sont principalement utilisées pour l'alimentation en eau potable. Elles sont aussi utilisées par les industries dans la région bordelaise, pour l'embouteillage en tant qu'eau minérale naturelle à Arcachon et, dans une très faible proportion, pour l'irrigation à proximité des zones d'affleurement.

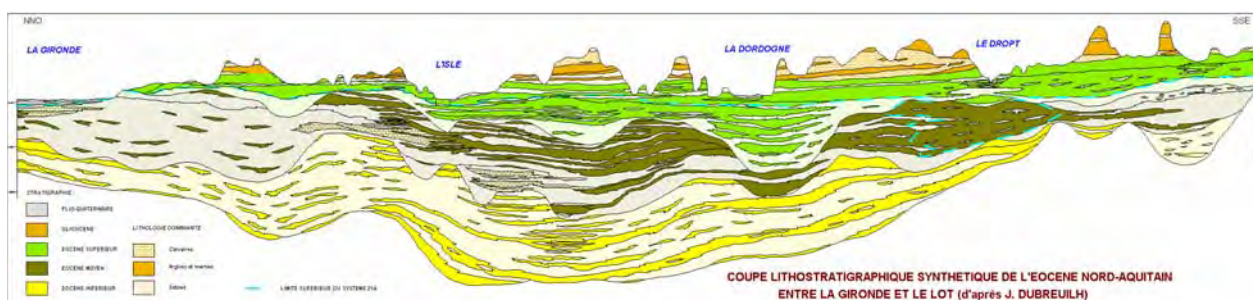


Illustration 22 : Coupe synthétique de l'Eocène Nord-Aquitain entre la Gironde et le Lot (BRGM)

L'Eocène supérieur :

Sont cartographiées ici ses principales composantes :

- les sables fluviatiles du Libournais ;
- la formation des sables de Boisbretreau ;
- les calcaires de l'Eocène supérieur.

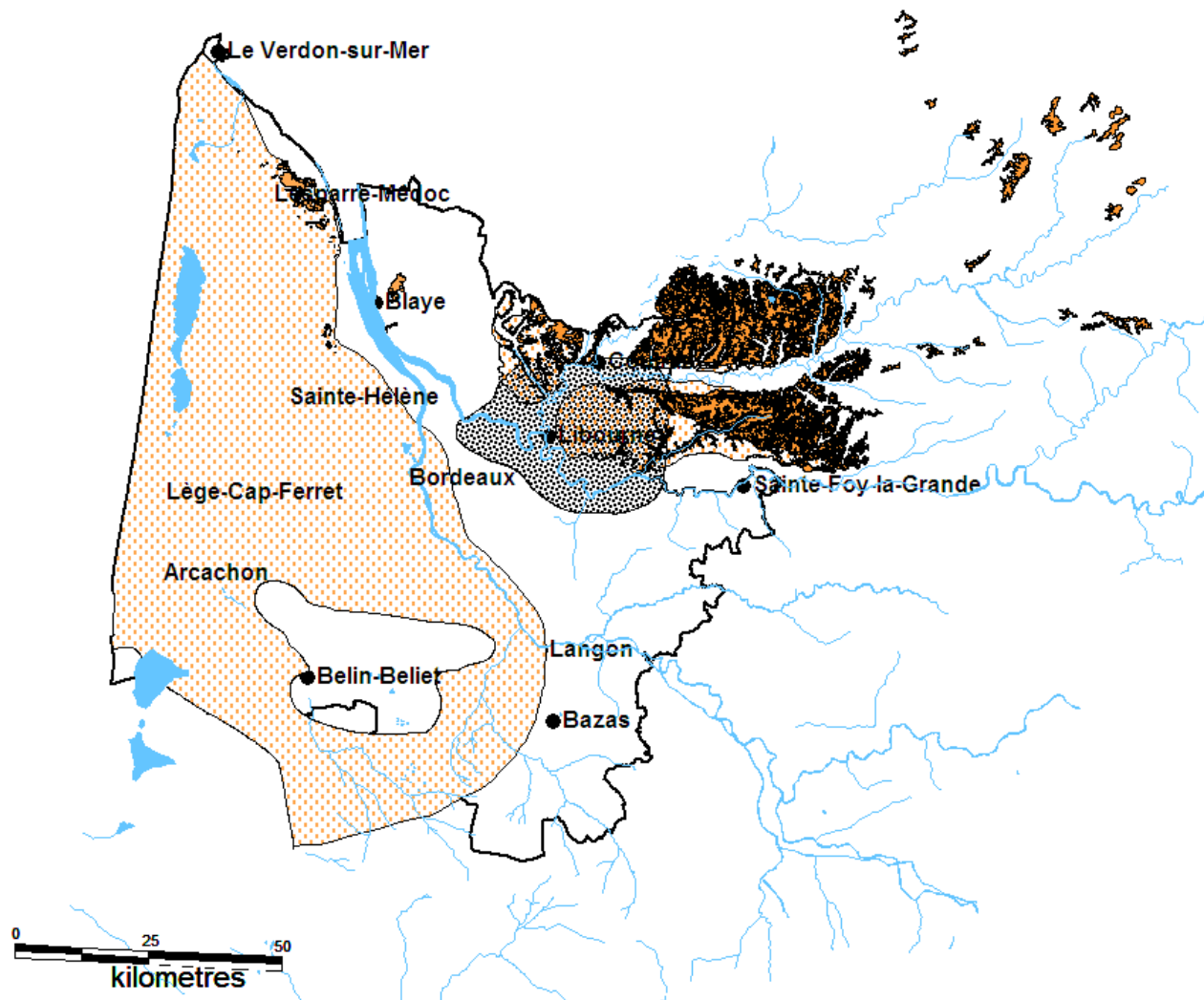


Illustration 23 : Systèmes aquifères de l'Eocène supérieur (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) : calcaires de l'Eocène supérieur dans le Médoc, Sables du libournais et de Boisbretreau (en points noirs) dans le libournais (BRGM)

I.3.5 L'Oligocène

Les systèmes aquifères de l'Oligocène sont essentiellement formés de calcaires et de calcaires gréseux et s'étendent :

- d'une part, sur toute la partie du département située à l'ouest de la Garonne, entre 0 et 500 mètres de profondeur,
- d'autre part sur les **plateaux calcaires de l'Entre-deux-Mers** qui ne constituent pas une masse d'eau au sens du SDAGE et sont différenciés, en tant qu'aquifère, du reste des formations oligocènes précitées (cf. illustration 24).

Les forages implantés à l'ouest de la Garonne permettent d'exhauser des débits de l'ordre de 100 à 200 m³/h. Le système aquifère se caractérise aussi par l'existence de sources de trop-plein qui sont captées pour l'alimentation en eau potable de la région bordelaise et qui présentent des débits très importants (100 à plus de 1 000 m³/h). La productivité des calcaires de l'Entre-deux-Mers est moindre : 30 à 50 m³/h dans les meilleurs cas.

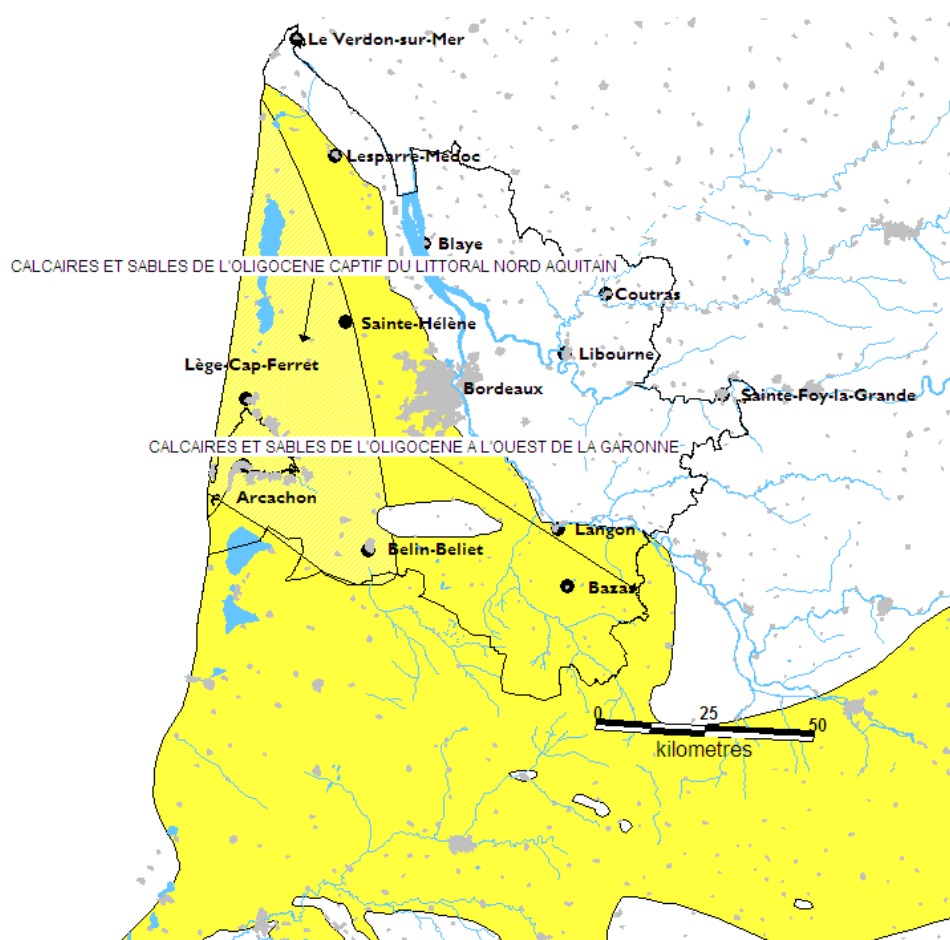


Illustration 24 : Emprises des masses d'eau 5102 (Calcaires et sables de l'Oligocène captif du littoral nord aquitain) et 5083 (Calcaires et sables de l'Oligocène à l'ouest de la Garonne) (BRGM)

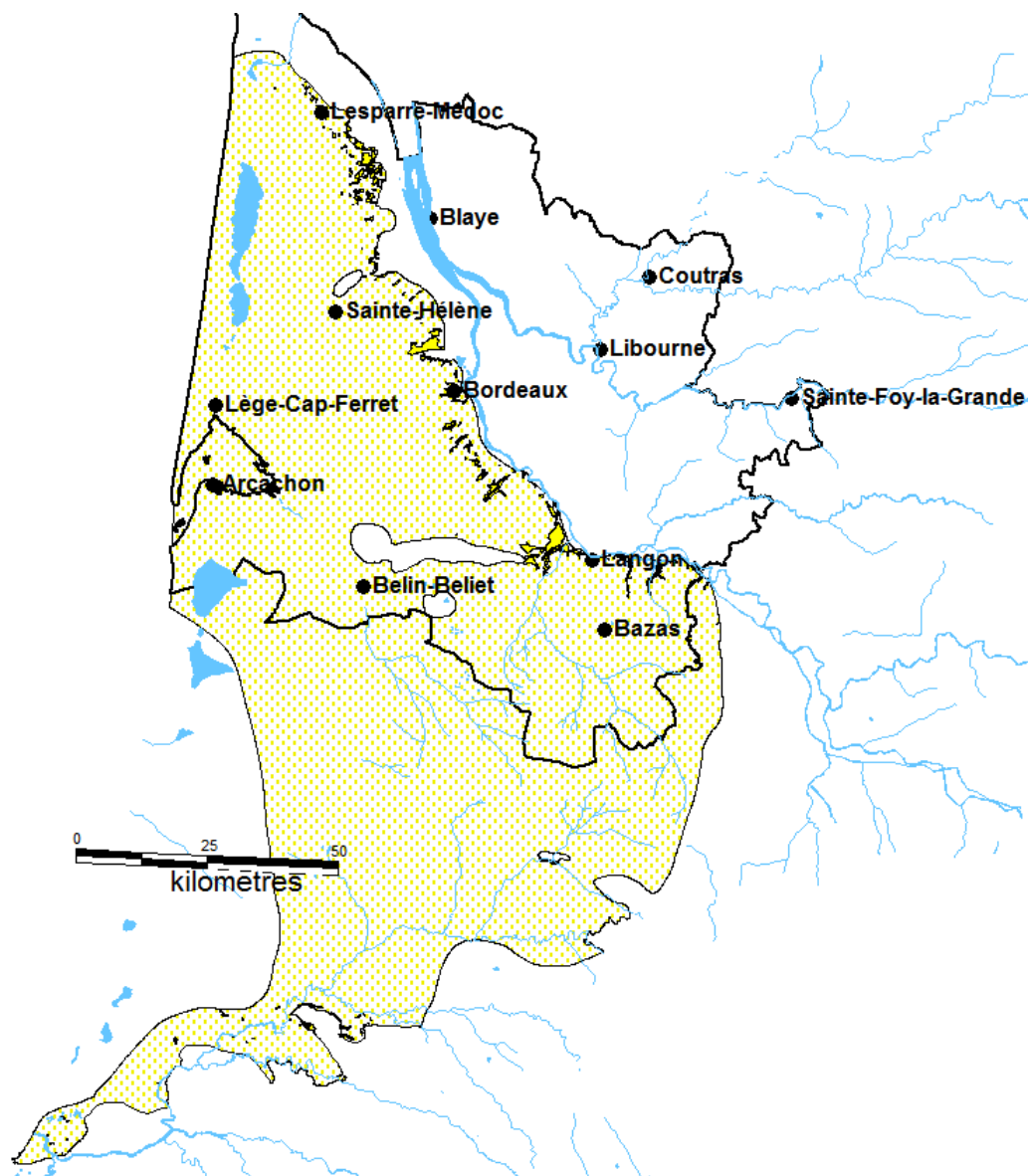


Illustration 25 : Système aquifères des calcaires à astéries de l'Oligocène (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

Les eaux sont généralement d'excellente qualité. Dans les zones proches des affleurements, en bordure de la Garonne, la nappe est libre, sensible aux pollutions de surface et peut drainer des aquifères sus-jacents chargés en fer. Dans le sud-est du département, des concentrations naturellement élevées en fluor et en sulfates peuvent aussi être rencontrées.

La nappe est principalement utilisée pour l'eau potable et, dans une moindre mesure, pour l'irrigation, notamment dans le Médoc.

I.3.6 Le Miocène

Le système aquifère Miocène est un multicouche. Deux niveaux aquifères principaux peuvent être distingués : celui de l'Aquitaniens-Burdigalien qui occupe l'ouest et le sud du département, au-delà d'une ligne Naujac-sur-Mer/Langon et celui du Langhien-Serravallien (anciennement Helvétien) qui surmonte le précédent et qui se développe dans le sud-ouest du département (Cf. illustration 26 et illustration 27).

L'aquifère se situe entre 0 et 150 mètres de profondeur. Il est constitué de plusieurs niveaux de sables et de calcaires (faluns) et de sables verts à proximité du littoral. Les forages fournissent des débits moyens, de l'ordre de 50 à 80 m³/h par forage.

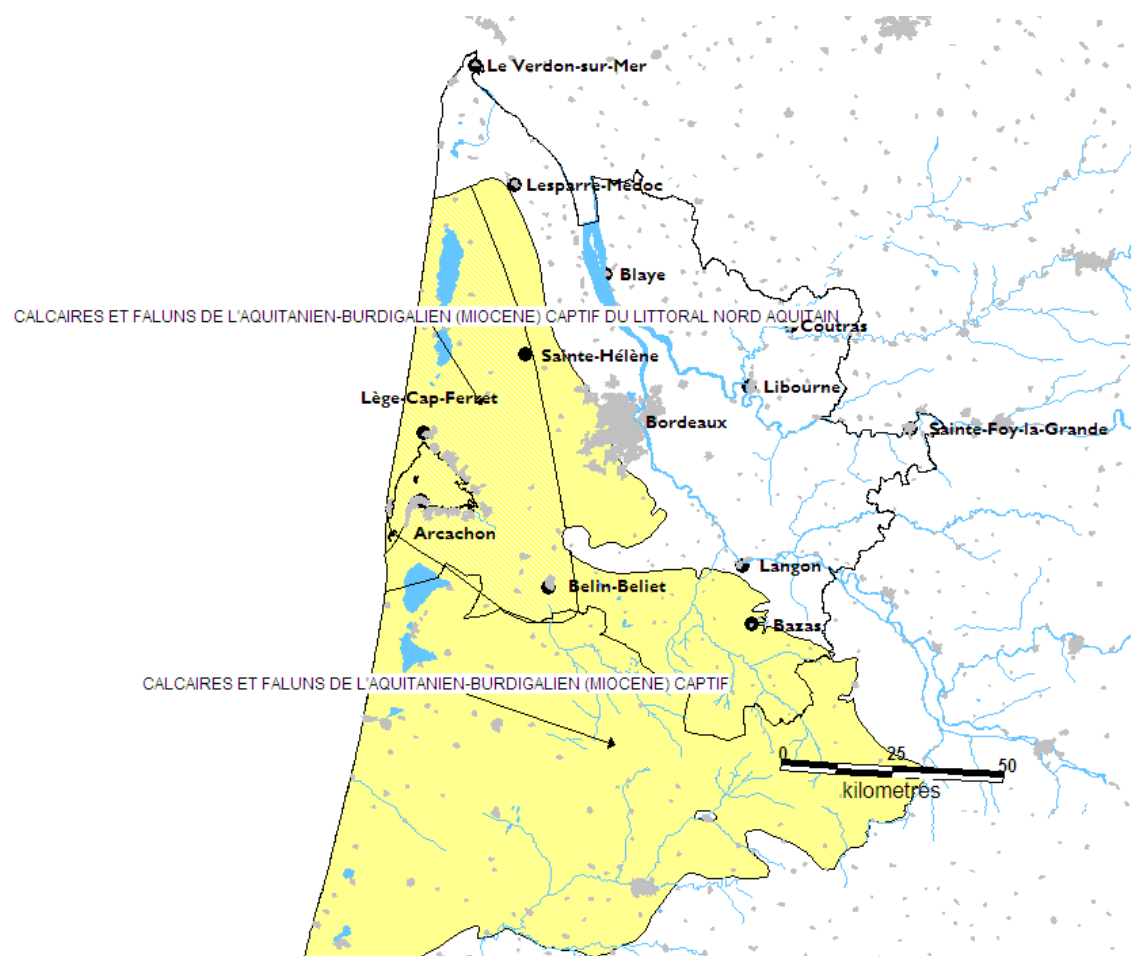


Illustration 26 : Série Miocène - Emprises des masses d'eau 5103 (Calcaires et faluns de l'Aquitanién-Burdigalien captif du littoral nord aquitain) et 5070 (Calcaires et faluns de l'Aquitanién-Burdigalien captif) (BRGM)

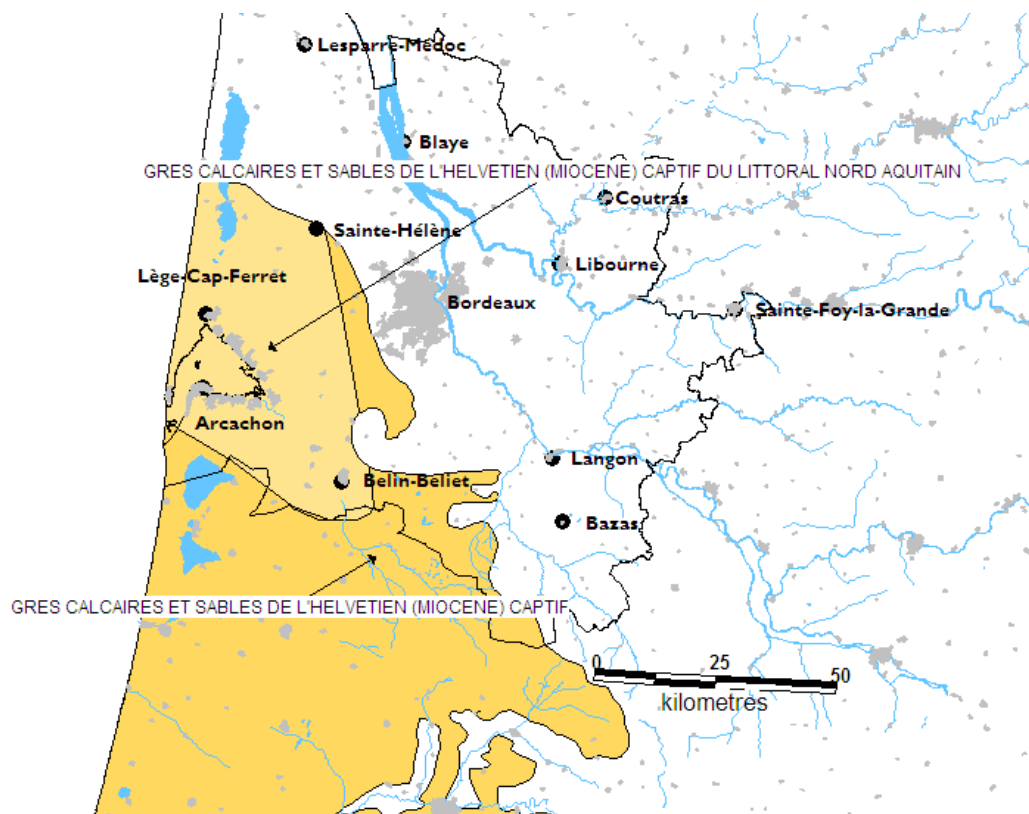


Illustration 27 : Série Miocène - Emprises des masses d'eau 5084 (Grès, calcaires et sables de l'Helvétien captif) et 5104 (Grès, calcaires et sables de l'Helvétien captif du littoral nord aquitain) (BRGM)

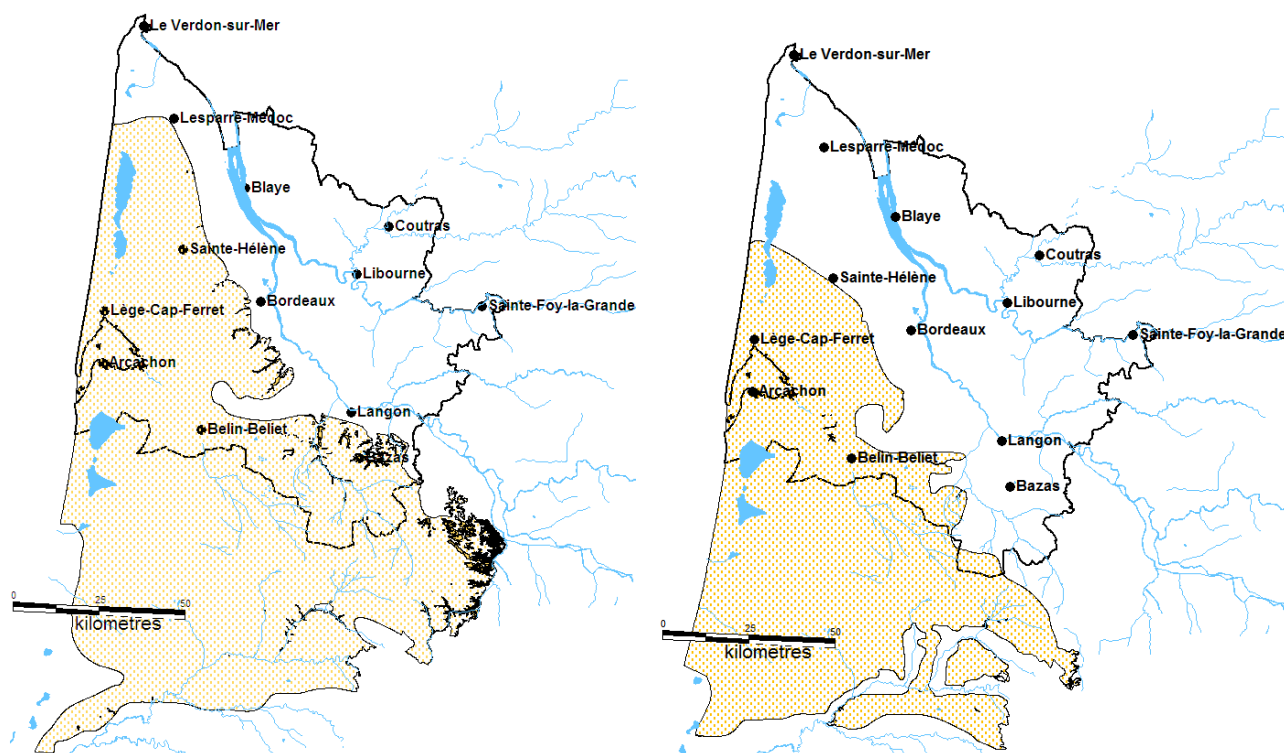


Illustration 28 : Systèmes aquifères miocènes de l'Aquitainien-Burdigalien à gauche et du Langhien-Serravallien à droite (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

Les eaux sont généralement de bonne qualité. Toutefois, dans les secteurs où l'aquifère est en liaison hydraulique avec la nappe du "Sable des Landes", les teneurs en fer peuvent être élevées. De l'arsenic, a priori d'origine naturelle, a été identifié dans le secteur de Captieux et des nitrates ont été détectés dans les eaux des sources du Sauternais et du Bazadais. A proximité du littoral atlantique, la qualité des eaux est généralement excellente.

Cette nappe est majoritairement utilisée pour l'irrigation et dans une moindre mesure pour l'alimentation en eau potable.

1.3.7 Le Plio-Quaternaire

Bien que non concernées par le SAGE, les formations plio-quaternaires aquifères ont une grande importance car elles participent à l'alimentation des nappes sous jacentes qui nous intéressent. Elles sont représentées par :

- la "nappe des graviers de base" qui correspond au système aquifère captif du Pliocène (cf. illustration 29) ;
- la nappe sus-jacente dite du "Sable des Landes" qui correspond à une succession de réservoirs interconnectés (cf. illustration 30) ;
- les différents systèmes alluviaux (Garonne, Dordogne, Leyre etc.) : cf. illustration 30.

Les sables et graviers du Pliocène fournissent des débits importants (de 50 à 100 m³/h) et renferment des eaux qui peuvent être acides et riches en fer.

Ces caractéristiques chimiques se retrouvent également fréquemment dans la nappe sus-jacente du Sable des Landes qui est parfois en connexion avec l'aquifère pliocène.

En règle générale, les eaux issues des formations pliocènes et du Sable des Landes sont utilisées pour l'irrigation et l'injection d'eau douce dans les réservoirs pétroliers.

Les formations alluviales renferment, quant à elles, des eaux qui peuvent être très vulnérables vis-à-vis des pollutions anthropiques et se caractérisent souvent par la présence de nitrates et de pesticides, en particulier dans les secteurs agricoles. Ces ressources sont généralement utilisées pour l'irrigation, l'arrosage des espaces verts et l'industrie.

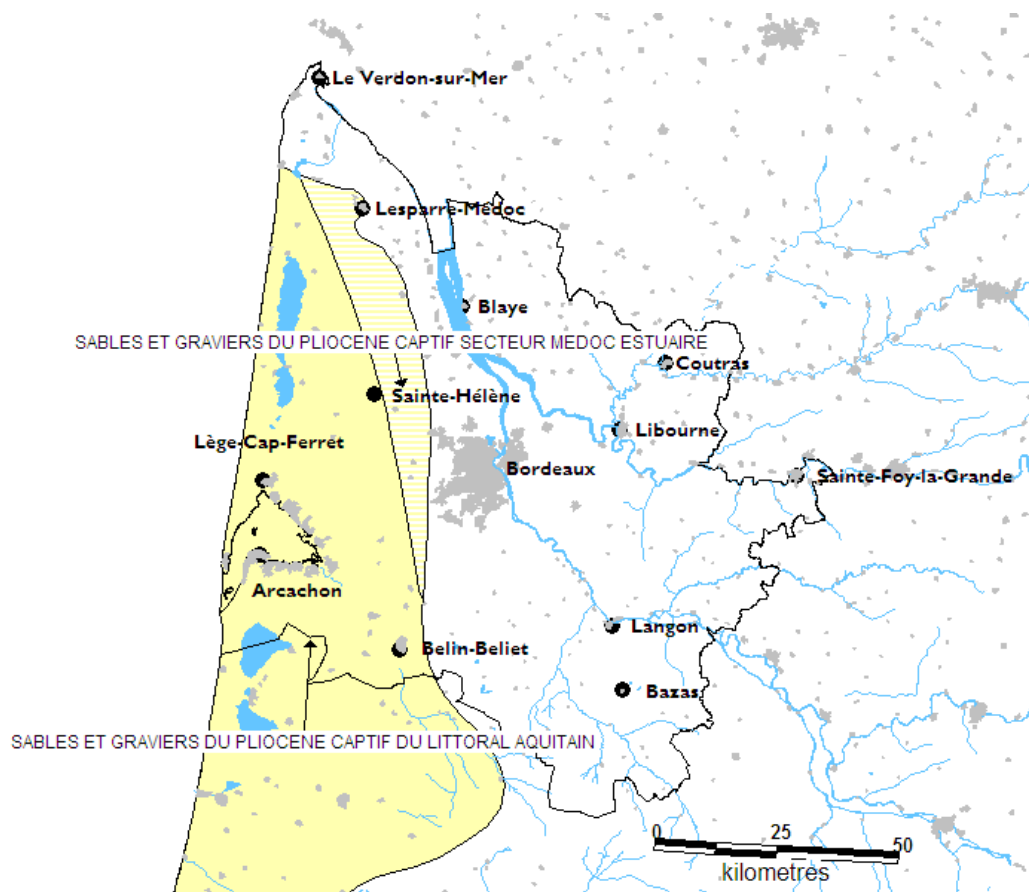


Illustration 29 : Emprises des masses d'eau 5074 (Sables et graviers du Pliocène captif secteur Médoc-Estuaire) et 5105 (Sables et graviers du Pliocène captif du littoral aquitain) (BRGM)

1.3.8 Extension spatiale des réservoirs en Gironde

Géographiquement les eaux souterraines sont diversement réparties dans le sous-sol de la Gironde sachant que :

- certains réservoirs ne sont pas présents sur la totalité du territoire girondin,
- quelle que soit leur extension, les réservoirs présentent des caractéristiques variables dans l'espace.

Réservoirs à l'affleurement

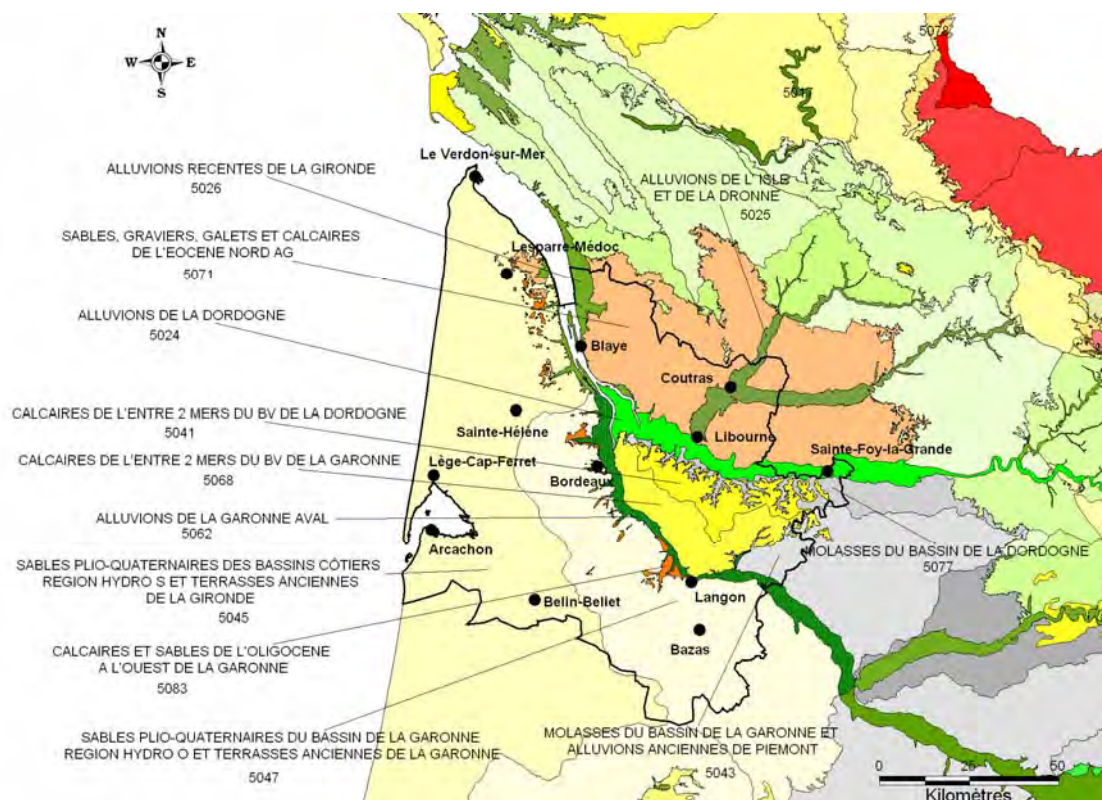


Illustration 30 : Emprise des masses d'eau libres sur le département de la Gironde (BRGM)

Réservoirs captifs

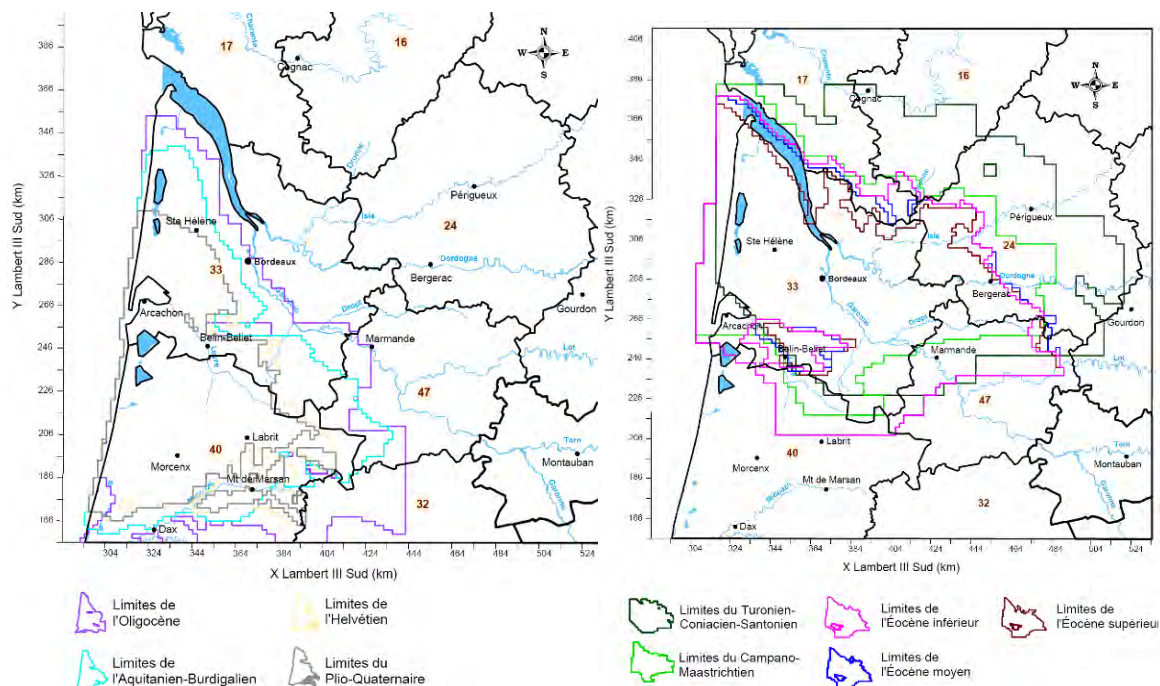


Illustration 31 : Extension générale des réservoirs captifs en Gironde (d'après le Modèle Nord Aquitain BRGM)

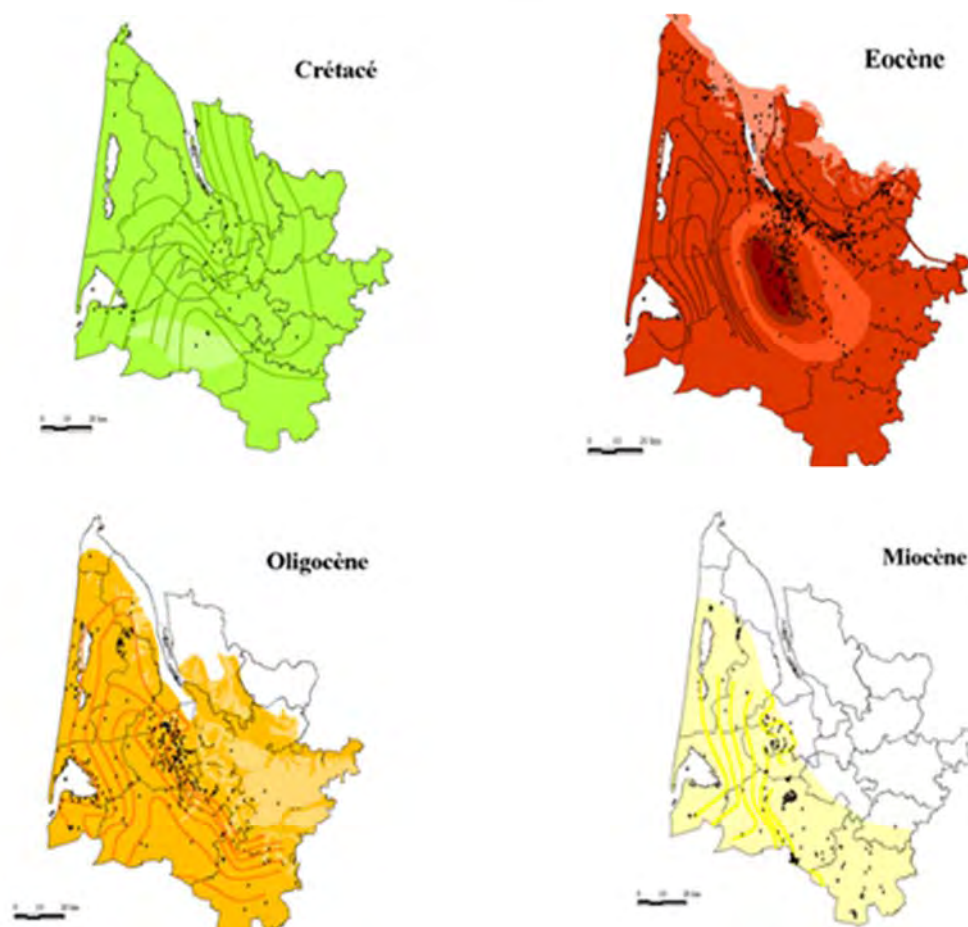


Illustration 32 : Extension générale des nappes du SAGE Nappes profondes de Gironde (BRGM)

Dans le Médoc, tous les systèmes aquifères sont représentés. Ils se répartissent selon deux domaines relativement indépendants, séparés par une crête piézométrique, l'un s'écoulant vers la Gironde et l'autre vers le littoral.

Dans le sud-ouest du département, cette situation se poursuit autour du Bassin d'Arcachon. Suivant une ligne de crête définie par un axe Faille - Salles - Belin, les couches géologiques remontent et les terrains du tertiaire (Miocène, Oligocène, Eocène) s'amincissent et disparaissent. Sur l'anticlinal de Villagrains - Landiras, le Crétacé est à l'affleurement sans couverture tertiaire.

À l'Est d'une ligne Langon – Bazas, l'Oligocène se réduit considérablement. Il peut disparaître ou contenir des eaux minéralisées.

Dans l'Entre-deux-Mers, le Miocène est absent. L'Oligocène forme des plateaux entaillés par les ruisseaux jusqu'à la base de la couche. La quasi-totalité des eaux se trouve drainée et seules quelques sources (Fontcaube) sont utilisables pour l'alimentation en eau potable dans cette zone. Les eaux de l'Eocène moyen étant minéralisées (fluor) et le Crétacé sous-jacent mal connu en profondeur, l'Oligocène demeure le principal réservoir exploitable avec les Sables du Libournais de l'Eocène supérieur qui s'étendent vers le Nord.

Dans les Hauts de Gironde, le Blayais et le Bec-d'Ambès, le Miocène et l'Oligocène sont absents mais l'Eocène, et dans une bien moindre mesure le Crétacé, représentent des ressources intéressantes.

Dans le sous-sol girondin, le Miocène n'existe que vers l'Ouest. L'Oligocène est à faible profondeur et représente une ressource abondante de Langon à Lesparre, mais très vulnérable dans ses zones d'affleurement. Les trop-pleins de cette nappe donnent naissance à d'importantes sources captées pour l'alimentation en eau potable de la Communauté Urbaine de Bordeaux (Budos au sud, Gamarde et le Thil à St-Médard-en-Jalles). Ces nappes contribuent à l'alimentation des Jalles et des ruisseaux affluents de la Garonne. Vers l'Ouest, la nappe de l'Oligocène devient rapidement captive, elle présente une productivité importante et bénéficie d'une bonne protection.

Sous l'agglomération bordelaise, l'Eocène et le Crétacé constituent d'importants réservoirs aquifères bien protégés.

Les réserves en eaux souterraines sont réparties de manière inégale dans le sous-sol de la Gironde.

La présence simultanée de tous les réservoirs du Miocène, de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur ne s'observe réellement qu'à l'ouest du Médoc, autour du bassin d'Arcachon et dans le Sud Est du département.

I.4 Etat piézométrique

I.4.1 Organisation du suivi technique

Dès 1955, les premiers constats et les travaux universitaires (Schoeller) avaient attiré l'attention des autorités sur la nécessité de contrôler les effets des prélèvements sur l'évolution piézométrique de la nappe captive des sables de l'Eocène moyen. Le Préfet de la Gironde confiait en 1958 au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) un inventaire des ressources hydrauliques du département. Un Service Géologique Régional Aquitaine était alors créé à Bordeaux. Par décret du 21 avril 1959 était décidée l'application du décret-loi du 8 août 1935 au département de la Gironde. A cette date, la réalisation de forages profonds de plus de 60 mètres devient soumise à autorisation.

Depuis, les actions de Service Public du BRGM et du Conseil général de la Gironde et à partir de 1997 de l'Agence de l'Eau Adour Garonne, ont permis :

- d'effectuer l'inventaire des ressources de la "région bordelaise", du bassin d'Arcachon, puis de l'ensemble du département ;
- de mettre en place des enregistreurs de niveaux sur des ouvrages et des piézomètres existants afin de connaître les évolutions piézométriques des nappes sous les effets des prélèvements ;
- de collecter et de valoriser les données historiques de niveaux, prélèvements, ainsi que les qualités physico-chimiques des eaux souterraines profondes.

I.4.2 Les réseaux de surveillance piézométrique

Les différents réseaux de mesure

Les points de surveillance piézométrique suivis par le BRGM se répartissent entre le Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et les réseaux complémentaires. La maîtrise d'ouvrage de ces réseaux est assurée par le BRGM pour le RCS et par le Conseil général pour les complémentaires. En Gironde, ce suivi est assuré depuis plus de 50 ans.

Le réseau de contrôle de surveillance (RCS) est destiné à une connaissance de l'état général des masses d'eau souterraines au titre de la Directive cadre européenne sur l'eau. Il est opérationnel depuis 2008, défini à partir des points des réseaux initiaux (réseau patrimonial et réseaux départementaux).

Le réseau complémentaire départemental (RCD) est destiné à une connaissance plus locale des nappes avec des points choisis en fonction de problématiques spécifiques (surexploitation de l'Oligocène au sud de Bordeaux, domaine minéralisé, etc.). Opérationnel depuis 2008, il se compose des points des réseaux initiaux non retenus dans le RCS.

Le réseau complémentaire permet, quant à lui, de densifier l'information piézométrique par le biais de mesures annuelles réalisées sur des points qui ne sont pas tous systématiquement les mêmes d'une année sur l'autre.

Les points d'observation des trois réseaux font l'objet de mesures qui sont soit réalisées à la sonde manuelle à la fréquence mensuelle, trimestrielle ou annuelle, soit réalisées au moyen de dispositifs d'enregistrement en continu (appareil d'acquisition numérique) relevés ou télétransmis à des fréquences régulières.

Un réseau de surveillance au titre de la police de l'eau est en cours de définition. Il se superposera aux réseaux existants, et sera composé de points du RCS et du RCD auxquels sera affectée une vocation spécifique police de l'eau.

Points de suivi

L'illustration 33 présente la répartition, nappe par nappe, des ouvrages suivis au 31 décembre 2008 dans le cadre des réseaux de surveillance piézométrique en Gironde.

2008 bis	Réseau patrimonial			Réseau départemental			Réseau complémentaire
	C*	M*	T*	C*	M*	T*	Annuels
Plio-Quaternaire	12	4	1	5	1	1	
Miocène	1	4	0	3	1	6	
Oligocène	3	6	0	13	4	17	
Eoc. supérieur	0	6	0	0	0	0	
Eoc. moy. à inf.	8	3	0	20	8	33	
Crét. Sup. et Jur.	4	7	1	1	0	6	
Total	28	30	2	42	14	63	236

* : C : suivi continu, M : mesures manuelles mensuelles, T : mesures manuelles trimestrielles

Illustration 33 : Répartition des points de mesures piézométriques en 2008 (BRGM)

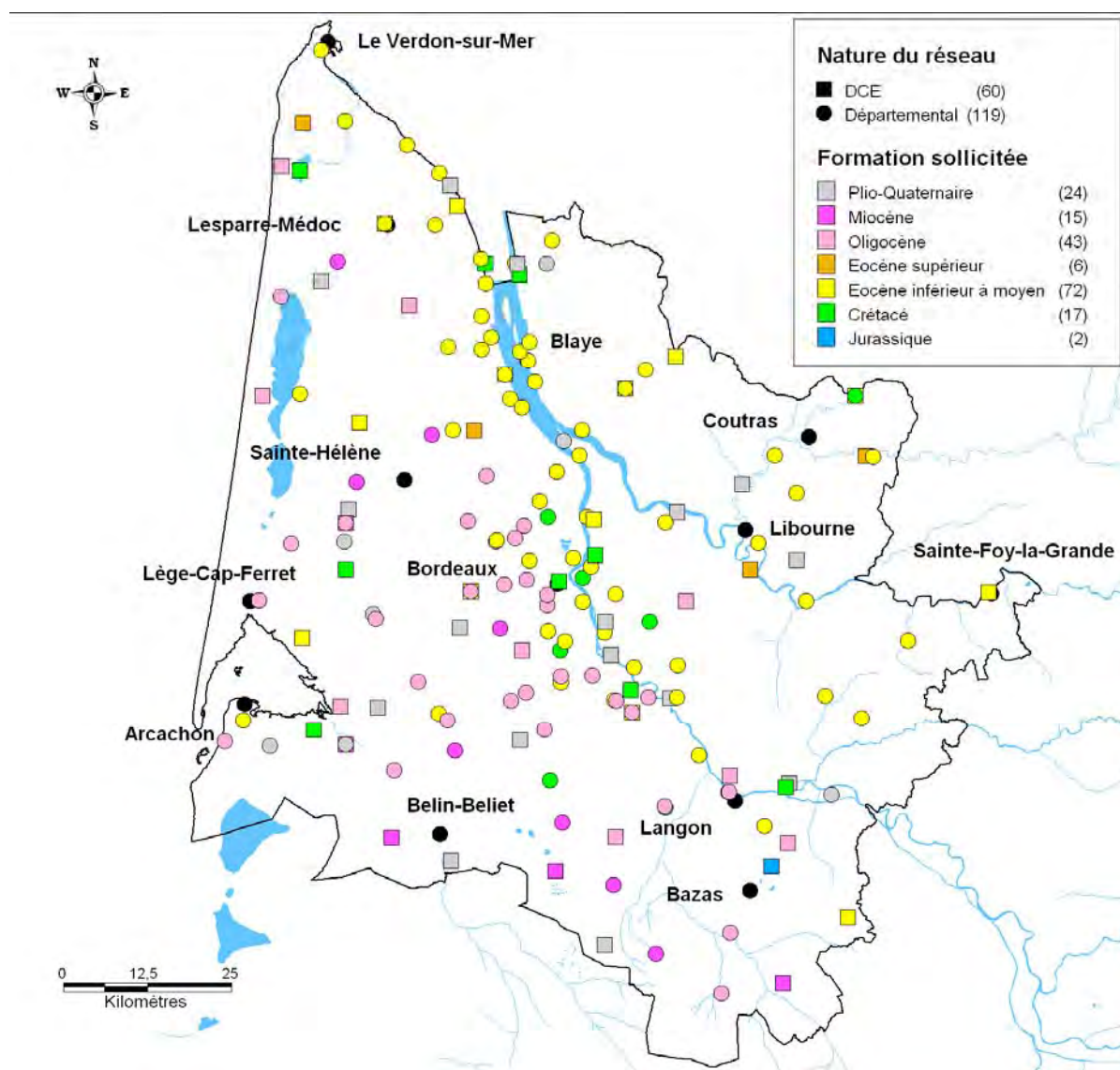


Illustration 34 : Cartographie des points de suivi piézométrique en 2008 (BRGM)

1.5 Etat piézométrique des nappes du Crétacé

1.5.1 Nappe du Cénomanién (base du Crétacé supérieur)

Piézométrie régionale :

Du fait notamment d'un faible nombre de points de mesure, cette nappe ne fait pas l'objet d'un tracé annuel de carte piézométrique et les cartes figurant dans la bibliographie sont sujettes à caution. A défaut, l'illustration présentée est une piézométrie issue du modèle mathématique nord aquitain (MONA) du BRGM.

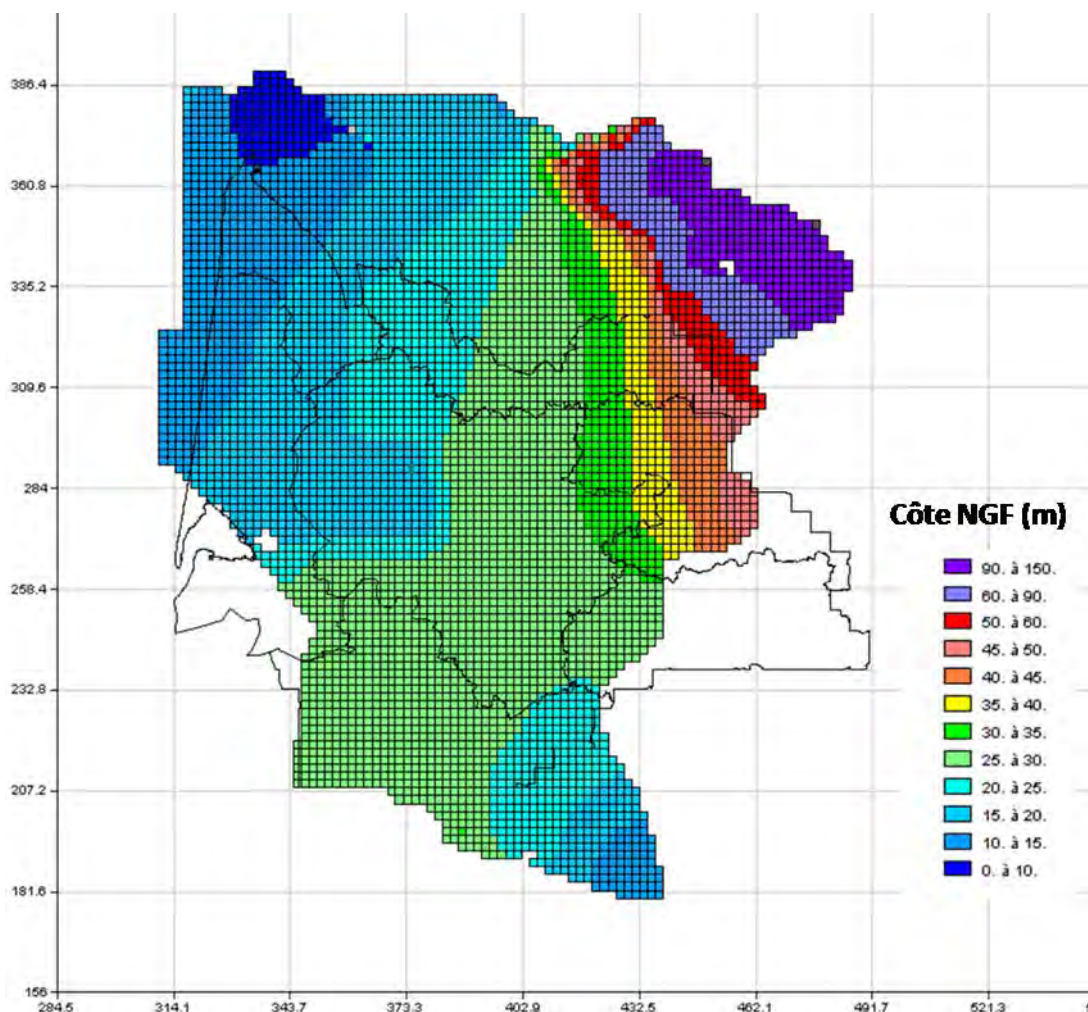


Illustration 35: Carte piézométrique pour l'aquifère du Cénomanién-2007 (BRGM)

Directions d'écoulement et recharge :

On considère actuellement que la recharge se fait sur les zones d'affleurement situées au Nord-est hors Gironde et au droit de l'anticlinal de Villagrains-Landiras. L'écoulement général se fait d'est en ouest.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

Les mesures effectuées dans les trois forages équipés d'enregistreurs (forages non exploités) révèlent une piézométrie stable hormis dans les zones où la nappe est sollicitée. En zone centre par exemple, les variations des niveaux piézométriques se corrèlent avec les variations des volumes prélevés (cf. illustration 36).

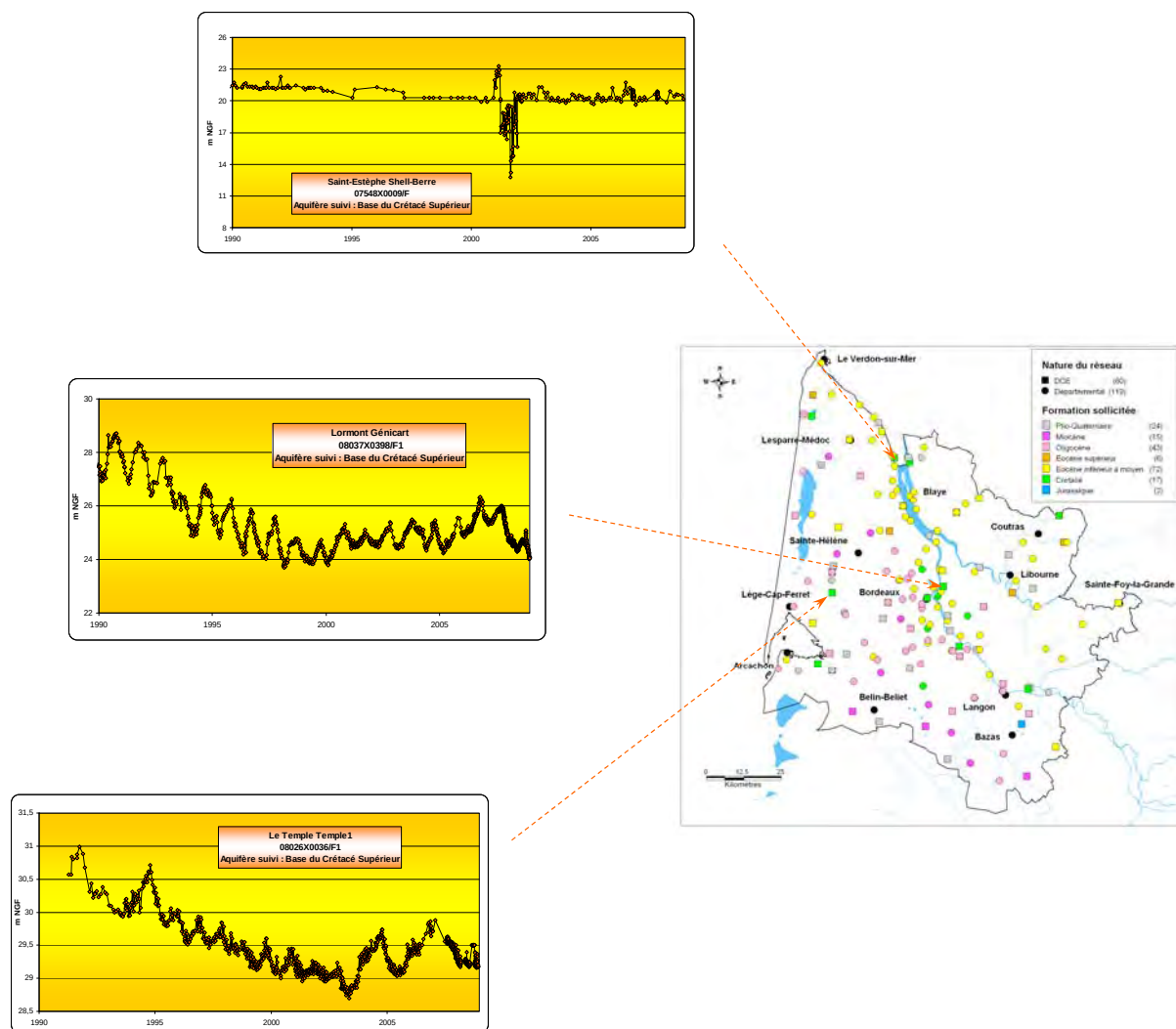


Illustration 36 : Chroniques piézométriques sur la nappe du Cénomani (BRGM)

Cette nappe a été particulièrement étudiée sur le sud du département ces dernières années. Peu exploitée et non soumise à Volume Maximum Prélevables Objectifs dans la version précédente du SAGE de 2003, elle constitue une cible pour les recherches de ressources de substitution.

Elle a cependant été identifiée comme étant potentiellement en mauvais état dans le SDAGE Adour-Garonne au Nord du bassin, essentiellement par manque de données disponibles. Cela ne remet pas en cause son exploitation possible en Gironde dans le respect des objectifs du SDAGE.

Peu sollicitée à ce jour, cette nappe est une ressource intéressante proposée par le SMEGREG pour la production d'eau potable (ressource de substitution) dans le sud du département. Cette solution a été validée par la CLE.

C'est aussi une ressource intéressante pour le développement de la géothermie qui la sollicite déjà au droit de l'agglomération bordelaise.

La révision du SAGE sera l'occasion d'arrêter des objectifs de gestion pour cette ressource, chose qui n'avait pas été faite dans la version de 2003.

I.5.2 Nappe du Campano-Maastrichtien (sommet du Crétacé supérieur)

Piézométrie régionale :

Une carte piézométrique est établie chaque année pour cette nappe (cf. illustration 37). Cette carte révèle :

- au nord de l'agglomération bordelaise : une convergence des écoulements vers un axe situé à la verticale de l'estuaire de la Gironde. Dans ce secteur, le niveau de la nappe est relativement stable depuis la diminution des prélèvements effectués sur les cinq forages de la centrale nucléaire de Braud-et-Saint-Louis,
- au droit de l'agglomération bordelaise : un creux piézométrique principalement lié aux prélèvements directs dans la nappe de l'Eocène inférieur à moyen (phénomènes de transfert de pression par drainance). Ce creux visible depuis plusieurs années s'accroît au fil du temps : dans ce secteur, la piézométrie est en effet passée de + 2 m à - 20 m NGF en une quinzaine d'années.
- au sud-ouest de l'agglomération bordelaise : des écoulements orientés vers l'ouest.

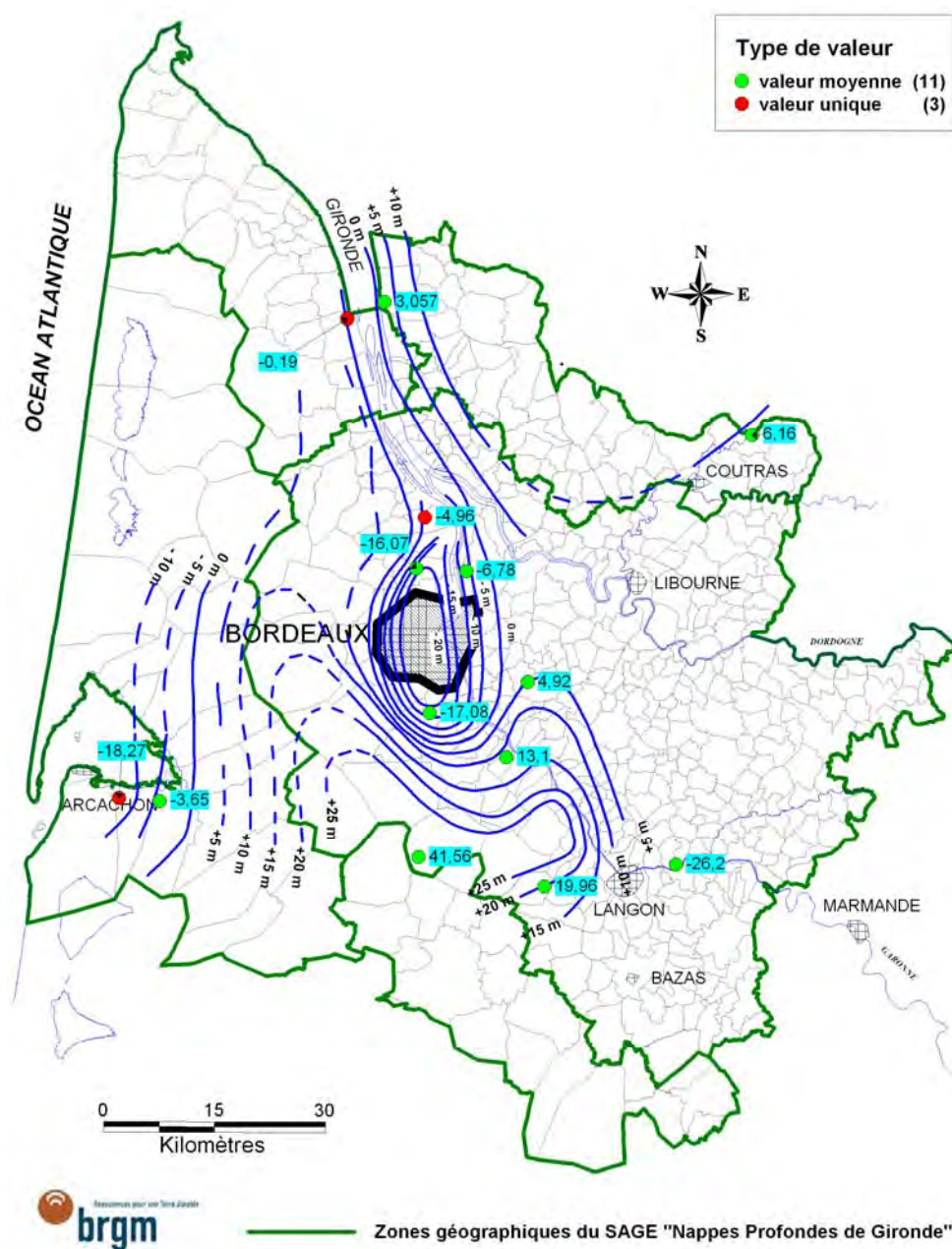


Illustration 37 : Nappe du Campano-Maastrichtien : carte piézométrique 2008 (BRGM)

Directions d'écoulement et recharge :

Dans le centre du département, les écoulements se font vers la dépression située au droit de l'agglomération bordelaise et vers l'axe de drainage situé à la verticale de l'estuaire. Entre l'agglomération et le littoral existe une zone en crête piézométrique depuis laquelle les écoulements divergent d'une part vers la dépression mentionnée ci-dessus et d'autre part vers l'océan.

La recharge se fait hors département sur les zones d'affleurement et dans le département essentiellement au droit de la structure de Villagrains-Landiras.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

Dans l'Entre-deux-Mers, le forage de Sadirac (08274X0019/F), non exploité, enregistre depuis 1970 une baisse continue de niveau (0,4 mètre par an en moyenne) liée à la fois à des prélèvements directs dans la nappe et à une forte sollicitation de la nappe sus-jacente de l'Eocène inférieur à moyen (cf. illustration 38).

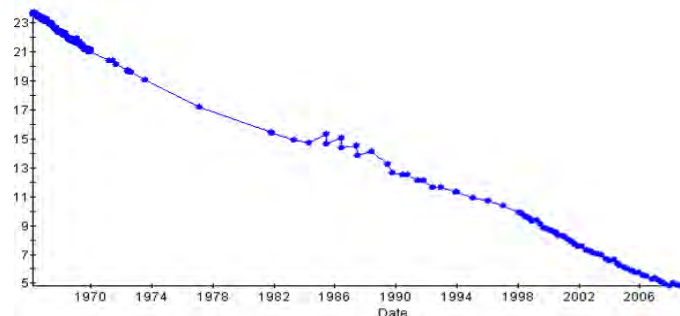


Illustration 38 : Evolution piézométrique au forage de Sadirac 08274X0019/F (BRGM)

Bien que peu exploitée, la nappe du Campano-Maastrichtien présente une dépression centrée sur l'agglomération bordelaise qui s'explique pour partie par des prélèvements directs et surtout par l'influence des prélèvements dans la nappe sus-jacente de l'Eocène inférieur à moyen, avec laquelle il existe des liens de drainage forts.

1.6 Etat piézométrique des nappes de l'Eocène

1.6.1 Nappe de l'Eocène inférieur à moyen

Piézométrie régionale :

L'illustration 39, l'illustration 40 et l'illustration 41 montrent l'évolution de la surface piézométrique de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen de 1950 à 2007.

Dès 1950, une dépression fermée à + 10 m NGF est observée sous Bordeaux. Dans la partie centrale, des baisses de niveaux piézométriques de l'ordre de 5 m sont identifiées.

En 1965, la nappe a une charge de + 5 m NGF dans la zone centrale et dans la zone nord à proximité de Blaye. A cette époque, de nombreux ouvrages sont encore artésiens.

En 1972, la zone centrale ne présente plus qu'une charge de - 5 m NGF. L'abaissement des niveaux est consécutif à l'augmentation du nombre de forages et des prélèvements qui atteignent 44,5 millions de m³.

En 1976, année de sécheresse, les prélèvements atteignent 52,3 millions de m³ et le creusement de la piézométrie se poursuit. L'aire délimitée par l'isopièze - 5 m NGF s'élargit et une zone à - 10 m NGF apparaît.

En 1991, le creux piézométrique bordelais s'approfondit encore (la cote de - 20 m NGF est atteinte) et les pressions baissent également dans le nord-est, l'est et le sud du département.

En 1995, la cote piézométrique au Bec d'Ambès se situe entre + 0,50 m et + 0,90 m NGF (alors qu'un objectif de maintenir une charge d'au moins + 2,5 m NGF entre le creux piézométrique sous Bordeaux et l'estuaire avait été proposé comme un objectif).

En 1996, la réduction des pompages engendre une remontée des niveaux de l'ordre de 1 à 3 m sous l'agglomération bordelaise. La charge observée au niveau du bec d'Ambès est à nouveau supérieure à + 2,5 m NGF.

A partir de 1997, la politique de gestion des eaux souterraines consiste à transférer une partie des prélèvements effectués dans l'Eocène inférieur à moyen sur les autres nappes, en particulier sur celle de l'Oligocène. Alors que le total des exhaures (59,4 millions) est en légère hausse, ces réductions sectorielles permettent une remontée des niveaux : de 2 à 4 mètres au droit du creux piézométrique, de 0,5 à 1 m ailleurs.

En 1999, l'augmentation des prélèvements est minime. On observe une extension de la dépression centrale au droit de la Garonne en direction du sud-est.

En 2001, le recul de l'isopièze 0 m NGF se poursuit vers le sud-est et dépasse la ville de Langon.

En 2002, 2003, 2004 et 2005, les baisses enregistrées les années précédentes se poursuivent sur l'ensemble du territoire de la Gironde, excepté le long de l'estuaire de la Gironde. Sous l'agglomération bordelaise, le creux piézométrique atteint la cote de - 25 m NGF.

En 2006, la diminution des prélèvements engendre une réduction de l'emprise de la zone où la piézométrie est inférieure à - 25 m (au droit de l'agglomération bordelaise).

En 2007, la situation s'améliore avec le resserrement des isopièzes du creux piézométrique. A noter toutefois l'apparition de l'isopièze - 30 m NGF au droit de la commune de Martillac.

Piézométrie 2008 : les niveaux piézométriques sont à la baisse par rapport à 2007.

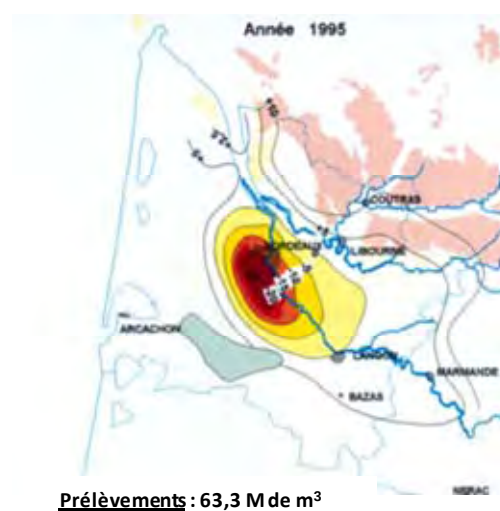
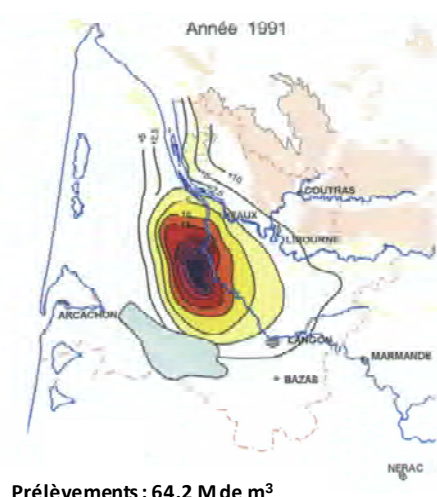
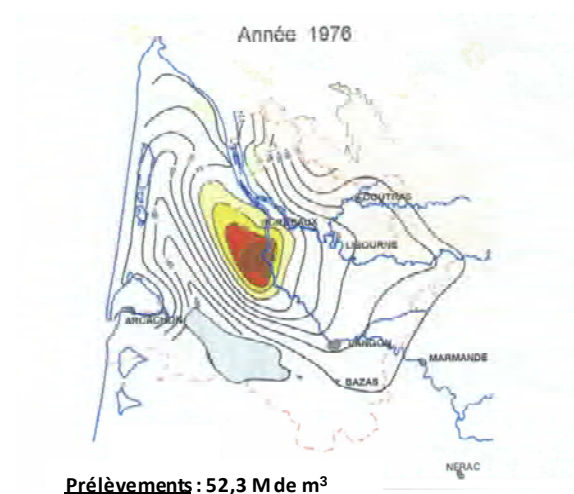
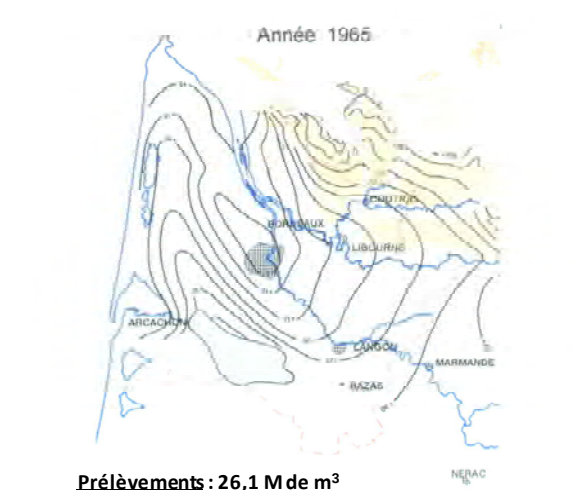
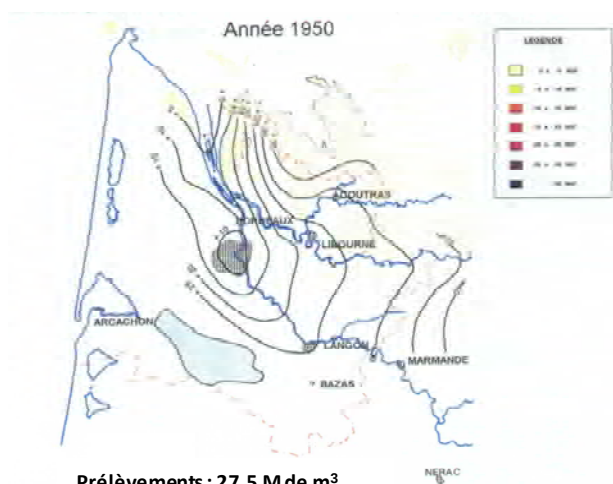


Illustration 39 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 1950-1995 (BRGM)

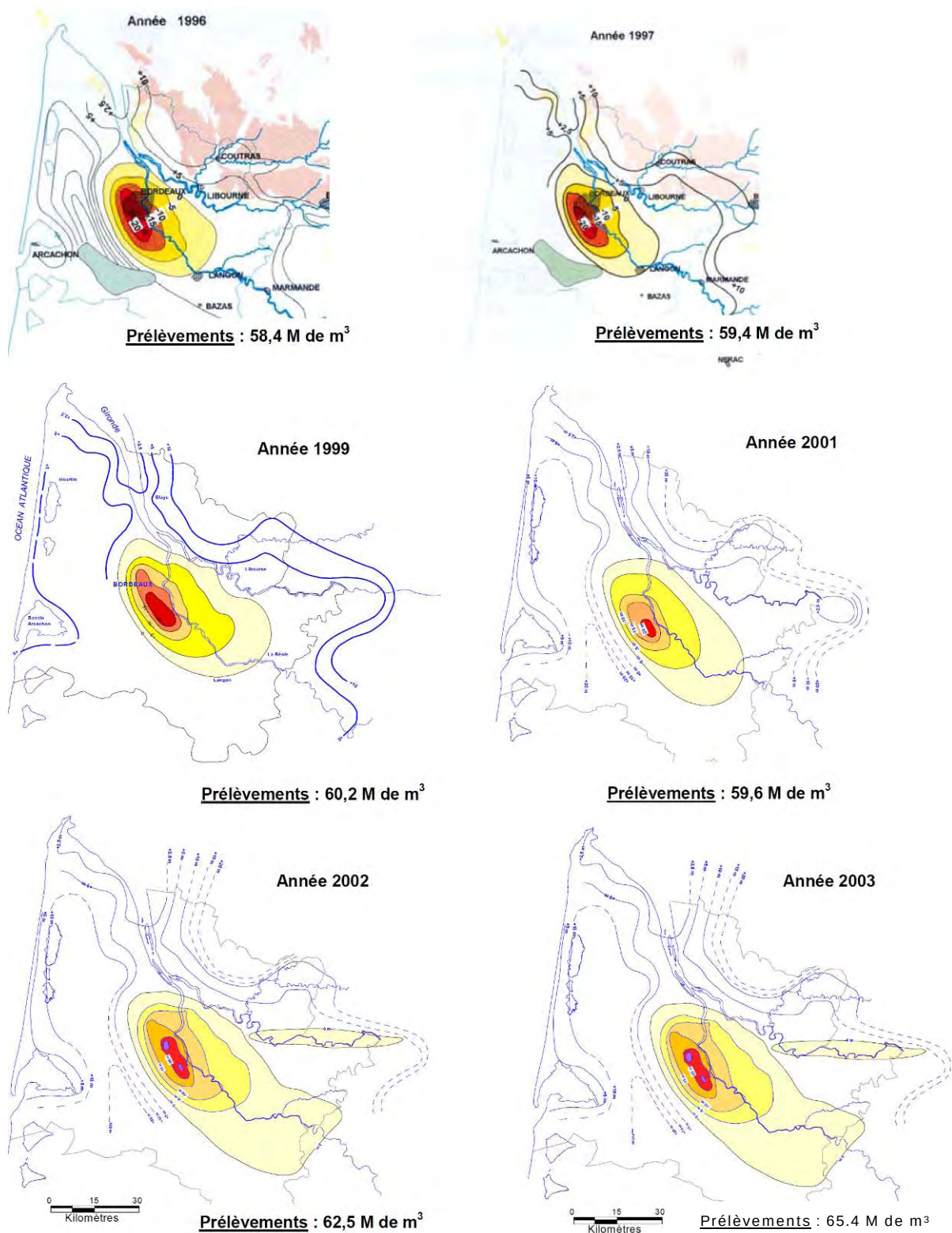


Illustration 40 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 1996-2003 (BRGM)

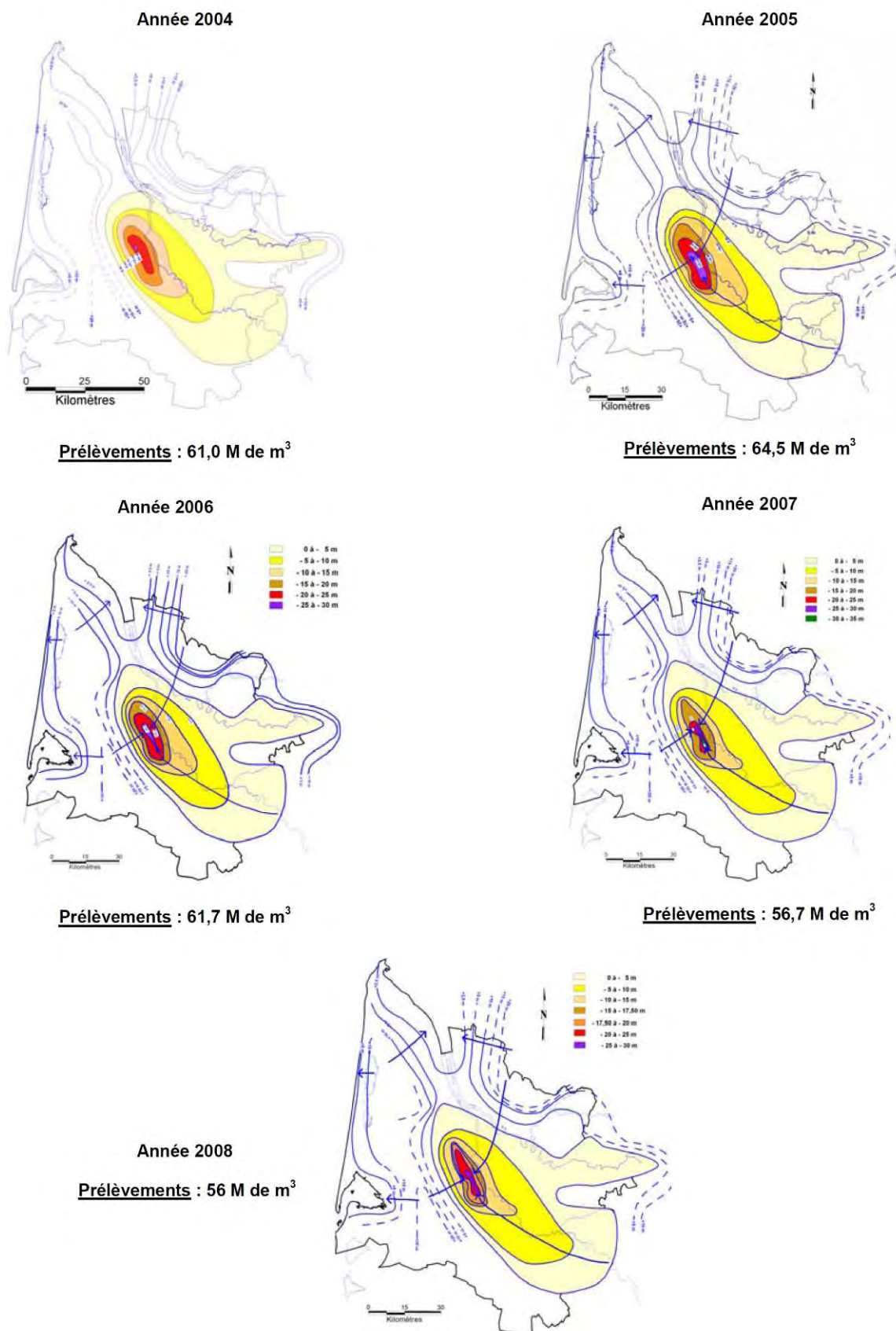


Illustration 41 : Evolution de la piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen sur la période 2004-2008 (BRGM)

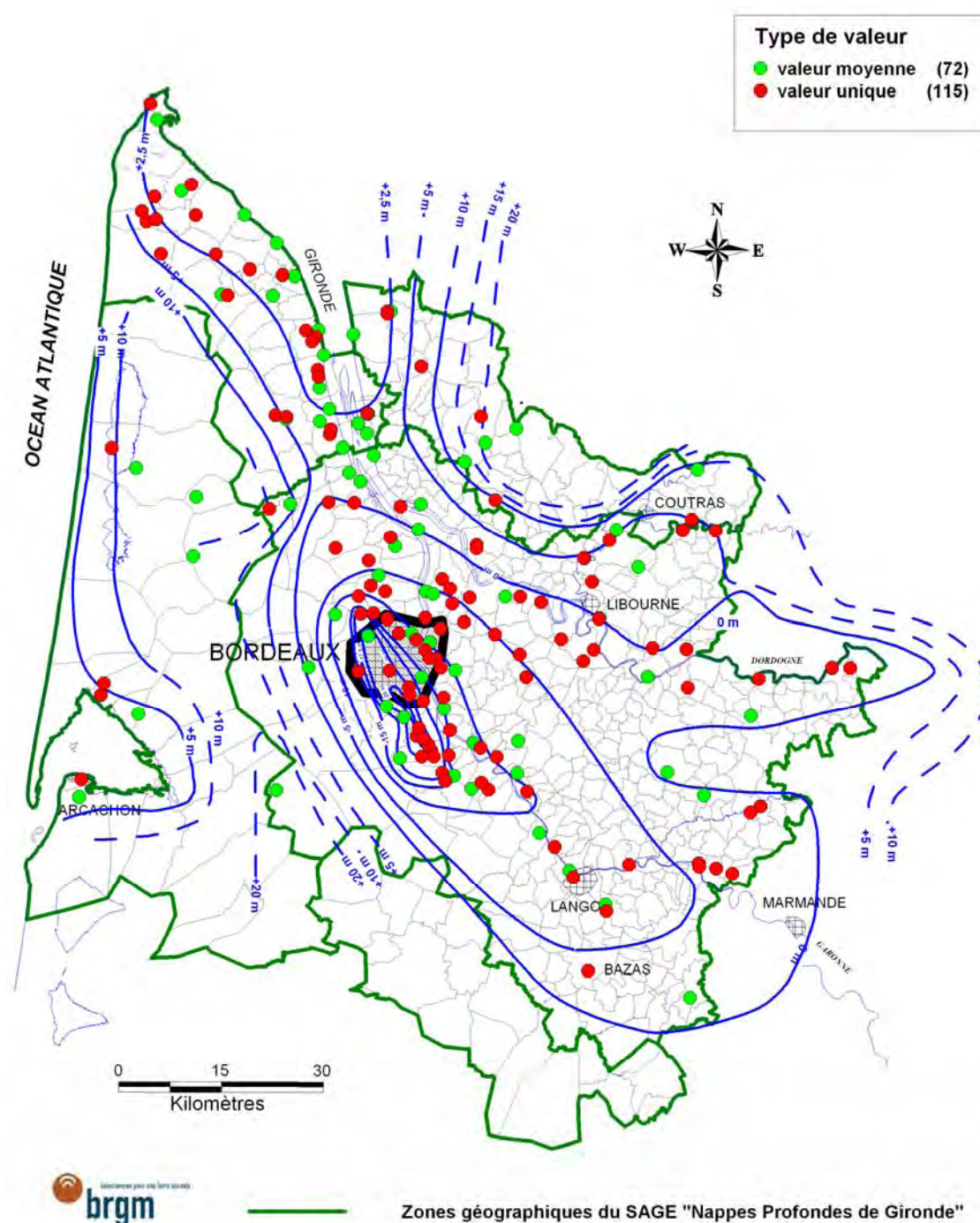


Illustration 42 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : carte piézométrique 2008 (BRGM)

Directions d'écoulement et recharge :

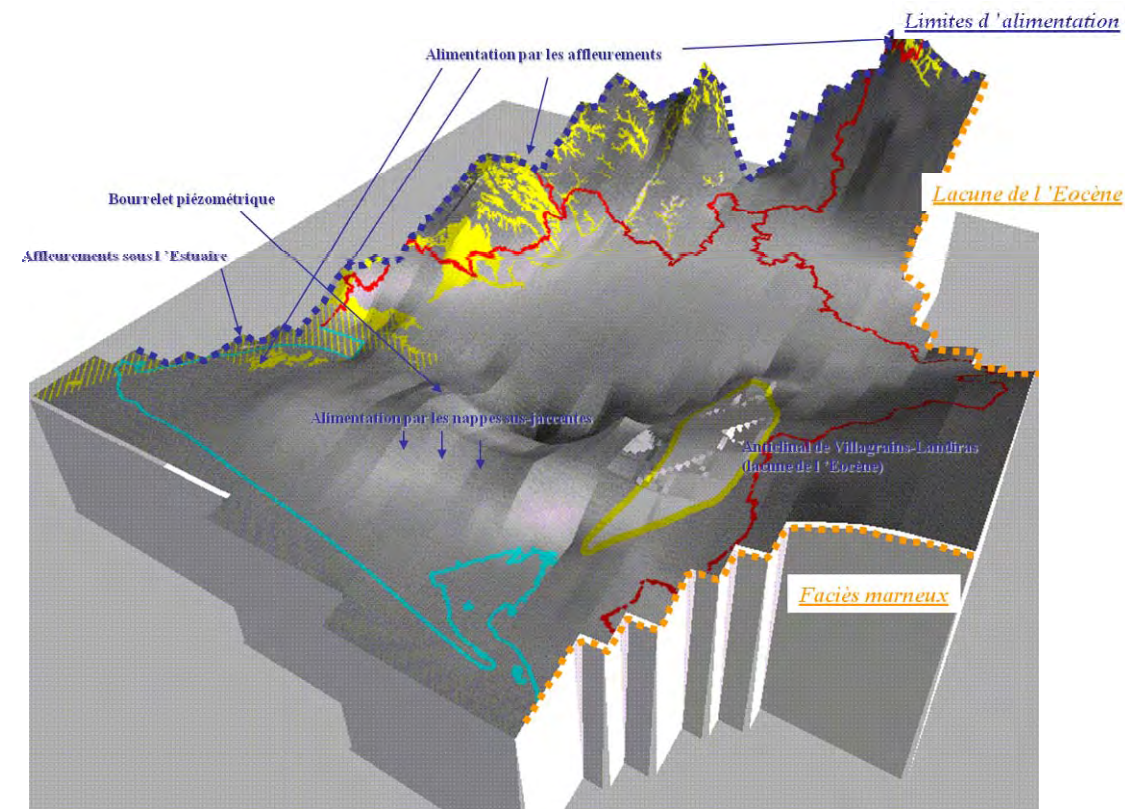


Illustration 43 : Zones d'alimentation de l'aquifère de l'Eocène moyen à inférieur (BRGM)

Comme le montre l'illustration 43, l'alimentation directe des aquifères de l'Eocène moyen et de l'Eocène inférieur est assurée par les zones d'affleurement situées vers les marges du bassin (flancs de l'anticlinal de Jonzac, petites vallées dans la Double et dans le Landais entre la Dordogne au sud et la Dronne au nord) alors que les affleurements susceptibles d'alimenter directement les assises de l'Eocène supérieur sont exclusivement localisés dans le Médoc.

Le réseau hydrographique peut également contribuer localement à l'alimentation des aquifères : la Dordogne alimente par exemple la nappe de l'Eocène inférieur à l'est de Bergerac.

Parallèlement à cette alimentation directe, les aquifères de l'Eocène peuvent être alimentés par drainance :

- flux descendants depuis l'Oligocène dans le Médoc et l'Entre-deux-Mers,
- flux ascendants depuis la nappe du Crétacé terminal.

Au centre du département, les écoulements orientés vers un axe de drainage situé au droit de l'estuaire sont influencés par le creux piézométrique bordelais. Entre l'agglomération et le littoral existe une zone de piézométrie élevée de laquelle les écoulements divergent vers le littoral d'une part et vers l'axe estuarien ou la dépression bordelaise d'autre part.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

L'illustration 44 présente quelques chroniques piézométriques sur l'ensemble du territoire départemental.

Les niveaux baissent de manière continue dans les secteurs à forts prélèvements éloignés des zones d'alimentation ou des niveaux de base. En revanche, les niveaux sont plus fluctuants, en fonction des prélèvements, dans les secteurs proches des exutoires (à proximité de l'estuaire par exemple).

Ainsi, à l'est et au sud du département, les baisses sont continues depuis de nombreuses années même si une stabilisation, voire une remontée, semblent s'amorcer dans un passé récent.

Pour le reste du département, les chroniques présentées ne permettent pas d'identifier de tendances lourdes et généralisées.

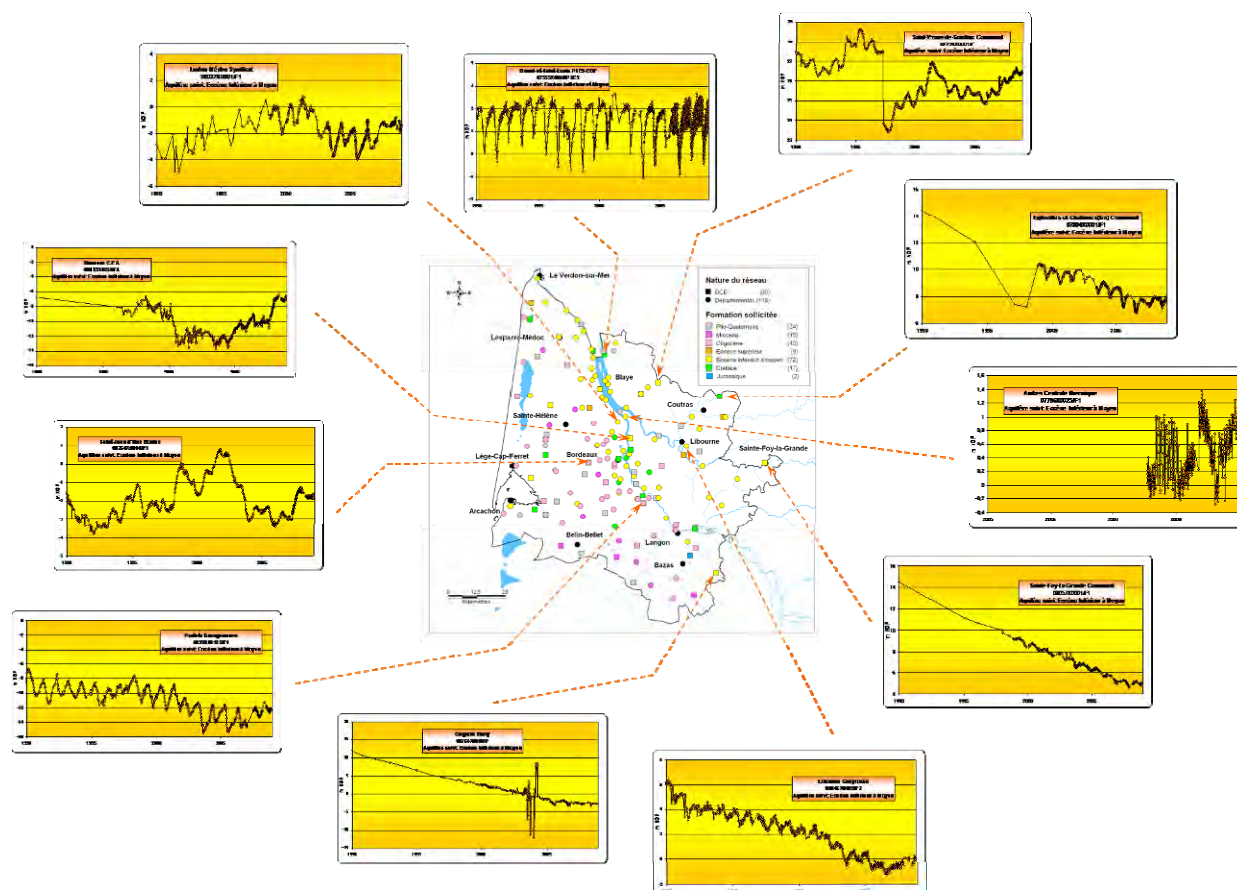


Illustration 44 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des niveaux d'eau enregistrés dans les forages suivis en continu (BRGM)

Vallée de la Dordogne, en amont de Libourne

Dans ce secteur où une dépression piézométrique existait depuis plusieurs années, les premières cotes piézométriques négatives sont apparues en 2002 suite à une forte augmentation des prélèvements (+ 15,2 % entre 2001 et 2002).

Malgré une diminution des prélèvements de l'ordre de 4 % entre 2003 et 2004, la baisse des niveaux a persisté sur la majorité des points et a provoqué la "jonction" du creux piézométrique de ce secteur avec celui de l'agglomération bordelaise (courbe piézométrique à 0 m NGF). En 2005, les volumes soutirés dans ce secteur ont augmenté de 8,7 % et la courbe enveloppe 0 m NGF s'est étendue vers le nord en Dordogne. Depuis, la position de l'isopièze 0 m NGF est restée quasi identique à celle de 2005 (cf. illustration 42).

Médoc

La mise en place d'un réseau piézométrique spécifique en bordure de l'estuaire et l'étude des relations Eocène-Estuaire ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- les aquifères "inférieur grés-sableux" et "supérieur calcaire" ne présentent pas la même pression sur la zone élargie de la "crête piézométrique". A noter que cet axe hydraulique est en étroite relation avec l'anticlinal de Blaye-Listrac qui fait affleurer les calcaires et les grès éocènes autour de Blaye et permet la recharge hydraulique des deux aquifères (maintien de pressions élevées),
- mise en évidence d'une remontée des niveaux sur la période 2006-2008 alors que 2001-2005 correspondait à une période de baisse et 1998-2000, à une autre période de hausse.

La nappe du complexe aquifère de l'Eocène inférieur à moyen présente une dépression piézométrique sous l'agglomération bordelaise au droit ou à proximité de laquelle se concentrent d'importants prélèvements réalisés à 93 % pour l'AEP. Les niveaux piézométriques ont baissé ici de plus de 35 m en l'espace de 60 ans et d'environ 5 m sur les 15 dernières années. La cote du point bas de la dépression varie en fonction des prélèvements. Cette dépression piézométrique se propage latéralement, d'autant plus loin que les pompages perdurent. Ce phénomène d'extension est accéléré par les prélèvements effectués sur le reste du territoire.

I.6.2 Nappe de l'Eocène supérieur calcaire et des sables fluviatiles du libournais

Cette nappe peut être distinguée de celle de l'Eocène moyen à inférieur dans le Médoc et le Libournais.

Piézométrie régionale :

Il n'est pas possible de tracer de carte piézométrique car le nombre de points de mesure est trop faible, toutefois

Directions d'écoulement et recharge :

La forme de la surface piézométrique est généralement très comparable à celle de l'Eocène moyen, nappe avec laquelle existent des échanges par drainance sur la totalité de l'extension de l'aquifère, hormis dans le Médoc et le Libournais.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

Le niveau piézométrique sur le secteur du médoc est fortement influencé par les prélèvements réalisés. La climatologie joue un rôle prépondérant par son impact sur les besoins et les recharges sur les zones d'affleurement.

Excepté dans des secteurs d'extension limitée aux sables fluviatiles du Libournais (Nord Est du département) et dans le Médoc où la nappe est réellement présente, individualisée et ne présente pas de problème particulier, la nappe de l'Eocène supérieur présente une surface piézométrique comparable, si ce n'est confondue, avec celle de l'Eocène moyen et suit donc la même tendance.

1.7 Etat piézométrique de la nappe de l'Oligocène

Cet aquifère est très exploité en Gironde et fait l'objet d'un suivi régulier et intensif.

Piézométrie régionale :

La piézométrie de l'Oligocène (cf. illustration 45) se caractérise par :

- une crête orientée NW/SE à l'ouest de Bordeaux à partir de laquelle les écoulements divergent soit vers le littoral, soit vers la Garonne,
- une dépression centrée sur Bordeaux,
- une dépression à l'est de Saucats-Léognan.

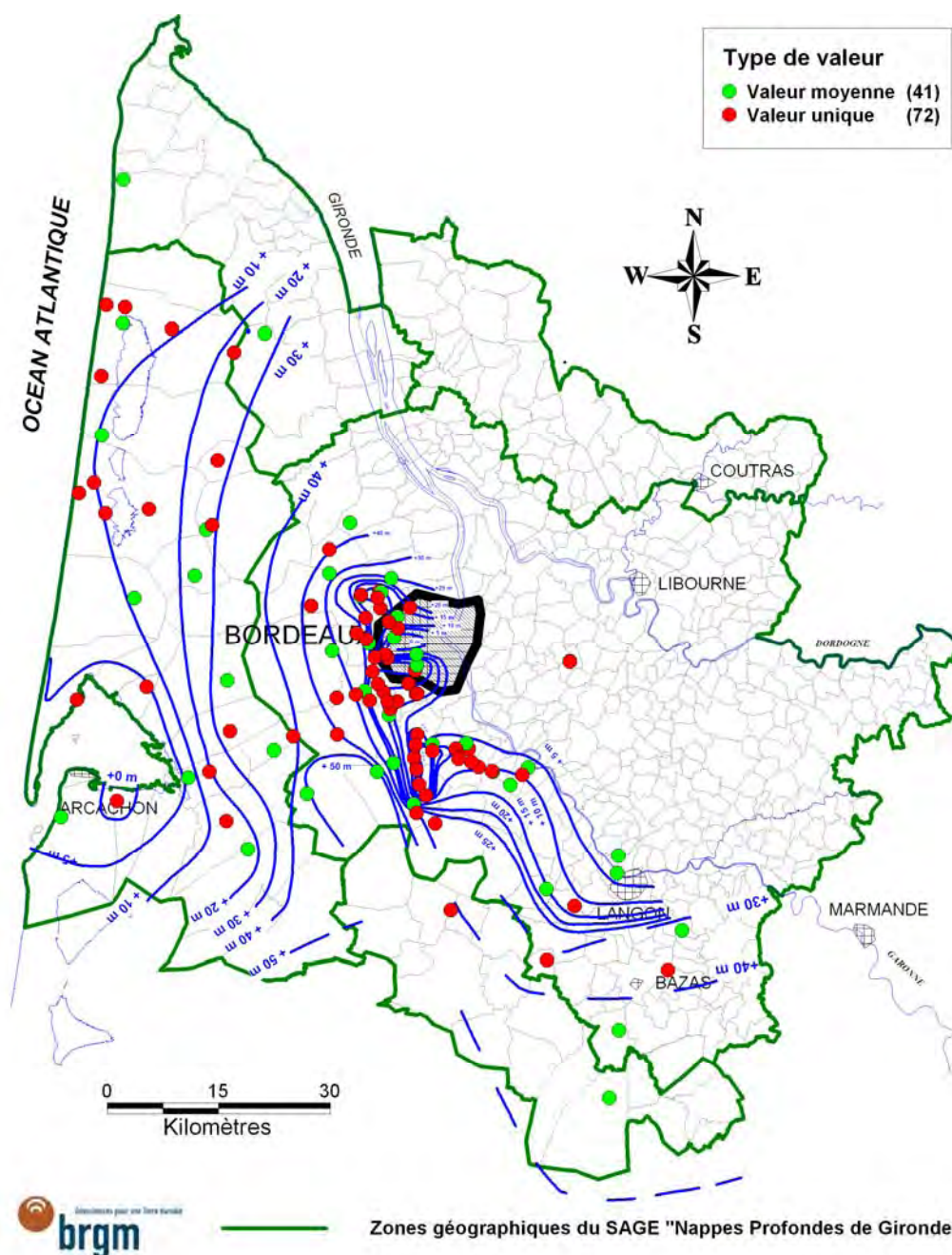


Illustration 45 : Nappe des calcaires de l'Oligocène : carte piézométrique 2008 (BRGM)

Directions d'écoulement et recharge :

Les formations aquifères de l'Oligocène sont affleurantes en rive gauche de la Garonne et de la Gironde. Ces zones constituent principalement des zones d'exutoires de la nappe (relations étroites avec le réseau hydrographique). Elles n'interviennent que très localement dans l'alimentation de la nappe. L'alimentation de la nappe de l'Oligocène se fait pour partie sur les zones d'affleurement mais également par drainance depuis les réservoirs sus-jacents. La recharge de la nappe est principalement assurée par l'existence d'un flux de drainance vertical descendant important depuis le Miocène entre Bordeaux et le littoral ce qui explique l'existence d'une structure piézométrique haute dans ce secteur. Les écoulements divergent depuis cette zone d'alimentation. Vers la Garonne, la nappe devient libre. A noter qu'en se rapprochant de cet exutoire naturel, la piézométrie est très influencée par d'importants prélèvements très concentrés.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

L'illustration 46 représente l'évolution des niveaux dans neuf forages captant la nappe de l'Oligocène et suivis en continu. Dans tous ces ouvrages, les niveaux sont influencés par des prélèvements proches. Les variations de niveau sont comprises entre 1 et 5 mètres et ne permettent pas de dégager de tendance lourde généralisée.

Au sud de l'agglomération bordelaise, une forte concentration de prélèvements est à l'origine d'un phénomène de dénoyage qui sera présenté plus en détail au chapitre 3.2.4.

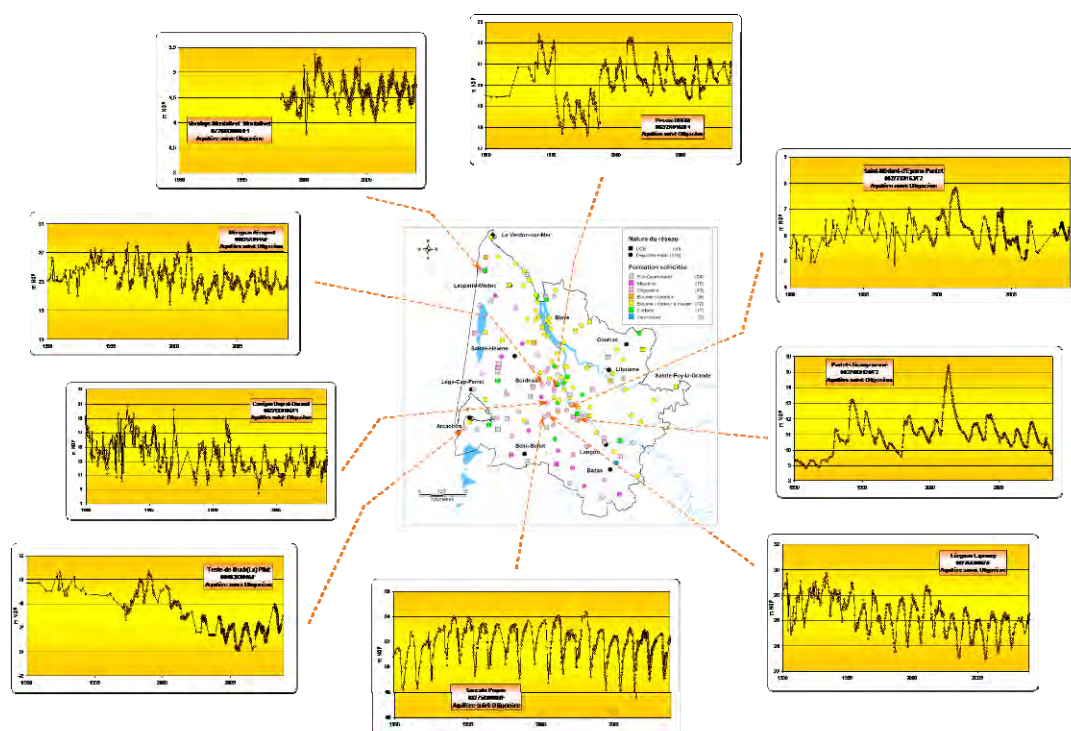


Illustration 46 : Nappe des calcaires de l'Oligocène : évolution des niveaux d'eau enregistrés dans les forages suivis en continu (BRGM)

Pour sa partie située en rive gauche de la Garonne, la nappe de l'Oligocène :

- est captive excepté à proximité de la Garonne qui constitue un de ses exutoires naturels ;
- a été dénoyée dans les secteurs de Mérignac et entre Léognan et Saucats entre 1980 et 2004 sous l'influence des prélèvements qui font varier la position de la limite de captivité.

1.8 Etat piézométrique des nappes du Miocène

Le système aquifère Miocène se compose de deux niveaux principaux : celui de l'Aquitaniens-Burdigalien qui occupe l'ouest et le sud du département au-delà d'une ligne Naujac-sur-Mer/Langon et celui du Langhien-Serravallien (anciennement Helvétien) qui surmonte le précédent et qui se développe dans le sud-ouest du département.

Du fait de sa plus grande extension, les commentaires suivants ne concerneront que l'aquifère de l'**Aquitaniens** qui affleure ou sub-affleure sous des recouvrements variés en rive gauche de la vallée de la Garonne (à l'ouest des affleurements oligocènes), dans la région bordelaise et dans le Médoc (cf. illustration 26).

Piézométrie régionale :

La carte piézométrique a été établie avec 41 points de mesures (cf. illustration 47). Elle met en évidence :

- des écoulements dirigés vers l'ouest dans la partie occidentale du département,
- des écoulements dirigés vers la Garonne au sud de Bordeaux,
- une zone de convergence des écoulements au sud-ouest de Langon (relation avec le Ciron).

Au sud de Bordeaux et au sud-ouest de Langon, la nappe alimente les cours d'eau latéraux à la Garonne (tel que le Ciron) et donne naissance à de nombreuses sources dont certaines sont captées pour l'alimentation en eau potable (Balizac, Bazas, Cazats, etc.).

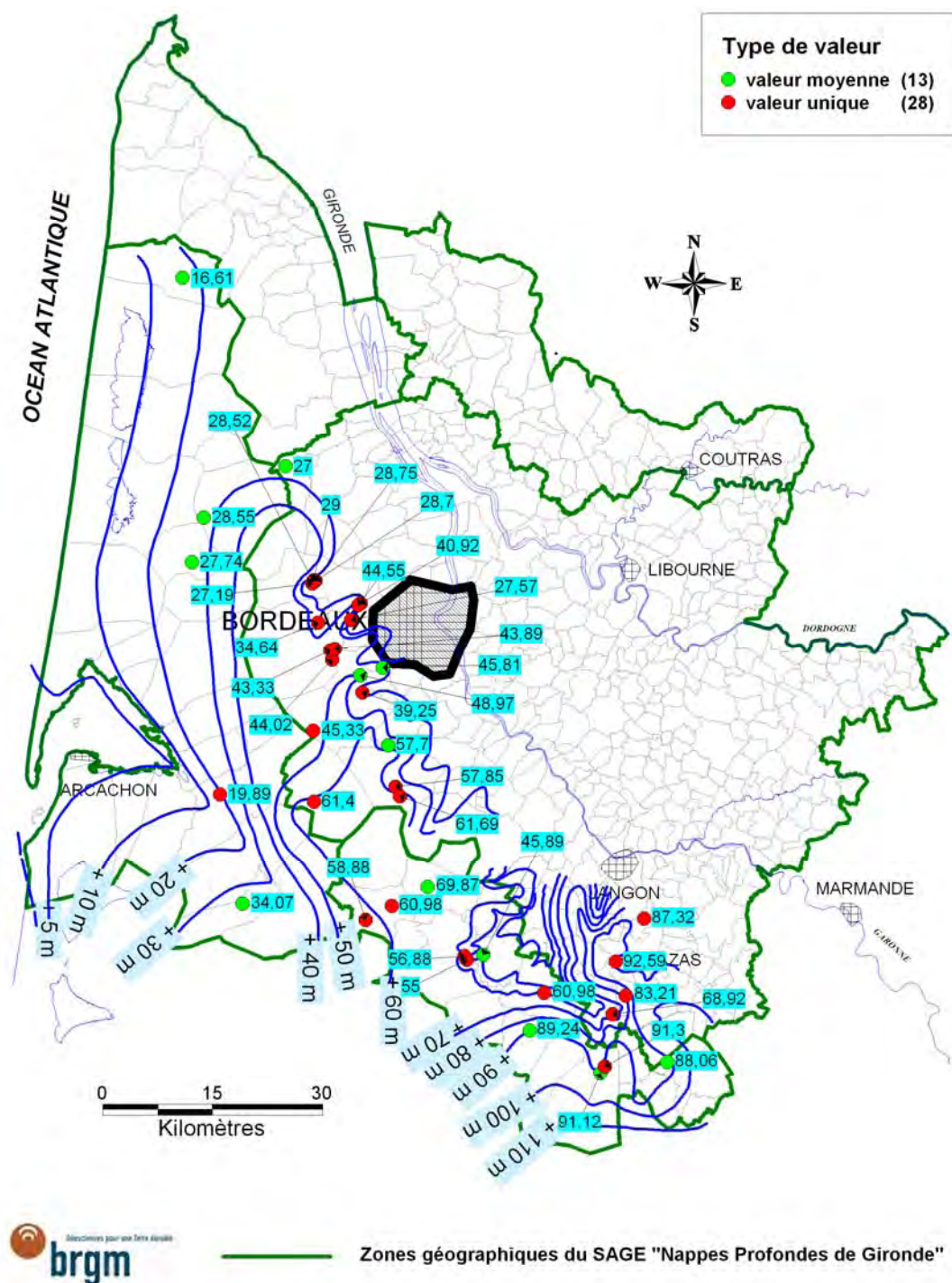


Illustration 47 : Carte piézométrique 2008 de l'Aquitainien (BRGM)

Directions d'écoulement et recharge :

La recharge se fait principalement sur les zones d'affleurement présentes sur le département, ou indirectement via l'aquifère plio-quaternaire avec lequel cette nappe est en relation étroite, notamment sur l'ouest du département (un seul aquifère). Selon les secteurs, la nappe est libre ou captive. A l'ouest de l'agglomération, les écoulements divergent depuis une ligne de crête sensiblement nord sud. Au sud les écoulements se font en direction du nord avec un drainage marqué par les cours d'eau.

Evolution locale des niveaux piézométriques :

Les chroniques disponibles révèlent un comportement de la nappe influencé à la fois par le contexte climatique et les prélèvements. Une tendance à la baisse est enregistrée sur certains ouvrages.

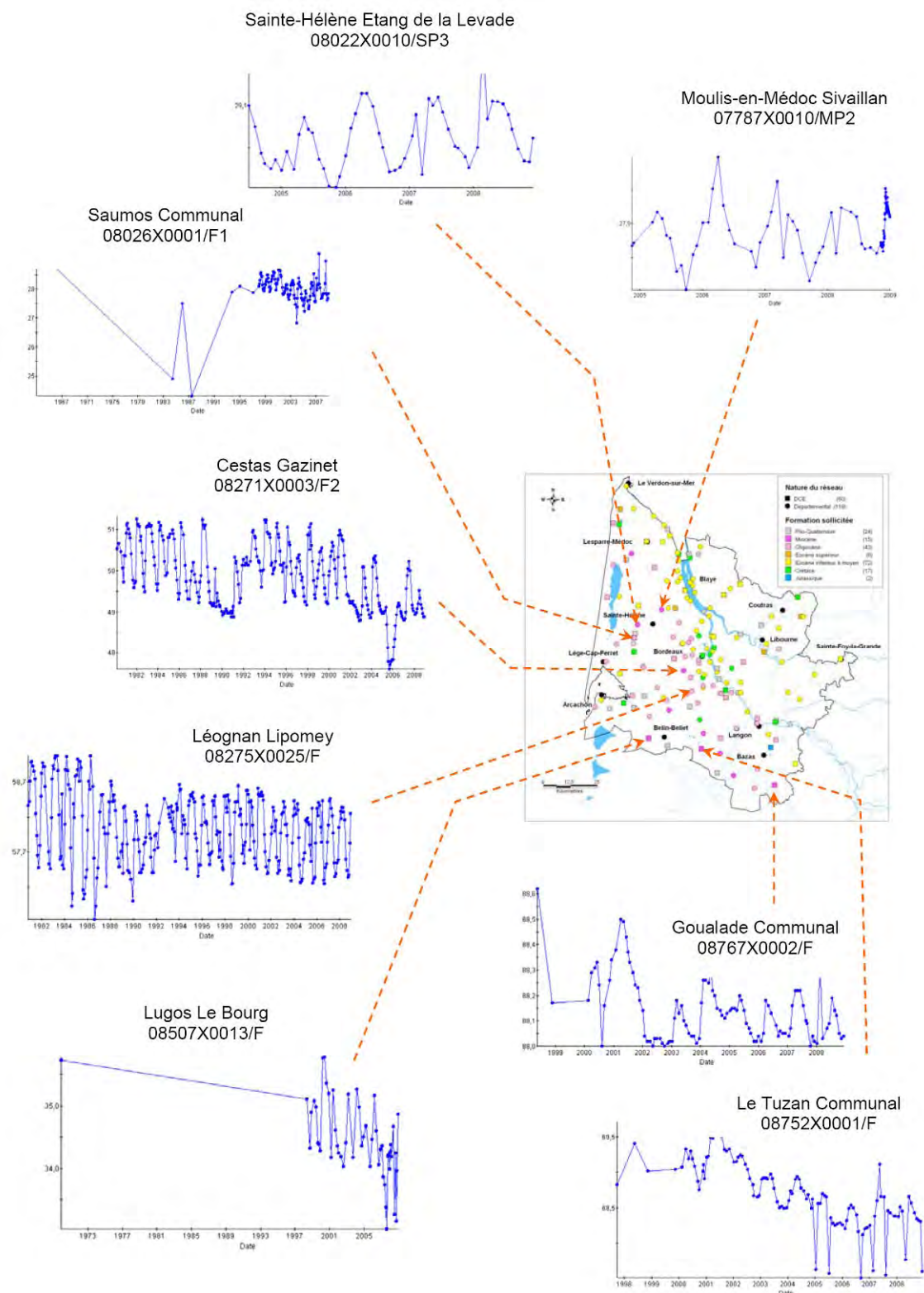


Illustration 48 : Evolution des niveaux d'eau des forages suivis mensuellement et captant l'Aquitainien (BRGM)

D'une extension limitée sur le département, les nappes du Miocène sont libres ou captives selon les secteurs. Ce sont les moins profondes des nappes du SAGE, et elles sont logiquement plus influencées que les autres par le contexte climatique.

1.9 Les outils pour la gestion : modèle de simulation et unités de gestion

Au-delà des réseaux de suivi déjà présentés, d'autres outils ont été élaborés pour la gestion des nappes profondes : le modèle mathématique nord aquitain du BRGM et le concept d'unités de gestion figurant dans la première version du SAGE.

1.9.1 Le modèle mathématique de simulation nord aquitain

Description

Le modèle hydrodynamique nord-aquitain (MONA V3.3-2007p) s'appuie sur le logiciel de modélisation MARTHE (Modélisation d'Aquifères par maillage Rectangulaire en Régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements) développé par le BRGM (actuellement version 7.0b de février 2009). Il est de type multicouche, bâti suivant un schéma aux différences finies : chaque couche aquifère est discrétisée en mailles parallélépipédiques dont la face supérieure correspond au toit de la formation considérée et la face inférieure au mur de cette formation (schéma ci-dessous).

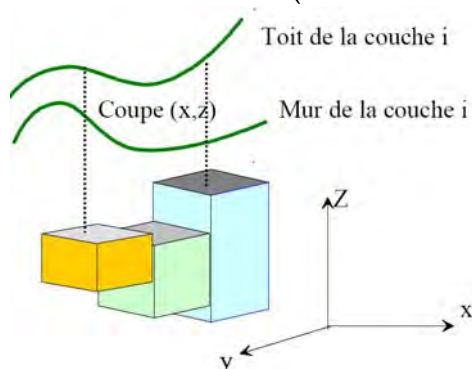


Illustration 49 : Principe d'un modèle aux différences finies (BRGM)

Le Modèle Nord-Aquitain MONA, dans sa version 3.3, simule les écoulements souterrains dans le système aquifère multicouche du Bassin nord-aquitain.

Actuellement, le modèle ne représente pas de manière explicite les écoulements dans les épontes mais simule néanmoins la drainance verticale en leur sein en tenant compte de leurs perméabilités et de leurs épaisseurs.

Quinze couches principales sont représentées dans le modèle :

	Plio-Quaternaire		Eocène moyen		Cénomanién
	Helvétien		Eocène inférieur		Tithonien
	Aquitanién-Burdigalién		Campano-Maastrichtien		Kimméridgién
	Oligocène		Coniacien-Santonien		
	Eocène supérieur		Turonien		

Age (Ma)	Ère	Système	Série	Etage	
0	Cénozoïque Quaternaire	Quaternaire	Holocène	Flandrien	
1,65			Pleistocène	Supérieur	
				Moyen	
23,5	Cénozoïque Tertiaire	Néogène	Pliocène	Inférieur	
				Supérieur	
			Miocène	Moyen	
				Inférieur	
				Supérieur	
		Paléogène	Oligocène	Supérieur	
				Inférieur	
			Eocène	Supérieur	
				Moyen	
				Inférieur	
65			Paléocène		
135	Mésozoïque Secondaire	Crétacé	Crétacé Supérieur	Maestrichtien	
				Campanien	
				Santonien	
				Coniacien	
				Turonien	
					Cénomaniens
				Crétacé-inférieur	
		Jurassique	Supérieure	Tithonien	
				Kimmeridgien	
			Moyen-(Dogger)	Oxfordien	
				Callovien	
				Bathonien	
Inférieur-(Lias)	Bajocien				
	Toarcien				
245		Trias	Infra-toarcien		
0	Paléozoïque Primaire	Permien			
		Carbonifère			
		Ante-Carbonifère			

Illustration 50 : Stratigraphie des couches modélisées dans le MONA (BRGM)

Le domaine modélisé couvre la partie nord du Bassin aquitain : la totalité du département de la Gironde, une grande partie de celui des Landes (pour les 4 premières couches principalement), l'essentiel (hormis le nord-est) de celui de la Dordogne, le nord et l'ouest de celui du Lot-et-Garonne, le nord-ouest de celui du Gers, et le sud de ceux de la Charente et de la Charente Maritime. Les cartes ci-après illustrent l'extension de chacune des couches.

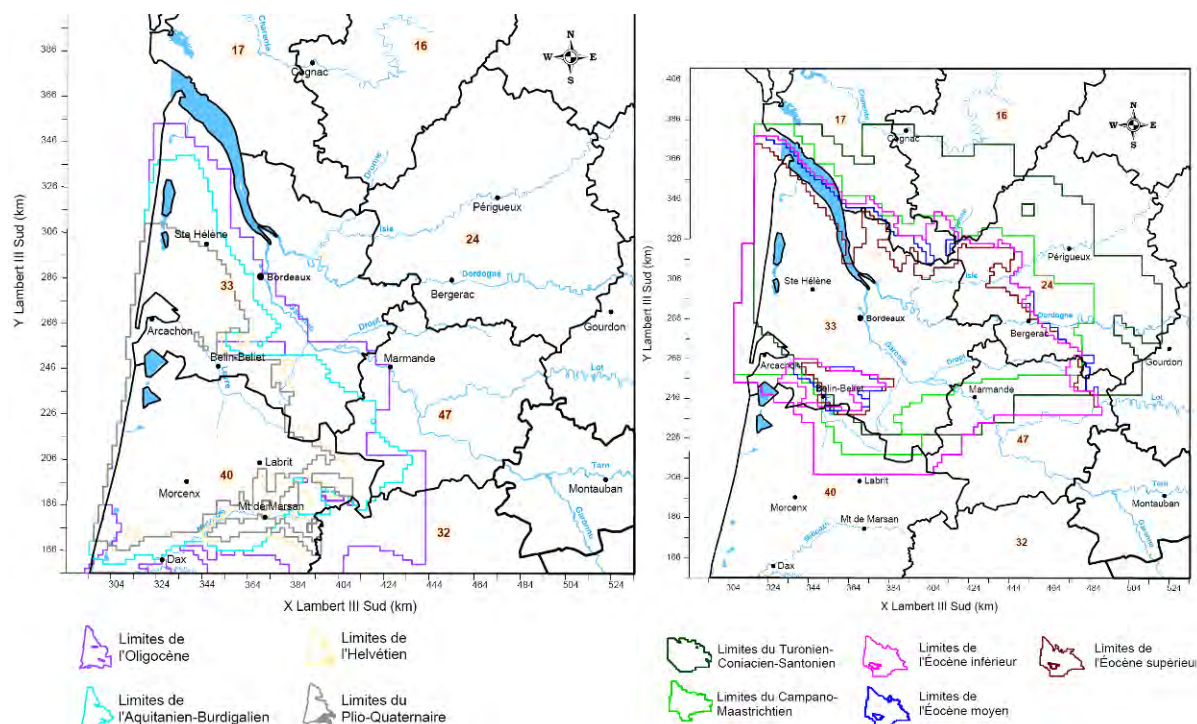


Illustration 5I : Extensions des couches du MONA V3.I-2007p (BRGM)

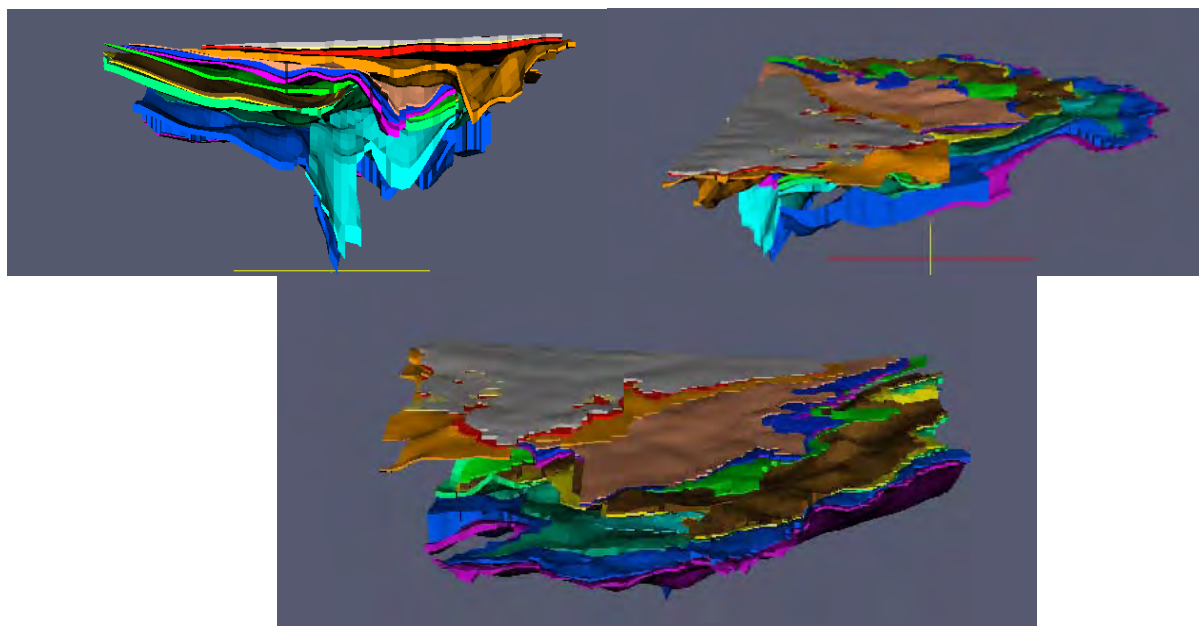


Illustration 52 : Vue de l'ouest, sud et est du Modèle Nord Aquitain (BRGM)

Le modèle fonctionne en régime transitoire sur la période 1973-2007 au pas de temps annuel. Les phénomènes de période inférieure à l'année ne peuvent donc pas être pris en compte ou restitués.

Un régime permanent initial correspondant à l'année 1972 permet d'initialiser le modèle. Chacune des actualisations réalisées (1999, 2001, 2005 et partielle en 2009) a permis de vérifier la robustesse du calage.

Cinq stations météorologiques (Mérignac, Cognac, Gourdon, Bergerac, Mont-de-Marsan) sont utilisées pour les calculs des recharges introduites dans le modèle.

Compte tenu du très grand nombre d'informations géologiques disponibles dans le bassin aquitain (historiques piézométriques et de prélèvements sur plus de quarante ans en Gironde), le modèle nord-aquitain a pu bénéficier d'une construction et d'un calage robuste. Robustesse accrue par les nombreux développements qui se sont succédés, par la longue période sur laquelle a été réalisé le calage (1972-1996) et par la validation qui s'effectue depuis au fil des actualisations.

Malgré de bonnes restitutions piézométriques, un certain nombre de limites techniques (lacunes de connaissances géologiques dans certains secteurs, complexité des relations d'échanges nappes/rivières, incertitudes sur le fonctionnement hydraulique des épontes, non exhaustivité des prélèvements individuels ou agricoles hors Gironde aux abords des zones d'affleurements, etc.) et les choix inhérents à la structure du modèle actuel (taille des mailles, pas de temps, conditions aux limites) le réservent en pratique à la simulation d'évolutions générales des nappes (poursuite des conditions actuelles d'exploitation, tendances d'évolutions générales basées sur des scénarios d'exploitation, impact de projets nouveaux d'une certaine ampleur, etc.).

Le modèle a donc été conçu comme un outil régional d'aide à la gestion des ressources en eaux souterraines du nord du Bassin aquitain. A ce titre, il peut être utilisé pour simuler des scénarios d'exploitation (d'une certaine ampleur) de ces ressources et des tendances à long terme, en particulier pour les aquifères de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur pour lesquels il a été développé. Il est tout à fait adapté pour simuler les conséquences des tendances et scénarios de prélèvements futurs et appuyer les acteurs girondins pour la fixation des Volumes Maximum Prélévable Objectifs prévus dans le SAGE Nappes profondes de Gironde.

Bilan des nappes

Le MONA permet la réalisation d'un bilan des entrées-sorties sur une période considérée. Ces aspects seront particulièrement détaillés dans le document tendance et scénarios puisque l'enjeu de la substitution et des économies d'eau est de réduire les déstockages constatés dans certaines nappes en fonction des scénarios d'économie d'eau et de substitution de ressource.

A l'heure actuelle un bilan simplifié des nappes à l'échelle du Nord du bassin aquitain peut être dressé (Cf. figure ci-dessous).

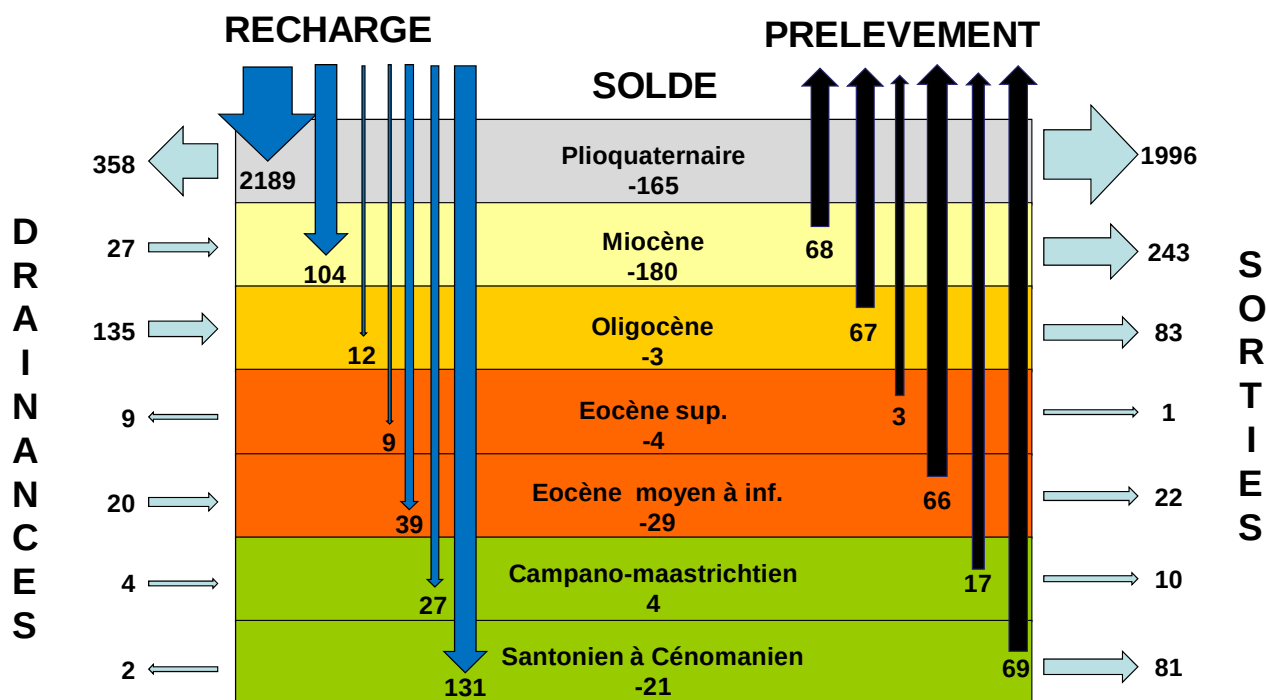


Illustration 53 : Flux dans les nappes profondes en millions de m³/an : moyenne 1997-2007 sur toute l'extension du MONA (BRGM)

Ce bilan appelle les remarques suivantes :

- les recharges du système sont principalement celles du Plio-Quaternaire, du Miocène et du Santonien à Cénomanien ;
- les drainances les plus actives se font au bénéfice de l'Eocène inférieur à moyen (avec le Campano-Maastrichtien) et surtout de l'Oligocène. Le Plio-Quaternaire exporte par drainance, soutenant les pressions sur tous les aquifères sous-jacents ;
- les sorties principales, regroupant les échanges nappe-rivière, les débordements et certaines limites à potentiel imposé dans le modèle s'observent principalement dans le Plio-Quaternaire, mais également dans le Miocène et l'Oligocène.
- presque tous les aquifères déstockent (solde négatif) sur cette période de 10 ans, à l'exception du Campano-Maastrichtien. Ces déstockages doivent néanmoins être analysés sur une durée plus longue compte tenu de l'inertie des hydrosystèmes concernés.
- à noter que certains aquifères peuvent déstocker en grand, mais déborder localement. C'est le cas par exemple pour le Santonien à Cénomanien sujet à forts prélèvements en Charente-Charente Maritime, mais dont l'exploitation au droit de la structure anticlinale de Villagrains est validée de la Commission Locale de l'Eau du SAGE nappes profondes de Gironde.

Flux de drainance

Le MONA permet de dresser des cartographies illustratives (car issues de calages) des drainances entre les aquifères du SAGE. Quelques une de ces drainances sont présentées ci-dessous.

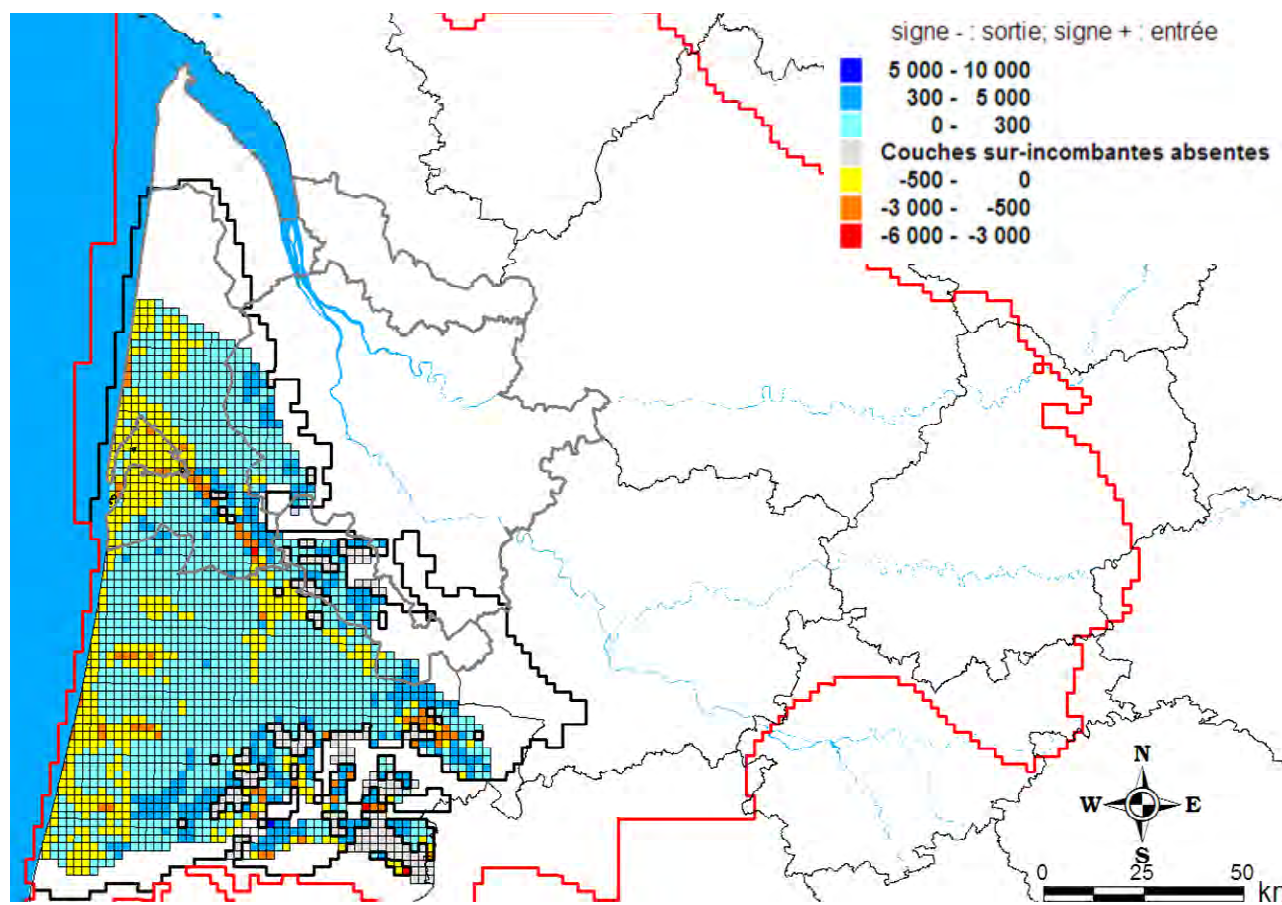


Illustration 54 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Plio-Quaternaire et Miocène (Helvétien). En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Miocène vers le Plio-Quaternaire, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Plio-Quaternaire. (BRGM)

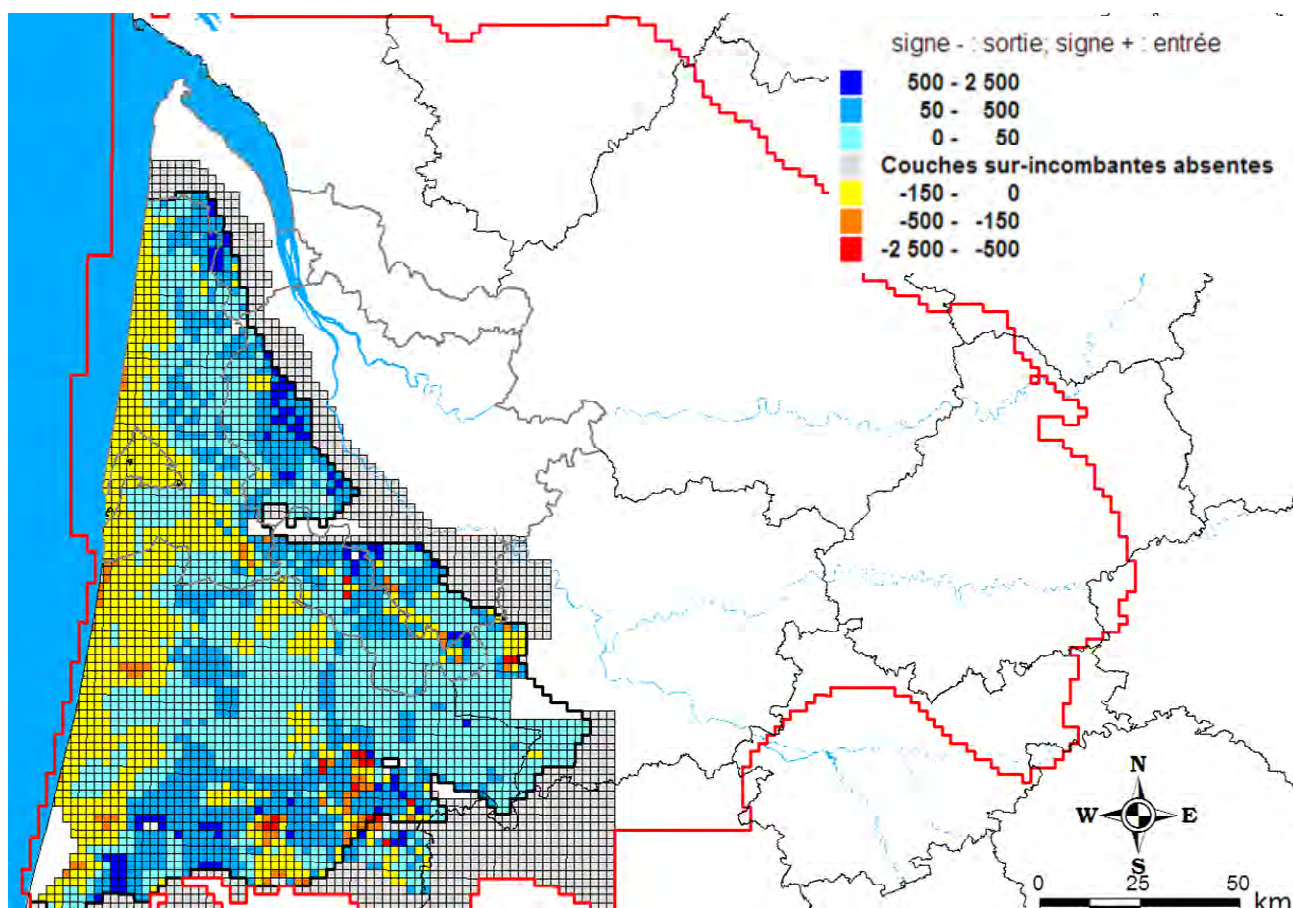


Illustration 55 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Miocène (Aquitainien) et Oligocène. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Oligocène vers le Miocène, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Miocène. (BRGM)

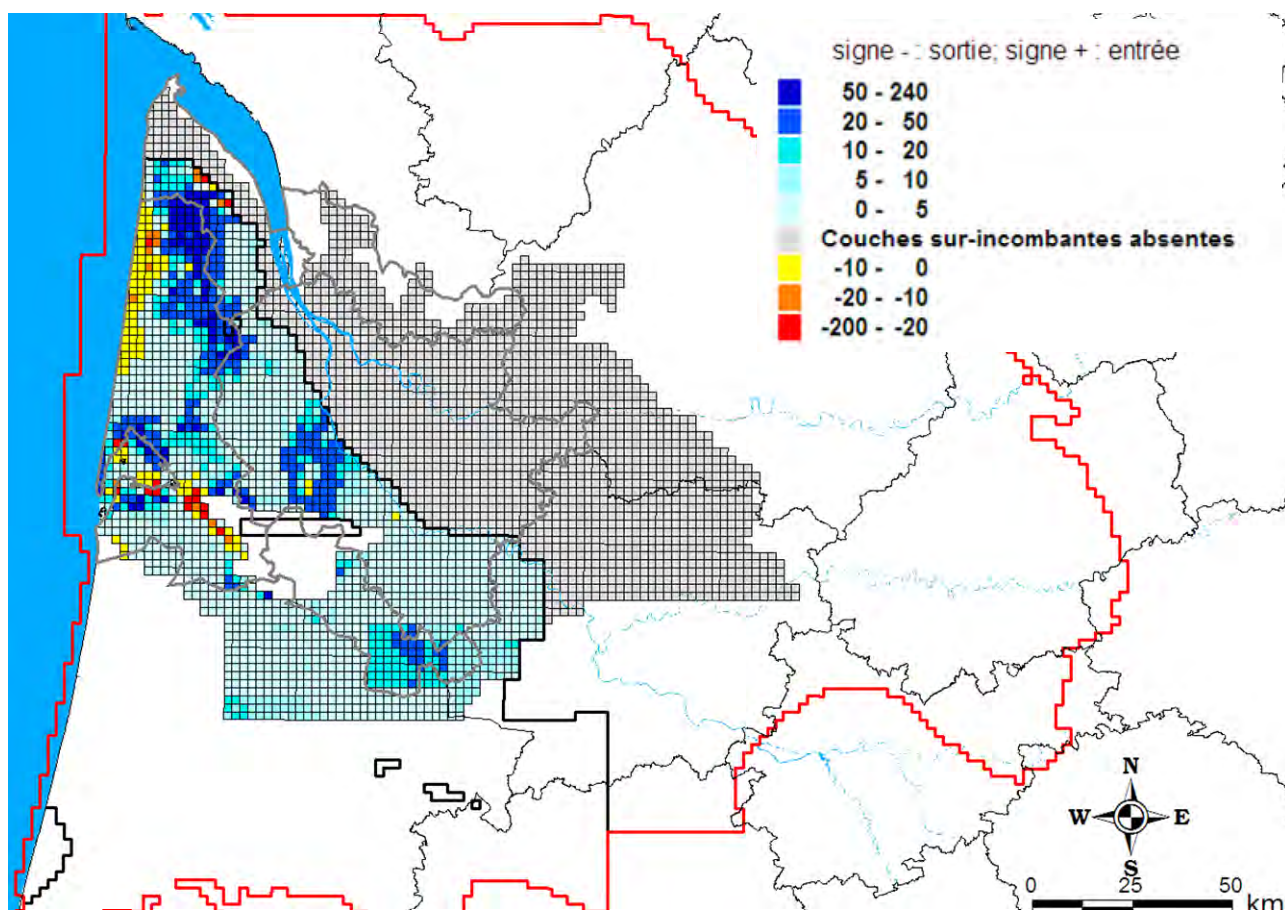


Illustration 56 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène supérieur et Oligocène. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Eocène supérieur vers l'Oligocène, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Oligocène. (BRGM)

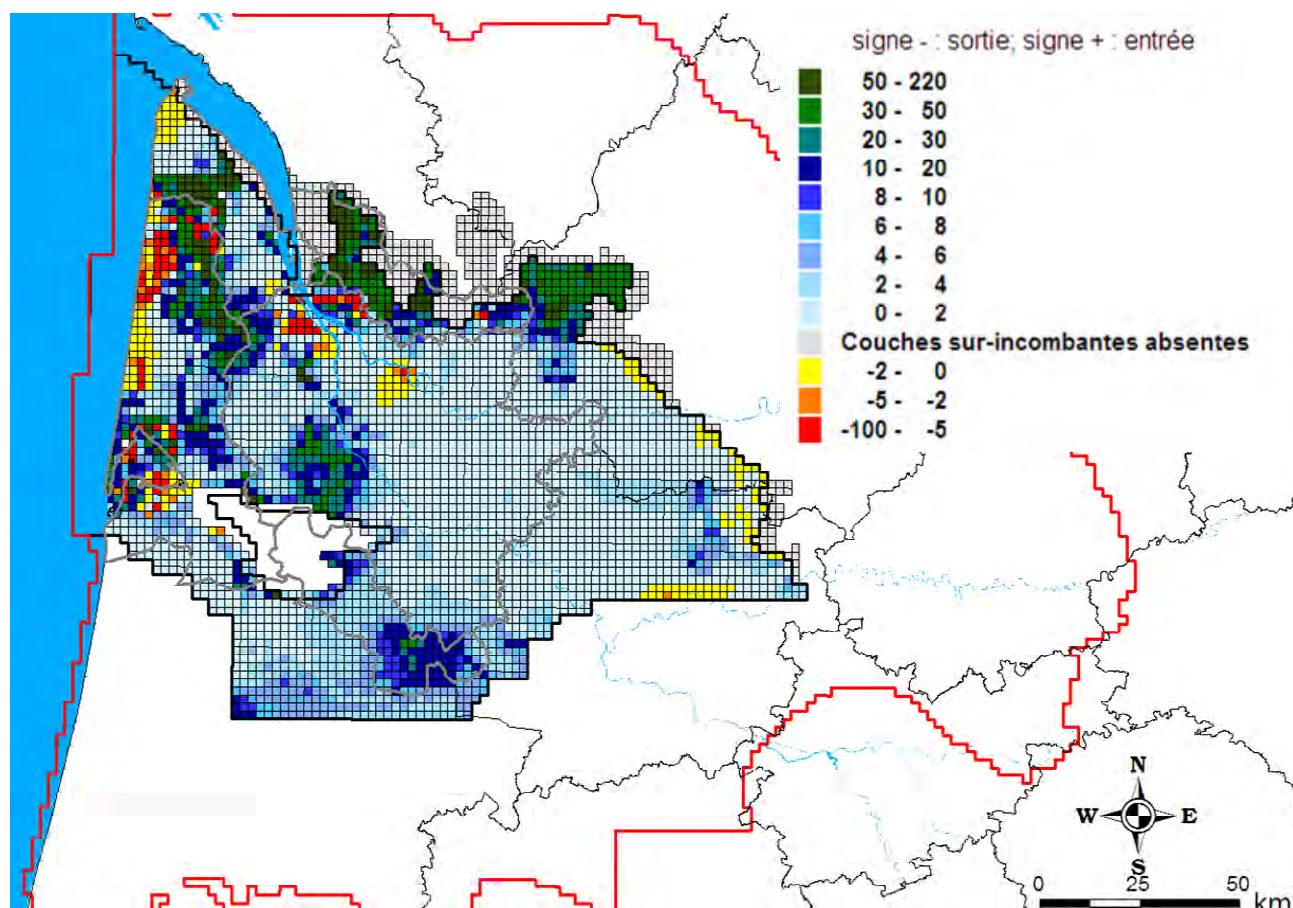


Illustration 57 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène supérieur et Eocène inférieur à moyen. En négatif (couleurs chaudes) les sorties de l'Eocène inférieur à moyen vers l'Eocène supérieur, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Eocène supérieur. (BRGM)

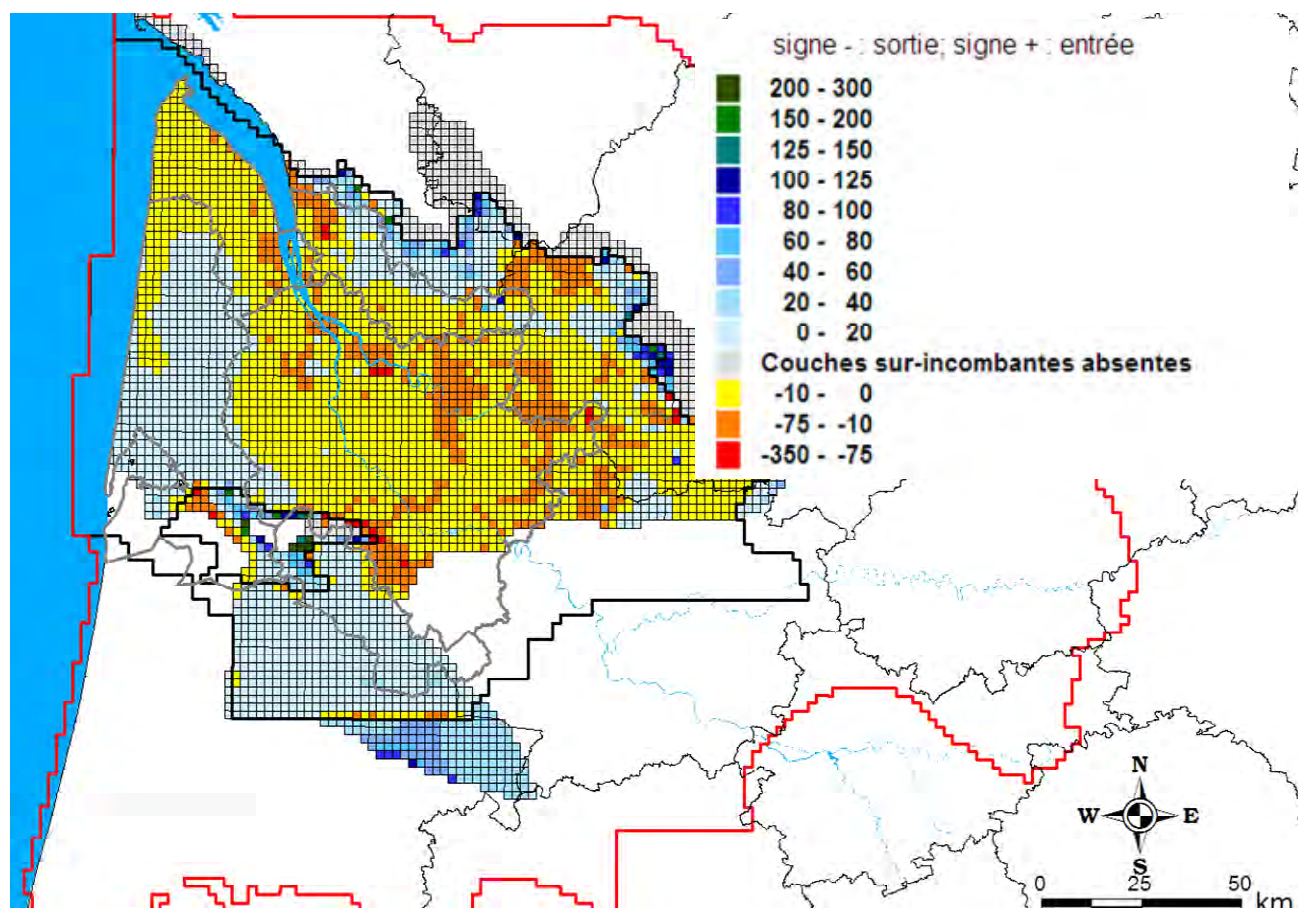


Illustration 58 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Eocène inférieur et Campano-Maastrichtien. En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Campano-Maastrichtien vers l'Eocène inférieur, en positif (couleurs froides) les entrées depuis l'Eocène inférieur. (BRGM)

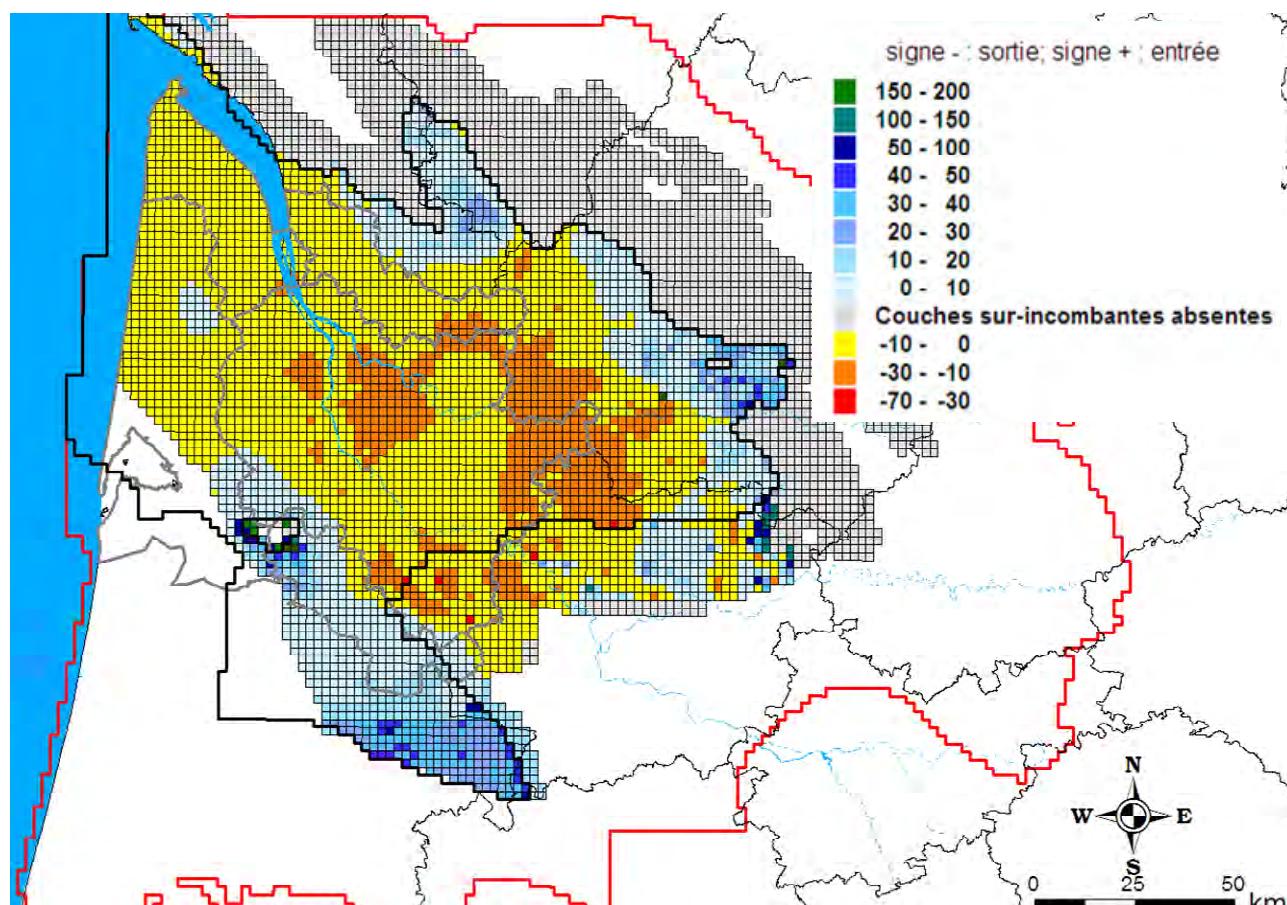


Illustration 59 : Drainance (moyenne 98-07 en milliers de m³ par an) entre Campano-Maastrichtien et Turono-Cénomanién. En négatif (couleurs chaudes) les sorties du Turono-Cénomanién vers le Campano-Maastrichtien, en positif (couleurs froides) les entrées depuis le Campano-Maastrichtien. (BRGM)

1.9.2 Les Unités de Gestion

La maîtrise globale des volumes prélevés dans les aquifères exploités aujourd'hui est une nécessité. Considérant que l'état quantitatif et qualitatif de la ressource n'était pas homogène sur le département et qu'une gestion différenciée devait donc être mise en place, la CLE a défini des sous-bassins hydrogéologiques pour fixer des règles et organiser les actes administratifs à une échelle pertinente tant du point de vue technique qu'administratif. Ce découpage en « zones géographiques » est fondé sur des limites physiques (crêtes piézométriques pour le niveau de prélèvement actuel et discontinuités hydrogéologiques) et il est ajusté aux frontières administratives, la commune et le département.

Cinq zones géographiques ont été définies sur le département de la Gironde :

- Littoral ;
- Médoc Estuaire ;
- Centre ;
- Nord ;
- Sud.

Le SAGE définit des Unités de Gestion en croisant la série géologique avec le zonage géographique.

Les Unités de Gestion sont identifiées par le nom courant pour désigner la série géologique de l'aquifère associé à celui de la zone géographique (exemple Eocène-Centre).

Le découpage vertical respecte les limites des séries et le SAGE prévoyait que des subdivisions puissent être identifiées.

Le découpage territorial est justifié par des considérations d'ordre hydrogéologique avec :

- une limite zone nord-zone centre marquant le passage d'un Eocène à dominante sableuse particulièrement bien réalimenté à un Eocène carbonaté plus profond ;
- une limite zone centre-zone littorale qui correspond à une zone d'alimentation préférentielle par drainance descendante des nappes du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène avec divergence des écoulements de part et d'autre de la crête piézométrique correspondante ;
- une limite zone centre-zone sud permettant la distinction entre Miocène libre et captif avec une lacune importante de l'Eocène ;
- une unité de gestion Médoc-Estuaire traduisant le souhait de maîtriser un risque d'invasion d'eau salée en provenance de l'estuaire dans l'Eocène au nord de la structure de Blaye-Listrac.

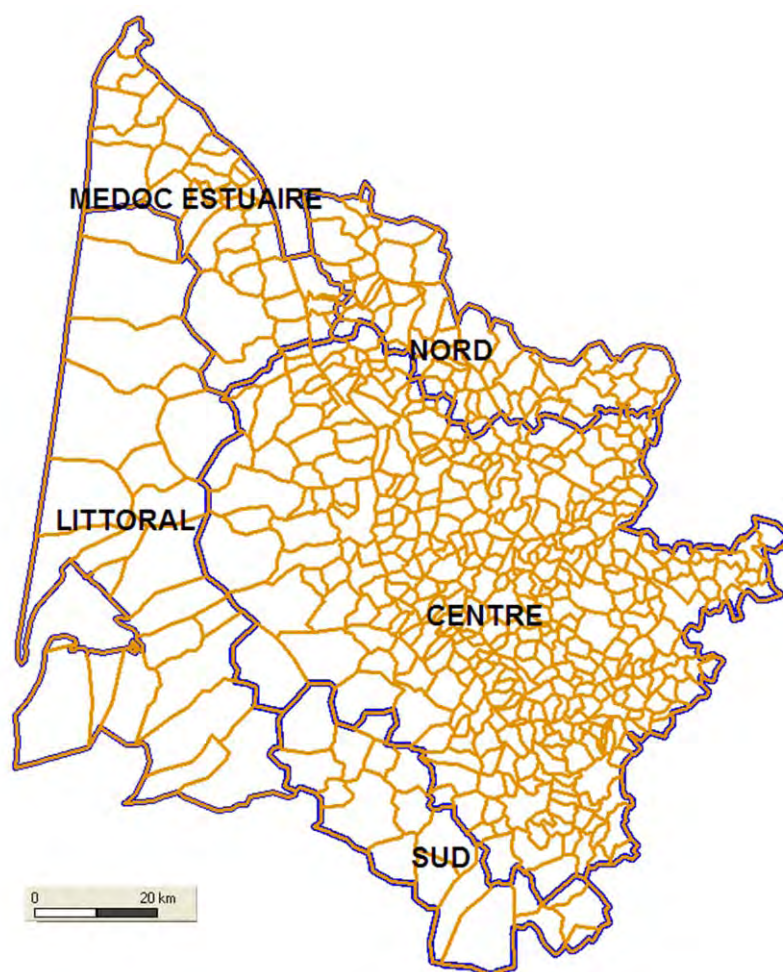


Illustration 60 : Les zones du SAGE Nappes profondes de Gironde (SMEGREG)

Unité de Gestion	CENTRE	MEDOC ESTUAIRE	LITTORAL	NORD	SUD
Miocène	UG	UG	UG	Absent	UG
Oligocène	UG	UG	UG	Absent	UG
Eocène	UG	UG	UG	UG	UG
Crétacé	UG	UG	UG	UG	UG

Illustration 61 : Les unités de gestion du SAGE Nappes profondes de Gironde (SMEGREG)

I.10 Etat qualitatif

I.10.1 Réseaux de mesure

La qualité des eaux des nappes est connue essentiellement au travers des résultats des analyses effectuées :

- dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux brutes destinées à la consommation humaine (données ARS ex DDASS), sur environ 340 points d'eau ;
 - dans le cadre de différents réseaux de suivi, sous maîtrise du Conseil général :
 - réseau de gestion patrimonial (dit DCE ou RCS), qui constitue un minimum commun au bassin Adour-Garonne pour les besoins de la Directive cadre européenne sur l'eau.
Il comporte 36 points de suivi de la qualité en 2008, répartis de la façon suivante entre les différentes nappes : 5 points au Crétacé, 10 points à l'Eocène, 9 points à l'Oligocène, 3 points au Miocène et points 9 au Plio-Quaternaire ;
 - réseau départemental, qui complète à l'échelle du département ce suivi des aquifères et comporte 20 points de suivi de la qualité en 2008, répartis de la façon suivante : 8 points à l'Eocène dans la domaine minéralisé, 7 points à l'Eocène dans le secteur de l'estuaire et 5 points à l'Oligocène.
- L'illustration ci-dessous précise l'emplacement de ces points.

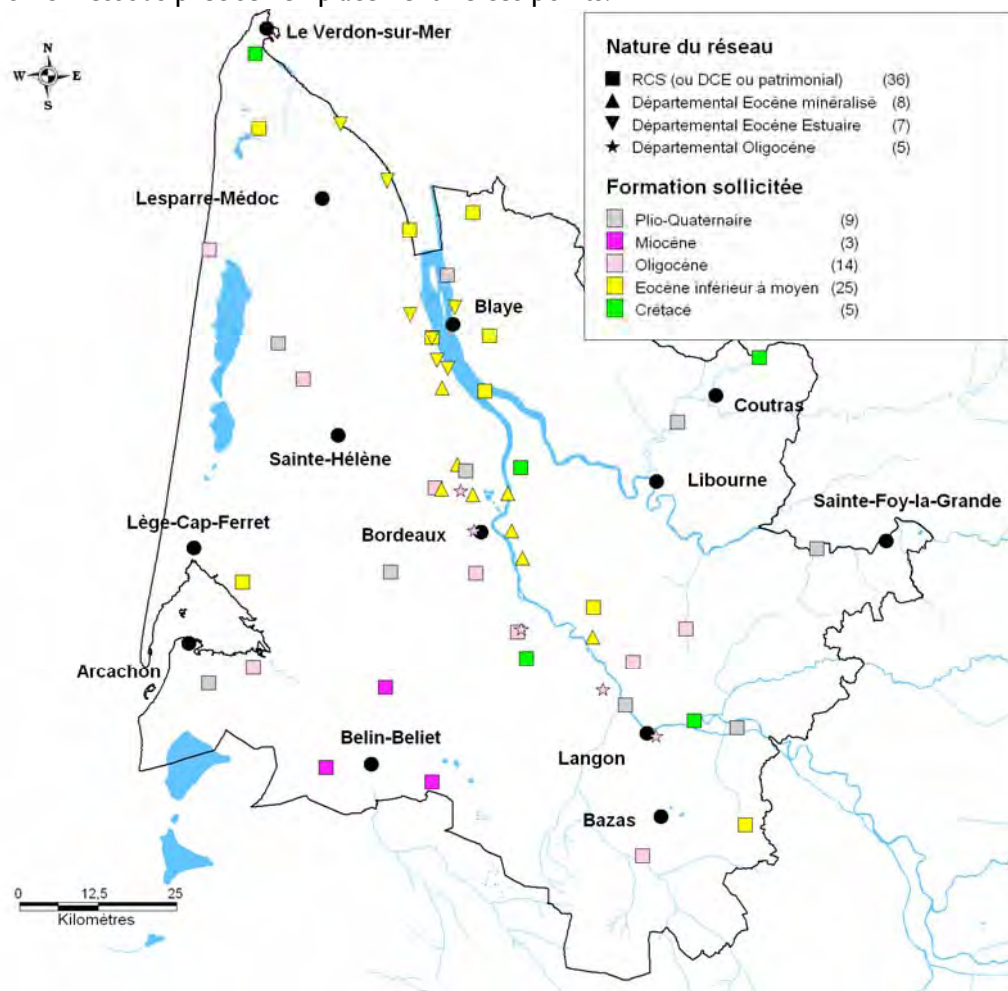


Illustration 62 : localisation des points de suivi de la qualité (BRGM)

- des forages suivis par la Chambre d'Agriculture et dont les données sont transmises annuellement à la MISE.

I.10.2 Vulnérabilité des nappes

Au sens général, la vulnérabilité correspond à la "fragilité ou susceptibilité" d'un "milieu-cible" ou d'un système donné face à un "aléa donné" (en général une pollution). Dans le cas des nappes profondes, elle correspond à un "ensemble des caractères qui déterminent la plus ou moins grande facilité d'accès à un réservoir aquifère et de propagation dans celui-ci d'une substance considérée comme indésirable" (guide technique des Agences de l'Eau). A noter que la vulnérabilité d'une nappe ne doit pas être confondue avec la vulnérabilité d'un captage qui concerne des phénomènes d'une toute autre échelle.

Les critères qui définissent la vulnérabilité des nappes sont :

- les voies, les chemins suivant lesquels un aquifère peut être atteint,
- le délai au bout duquel la nappe sera affectée,
- la durée de persistance et d'élimination des pollutions (par dilution ou par effet épurateur propre au terrain).

Dans le cas des nappes profondes du SAGE, les principaux critères de vulnérabilité résident dans la proximité entre l'aquifère et le milieu extérieur (zone d'affleurement) ou entre deux aquifères de qualités différentes. A ce titre, les forages mal conçus, abandonnés et non bouchés ou dégradés, constituent un point d'entrée potentiel depuis la surface ou d'échange avec d'autres nappes lorsqu'il s'agit des nappes profondes naturellement peu vulnérables. Ces critères de vulnérabilité sont aussi liés aux aspects dynamiques qui déterminent la vitesse des échanges et du renouvellement des masses d'eau et dépendent donc indirectement de l'intensité des prélèvements.

Le BRGM a édité une carte de vulnérabilité de l'Aquitaine intégrant plusieurs critères : lithologie, pente, réserve facilement utilisable, occupation du sol et vulnérabilité a priori. Le résultat est présenté ci-après. Cette carte fait principalement ressortir le triangle landais avec le sable des landes, les affleurements calcaires de Dordogne et les Pyrénées.

Une seconde carte matérialise pour la Gironde la vulnérabilité a priori (dite intrinsèque).

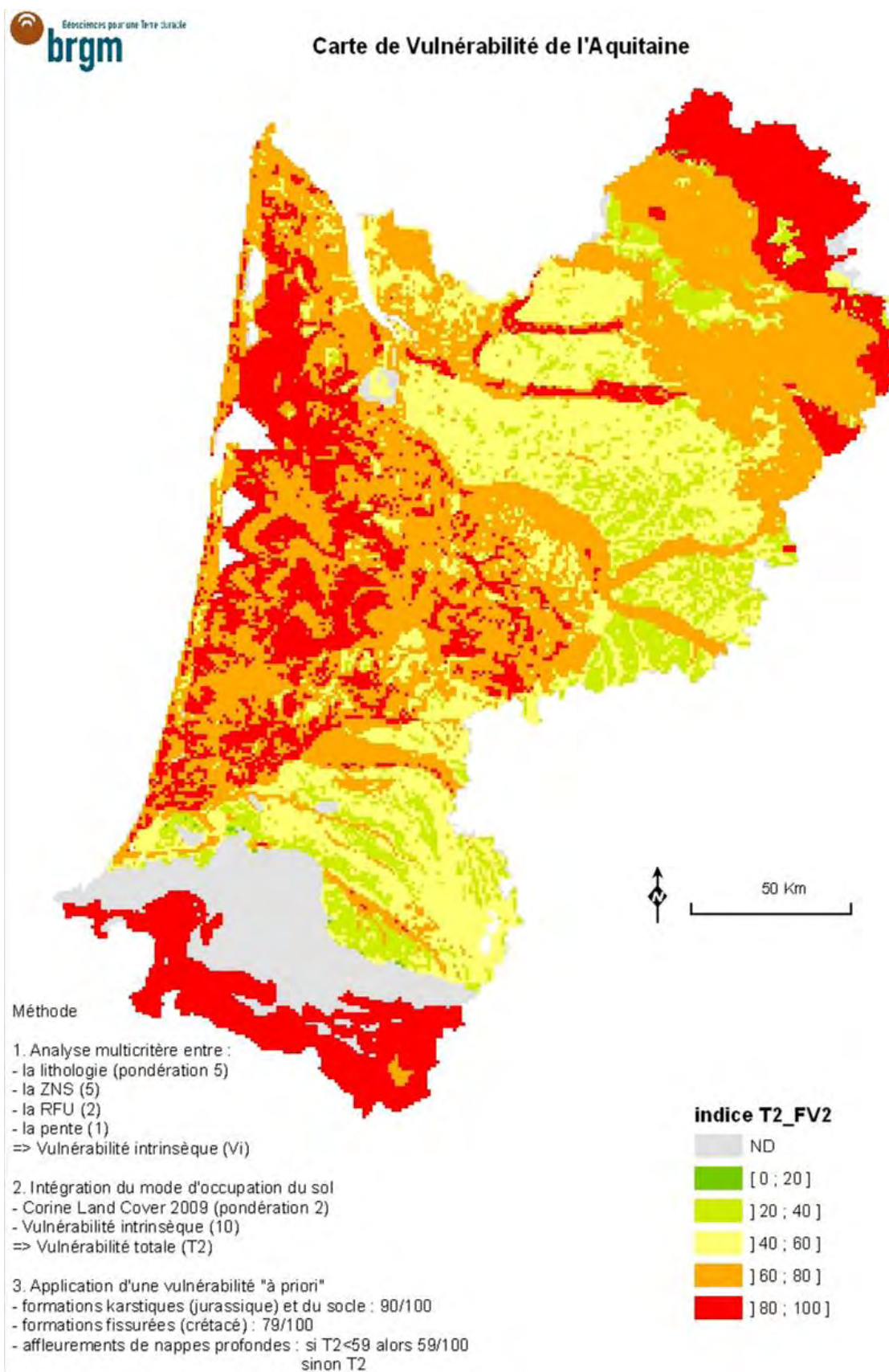


Illustration 63 : Carte de vulnérabilité de l'Aquitaine (BRGM)

33

Vulnérabilité intrinsèque simplifiée

Typologie

zone non saturée inf. à 3 mètres

Unités fonctionnelles

Combinaison IDPR/ZNS

Vulnérabilité faible à nulle

Vulnérabilité faible

Vulnérabilité moyenne

Vulnérabilité forte

Vulnérabilité très forte

Departements_Aqui

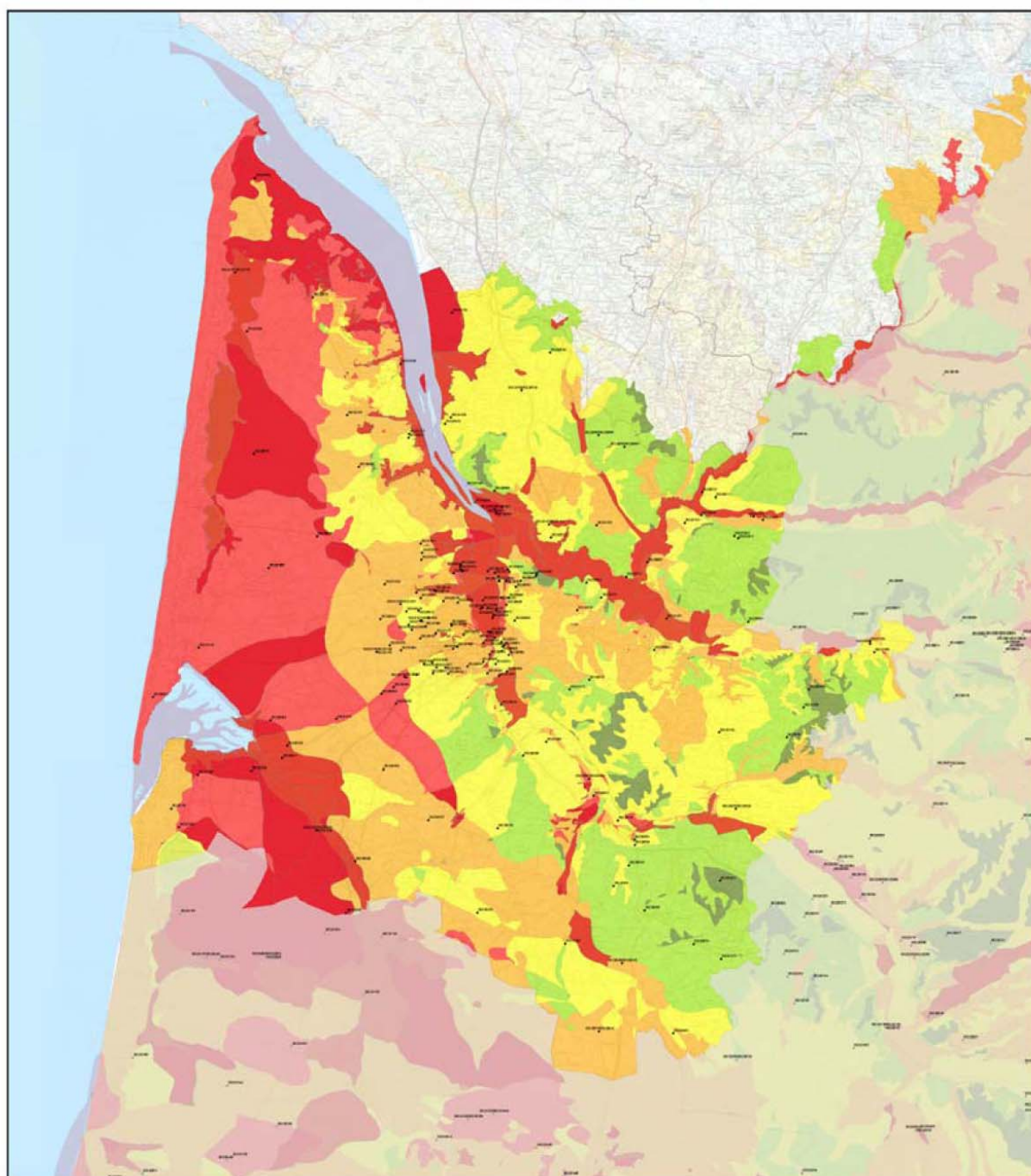
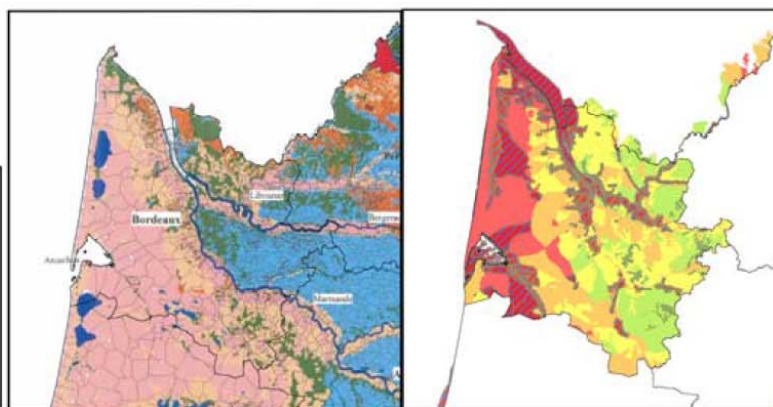


Illustration 64 : Carte de vulnérabilité intrinsèque de la Gironde (BRGM)

1.10.3 Qualité générale

Enfin, dans le détail, le calcul de teneurs moyennes à partir des dernières analyses disponibles sur près de 600 points d'eau a permis de mettre en évidence un fond géochimique pour chaque nappe et certaines disparités. Il apparaît ainsi que :

- les eaux du **Plio-Quaternaire** sont en général acides et agressives, peu minéralisées. Elles sont les plus chargées en fer des eaux de nappe ; les teneurs moyennes en fer dépassent la référence de qualité de 0,2 mg/l dans la plupart des nappes. Elles sont également les plus sensibles aux pollutions anthropiques (teneur en nitrates non négligeable, présence de pesticides fréquente, etc.) ;
- les eaux du **Miocène** sont les moins minéralisées des eaux profondes de Gironde ; elles sont de bonne qualité lorsque la formation ne se trouve pas en liaison avec le Sable des Landes, sinon le fer peut être abondant. Cette nappe qui draine des eaux en contact avec les eaux superficielles est localement sensible aux pollutions. Dans le sud-est du département on relève aussi des concentrations élevées en nitrates, sulfates, calcium, fluor et arsenic. Si les quatre derniers éléments ont une origine naturelle, la pression des pratiques agricoles est à l'origine de teneurs excessives en nitrates (localement plus de 50 mg/l) dans les eaux des sources du Sauternais et du Bazadais. Vers le littoral où le réservoir bénéficie du couvert forestier et de la protection des couches sus-jacentes, les eaux sont de bonne qualité ;
- les eaux de l'**Oligocène** sont généralement d'excellente qualité chimique. Elles peuvent présenter des teneurs en fer naturellement élevées dans la partie sud-ouest du département (principalement à l'ouest de l'agglomération bordelaise et dans quelques forages du littoral), des anomalies en calcium au sud de l'agglomération de Bordeaux, et des concentrations naturelles significatives en fluor, sulfates et sodium dans le sud-est du département. En revanche, les sources ou la partie libre de l'Oligocène (en bordure de la Garonne et dans les zones proches des affleurements), sont sensibles aux pollutions de surface (teneurs moyennes en nitrates préoccupantes dans la partie libre, récente pollution accidentelle de Thil Gamarde) et peuvent drainer des eaux des rivières et des nappes sus-jacentes, chargées en fer. Sur ces zones, il apparaît que des pesticides (organochlorés, organo-azotés, urées substituées, etc.) y sont ponctuellement ou systématiquement détectés ;
- les eaux de l'**Eocène** sont généralement d'excellente qualité, sauf pour le fer qui doit être presque toujours traité, avec des teneurs très faibles en nitrates. La nappe de l'Eocène inférieur à moyen du domaine minéralisé (bande comprise entre Garonne et Dordogne et s'étendant en rive gauche de Grignols à Lamarque en Médoc) présente une conductivité moyenne supérieure à la référence de qualité de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ liée à de fortes teneurs en calcium, chlorures, fer, fluor, sodium et sulfates. Par ailleurs, ses eaux peuvent localement dépasser la limite de qualité de 1,5 mg/l en fluor (cas de quatre unités de distribution prioritaires retenues en Gironde : Syndicat de Castelnau-Médoc, Syndicat de Ludon-Macau-Labarde, commune du Pian Médoc, et syndicat de Arsac-Cantenac-Margaux-Soussans, qui présentent des teneurs moyennes en fluorures de 1,9 à 2,2 mg/l) ;
- dans le sommet et la base du **Crétacé** supérieur, l'eau est généralement de bonne qualité. Localement elle peut contenir du fer, du fluor, des sulfates et du potassium excédant les limites de potabilité.

A noter enfin que les pollutions par des composés organiques volatils ou des micropolluants minéraux sont, quant à elles, plus anecdotiques, et ont ponctuellement concerné les formations de l'Eocène inférieur à moyen du domaine minéralisé et la partie vulnérable de l'Oligocène.

1.10.4 Une qualité propice à la production d'eau potable

Le département de la Gironde dispose d'un atout considérable : les eaux millénaires des nappes profondes captives ne nécessitent qu'un traitement simple destiné à assurer sa conservation au sein des réseaux. En comparaison au reste du territoire français, les problèmes de qualité d'eau y sont exceptionnels.

Par comparaison avec les eaux superficielles, les eaux des nappes profondes présentent de grands avantages du point de vue de leur qualité :

- une stabilité de leurs caractéristiques physico-chimiques ;
- une faible vulnérabilité aux pollutions anthropiques qu'elles soient diffuses ou ponctuelles, d'autant plus faible que la nappe est profonde ;
- une très faible vulnérabilité aux pollutions accidentelles, sauf dans les zones d'affleurement.

Du fait de ces avantages, les eaux souterraines issues des nappes profondes, se prêtent tout particulièrement à la production d'eau potable et 99% des girondins en dispose à leurs robinets.

Au-delà du fait qu'aucun captage n'a été proposé pour la Gironde au titre de la protection des aires d'alimentation des 500 captages les plus menacés en France (article 21 de la Loi sur l'eau de décembre 2006 et "Grenelle de l'environnement"), le contrôle sanitaire des captages d'eau potable girondins est riche d'enseignements.

En Gironde, on dénombre 332 captages pour l'eau potable :

- 8 d'entre eux sollicitent des ressources non cernées par le SAGE Nappes profondes (une prise d'eau dans le lac de Cazaux, 4 puits en nappe alluviale, un captage au Plio-Quaternaire à Préchac et deux captages dans l'Oligocène Entre-deux-Mers) ;
- 324 sollicitent les ressources du SAGE (14 forages et 6 sources au Miocène, 99 forages et 9 sources à l'Oligocène, 177 forages à l'Eocène, 16 forages au Crétacé, un forage captant deux nappes et deux forages captant trois nappes).

D'après l'état des lieux réalisé en 2009, seuls 23 de ces captages présentent occasionnellement des problèmes de qualité du fait de leur sensibilité aux pollutions diffuses en Gironde. A l'exception d'un forage en mauvais état et d'un forage abandonné, aucun d'entre eux ne sollicite une nappe captive :

- deux captages sollicitent les alluvions de Garonne et un captage arrêté sollicite les alluvions de Dordogne ;
- une source au Miocène (Thil),
- neuf sont des captages superficiels de l'Oligocène (sources de Cantinolle, Bussac et Fontauriole, galeries captantes ou puits à drains rayonnants de Thil Gamarde, et puits de Demanes) ;
- huit forages peu profonds exploitent l'Oligocène, dans des secteurs où cette nappe est libre (Cazaux, Monjoux, Haut-Brion et Le Blayet, Guigeot, la Sauque et Garenne-Cap de Bos) ;
- un forage abandonné à l'Oligocène captif ;
- un forage à l'Eocène en mauvais état.

Il a donc été jugé qu'aucun d'entre eux ne relevait du degré de priorité visé par le Grenelle, et aucun captage girondin n'a été retenu pour ce programme d'action prioritaire à l'échelle nationale.

Pour les paramètres naturels, seul le fluor est à l'origine de dépassements des limites de qualité sur l'eau brute. En 2009, le Ministère de la santé et des sports, dans la liste des unités de distribution prioritaires (non conformes aux limites de qualité pendant plus de 30 jours de 2005 à 2007) pour leur mise en conformité a retenu seulement quatre unités en Gironde, à améliorer pour le seul paramètre fluor (Syndicat de Castelnau-Médoc, Syndicat de Ludon-Macau-Labarde, commune du Pian Médoc, et syndicat de Arzac-Cantenac-Margaux-Soussans). En comparaison, la grande majorité des améliorations à apporter dans les autres départements portent sur les pesticides, la bactériologie, les nitrates, et des métaux lourds naturels.

Cette bonne qualité des eaux explique que les eaux potables de Gironde ne subissent que des traitements simples avant leur mise en distribution. Si l'on excepte le service de l'eau de la Communauté Urbaine de Bordeaux, le département compte 201 stations de traitement avec très majoritairement un traitement simple de type déferrisation et pour plus du tiers des captages, le traitement se limite à une simple désinfection.

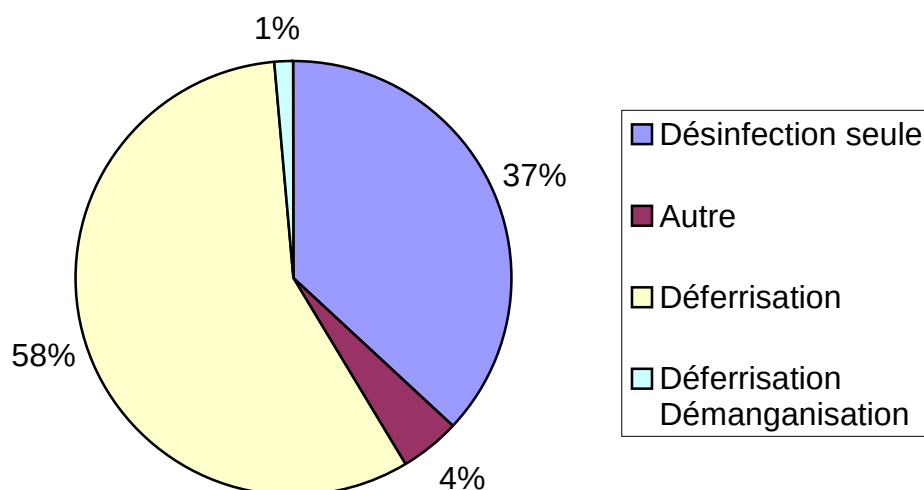


Illustration 65 : répartition des types de traitement au niveau des captages hors CUB (source : synthèse départementale de la distribution d'eau potable – CG33 – mars 2008)

Sur la CUB, 102 points de prélèvement sont utilisés (source : rapport d'activité Lyonnaise des eaux 2008). Les eaux prélevées sont traitées sur les unités de traitement suivantes qui concernent souvent plusieurs points de prélèvements :

- 4 unités de désinfection seule,
- 21 unités de déferrisation,
- 31 unités de désinfection-déferrisation, dont 3 avec filtration complémentaire sur charbon actif en grains pour le traitement des pesticides (La Forêt, la Sauque, et Cazeaux),
- 1 unité de décantation et filtration sur sable (Budos),
- 1 unité de coagulation et filtration sur filtres puis charbon actif en grains (Gamarde).

I.10.5 Zones à enjeu qualitatif

Les anomalies qualitatives naturelles ou anthropiques explicitées précédemment sont figurées sur les cartes d'enjeu ci-après, pour chacune des nappes. Pour appréhender les zones à enjeu qualitatif, il est utile de visualiser préalablement les différentes ressources en eau sollicitées par chaque secteur géographique pour l'usage le plus exigeant, l'eau potable. Celle-ci est assurée :

- par 110 services de l'eau potable (communes ou groupement de communes) ainsi que quelques services privés (aéroport de Bordeaux-Mérignac, base aérienne 106, campus universitaire de Talence-Pessac, etc.),
- à partir de 332 captages qui sollicitent :
 - le lac de Cazaux (une prise d'eau), la nappe alluviale de la Garonne (4 puits), le Plio-Quaternaire (un captage) et l'Oligocène Entre-deux-Mers (1 captage) ;
 - les nappes concernées par le SAGE Nappes profondes de Gironde :
 - Miocène : 14 forages et 6 sources, essentiellement localisés au sud du département (excepté la source de Cap de Bos à l'ouest de l'agglomération) ;
 - Oligocène : 99 forages et 9 sources, localisés dans la moitié sud-ouest du département ;
 - Eocène : 177 forages, localisés dans la moitié nord-est du département et sur le bassin d'Arcachon ;
 - Crétacé : 16 forages, localisés au sud et au nord du département ;
 - 1 forage captant deux nappes et 2 forages captant 3 nappes .

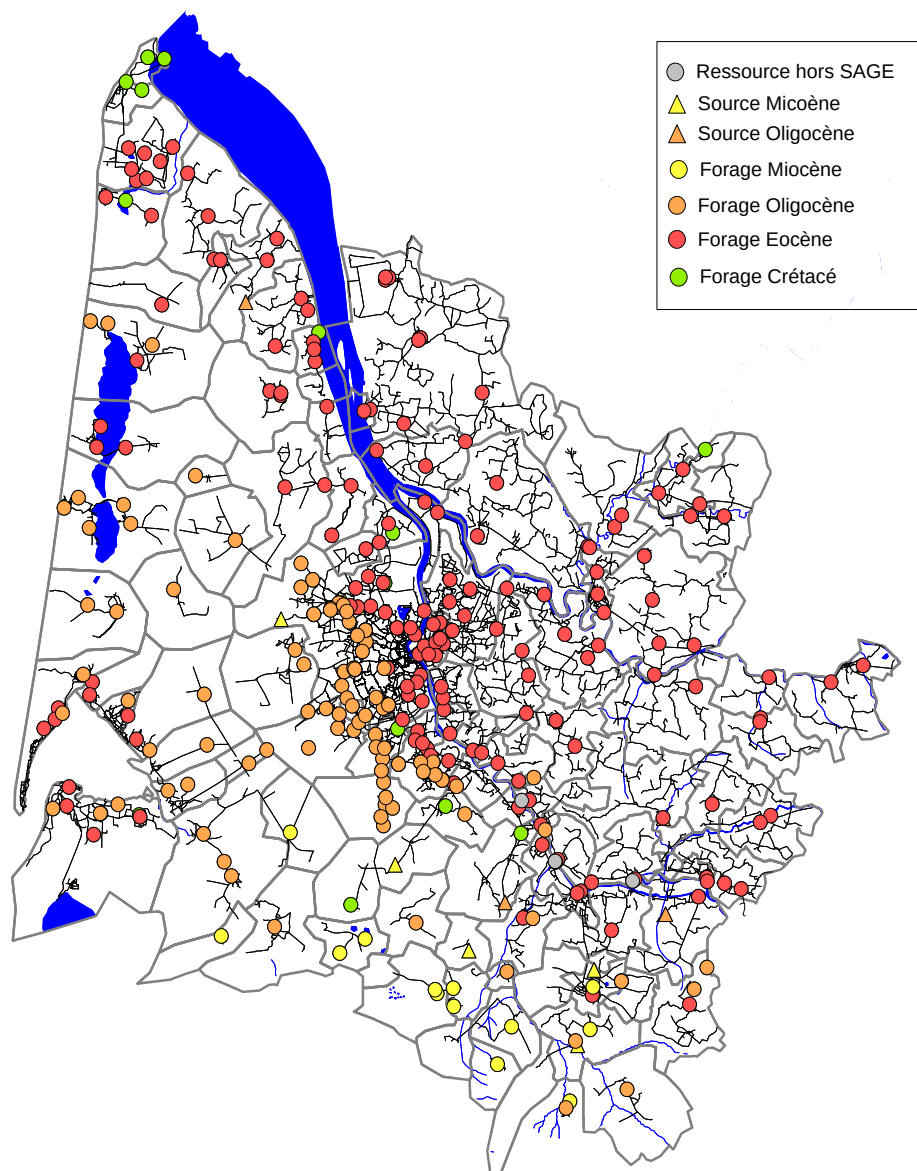


Illustration 66 : services de l'eau potable et différentes origines de l'eau en Gironde (Source SMEGREG)

Miocène

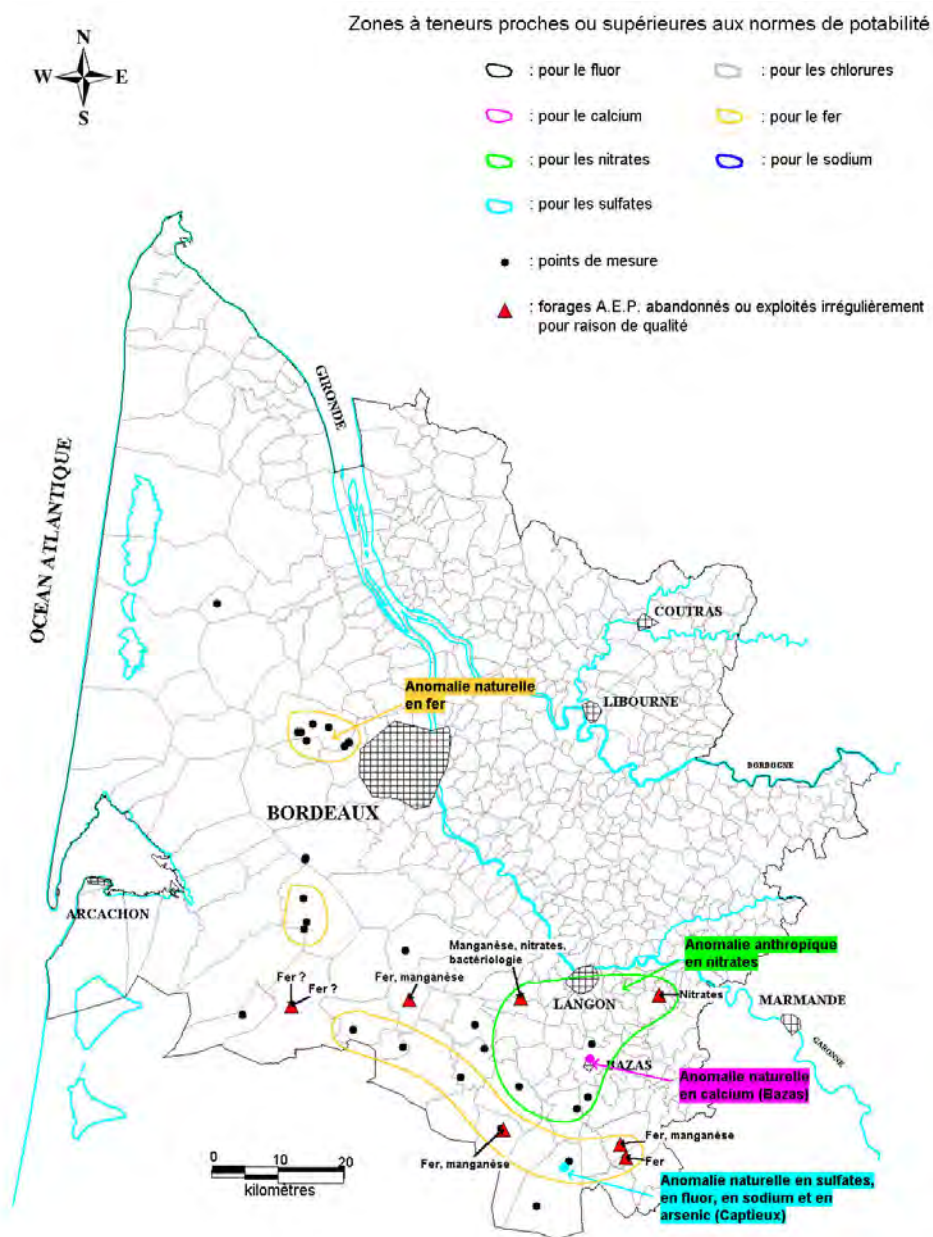
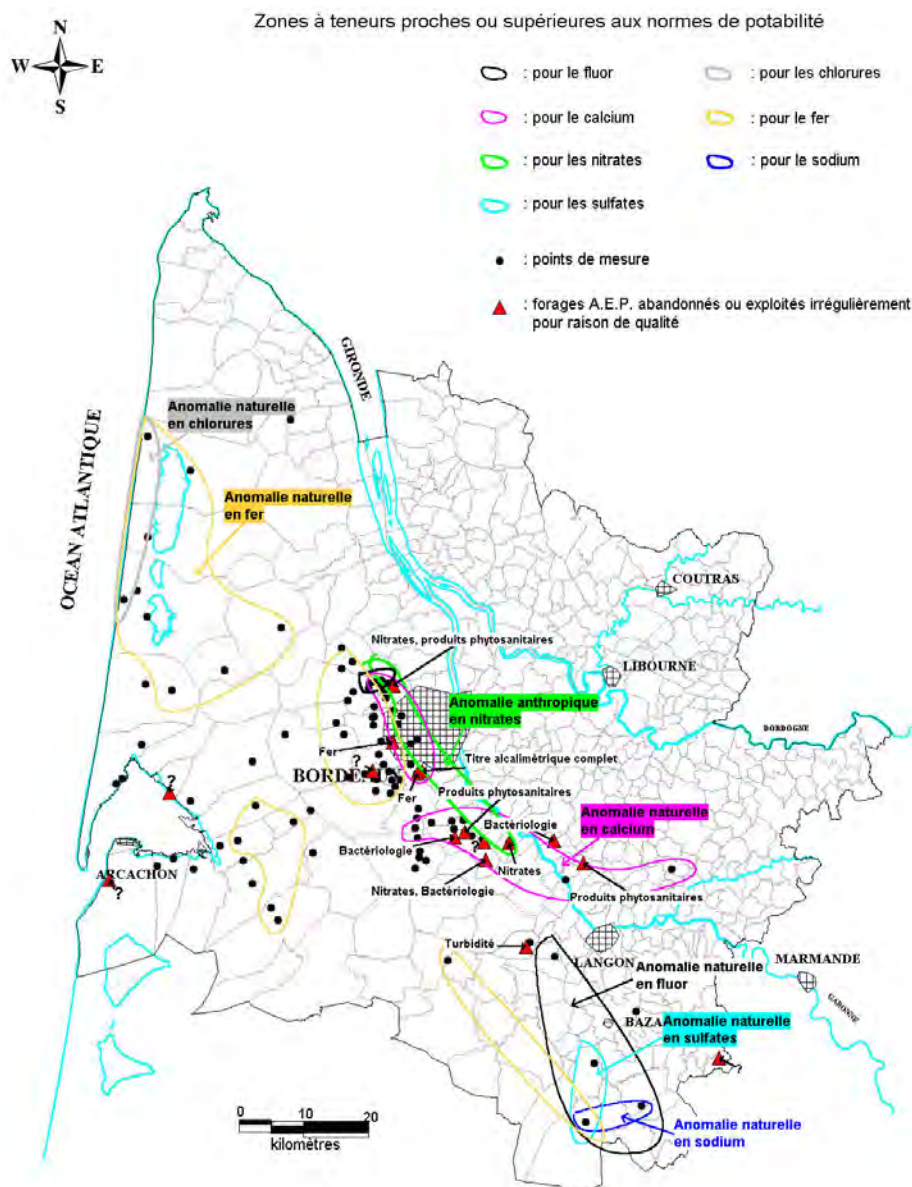


Illustration 67 : principales anomalies qualitatives de la nappe du Miocène par rapport aux limites de qualité (BRGM)

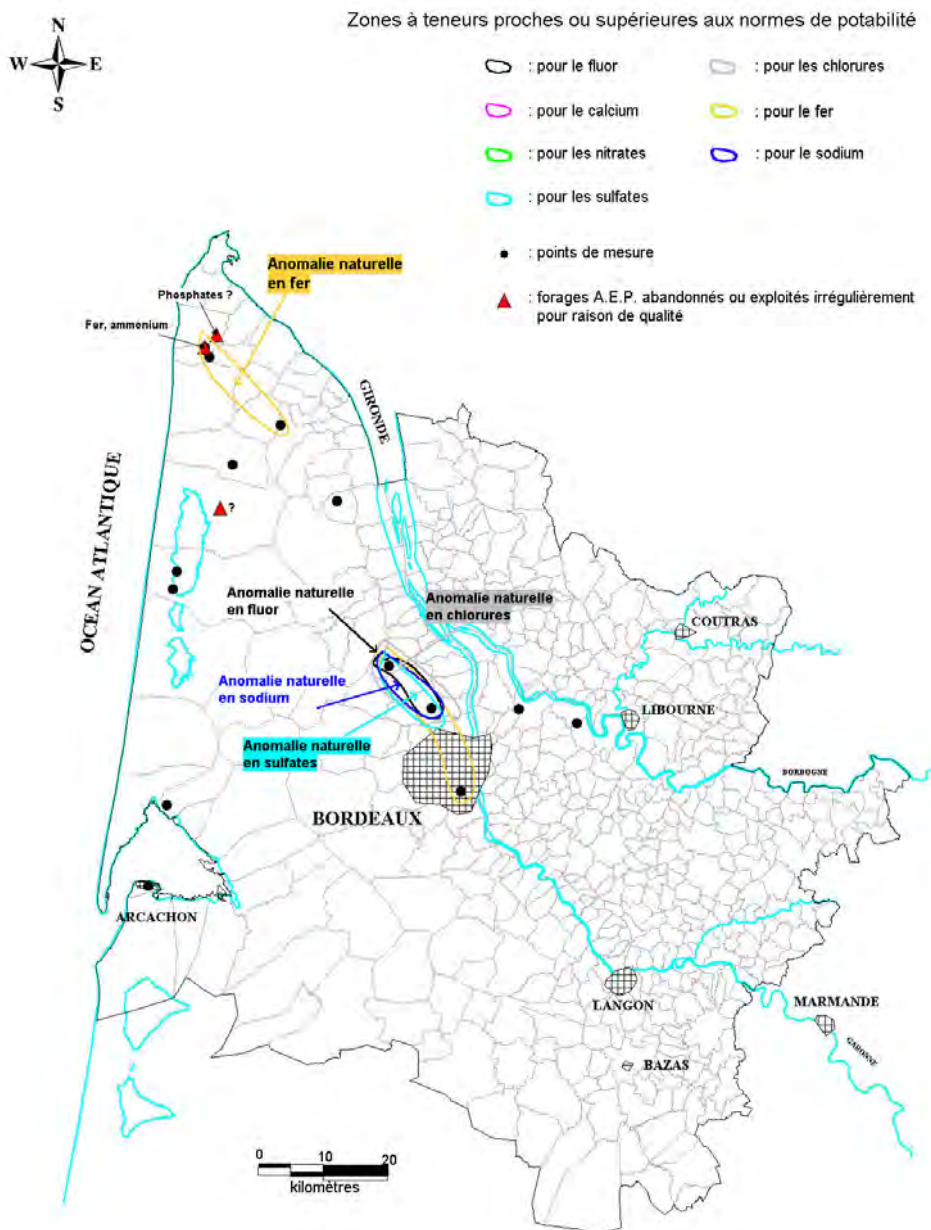
Oligocène



Analyse la plus récente sur la période 1995 - 1998

Illustration 68 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Oligocène par rapport aux limites de qualité (BRGM)

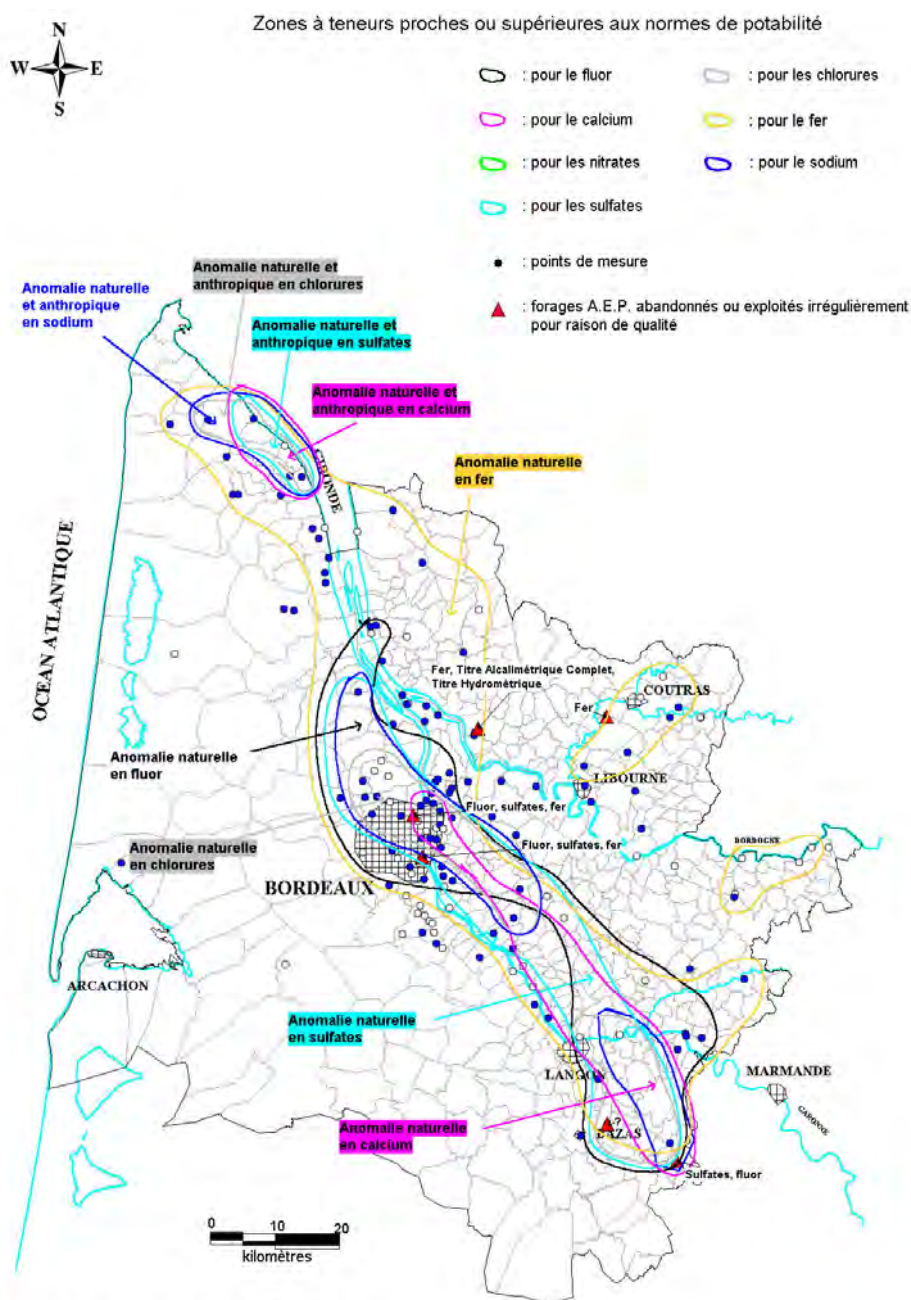
Eocène supérieur



Analyse la plus récente sur la période 1995 - 1998

Illustration 69 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Eocène supérieur par rapport aux limites de qualité (BRGM)

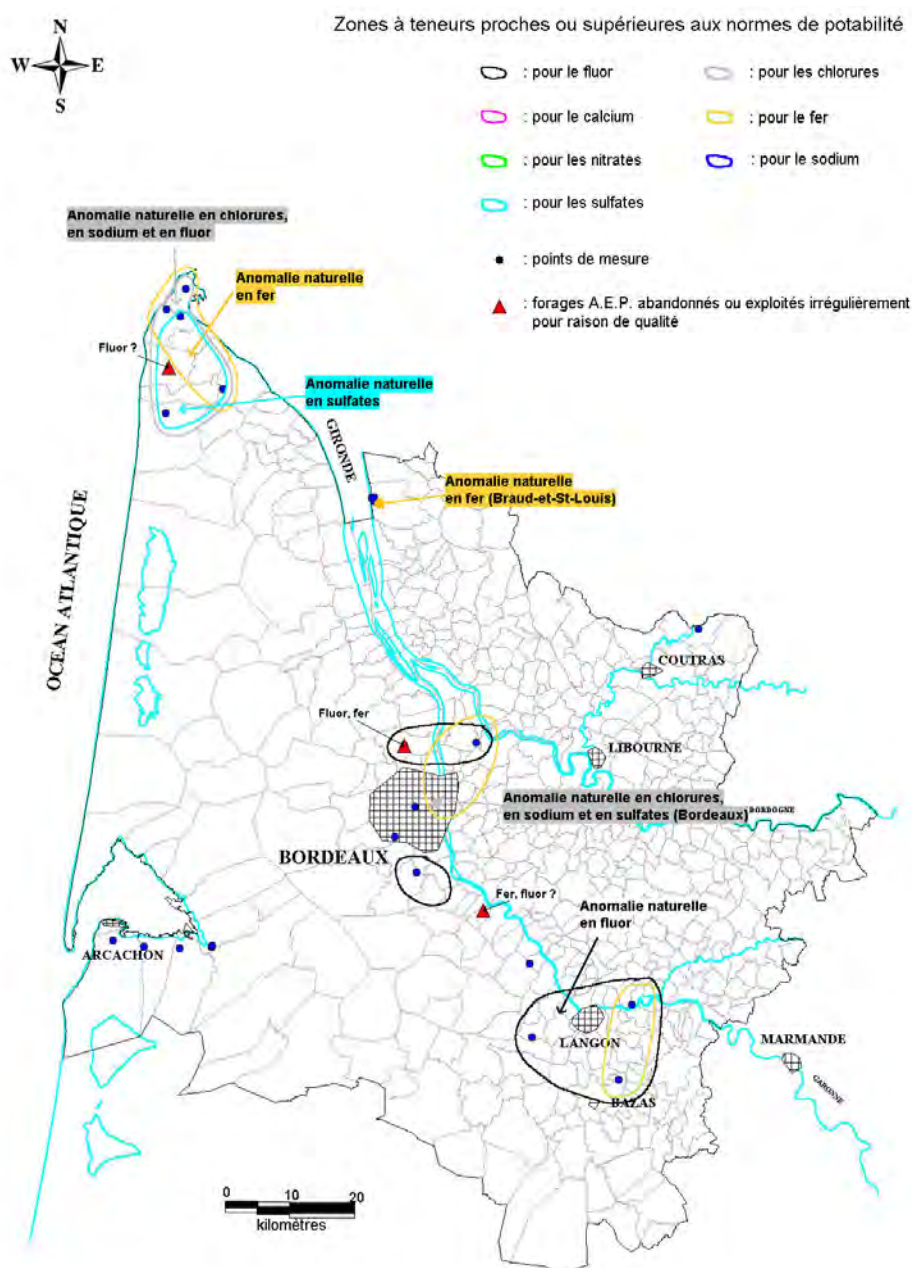
Eocène inférieur à moyen



Analyse la plus récente sur la période 1995 - 1998

Illustration 70 : principales anomalies qualitatives de la nappe de l'Eocène inférieur à moyen par rapport aux limites de qualité (BRGM)

Crétacé



Analyse la plus récente sur la période 1995 - 1998

Illustration 71 : principales anomalies qualitatives de la nappe du Crétacé par rapport aux normes de potabilité (BRGM)

On retiendra donc que les nappes profondes concernées par le SAGE présentent les dégradations d'origine anthropique (au moins pour partie dans le cas de l'Eocène) suivantes :

- Miocène : nitrates dans le sud-est du département ;
- Oligocène : nitrates, produits phytosanitaires (et bactériologie) en périphérie ouest et au sud de l'agglomération bordelaise (c'est-à-dire dans une zone où la nappe est libre naturellement ou par dénoyage);
- Eocène inférieur à moyen : chlorures, sulfates, sodium et calcium en bordure de l'estuaire dans le nord du Médoc.

2 Prélèvements et usages de l'eau

2.1 Historique et bilan des prélèvements

2.1.1 Prélèvements dans les nappes profondes dans le nord du bassin Aquitain

Une vision générale des prélèvements a pu être donnée en 2010 grâce à la réalisation de l'étude "Utilisation du Modèle Nord-Aquitain (MONA) pour appuyer la définition des volumes prélevables dans les aquifères profonds du Nord du Bassin aquitain-BRGM/RP-57878-FR-mars 2010". C'est dans ce cadre que la base de données des prélèvements du MONA a été actualisée avec la participation des services de l'Etat et des collectivités territoriales à fin 2009.

La base de données de prélèvements comprend actuellement 3 759 ouvrages sollicitant les 14 nappes (hors Plio-Quaternaire) répartis comme suit : 3 en Tarn-et-Garonne, 85 en Lot-et-Garonne, aucun dans le Lot, 536 dans les Landes, 1 406 en Gironde, 400 en Dordogne, 1 179 en Charente-Maritime et 150 en Charente.

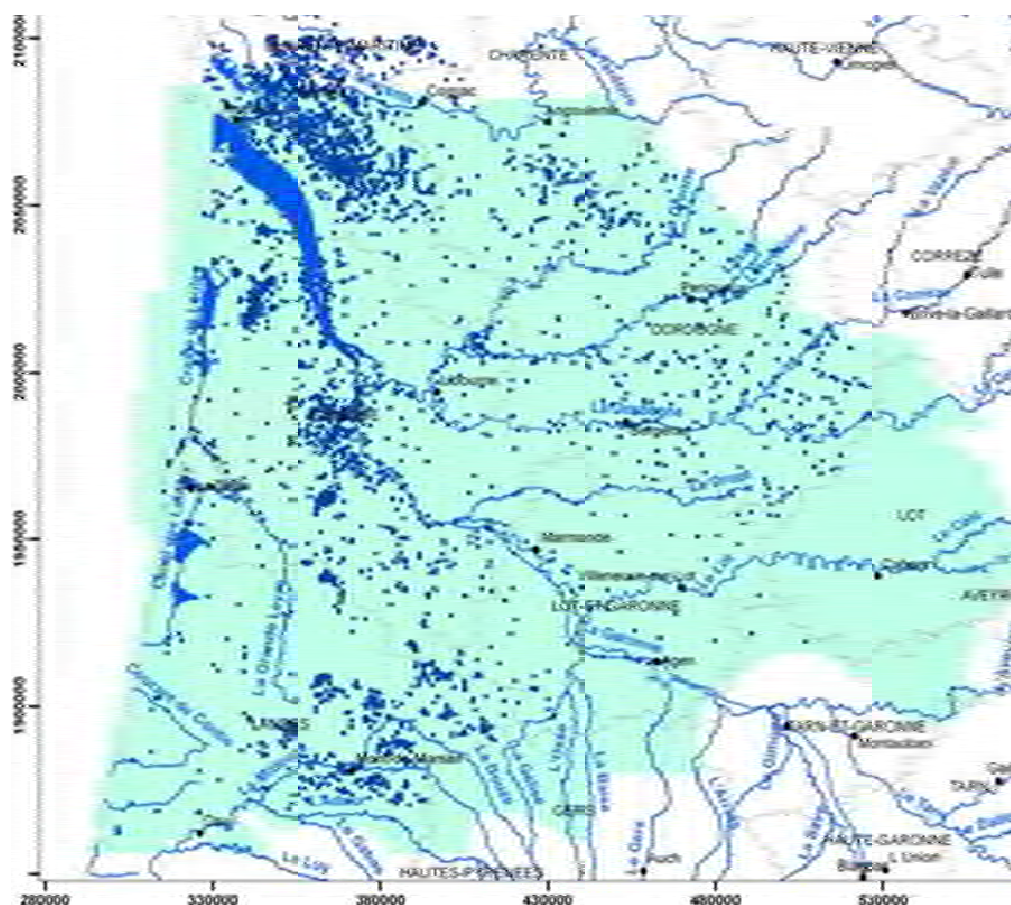


Illustration 72 : Carte de répartition des 3 759 captages recensés dans la BD "Prélèvements" et limite d'extension globale du MONA (BRGM)

Les volumes prélevés en 2007 sur ces 3 759 captages s'élevaient à 325 millions de m³. Le prélèvement cumulé maximum a été enregistré en 2003 avec 360 millions de m³.

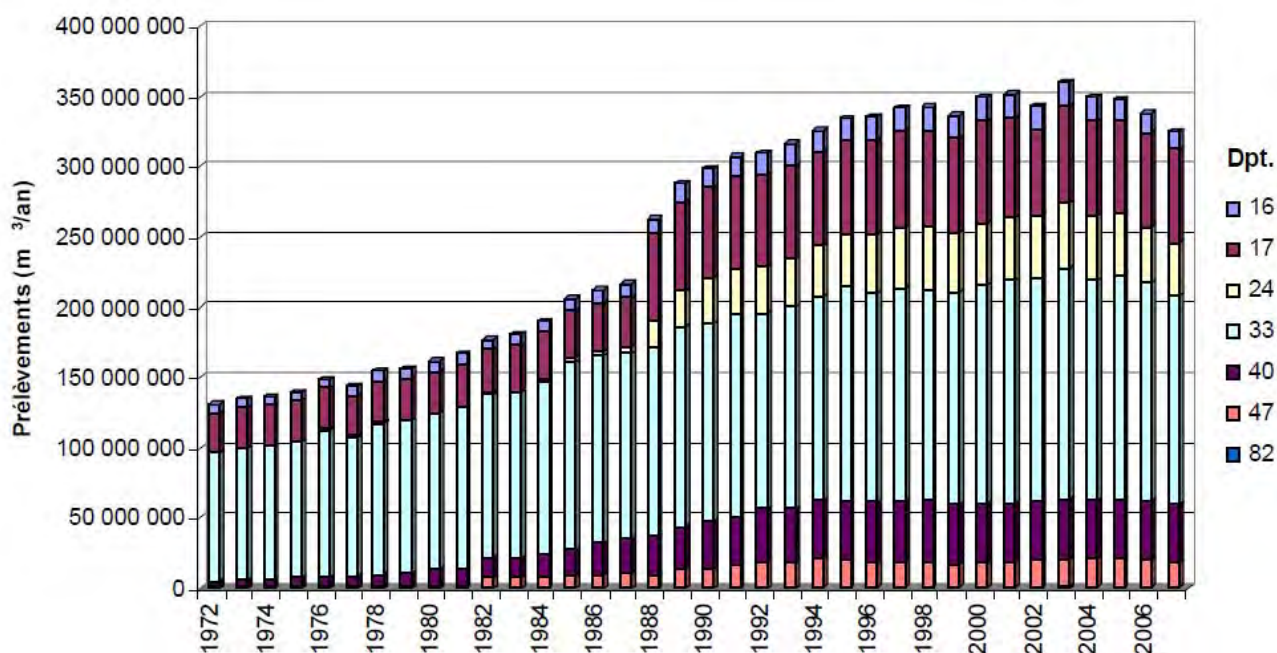


Illustration 73 : Evolution des prélèvements par département (tous usages confondus) pour les 3759 ouvrages contenus dans la base de données de prélèvement du MONA (BRGM)

La majeure partie de ces prélèvements s'est toujours faite dans le département de la Gironde.

L'exploitation des nappes captives en Lot-et Garonne n'a réellement débuté qu'au début des années 80 avec les premiers forages réalisés dans le Jurassique. Le développement des forages en Dordogne a connu une réelle expansion à la fin des années 80 et au début des années 1990 avec la réalisation de nombreux forages destinés à l'alimentation en eau potable et à l'agriculture.

Depuis le milieu des années 1990, la progression des volumes prélevés s'est fortement ralentie avec une tendance à la diminution depuis 2003.

Le travail réalisé dans l'étude citée ci-dessus restreint le champ de l'étude aux parties captives des aquifères profonds, et hors département des Landes pour l'Oligocène et le Miocène, ce qui donne une vision légèrement tronquée pour ces nappes. Néanmoins, l'analyse montre que les aquifères de l'Eocène et de l'Oligocène sont les plus exploités. La part de l'eau destinée à un usage industriel n'a cessé de diminuer depuis 1972 (aujourd'hui à 3% environ) alors que dans le même temps, les volumes prélevés à usage agricole et d'alimentation en eau potable ont fortement progressé (années 1980 et 1990). L'évolution des prélèvements et des usages apparaît beaucoup plus stable depuis le milieu des années 1990.

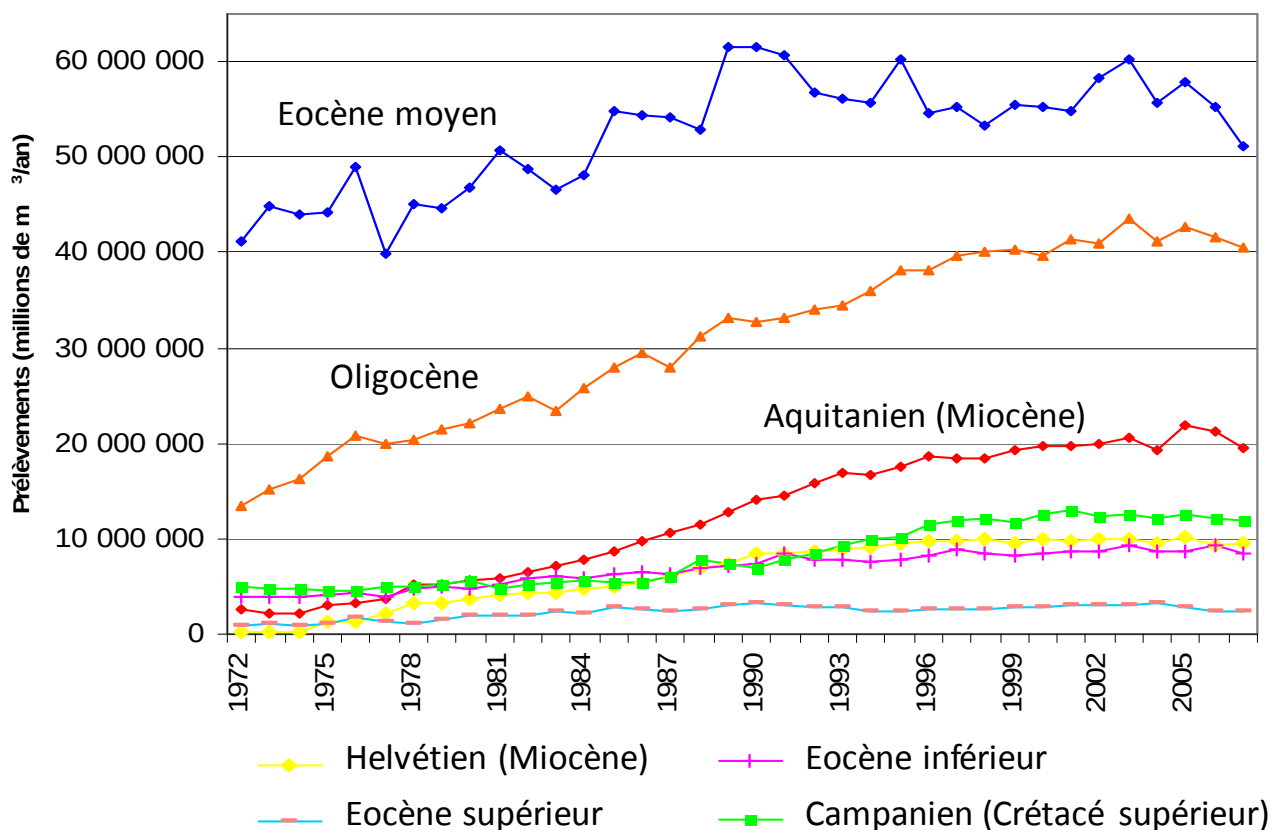


Illustration 74 : Répartition par nappe des volumes prélevés sur la zone d'étude « Volumes prélevables » (2048 ouvrages) (BRGM)

2.1.2 Prélèvements en Gironde

Les données utilisées ici sont issues du rapport annuel du BRGM pour le Conseil général de la Gironde. Cette collecte de données est effectuée de longue date et permet une quasi-exhaustivité du recensement des ouvrages et des prélèvements (hors agriculture) en Gironde.

Nappes du Jurassique et du Crétacé

En 2008, 52 ouvrages ont sollicité les nappes du Secondaire. Seuls deux ouvrages concernent l'aquifère du Jurassique. Pour des prélèvements cumulés inférieurs à 400 000 m³/an, il s'agit des forages de Pirac au Teich (08502X0069/GLTPI) utilisé pour la géothermie en circuit ouvert et de Tresaygues à Bazas (08527X0002/BAZASI) destiné à la production d'eau potable.

Sur les 5,9 millions de m³ prélevés en 2008 dans les nappes du Secondaire, 3,3 millions de m³ l'ont été dans la nappe du Campano-Maastrichtien. L'alimentation en eau potable représente 46 % des prélèvements qui concernent essentiellement l'aquifère du Campano-Maastrichtien.

Quant à l'aquifère du Turono-Cénomarien, il est exploité par quelques ouvrages pour la géothermie sur ou à proximité de l'agglomération bordelaise.

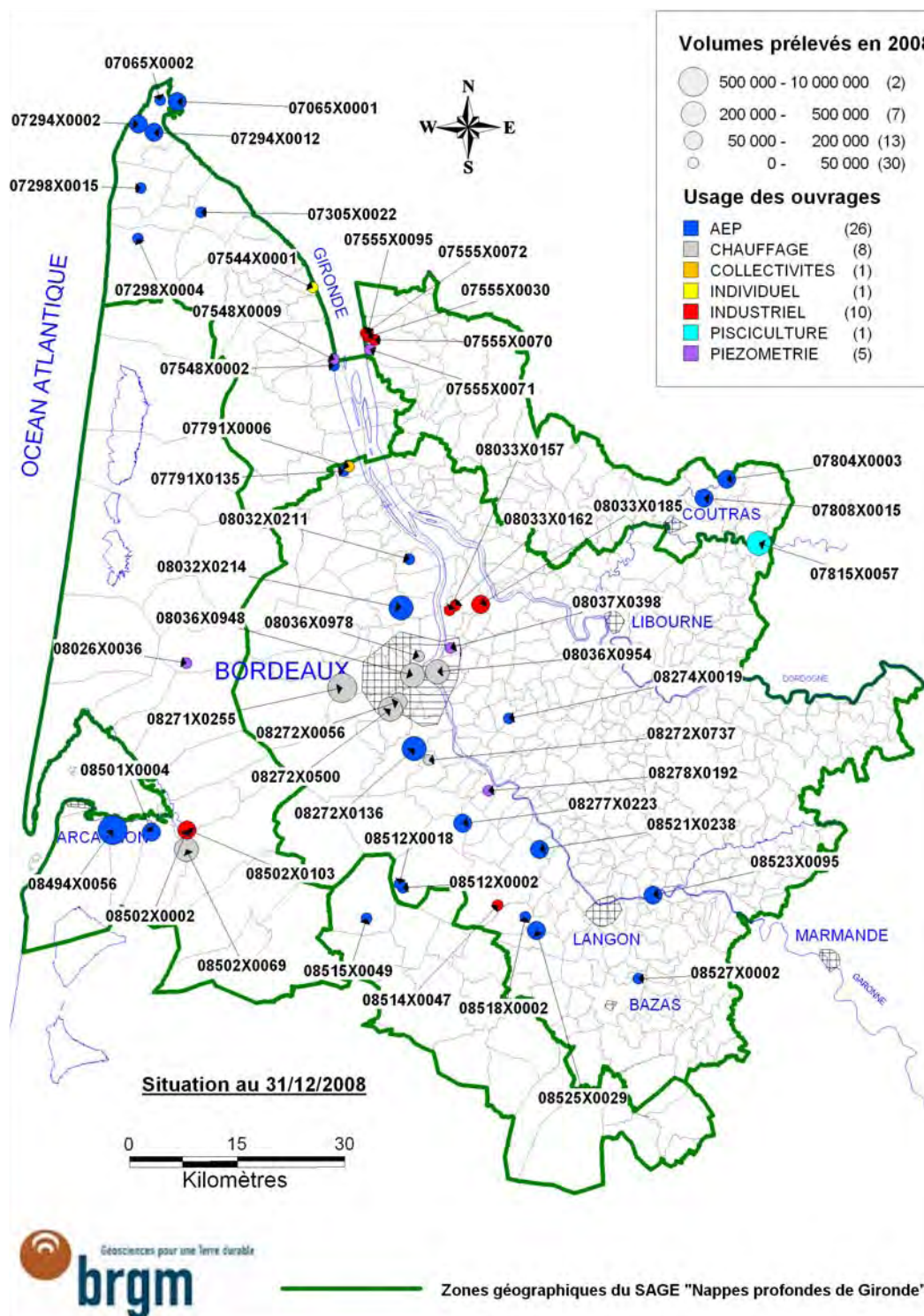


Illustration 75 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour les nappes du Secondaire (Jurassique et Crétacé supérieur) en 2008 (BRGM)

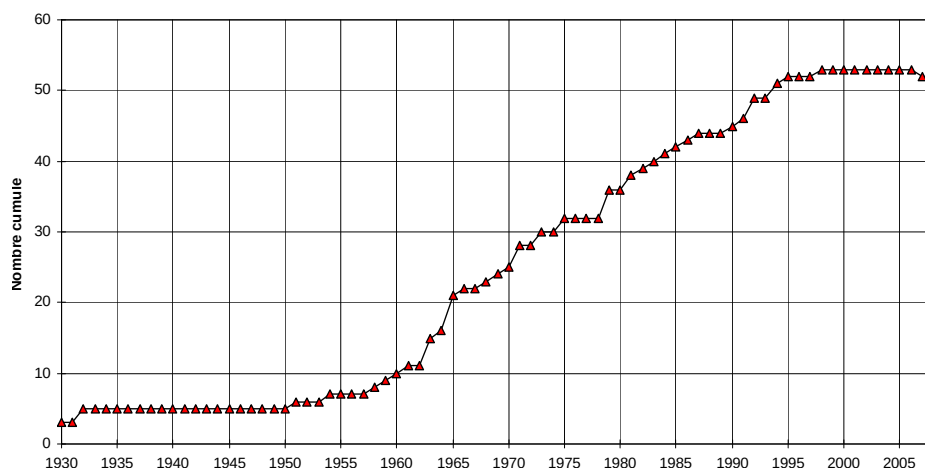


Illustration 76 : Evolution du nombre d'ouvrages captant le Jurassique et le Crétacé supérieur (BRGM)

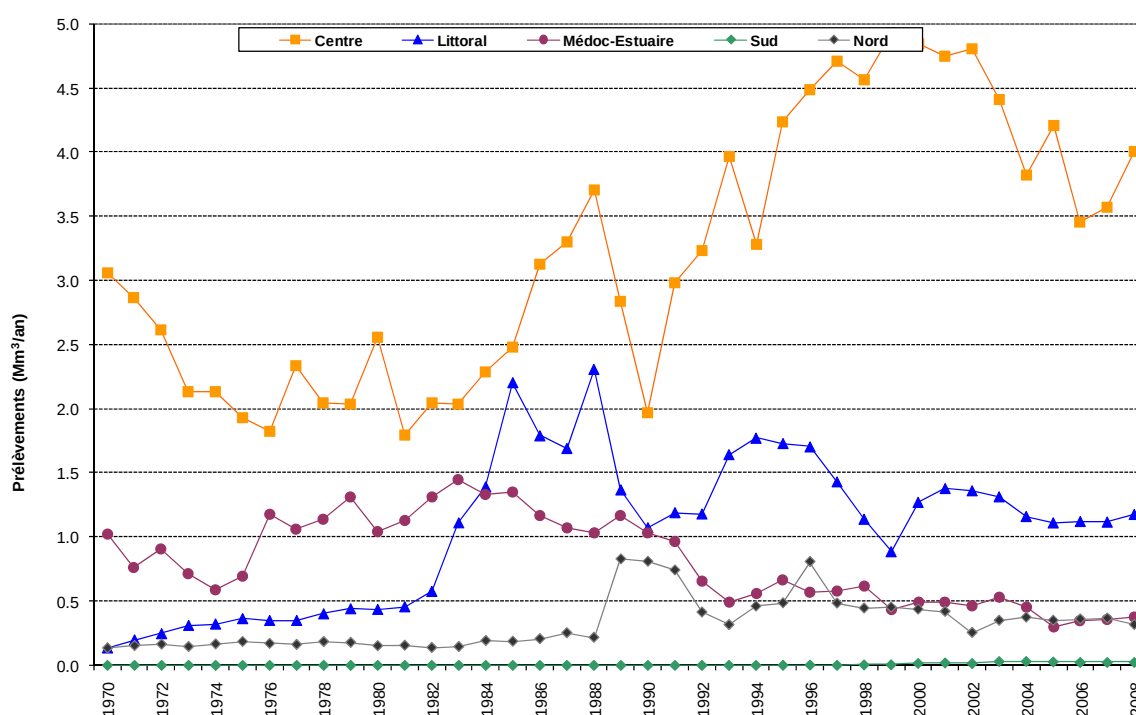


Illustration 77 : Nappes du Crétacé supérieur : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)

Nappes de l'Eocène inférieur à moyen

495 ouvrages intéressent la nappe de l'Eocène inférieur à moyen en 2008. On observe une progression constante du nombre des ouvrages depuis 1930. La forte baisse du nombre d'ouvrages entre 2006 et 2007 est liée à l'exclusion de la base de données des forages rebouchés et/ou réaffectés à d'autres réservoirs. Les volumes prélevés présentent une tendance à la baisse depuis 1989. Ils ont légèrement augmenté entre 2001 et 2003, et baissent à nouveau depuis cette date pour revenir en 2007 et 2008 à des niveaux observés au cours des années 1980.

Les prélèvements sont réalisés en majorité (3/4) en zone centre. Les volumes exhaurés pour l'alimentation en eau potable représentent plus de 93 % des volumes totaux. En 2008, ces derniers ont atteint 56 millions de m³.

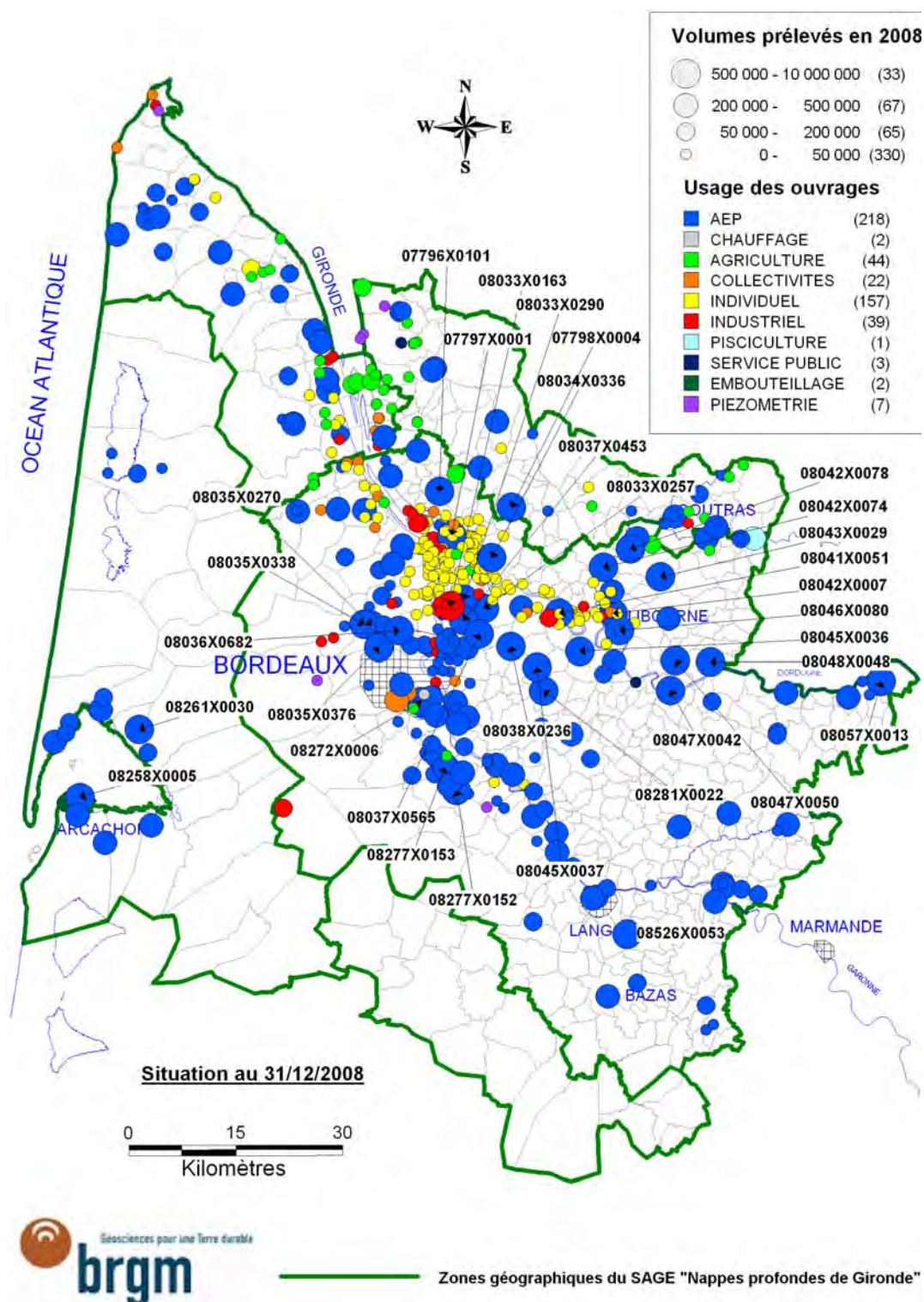


Illustration 78 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen en 2008 (BRGM)

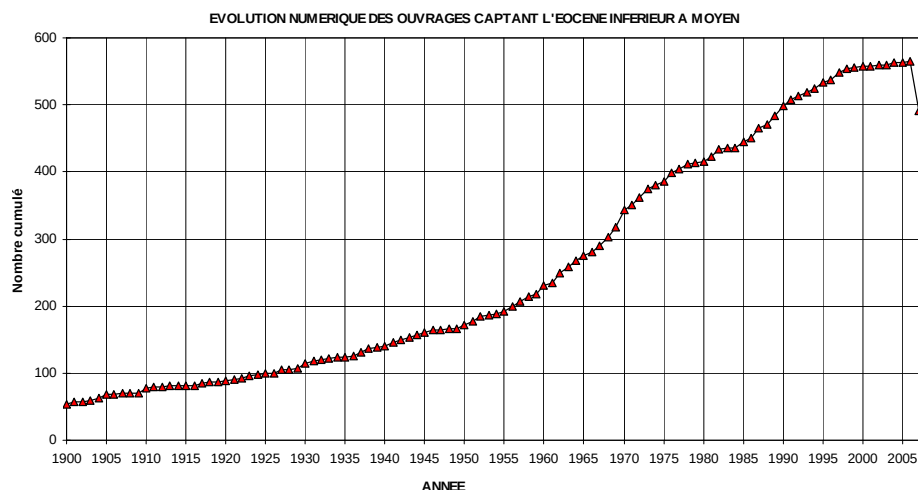


Illustration 79 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Eocène inférieur à moyen (BRGM)

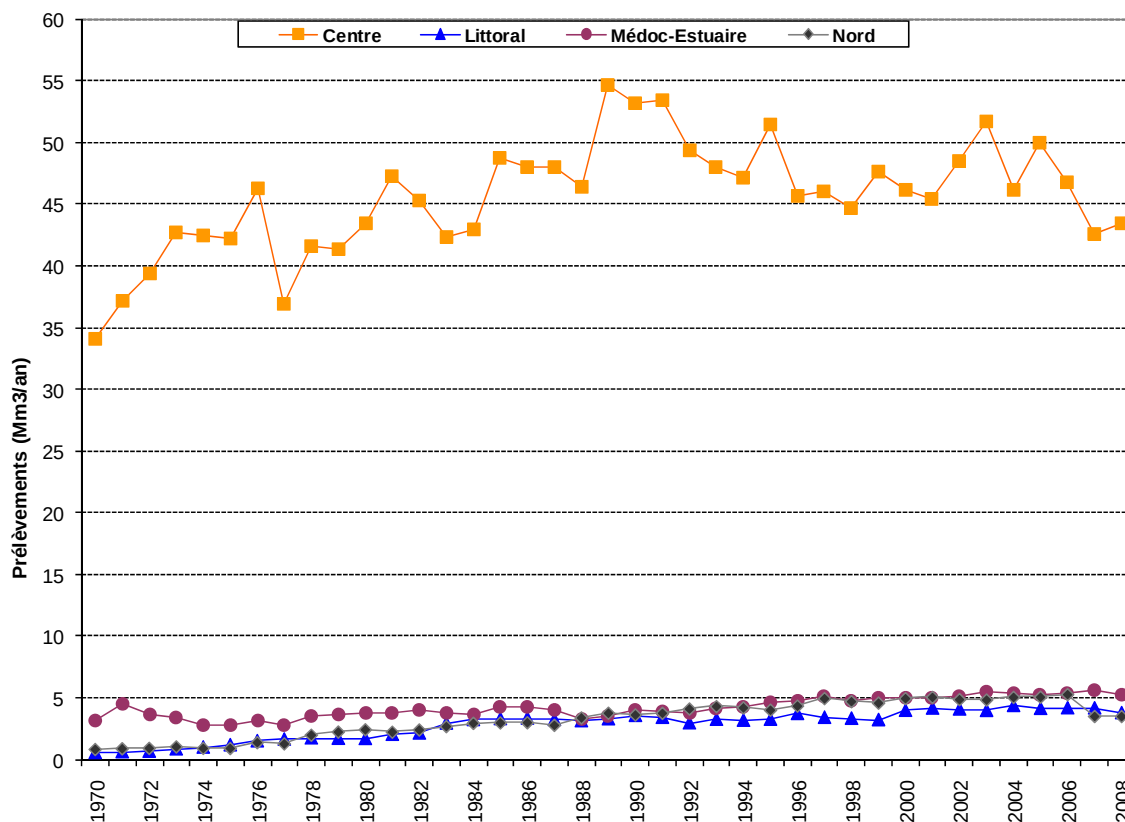


Illustration 80 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde"

Nappe de l'Eocène supérieur calcaire et des sables fluviatiles du Libournais

On dénombrait 186 ouvrages qui sollicitaient l'aquifère de l'Eocène supérieur en 2008. On notera que le nombre d'ouvrages a connu une forte progression entre 1962 et 1990. Depuis, l'augmentation du nombre d'ouvrages est plus lente. La brusque augmentation du nombre d'ouvrages entre 2006 et 2007 est liée à la réaffectation de forages attribués jusque là à d'autres réservoirs.

Contrairement à l'Eocène inférieur à moyen, les prélèvements présentent une tendance globale à la hausse. Un maximum de 3,3 millions de m³ a été enregistré en 2008. Les volumes exhaurés pour l'alimentation en eau potable représentent près de 43 % des volumes totaux.

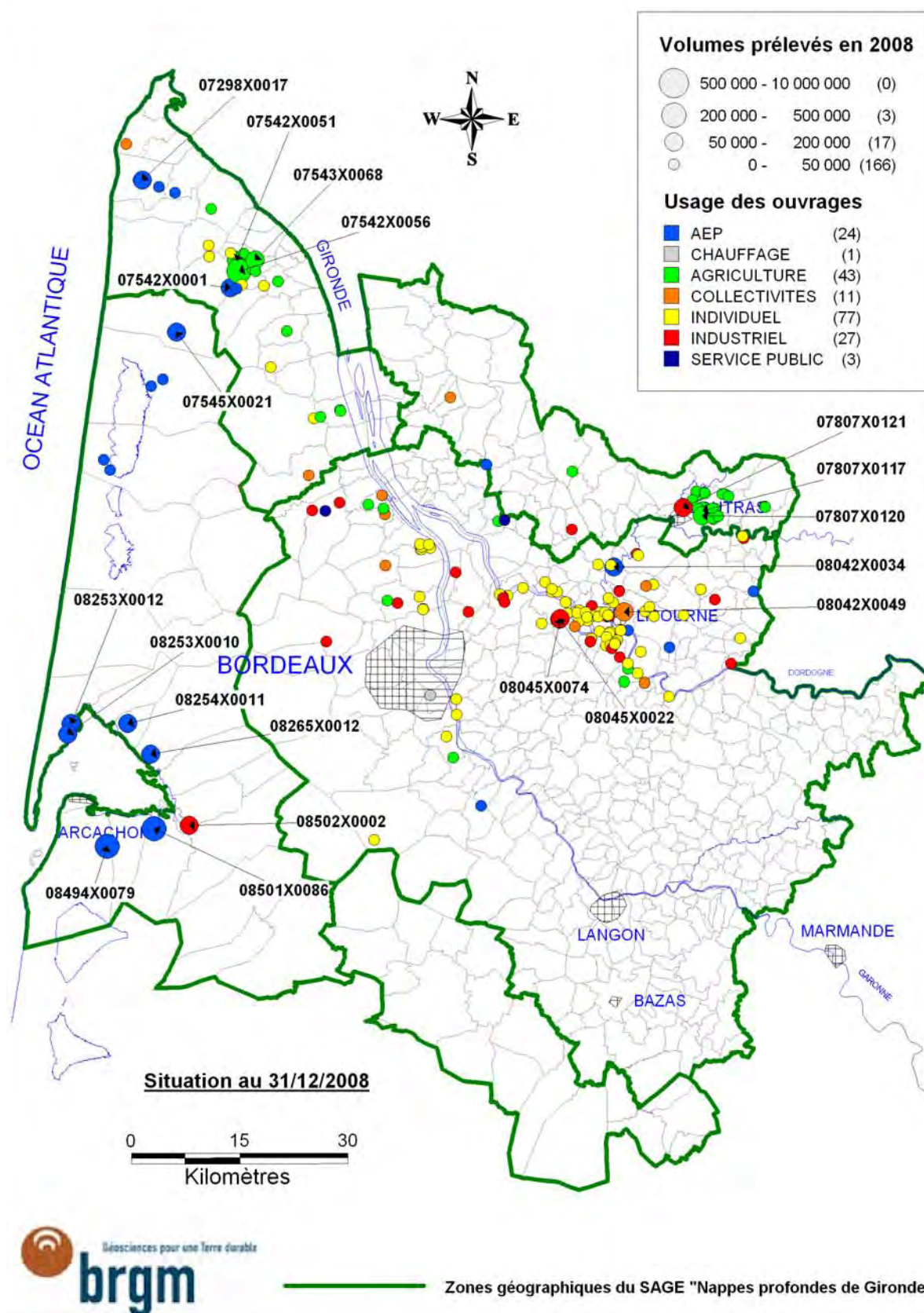


Illustration 81 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Eocène supérieur en 2008

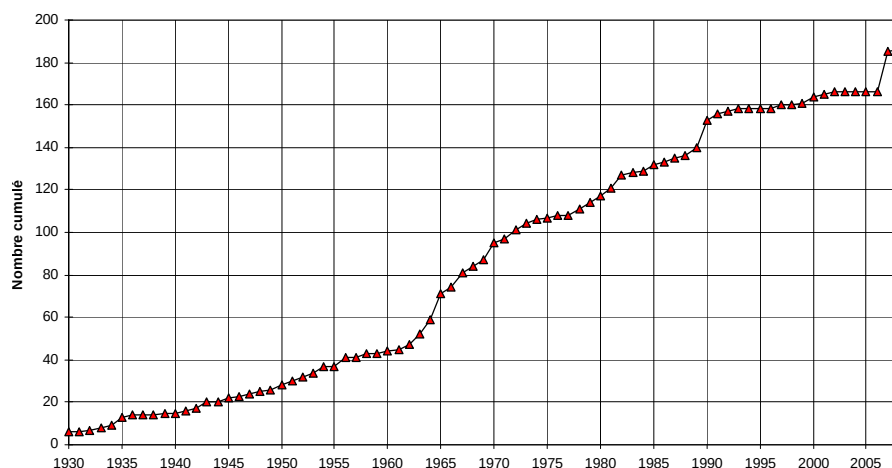


Illustration 82 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Eocène supérieur

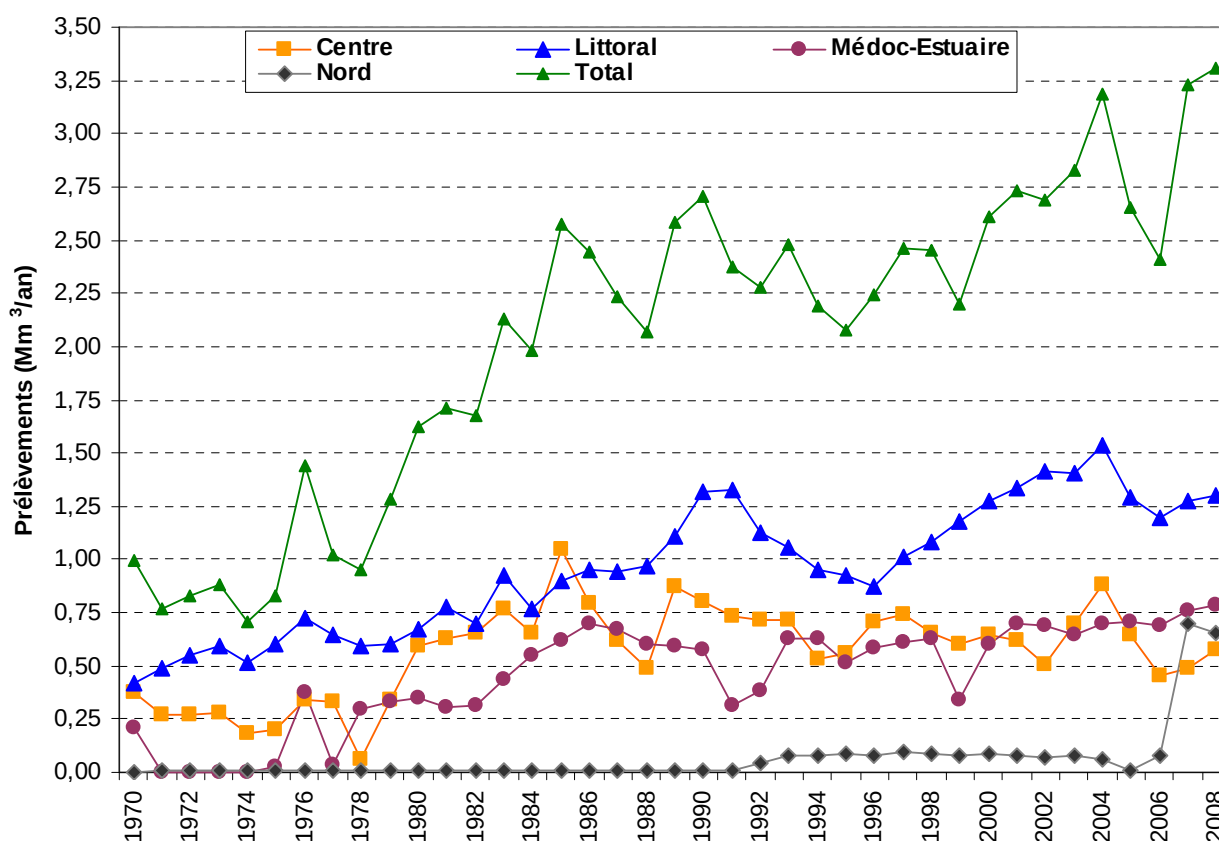


Illustration 83 : Nappe de l'Eocène supérieur : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)

Nappe des calcaires de l'Oligocène

En 2008, on dénombrait 475 ouvrages qui concernaient l'aquifère de l'Oligocène. L'augmentation du nombre d'ouvrages, quasiment constante entre 1950 et 1995, est moins forte par la suite. Entre 2006 et 2007, on observe une diminution de 32 ouvrages liée à l'exclusion de forages rebouchés ou réaffectés à d'autres nappes.

Les volumes prélevés sont assez stables depuis 2000, après une augmentation continue. Ils sont en majorité réalisés en zone centre. Les volumes exhaurés pour l'alimentation en eau potable représentent près de 80 % des volumes totaux.

En cumulé, les prélèvements ont atteint 63,9 millions de m³ en 2008, dont 63,4 Mm³ pour l'Oligocène profond (rive gauche), et 0,5 Mm³ pour les forages oligocènes de l'Entre-deux-Mers. En effet, le SAGE ne comptabilise que les volumes prélevés dans l'Oligocène profond pour la vérification du respect des volumes maxima prélevables (VMPO).

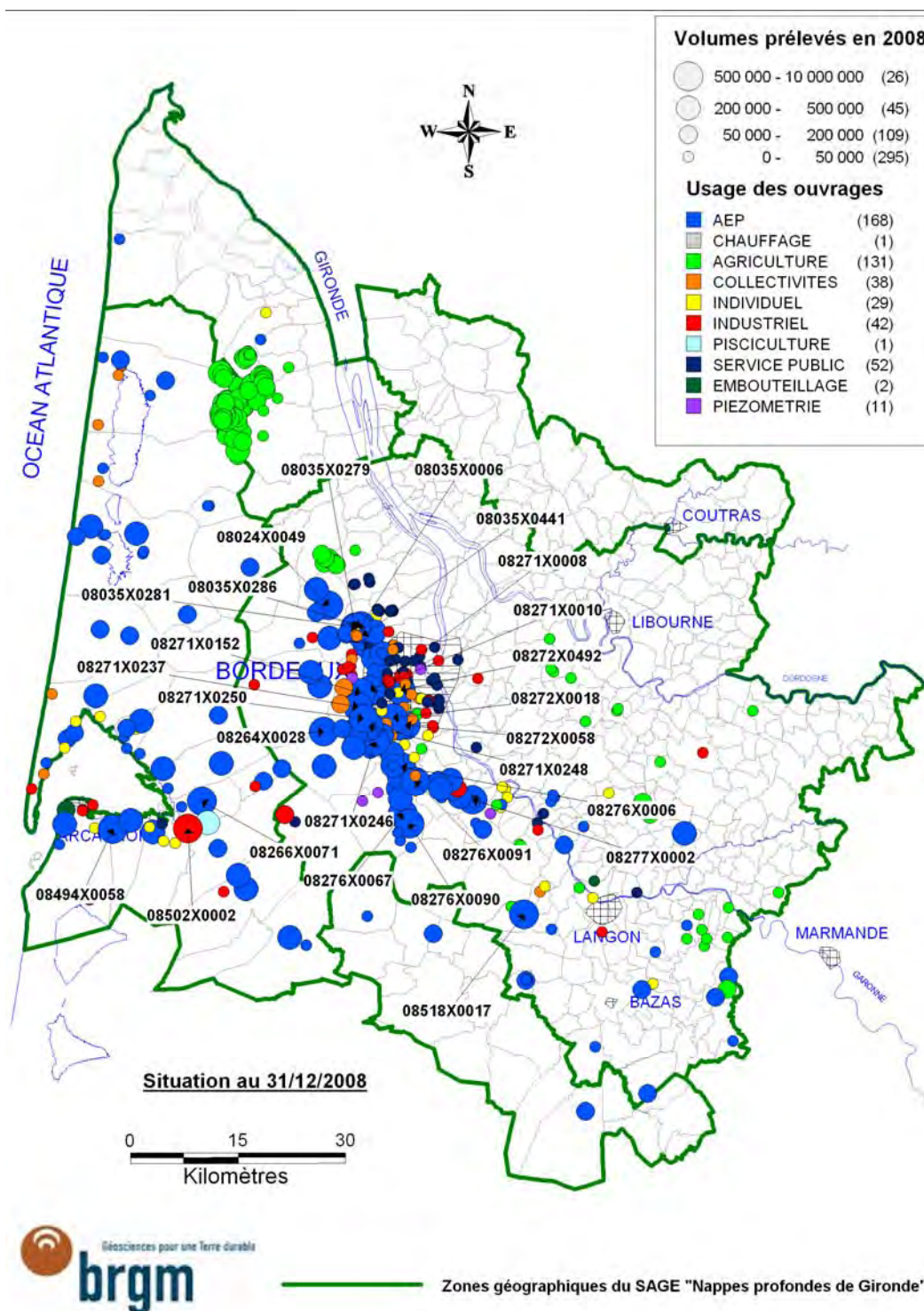


Illustration 84 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour la nappe de l'Oligocène en 2008 (BRGM)

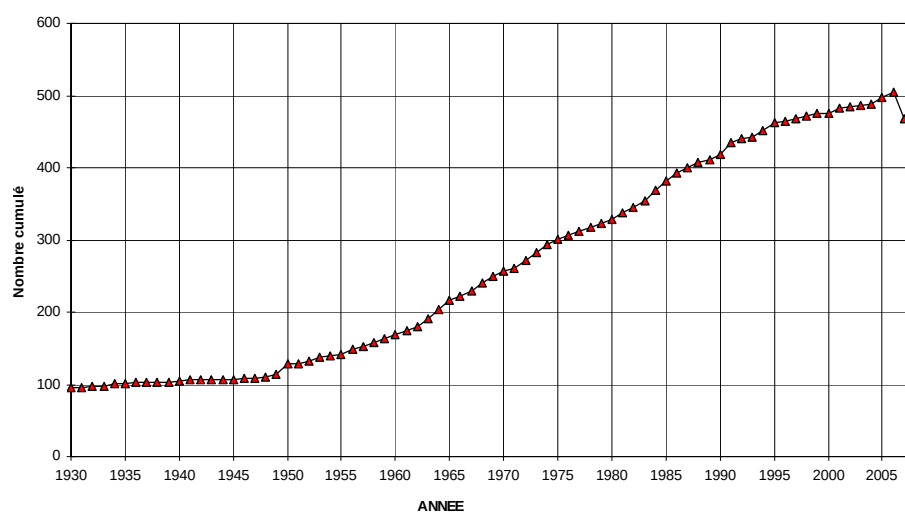


Illustration 85 : Evolution du nombre d'ouvrages captant l'Oligocène (BRGM)

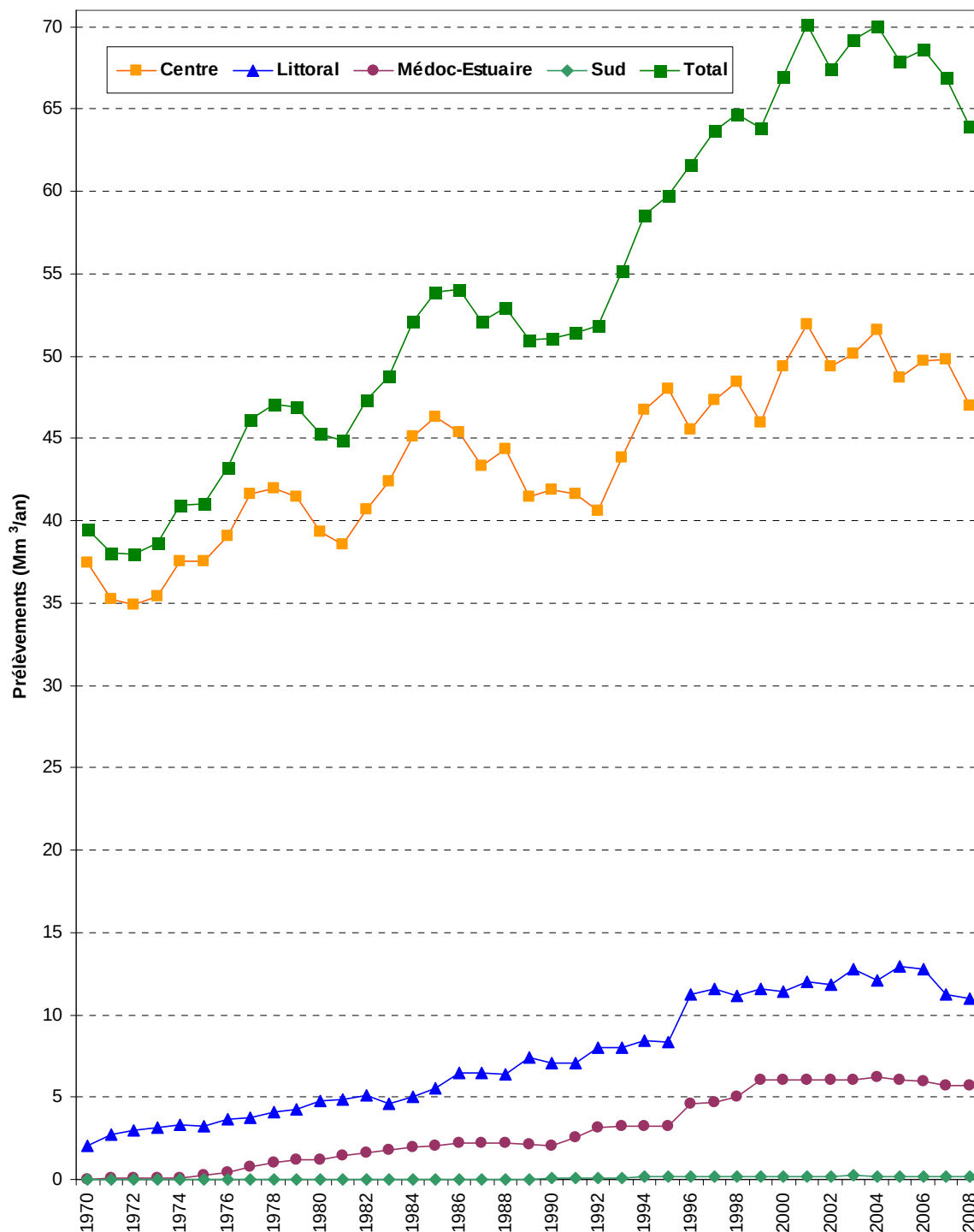


Illustration 86 : Nappe de l'Oligocène : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)

A noter que l'alimentation en eau potable de la CUB est en grande partie (pour 30% environ, soit 15 à 20 millions de m³/an, selon les années) assurée par des sources et des galeries drainantes situées dans les zones affleurantes ou sub-affleurantes des calcaires de l'Oligocène (communes de Saint-Médard-en-Jalles, Le Haillan et Eysines au nord de Bordeaux, de Castres-sur-Gironde et de Budos au sud). On observe depuis 1970 une tendance globale à la baisse du volume fourni par ces sources :

- source de Fontbanne à Budos (08518X0017/S) : c'est la plus importante des sources oligocènes. Elle alimente la CUB de façon gravitaire par l'intermédiaire d'un aqueduc. Les prélèvements annuels effectués sur cette source oscillent entre 8 et 10 millions de m³ depuis 1970 ;
- source de Gamarde à Saint-Médard-en-Jalles (08035X0006/S) : elle produit entre 2 et 4 millions de m³ par an ;
- source du Thil au Taillan-Médoc (08035X0286/S) : les exhaures effectuées sur cette source sont très variables (de 2 à 8 millions de m³ entre 1960 et aujourd'hui) ;
- source de Bellefond à Castres-sur-Gironde (08277X0002/S) : environ 1,5 millions de m³ par an ;
- source du Thil R19 à St-Médard-en-Jalles (08035X0281/THIL19) : depuis 2002, les prélèvements oscillent autour de 1 million de m³ par an ;
- source de Bussac 2 au Haillan (08035X0298/SOURC2) ;
- source de Cantinolle à Eysines (08035X0300/S).

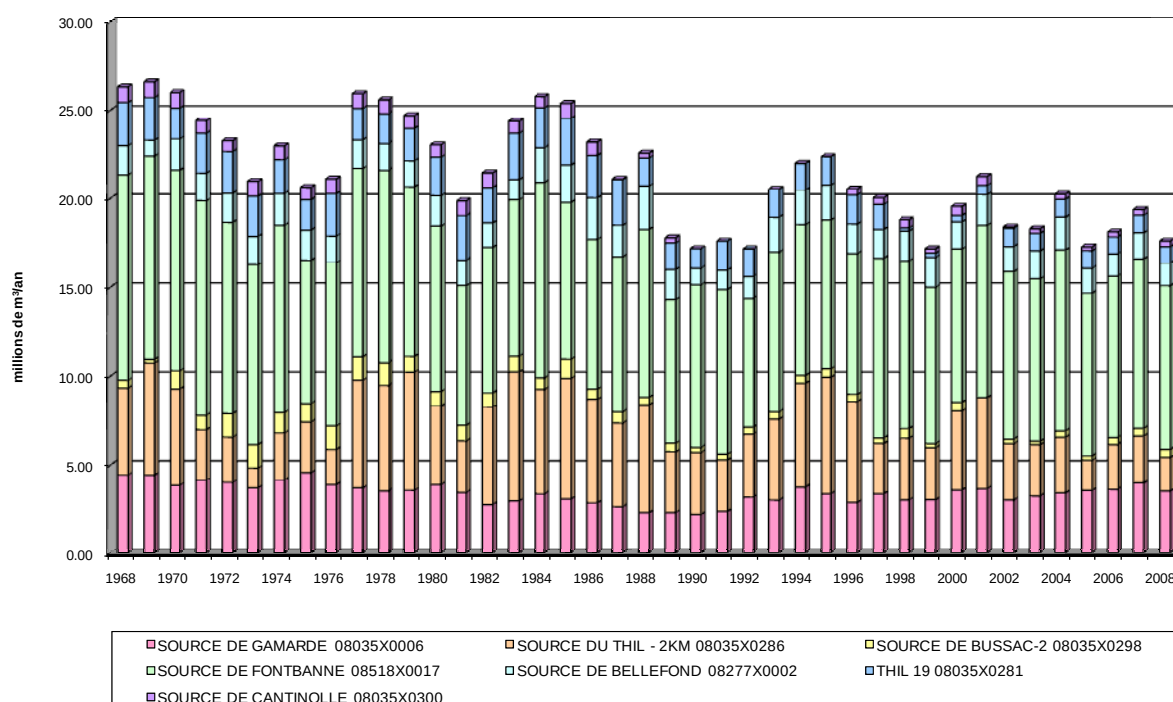


Illustration 87 : Evolution des prélèvements sur les sources oligocènes de 1968 à 2008 (BRGM)

Nappes du Miocène

Pour la nappe du Miocène, 260 ouvrages étaient comptabilisés en 2008.

Après avoir enregistré une forte augmentation en 1977 et 1978, le nombre d'ouvrages tend à se stabiliser. Les volumes destinés à l'agriculture représentent près de 65 % des volumes prélevés cumulés alors que l'alimentation en eau potable représente moins de 30 % de ces volumes.

En 2008, 16,3 millions de m³ ont été prélevés sur l'ensemble des ouvrages. Il convient de mentionner qu'une partie des volumes issus des formations miocènes pour l'alimentation en eau potable provient de la source "Cap-de-Bos" située à Saint-Médard-en-Jalles (08028X0006/SOURCE) avec 2,6 millions de m³ prélevés en 2008.

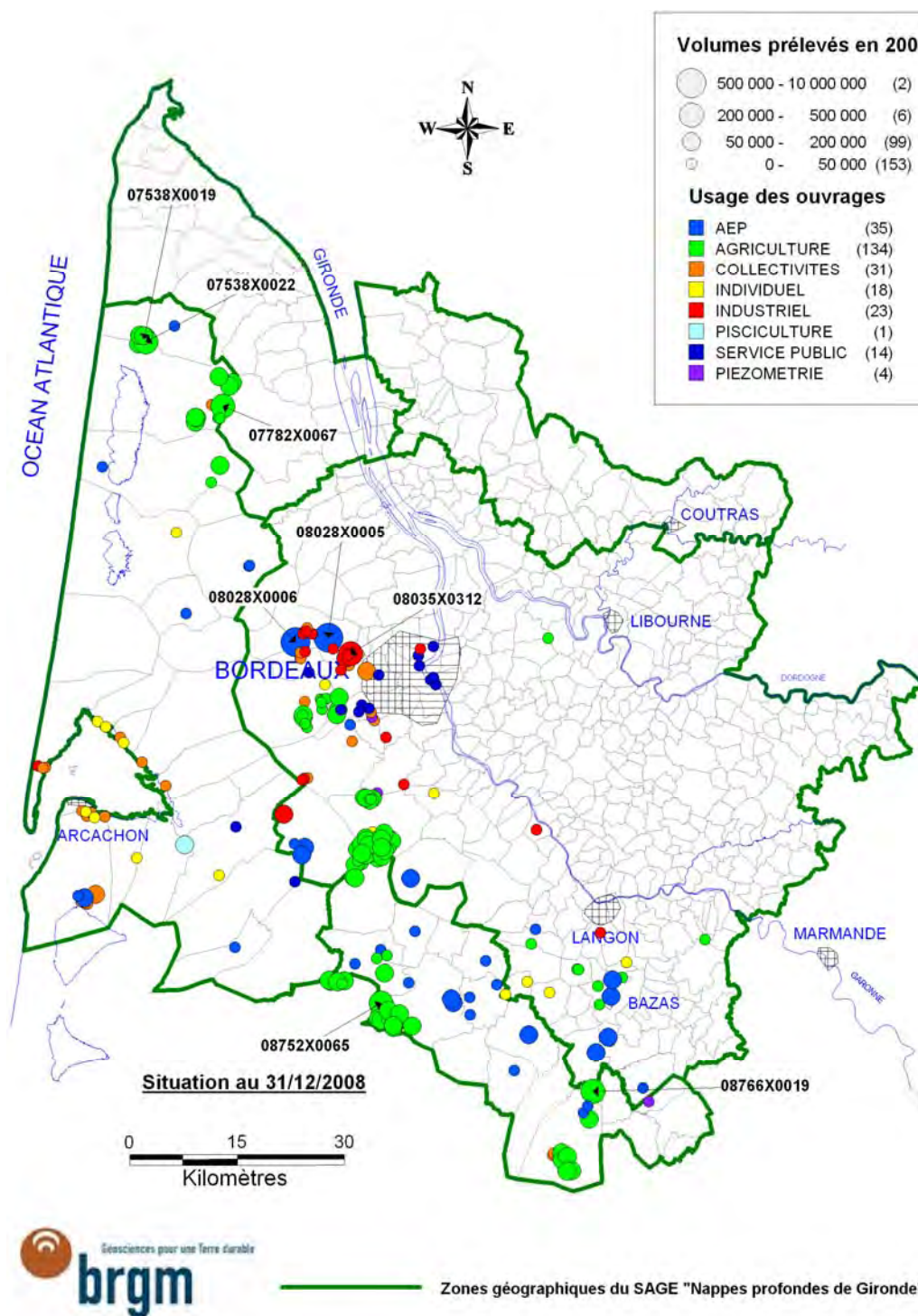


Illustration 88 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements pour les nappes du Miocène en 2008 (BRGM)

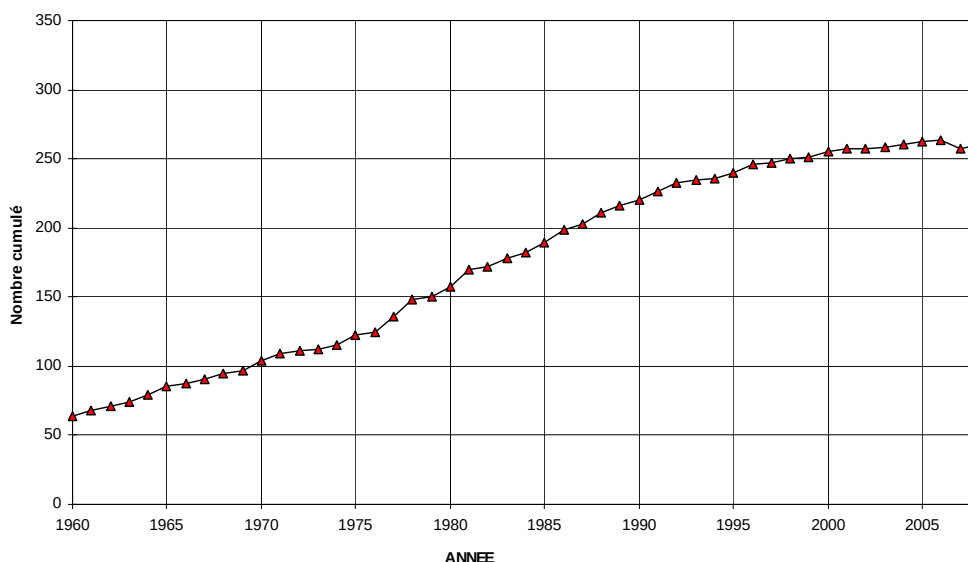


Illustration 89 : Evolution du nombre d'ouvrages captant le Miocène

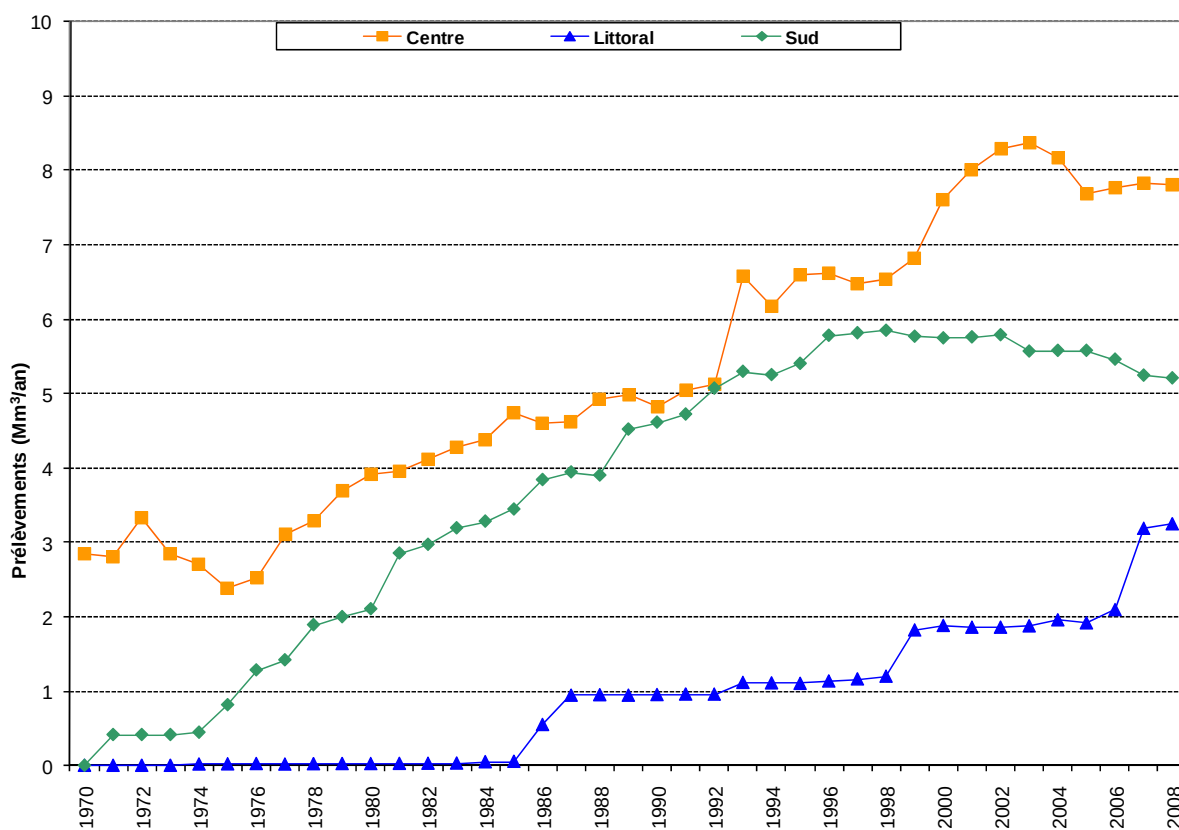


Illustration 90 : Nappes du Miocène : évolution des prélèvements par unité de gestion du SAGE "Nappes Profondes de Gironde" (BRGM)

Bilan global des prélèvements par nappe

En 2008, les prélèvements réalisés à l'Eocène ou à l'Oligocène sont du même ordre de grandeur (respectivement 59 et 64 Mm³ en 2008). Les premiers sont relativement stables depuis 1985, et baissent depuis 2003 ; les seconds, qui étaient en constante augmentation depuis les années 1970, sont relativement stables depuis les années 2000.

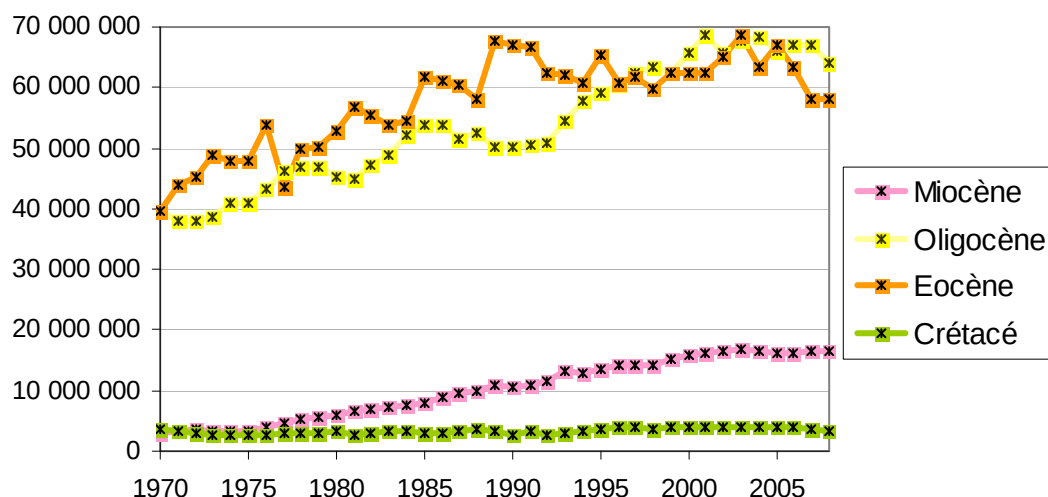


Illustration 91 : Evolution des prélèvements girondins (en m³/an) dans les différentes nappes du SAGE (BRGM)

Si on différencie les prélèvements à l'Oligocène dans les parties captives du réservoir de ceux réalisés dans les sources ou les parties libres de la nappe, on voit plus nettement que les volumes prélevés dans les forages baissent depuis 2003, aussi bien pour l'Eocène supérieur que pour l'Oligocène. Il apparaît également que les prélèvements qui fluctuent le plus sont :

- les volumes issus des sources oligocènes du fait de la variation annuelle des besoins et surtout de la disponibilité de ces ressources qui dépend des conditions climatologiques,
- les volumes issus de l'Eocène, ces derniers compensant les baisses du débit des sources.

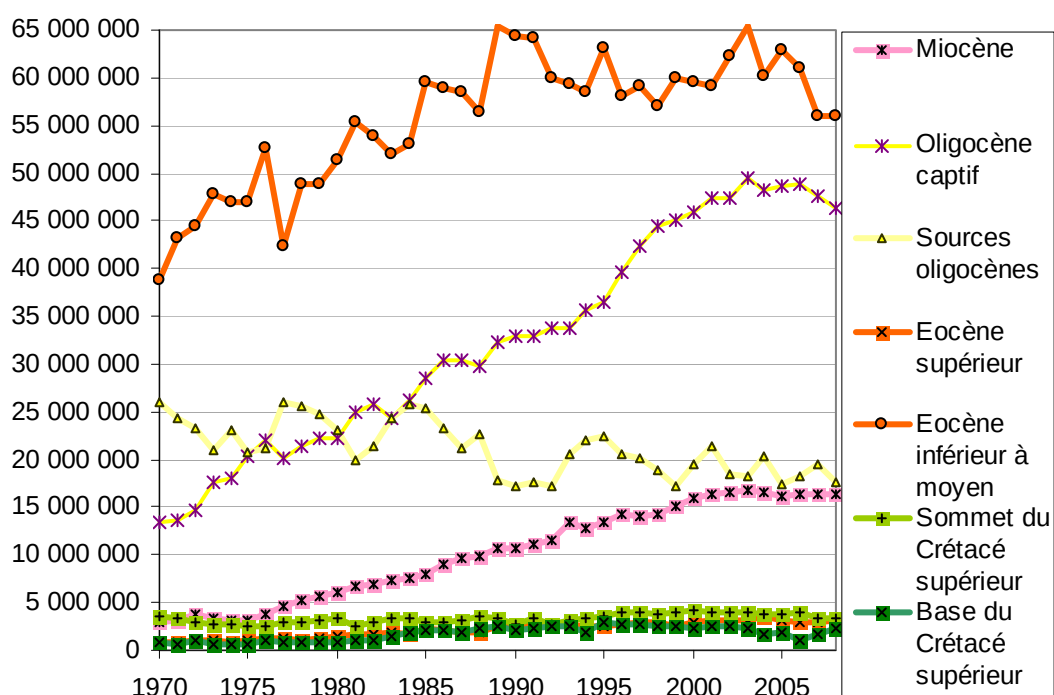


Illustration 92 : Evolution des prélèvements girondins (en m³/an) dans les différentes nappes du SAGE, en distinguant l'Oligocène libre de l'Oligocène captif, ainsi que les différentes nappes de l'Eocène et du Crétacé (BRGM)

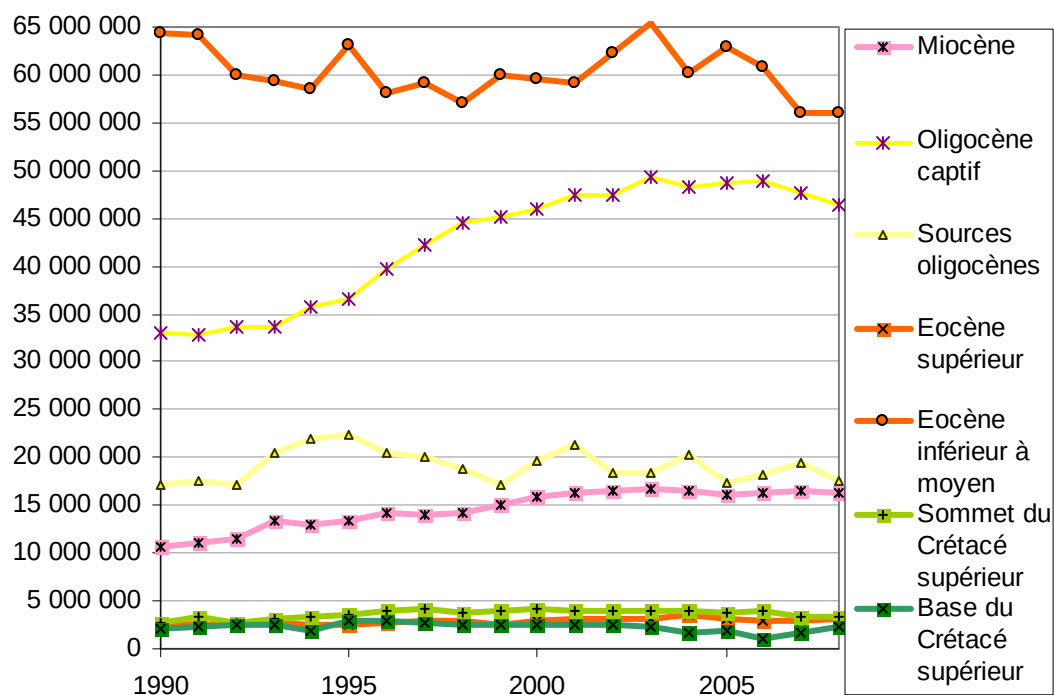


Illustration 93 : détails sur la période 1990-2008 de l'illustration précédente (BRGM)

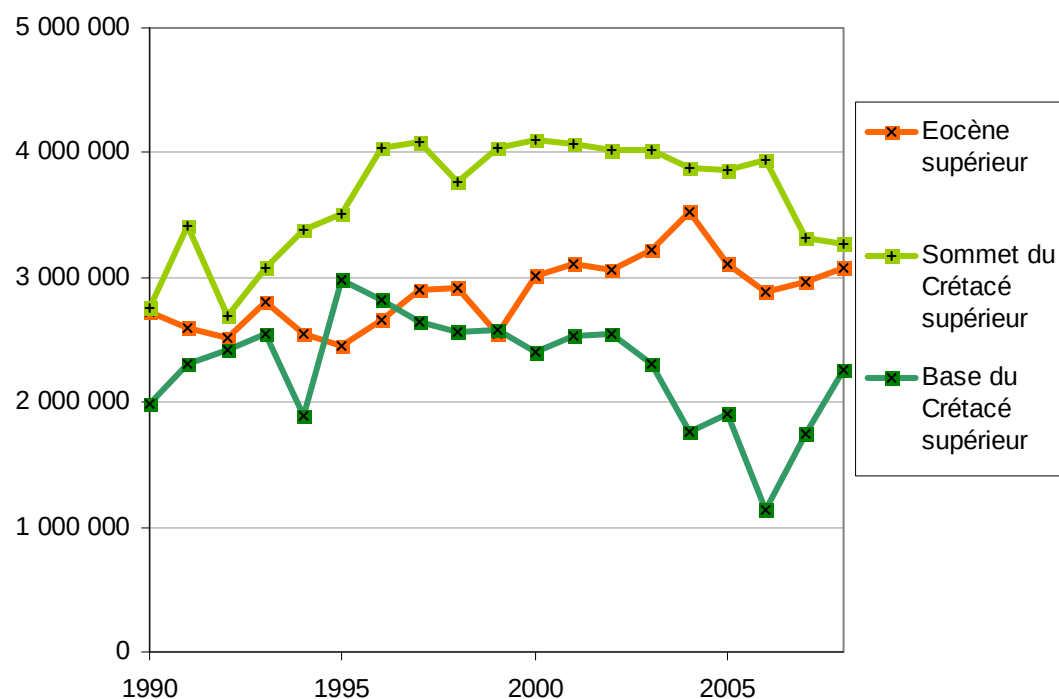


Illustration 94 : détails de l'illustration précédente, sur l'Eocène supérieur et le Crétacé et pour la période 1990-2008 (BRGM)

2.2 Les usages de l'eau : bilan et historique

Les bilans chiffrés disponibles ou réalisés à ce jour concernent :

- la répartition par usages des prélèvements effectués dans chaque nappe profonde girondine : les données sont issues des rapports du BRGM « Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde » réalisées chaque année pour le compte du Conseil général de la Gironde. Sont présentées les données de la dernière année connue (2008), l'évolution historique de ces données depuis 1970 et un bilan global par usage et par nappe ;
- un travail ponctuel et plus précis réalisé en 2006 par le SMEGREG sur des données 2004 à l'échelle départementale : identification et quantification des usages de l'eau prélevée dans les nappes profondes déficitaires ou à l'équilibre de Gironde, en vue d'évaluer le gisement d'économie d'eau et sa part mobilisable à horizon 2013 et de proposer une stratégie de mobilisation de ce gisement ;
- des premiers éléments d'analyse de l'évolution des volumes prélevés par habitant pour l'usage eau potable, basés sur des données supra ou infra départementales (autres départements ou CUB), qui s'intéresse en particulier à l'évolution à la baisse observée en Gironde depuis 2003.

Ces bilans sont présentés dans cet ordre dans les paragraphes suivants.

2.2.1 Répartition par usage des prélèvements dans les différentes nappes de Gironde (source BRGM)

Jurassique et Crétacé supérieur

En 2008, les principaux usages des eaux issues du Jurassique et du Crétacé supérieur sont :

- la production d'eau potable : le volume prélevé était en hausse jusqu'en 2003 ; il est en baisse depuis cette date ;
- la géothermie : le volume prélevé était en baisse depuis 1996 ; il est en hausse depuis 2 ans.

Par ailleurs, les volumes utilisés par l'industrie et la pisciculture sont également en baisse depuis 1996.

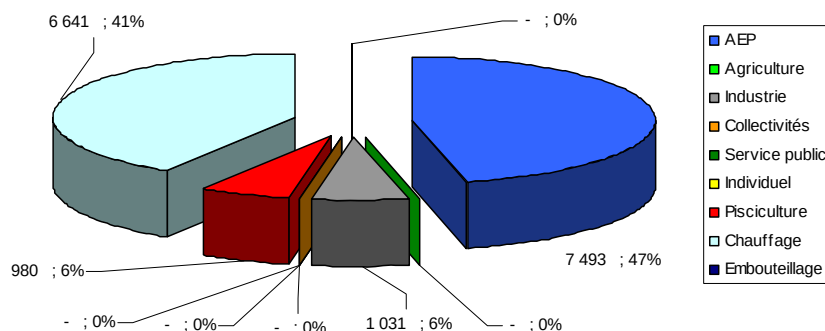


Illustration 95: Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour les nappes du Secondaire (Jurassique et Crétacé supérieur), en m³/jour (BRGM)

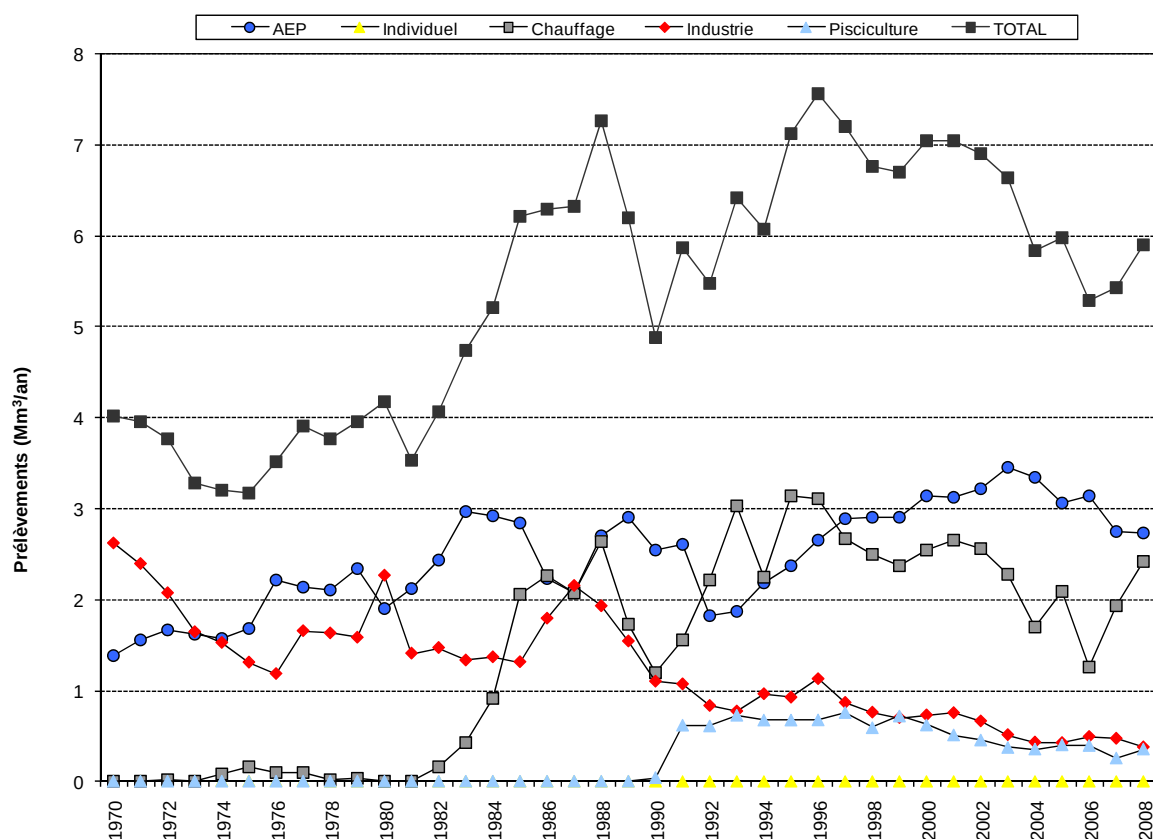


Illustration 96 : Nappes du Crétacé supérieur et du Jurassique : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)

Eocène inférieur à moyen

L'Eocène inférieur à moyen est en 2008 très majoritairement (93%) utilisé pour la production d'eau potable et la part réservée à cet usage est en constante augmentation.

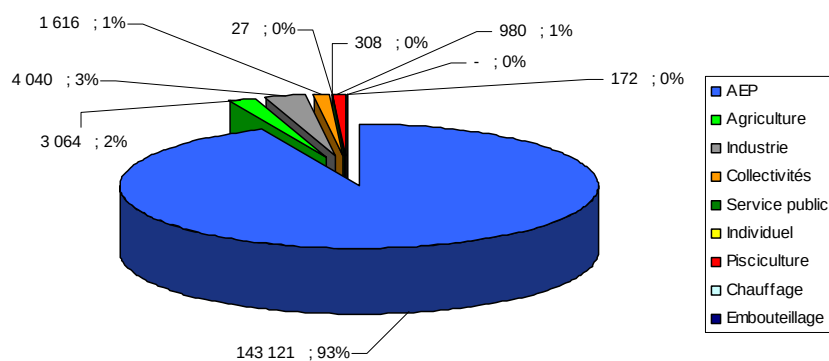


Illustration 97 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen, en m³/j (BRGM)

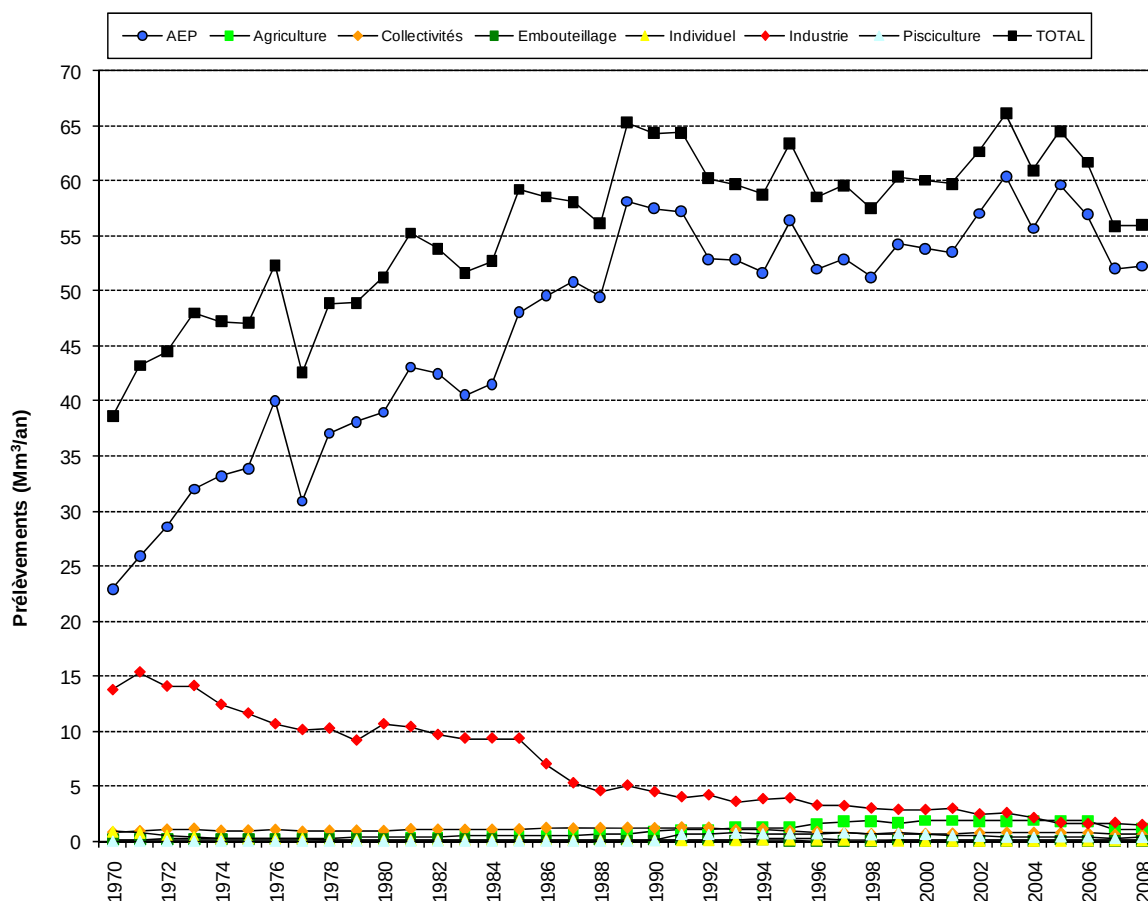


Illustration 98 : Nappe de l'Eocène inférieur à moyen : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)

Eocène supérieur

En 2008, les eaux extraites de l'Eocène supérieur sont utilisées :

- pour moitié pour l'agriculture,
- pour 19% pour la production d'eau potable avec un volume prélevé d'environ 1,5 M m³, en moyenne depuis 2002 ;
- pour 17% pour l'industrie avec un volume stable depuis les années 1990.

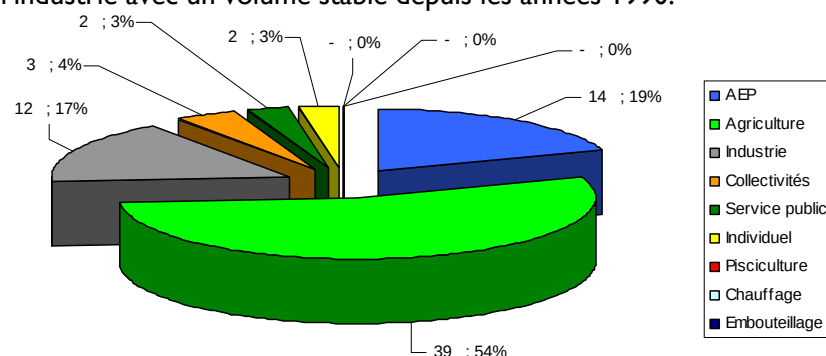


Illustration 99 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Eocène supérieur, en m³/j (BRGM)

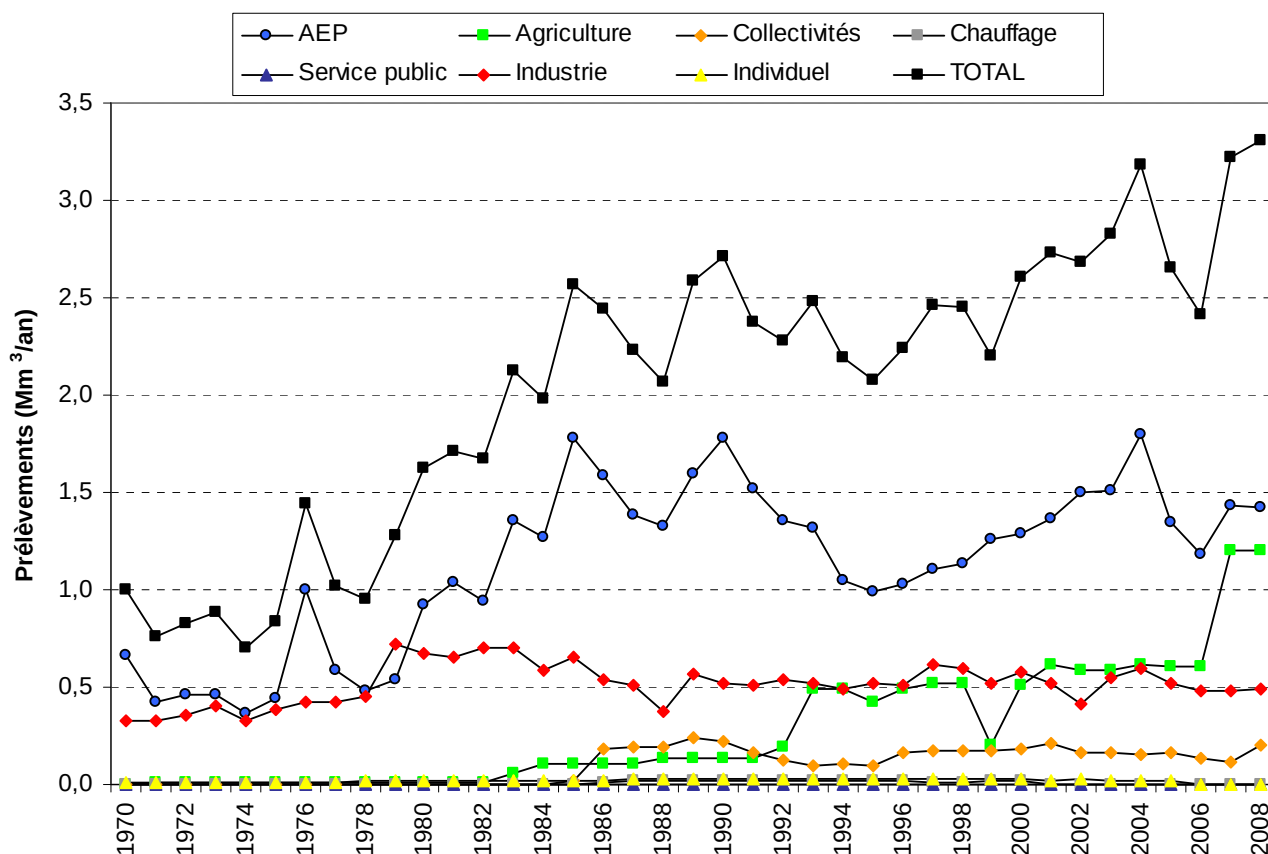


Illustration 100 : Nappe de l'Eocène supérieur : évolution des prélèvements par usage en Mm³/an (BRGM)

Oligocène

Les deux principaux usages des eaux de l'Oligocène sont :

- l'agriculture : le volume utilisé, après une période stable entre 1999 et 2006, est en légère baisse ;
- la production d'eau potable : le volume prélevé présente une tendance globale à la hausse depuis 1970, avec une légère baisse récente depuis 2004.

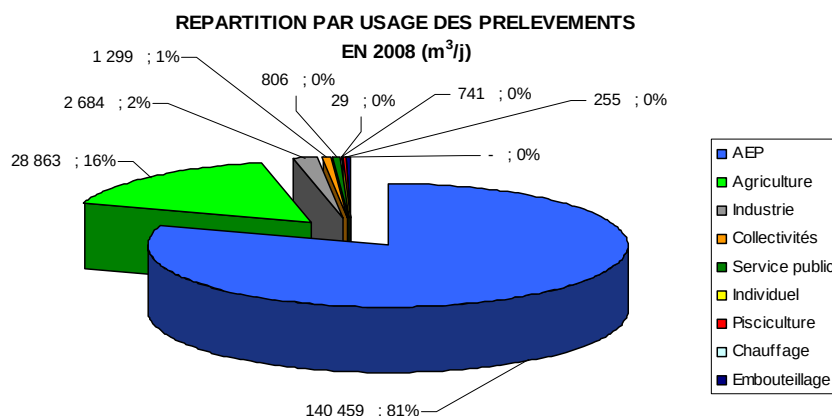


Illustration 101 : Répartition en 2008 des prélèvements par usage pour la nappe de l'Oligocène en m³/jour (BRGM)

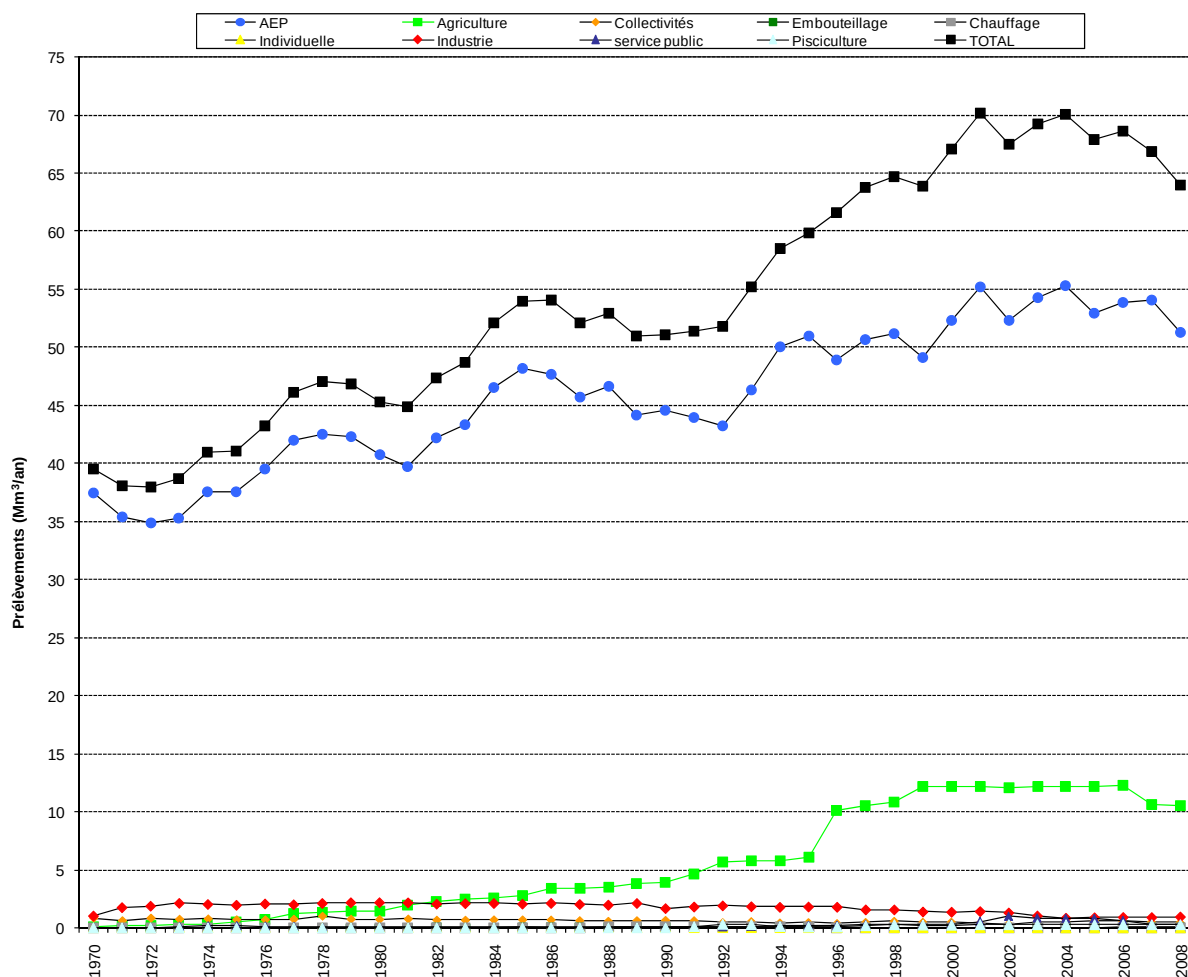


Illustration 102 : Nappe de l'Oligocène : évolution des prélèvements par usages en Mm³/an (BRGM)

Miocène

Les eaux du Miocène sont majoritairement utilisées pour l'agriculture (85%), et cela a toujours été le cas. La très forte augmentation des prélèvements enregistrée jusqu'à la fin des années 1990 est essentiellement due à l'augmentation des besoins de l'agriculture. Depuis 1999, ces besoins sont constants mais ceux pour l'eau potable ont continué à augmenter.

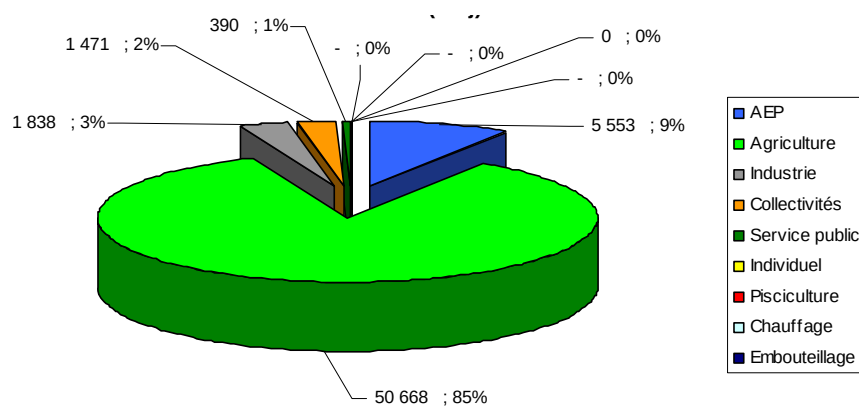
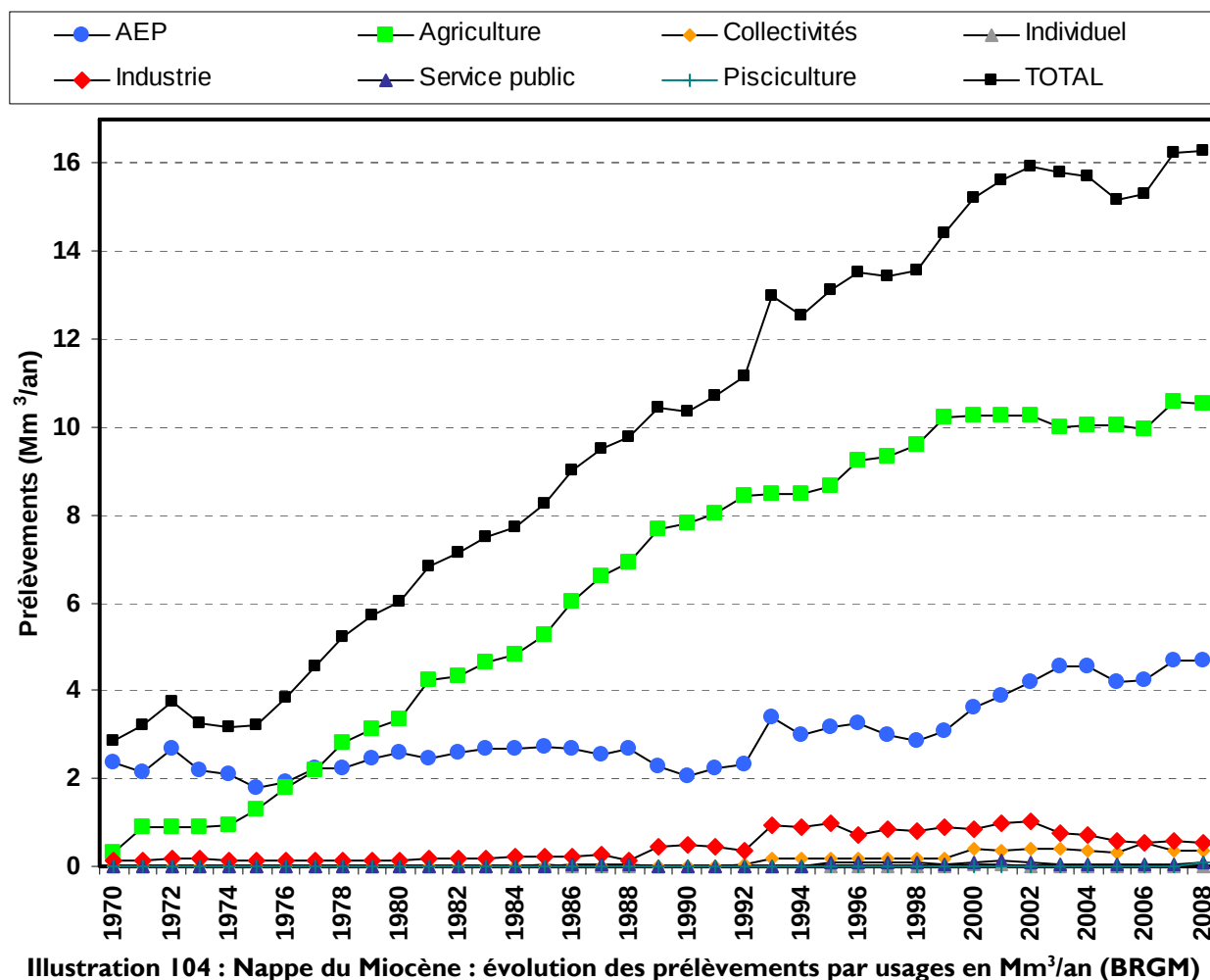


Illustration 103 : Nappe du Miocène : Répartition des prélèvements par usage m³/jour (BRGM)



Bilan sur l'ensemble des nappes du SAGE

	Volume 2008	AEP	Agriculture	Industrie	Collectivités	Service public	Individuel	Pisciculture	Chauffage	Embouteillage	TOTAL
Miocène	m3	4 664 499	10 535 333	536 125	374 909	77 761	3 160	0	0	0	16 270 522
	%	28,67%	64,75%	3,30%	2,30%	0,48%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	
Oligocène	m3	51 267 687	10 535 016	979 550	474 034	294 242	10 730	270 640	0	93 061	63 924 961
	%	80,20%	16,48%	1,53%	0,74%	0,46%	0,02%	0,42%	0,00%	0,15%	
Eocène supérieur	m3	1 422 216	1 197 890	486 722	199 330	1 510	0	0	0	0	3 310 768
	%	42,96%	36,18%	14,70%	6,02%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Eocène inférieur à moyen	m3	52 239 111	1 118 418	1 474 779	589 856	10 000	112 524	357 534	0	62 699	55 964 921
	%	93,34%	2,00%	2,64%	1,05%	0,02%	0,20%	0,64%	0,00%	0,11%	
Crétacé-Jurassique	m3	2 734 785	0	376 269	0	0	0	357 534	2 423 855	0	5 892 442
	%	46,41%	0,00%	6,39%	0,00%	0,00%	0,00%	6,07%	41,13%	0,00%	
TOTAL	m3	112 328 298	23 386 657	3 853 445	1 638 129	383 513	126 414	985 708	2 423 855	155 760	145 363 615
	%	77,27%	16,09%	2,65%	1,13%	0,26%	0,09%	0,68%	1,67%	0,11%	

Illustration I05 : répartition des prélèvements géo référencés en 2008 par usages dans les différentes nappes en m³/an ; les volumes dans l'Oligocène incluant les volumes prélevés en Entre-deux-Mers (BRGM)

En 2008, l'usage majoritaire (77%) de l'eau issue des nappes du SAGE est la production d'eau potable.

Pour mémoire, la situation en 1998 était la suivante :

VOLUMES PRELEVES EN 1998 (m3)	CRETACE	EOCÈNE MOY	EOCÈNE SUP	OLIGOCÈNE	MIOCÈNE	TOTAL
AEP	3 436 707	46 230 620	2 927 790	52 294 951	3 026 859	107 916 927
AGRICOLE	-	1 764 754	595 019	7 999 779	14 595 839	24 955 391
COLLECTIVITE	-	639 818	-	638 284	110 140	1 388 242
GEOOTHERMIQUE	2 502 559	1 575 760	40 086	65 000	-	4 183 405
INDUSTRIEL	1 602 421	4 041 874	408 623	1 225 841	685 276	7 964 035
PRIVE	-	99 316	55 495	36 910	10 500	202 221
TOTAL	7 541 687	54 352 142	4 027 013	62 260 765	18 428 614	146 610 221
En % du total	5%	37%	3%	42%	13%	100%

Illustration 106 : répartition des usages par nappes en 1998 (BRGM, Etat des lieux du SAGE 2003)

NB : Les données figurant dans le tableau ci-dessus sont avancées sous réserve. Elles représentent l'état des lieux en 1998, mais depuis cette date, des données ont été rectifiées par les exploitants et des forages ont été réaffectés suite à des réinterprétations des coupes géologiques. A titre d'exemple, le volume prélevé en 1998 dans l'Eocène moyen pour l'AEP s'élève dans les données mises à jour à 51,2 Mm³ contre 46,2 ci-dessus (cf. illustration 90).

On constate qu'entre 1998 et 2008 :

- les volumes utilisés par l'industrie et la géothermie ont été divisés par deux ;
- les volumes dédiés aux usages collectifs ont progressés de 45% (si on compare les usages affectés aux « collectivités » et aux « services publics » de 2008 aux seuls usages affectés aux « collectivités » existant en 1998) ;
- les volumes dédiés à la production d'eau potable et à l'agriculture sont assez stables ;
- pour l'eau potable, les volumes prélevés se répartissent différemment avec :
 - des volumes prélevés dans l'Eocène inférieur à moyen qui ont d'abord sensiblement augmenté (+ 15%) entre 1996 et 2003, puis diminué après l'adoption du SAGE pour revenir en 2008 aux ordres de grandeur de 1998 ;
 - des volumes inférieurs à l'Eocène supérieur (- 51 %) ;
 - et des volumes un peu plus faibles à l'Oligocène (- 2%).

2.2.2 Analyse des usages de l'eau en 2004

Le travail de recherche et d'analyse de données présenté ci-après a été effectué en 2006 par le SMEGREG pour les besoins du groupe de travail « économies d'eau » installé par la CLE. Il correspond à une identification et à une quantification des usages de l'eau prélevée dans les nappes profondes de Gironde (données 2004). Il a pour objectif l'évaluation du gisement d'économie d'eau dans l'absolu, la part de ce gisement mobilisable à horizon 2013 et la définition d'une stratégie de mobilisation. Il porte à la fois sur les usages satisfaits à partir du réseau de distribution publique (et donc en majorité par des nappes déficitaires ou à l'équilibre), et à partir des prélèvements directs dans les nappes profondes déficitaires ou à l'équilibre.

Usages de l'eau prélevée pour l'alimentation en eau potable

Le fil conducteur de la démarche d'analyse était de décomposer le plus finement possible les différents usages pour mieux les appréhender.

Par exemple, pour étudier les volumes utilisés par les collectivités, ont été examinés les usages :

- sportifs, qui ont été décomposés en terrains de sport, salles de sport et piscines ;
- scolaires : depuis les crèches jusqu'aux universités ;
- de bureaux, en distinguant les communes des autres administrations ;
- de santé, en distinguant les hôpitaux et les maisons de retraite, etc.

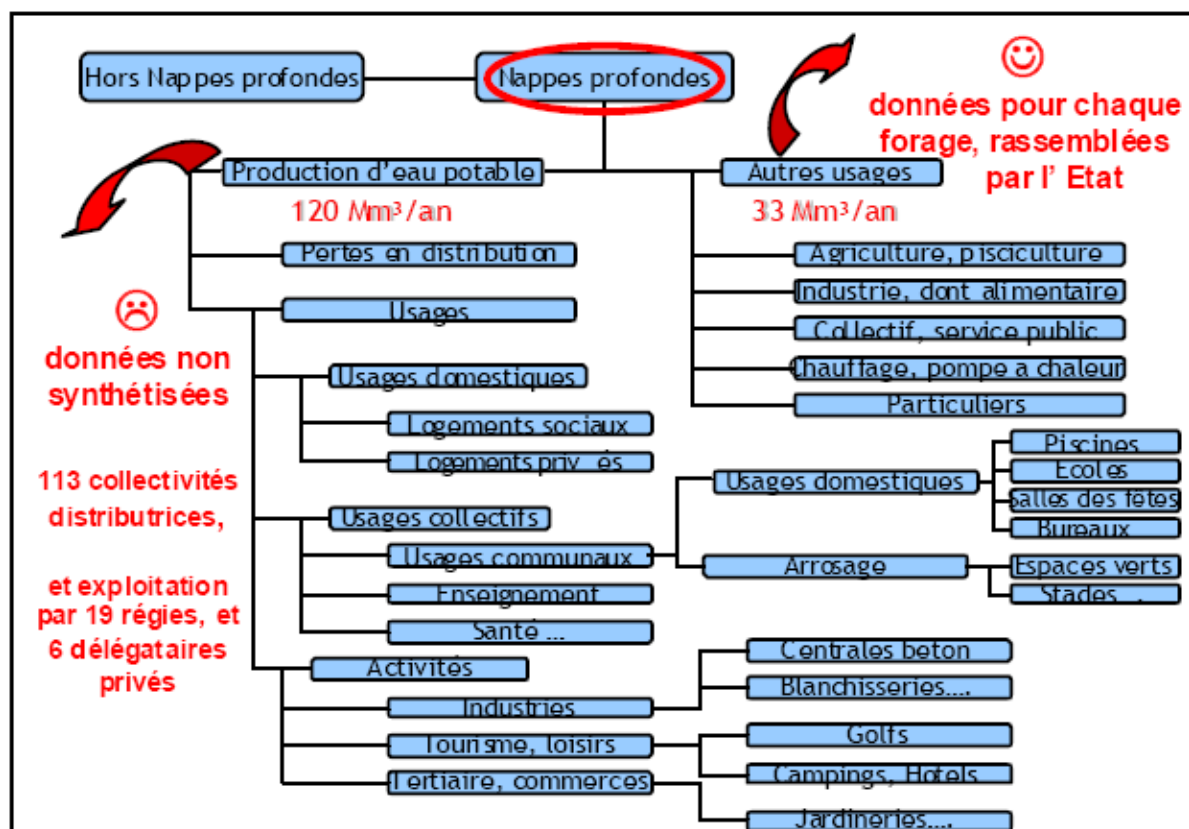


Illustration 107 : principes de décomposition des usages de l'eau (SMEGREG)

La méthode utilisée pour identifier et quantifier les usages de l'eau prélevée en 2004 pour l'alimentation en eau potable (soit 120 Mm³, dont 97 dans les nappes déficitaires ou à l'équilibre) est décrite point par point ci-après.

① Constitution d'une base de données :

- recueil de données de consommation d'eau sur des secteurs géographiques représentatifs du département (Communauté Urbaine de Bordeaux, zones périurbaines, rurales et littorales) : in fine des données de consommation d'eau annuelles ont pu être obtenues pour environ 300 000 abonnés (soit 60% des abonnés à l'eau potable de Gironde) ;
- recherche de grandeurs caractéristiques pour les différents activités économiques et usages publics de l'eau, en majorité auprès d'acteurs publics. On citera à titre d'exemple les nombres d'établissements scolaires et d'élèves recueilli auprès du Conseil Général, de la Région et du rectorat, le nombre de lits des maisons de retraite obtenu auprès de la DDASS, le nombre de différents commerces fourni par la Chambre des Métiers, le nombre et les surfaces des supermarchés indiqués par de la Chambre de Commerce et d'Industrie, etc.

② Principes de calcul :

- calcul d'un ratio de consommation d'eau pour chaque usage ($\text{m}^3/\text{an}/\text{grandeur caractéristique ou unité}$), sur la base d'un nombre représentatif de cas puis vérification qu'il s'inscrit dans la fourchette des ratios connus. On obtient par exemple les ratios suivants : 82 $\text{m}^3/\text{an}/\text{lit}$ de maison de retraite (dans la fourchette haute des ratios classiques de 60 à 90 $\text{m}^3/\text{an}/\text{lit}$) ou 6 000 $\text{m}^3/\text{an}/\text{centrale béton}$;

ou,

- utilisation de ratios, si possible validés localement (par exemple consommation d'eau de 3,2 $\text{m}^3/\text{an}/\text{élève}$ sur la base d'une étude récente du Conseil Général sur les collèges girondins), ou de données externes (par exemple déclarations à l'Agence de l'Eau Adour-Garonne des volumes d'eau potable utilisés par les industriels) ;

- priorité d'analyse donnée aux usages perçus comme de gros consommateurs potentiels (jardineries, centrales béton, golfs, stations de lavage pour automobiles, etc.).

③ Résultats détaillés :

- décomposition en 70 usages (ou cibles potentielles), avec distinction des cibles publiques et privées pour les usages mixtes (hôpitaux/cliniques, campings, scolaires, maisons de retraite, etc.) ;
- mise en évidence de cibles méconnues : piscines recevant du public (65 établissements pour 1,2 Mm³), maisons de retraite (0,9 Mm³), surfaces de vente de plus de 300 m² (1,35 Mm³), aires d'autoroute (env. 0,25 Mm³ pour 15 sites), etc. ;
- remise en cause d'idées reçues : les stations de lavage de voiture consomment peu (1 300 m³/an/U et sont déjà équipées de systèmes haute pression hydroéconomes) de même que les poissonneries (300 m³/an/U), les douches de plage (250 m³/an/U), les jardineries (700 m³/an/U environ) ou les salles des fêtes (220 m³/an/U), etc.

④ Vérification :

- les usages des 2 500 grands consommateurs d'eau de la CUB (consommation unitaire par branchement supérieure à 2 000 m³) ont été analysés ; ils représentent environ 20 Mm³. En effet, il était plausible que cet exercice mette en évidence des usages qui auraient échappé à l'analyse précédente, ou montre, dans la mesure où la CUB représente environ la moitié du département, qu'un usage ait été sous ou surévalué ;
- cette analyse a révélé la nécessité de procéder à des ajustements ponctuels et notamment :
 - ajouter l'usage d'incinération (0,2 Mm³/an) ;
 - revoir un peu à la hausse les volumes associés aux hôtels et hôpitaux, et un peu à la baisse ceux des bureaux (publics et privés).

⑥ Résultat final précisant les grands usages de l'eau potable (cf. illustration 108).

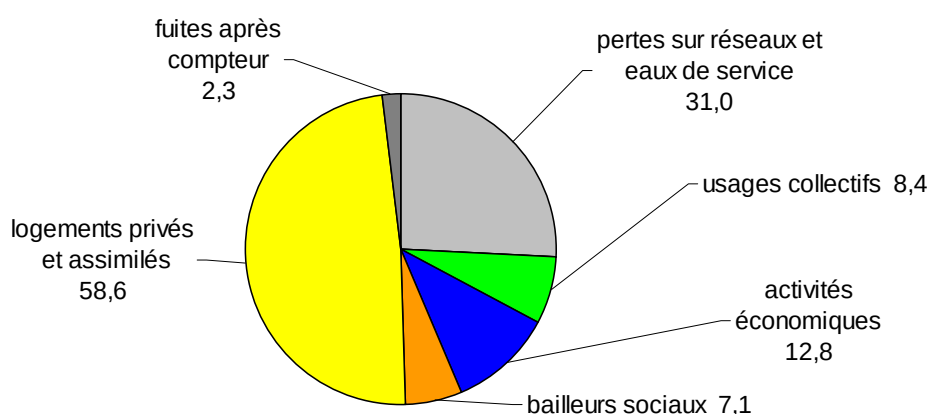


Illustration 108 : répartition en Mm³ des utilisations des 120 Mm³ prélevés pour l'eau potable dans les nappes profondes de Gironde en 2004 (SMEGREG)

Usages satisfaits par un prélèvement direct dans les nappes profondes

Ce travail repose sur une base de données fournies par l'Etat mentionnant pour chaque prélèvement direct : ses coordonnées, son propriétaire, l'usage de l'eau et l'historique des prélèvements jusqu'en 2004 (choisie par conséquent comme année de référence).

L'évaluation des usages a donc consisté à regrouper les prélèvements directs par nappe et type d'usage. Au-delà du constat que le nombre de forages concernant les nappes profondes en Gironde est limité (176), le bilan suivant a pu être réalisé. Il ne porte que sur les unités de gestion classées déficitaires ou à l'équilibre dans le SAGE.

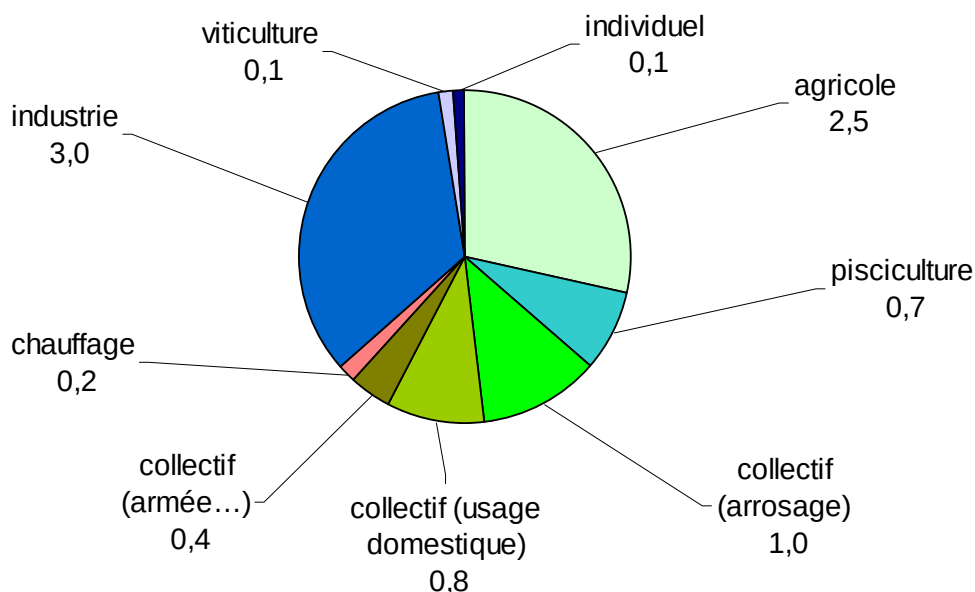


Illustration 109 : Répartition en Mm³ des usages des 8,8 Mm³ prélevés directement dans les nappes profondes déficitaires ou à l'équilibre en 2004 (SMEGREG)

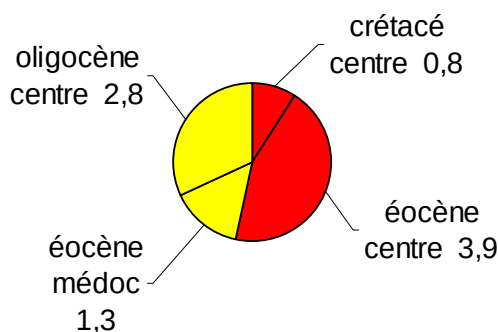


Illustration 110 : Répartition des prélèvements directs en volume (Mm³) dans les nappes profondes déficitaires (en rouge) ou à l'équilibre (en jaune)

Bilan global des usages satisfaits à partir des unités de gestion déficitaires ou à l'équilibre

En conclusion, le cumul pondéré des usages des eaux prélevées dans les nappes profondes déficitaires ou à l'équilibre, directement (8,8 Mm³), ou destinées à produire de l'eau potable (97 Mm³ sur un total de 120 Mm³), est proche du précédent résultat, du fait du poids important de l'eau potable en regard des prélèvements directs.

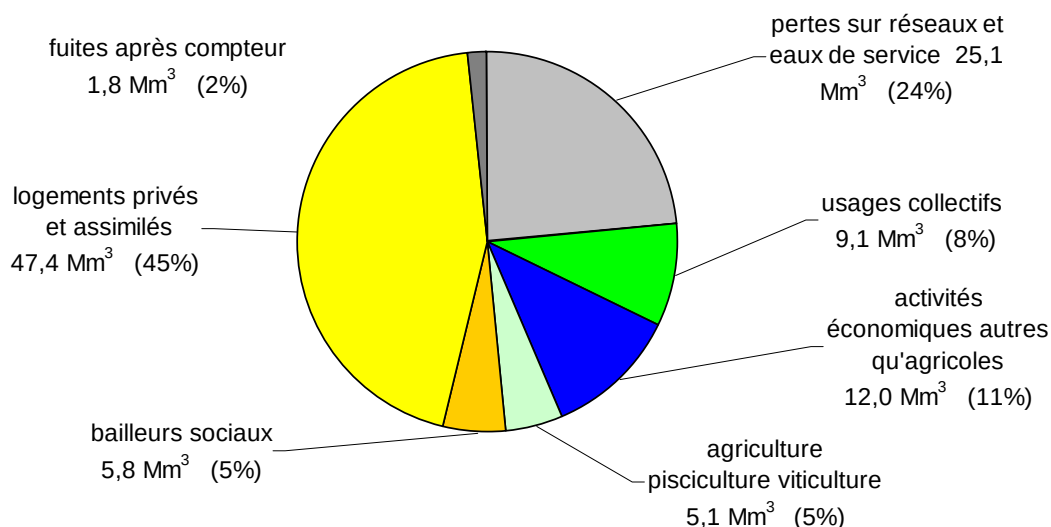


Illustration 111 : répartition des usages des prélèvements en 2004 dans les nappes déficitaires ou à l'équilibre du SAGE (SMEGREG)
(avec une pondération de 80% des 120 Mm³ d'eau potable et de 100% des 8,8Mm³ prélevés directement)

Usage final de l'eau issue des nappes profondes

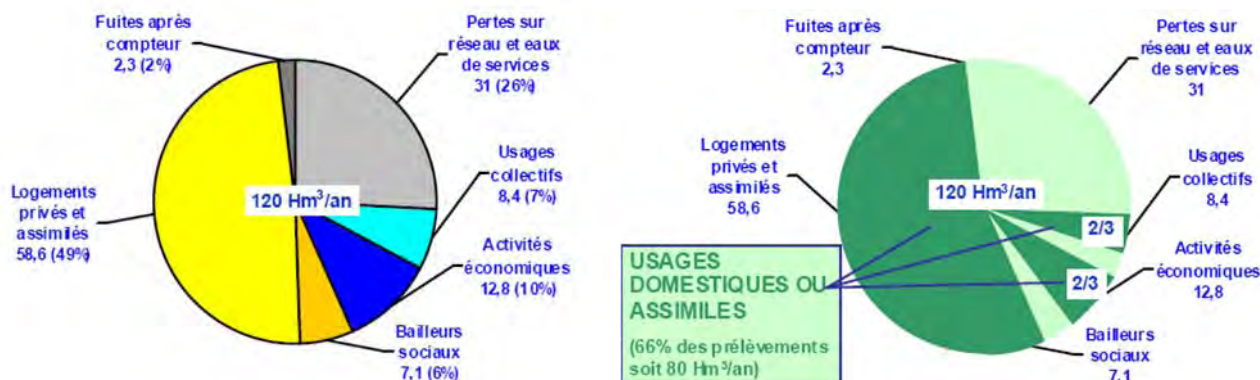


Illustration 112 : Qui utilise l'eau prélevée pour l'eau potable en Gironde ? et quel usage fait-on de cette eau ? (SMEGREG)

Il faut surtout retenir que l'usage majoritaire de l'eau potable est un usage domestique ou assimilé. Concrètement, cela signifie que la plus grande partie de l'eau potable (2/3 des prélèvements et 85% des consommations) est utilisée dans les WC, douches et lavabos.

2.2.3 Analyse de l'évolution des besoins unitaires pour l'eau potable

Il semble généralement admis que les consommations d'eau, et notamment d'eau potable, baissent depuis plusieurs années en France. Une telle baisse est observée en Gironde depuis 2003 et il est apparu légitime de s'interroger de manière à en identifier les causes et notamment de tenter d'évaluer le poids de la mise en œuvre du SAGE Nappes profondes dans cette tendance.

Evolution des prélèvements dans les nappes profondes par habitant en Gironde (1980-2008)

Les volumes prélevés en moyenne dans les nappes profondes de Gironde ramenés au nombre d'habitants sont en baisse depuis 2003, et ceci que ce soit pour tous les usages ou pour l'eau potable seule. On a ainsi

retrouvé lors des années particulièrement fraîches et humides de 2007 et 2008, les ordres de grandeur des prélèvements unitaires observés au cours des années 1980.

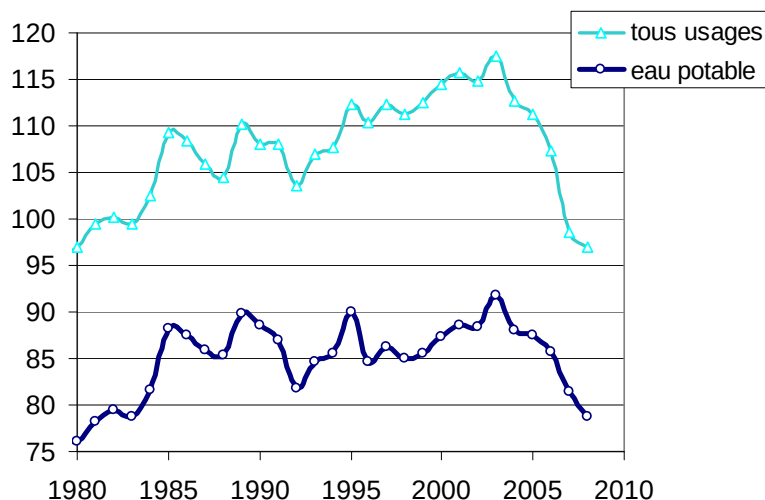


Illustration 113 : prélèvements unitaires (m³/habitant) dans les nappes profondes de Gironde (tableau de bord SAGE)

Pour mieux appréhender ces constats, le SMEGREG a recherché des données sur l'évolution des prélèvements à d'autres échelles (autres régions, CUB etc.).

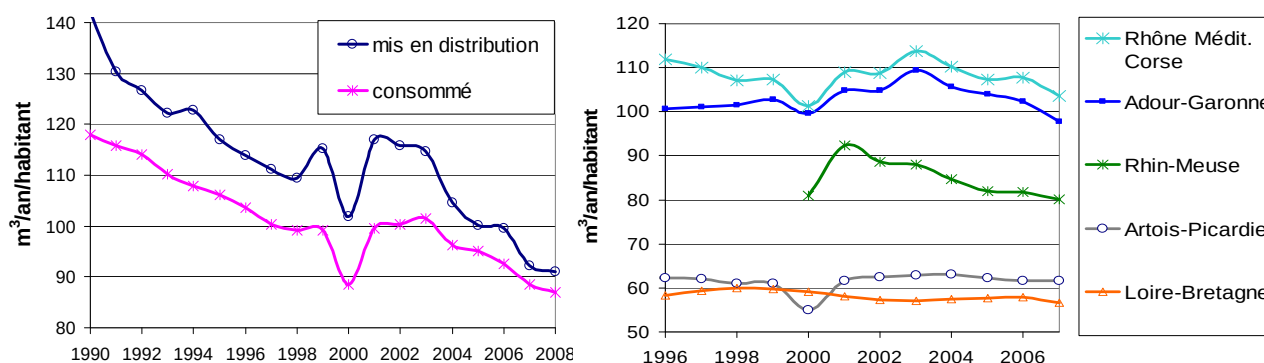


Illustration 114 : volumes unitaires mis en distribution et consommés à Paris (graphique de gauche, source SIAAP)

Illustration 115 : prélèvements par habitant pour l'eau potable à l'échelle des Agences de l'eau (Agences de l'eau)

Plusieurs études à l'échelle européenne convergent quant aux observations dans les capitales européennes, où une baisse sensible (de 10 à 25% en 15 ans) des prélèvements pour l'eau potable est avérée dans 70% des cas, à l'exception des capitales italiennes ou portugaises (en hausse). Les causes de ces baisses sont multiples : amélioration des performances des réseaux, tertiarisation des activités, optimisation des usages publics et dans les parties communes des logements collectifs. Ces mêmes études affirment que le phénomène est beaucoup moins vrai dans les grandes villes de province européennes.

Pour préciser ce point, les volumes prélevés pour l'eau potable, par habitant et à l'échelle des différentes Agences de l'eau, ont été analysés. Comme le montre le graphique ci-dessus, il s'avère qu'en moyenne en France, hors Paris, on observe effectivement une baisse généralisée des prélèvements, mais beaucoup plus récente que dans les capitales (points d'inflexion entre 1999 et 2003). On note que les volumes unitaires varient du simple au double entre le nord et le sud du pays, et que malgré leur faible valeur, ils continuent de baisser en Bretagne. Pour le sud de la France (bassins Adour Garonne et Rhône Méditerranée Corse), la baisse observée est :

- de 2% par an entre 2003 et 2007, avec l'année caniculaire de 2003 et l'année 2007 à l'été très frais et humide qui peuvent biaiser la tendance globale,
- de 0,5 à 1% par an sur la période 2002-2006, si l'on fait exception de ces années exceptionnelles ;
- très proche de la baisse observée en Gironde.

Evolution des besoins unitaires par catégorie d'abonné sur la CUB (2004-2008)

La CUB a demandé à son délégataire de mettre en œuvre une segmentation de la base clientèle des usagers de l'eau potable. Les résultats obtenus sur 101 861 abonnés eau potable, soit 25,4 Mm³ consommés en 2008, montrent que des baisses de consommation d'eau par abonné entre 2004 et 2008 ont été observées pour toutes les catégories d'abonnés, avec en particulier des baisses :

- très significatives (24,3%), et supérieures à la moyenne (12,6 %), dans les établissements publics ;
- significatives (11%) dans les logements, qu'ils soient individuels ou collectifs ;
- plus importantes les années fraîches et humides mais néanmoins significatives les années chaudes et sèches.

Cette segmentation des usagers eau potable de la CUB ne permet cependant pas d'aller au-delà dans l'analyse des baisses des consommations d'eau locales, en effet :

- si les baisses semblent globalement assez homogènes pour des catégories d'usagers proches sur la période globale d'étude (par exemple -11% sur 5 ans dans les différents types de logements), elles fluctuent beaucoup d'une année à l'autre pour une même catégorie d'usager, et elles n'évoluent pas non plus de façon homogène d'une année à l'autre pour deux catégories d'usagers proches (par exemple on observe des variations inversées entre l'habitat individuel et l'habitat collectif) ;
- par ailleurs, les résultats sur la CUB semblent a priori supérieurs aux résultats départementaux, ce qui pourrait laisser penser que les abonnés urbains auraient une consommation en eau potable qui baisse plus rapidement que celle des abonnés ruraux. En réalité les deux résultats sont exprimés dans deux unités différentes, qui rendent la comparaison délicate : en m³/an/abonné sur la CUB, et en m³/an/habitant précédemment. Or, du fait de la fragmentation des ménages et de l'individualisation des compteurs, le nombre d'abonnés « eau potable » a augmenté plus vite sur la CUB que le nombre d'habitants entre 2000 et 2008.

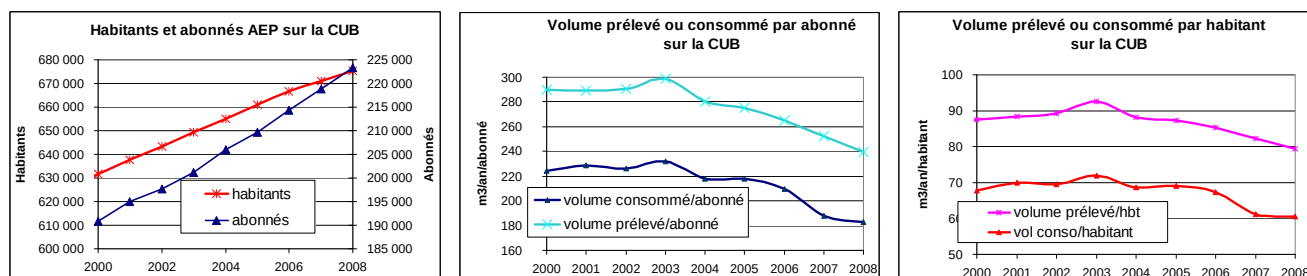


Illustration I 16 : Evolution de la consommation d'eau potable par abonné et par habitant sur la CUB (CUB)

3 Diagnostic – Enjeux de la gestion des nappes profondes de Gironde

Comme cela a été dit au 1.2.4., la préservation des qualités de la ressource des nappes captives impose que les directions d'écoulement soient préservées dans des zones à enjeux identifiées.

Pour ce faire, les règles de gestion doivent préciser :

- à grande échelle, les volumes maximum prélevables en vue de maîtriser le déstockage sur les moyens et longs termes,
- à une échelle locale, les pressions à respecter immédiatement pour ne pas générer d'inversion d'écoulement ou de dénoyage.

3.1 Gestion en bilan

Le suivi des niveaux piézométriques des nappes et les bilans reconstitués grâce aux simulations réalisées dans le modèle mathématique nord aquitain du BRGM révèlent que le déstockage n'a fait que s'accroître dans certaines nappes profondes du département.

Ce constat n'est pas surprenant dans la mesure où le nombre d'ouvrages et les prélèvements n'ont cessé d'augmenter sur plus d'un siècle et plus particulièrement depuis la deuxième guerre mondiale.

Dans ce contexte, avec des modifications permanentes des prélèvements dans les différentes nappes, tant du point de vue des volumes extraits qui ne cessent d'augmenter que de la répartition spatiale de ces prélèvements, un équilibre entre les prélèvements et les flux entrants, et donc la maîtrise du déstockage, ne peut pas être atteint.

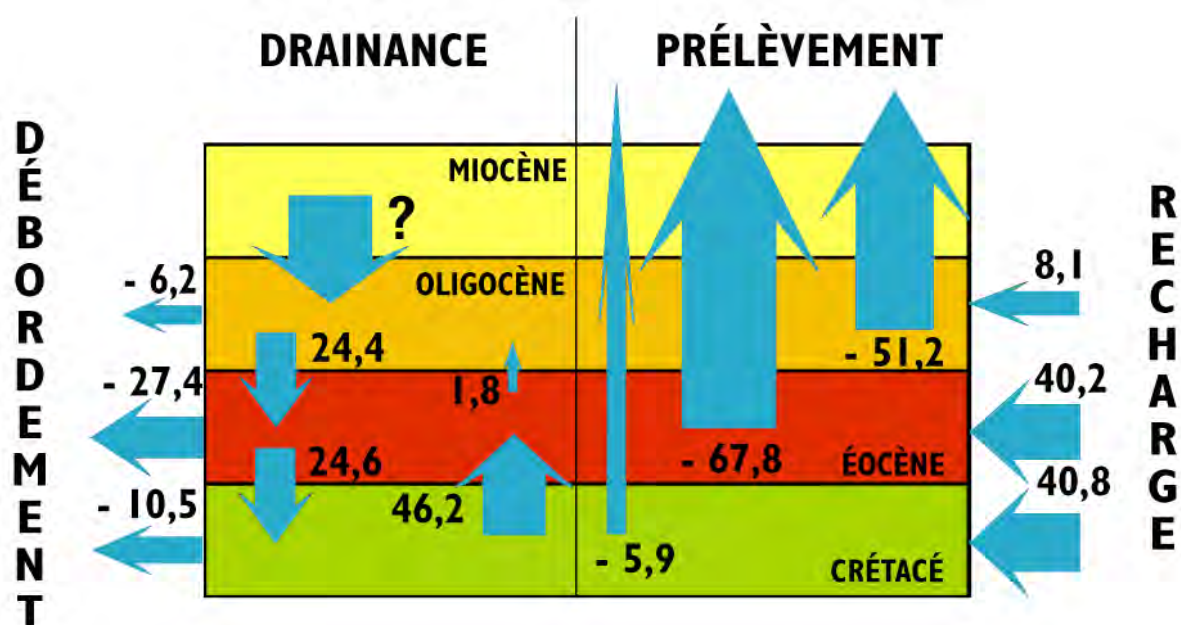


Illustration 117 : Ordre de grandeur des flux des eaux souterraines en Gironde (BRGM, 1996)

A l'aide du modèle mathématique nord aquitain du BRGM, des volumes maximum prélevables (VMPO) ont été arrêtés en 1998 pour chaque unité de gestion pour l'actuelle version du SAGE Nappes profondes.

Il n'est pas possible, avec cet outil de simulation, d'arrêter une proposition de volume maximum prélevable dans l'absolu. L'approche de ce volume se fait donc par tâtonnement en simulant des scénarios d'exploitation probables et en vérifiant qu'ils se traduisent à terme par une compensation des volumes prélevés par des flux entrants.

Compte tenu de ces modalités pratiques de calcul, deux cas de figure peuvent se présenter :

- dans le cas où le scénario simulé révèle que les volumes prélevés sont supérieurs au maximum prélevable, les prélèvements sont réduits dans les scénarios suivants jusqu'à devenir compatible avec la gestion durable de l'unité de gestion ;
- dans le cas où le scénario simulé révèle que les volumes prélevés sont acceptables pour la ressource, ce sont ces hypothèses de prélèvements qui sont retenues comme un maximum prélevable. Mais rien ne dit que des prélèvements plus importants ne pourraient pas être supportés sans dommage par l'unité de gestion.

En conséquence, les valeurs des volumes maximums prélevables ainsi arrêtés peuvent être discutées pour les unités de gestion relevant du deuxième cas de figure.

Ces considérations étant précisées, l'illustration I 18 permet de comparer les volumes prélevés en 2008 aux volumes maximum prélevables figurant dans le SAGE approuvé en 2003. A noter que le classement des unités de gestion dans les catégories « non déficitaire », à l'équilibre » et « déficitaire » a été établi sur la base de la même comparaison mais pour les volumes prélevés en 1998.

Unité de gestion	CENTRE		MEDOC ESTUAIRE		LITTORAL		NORD		SUD	
Miocène	10.0	7.8	3.0	0.0	5.0	3.3	Absent	Absent	12.0	5.2
	-2.2		-3.0		-1.8		Absent		-6.8	
Oligocène	48.0	46.6	7.0	5.7	18.0	11.0	Absent	Absent	1.0	0.2
	-1.5		-1.3		-7.0		Absent		-0.8	
Eocène	30.0	44.0	3.5	6.0	3.0	5.1	8.0	4.2	INCONNU	0.0
	14.0		2.5		2.1		-3.8		INCONNU	
Crétacé	2.5	2.1	0.4	0.0	3.0	0.8	0.5	0.3	0.1	0.0
	-0.4		-0.4		-2.2		-0.2		-0.1	

	Non déficitaire
	A l'équilibre
	Déficitaire

selon le classement du SAGE 2003

VMPO	Prélèvement
Différence	
Prélèvement - VMPO	

* : Pour l'Oligocène de la zone centre, seuls les points d'eau de la rive gauche (y compris les sources) sont pris en compte.

** : Pour l'Eocène, les VMPO considèrent les points de l'Eocène inférieur, moyen et supérieur.

** : Pour le Crétacé, seuls les points du sommet du Crétacé supérieur sont considérés.

Illustration I 18 : Comparaison des volumes prélevés en 2008 par rapport aux VMPO (BRGM)

Le constat fait en 1998 reste valable en 2008, avec des Volumes Maximums Prélevables Objectifs :

- dépassés de 14 millions de m³ (sur 30) pour l'Eocène-centre ce qui entraîne un dépassement pour le Crétacé-centre;
- dépassés de près de 2.5 millions de m³ (sur 3.5) pour l'Eocène-médoc-estuaire, de 2,1 millions de m³ (sur 3) pour l'Eocène-littoral ;
- globalement respectés pour l'Oligocène-centre.

A noter que la nouvelle version du SAGE actualisera les VMPO compte tenu des améliorations de connaissance et d'outil depuis 1998.

3.2 Gestion en pression

La version du SAGE approuvé en 2003 identifiait des risques sur lesquels une gestion en pression était a priori à prévoir. Le SAGE demandait que soit élaboré et soumis à l'approbation de la CLE un Atlas des Zones à Risques précisant, pour chacune d'entre elles :

- la description du risque et des mécanismes qui y contribuent ;
- l'extension spatiale de la zone ;
- les points de prélèvements concernés et les usages qui y correspondent ;
- la liste des communes concernées ;
- le réseau de points de contrôle de la zone ;

- les valeurs de piézométrie de crise (PCR) en chacun de ces points ;
- les valeurs de piézométrie d'objectif (POE) déclenchant un plan d'intervention.

Sur la base d'une liste complétée des zones à risques potentielles, une étude a été confiée au BRGM. Pour plus de détails sur les arguments ayant justifié les conclusions qui figurent dans les paragraphes qui suivent, on se référera au rapport du BRGM « SAGE Nappes profondes de Gironde - Atlas des Zones à Risques » rapport BRGM/RP-53756-FR de novembre 2005. Les textes en italiques sont des reproductions d'extraits de ce rapport.

3.2.1 Zone à risque « Estuaire de la Gironde et Anticlinal de Blaye-Listrac »

La question à étudier ici concerne *les risques de contamination de l'aquifère de l'Eocène inférieur à moyen par des eaux saumâtres ou salées le long de l'estuaire de la Gironde, d'une part de la Pointe de Grave à Lamarque (zone Estuaire) et d'autre part, sur une zone centrée sur l'anticlinal de Blaye-Listrac.*

Description de la vulnérabilité

Compte tenu des informations géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques recueillies depuis plusieurs années sur le secteur de l'estuaire et de l'anticlinal de Blaye-Listrac, il a été possible d'établir une carte schématique de vulnérabilité vis-à-vis de la pénétration de chlorures dans l'aquifère (cf. illustration I 19).

Il est à préciser que le terme de pénétration de chlorures a été préféré au terme d'intrusion dans la mesure où les mécanismes hydrodynamiques (différentiel de pression, convection, diffusion...) qui sont à l'origine de la contamination ne sont pas encore bien connus.

Les zones vulnérables correspondent :

- *aux zones où l'aquifère de l'Eocène moyen n'est pas protégé par les marnes de l'Eocène supérieur ;*
- *aux zones où les niveaux de l'Eocène moyen affleurent ;*
- *aux zones où la piézométrie indique que des pénétrations sont probables.*

Deux zones vulnérables se distinguent :

- *une première située au sud de Saint-Seurin-de-Cadourne où les chlorures ne peuvent pénétrer que dans les niveaux calcaires de l'Eocène moyen,*
- *une seconde située au nord de Saint-Seurin-de-Cadourne où les chlorures peuvent pénétrer dans tous les réservoirs de l'Eocène moyen.*

Il convient de noter qu'en l'état actuel des connaissances, la zone située au sud des piézomètres PZEM 5/6 (zone située au sud de la crête piézométrique) a pu être qualifiée de non vulnérable vis-à-vis d'une pénétration de chlorures dans l'aquifère.

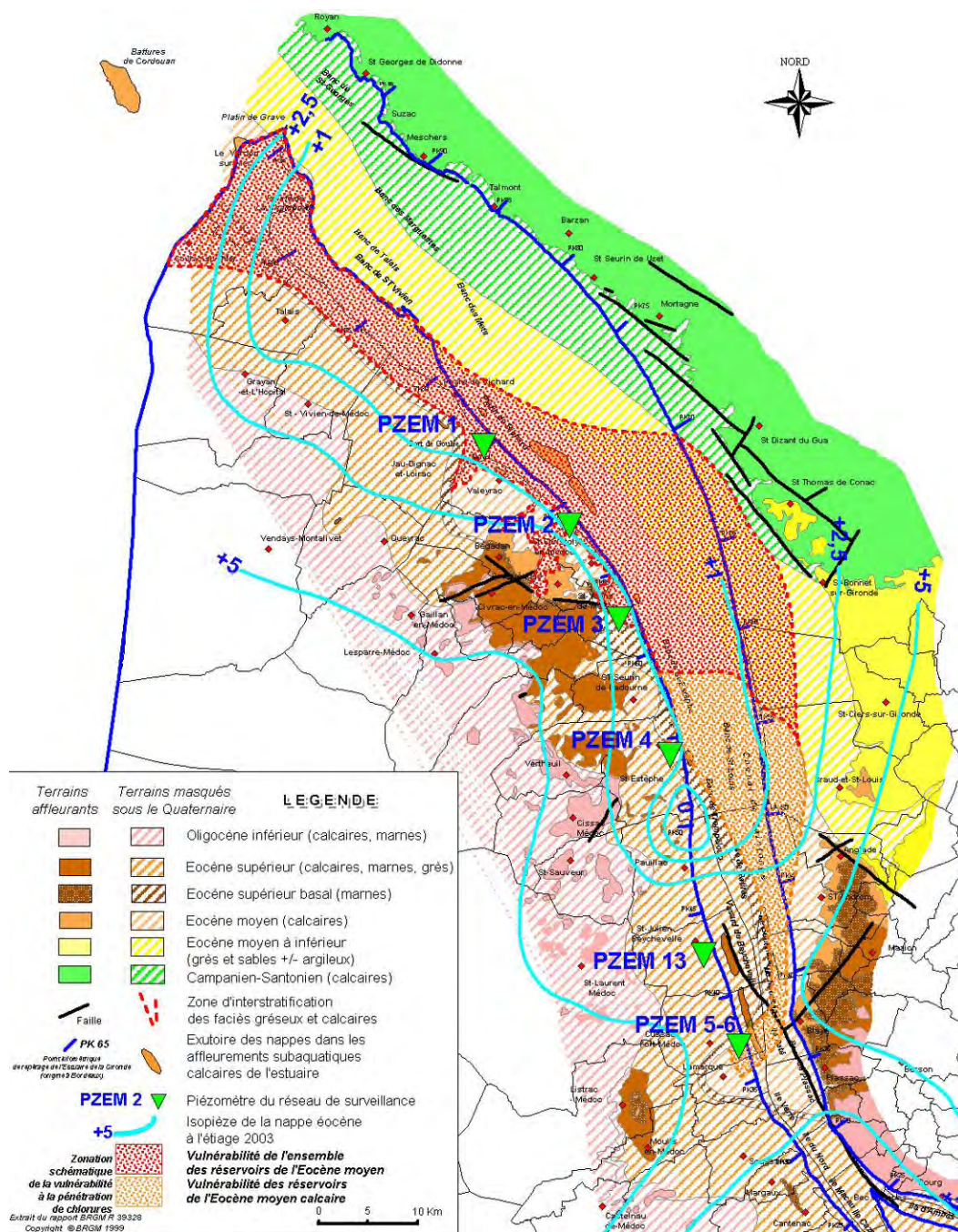


Illustration 119 : Carte de vulnérabilité à la pénétration de chlorures dans l'aquifère de l'Eocène moyen (BRGM)

Evaluation du risque

La carte de risque de salinisation représentée ci-dessous a été établie pour l'ensemble des deux zones à partir :

- des résultats des sondages électriques menés par la Compagnie Générale de Géophysique en 1969 dont l'objectif était de repérer les zones contaminées par du sel ;
- des teneurs en chlorures observées sur les ouvrages du réseau dit PZEM, sur les captages AEP et sur un certain nombre de forages supplémentaires ;
- de l'évolution des teneurs en chlorures observée sur certains captages.

La carte met en évidence 3 zones :

- une zone de risque fort, constituée de 2 parties disjointes, où les teneurs en chlorures peuvent être supérieures à 10 g/l (au Verdon-sur-Mer et au sud de Saint-Yzens par exemple) ;

- une zone de risque moyen qui s'étend au-delà de l'isopièze + 2,5 NGF, où les teneurs en chlorures ne dépassent pas 500 mg/l ;
- une zone de risque faible, constituée de 2 parties disjointes, où les teneurs en chlorures sont systématiquement inférieures à 200 mg/l.

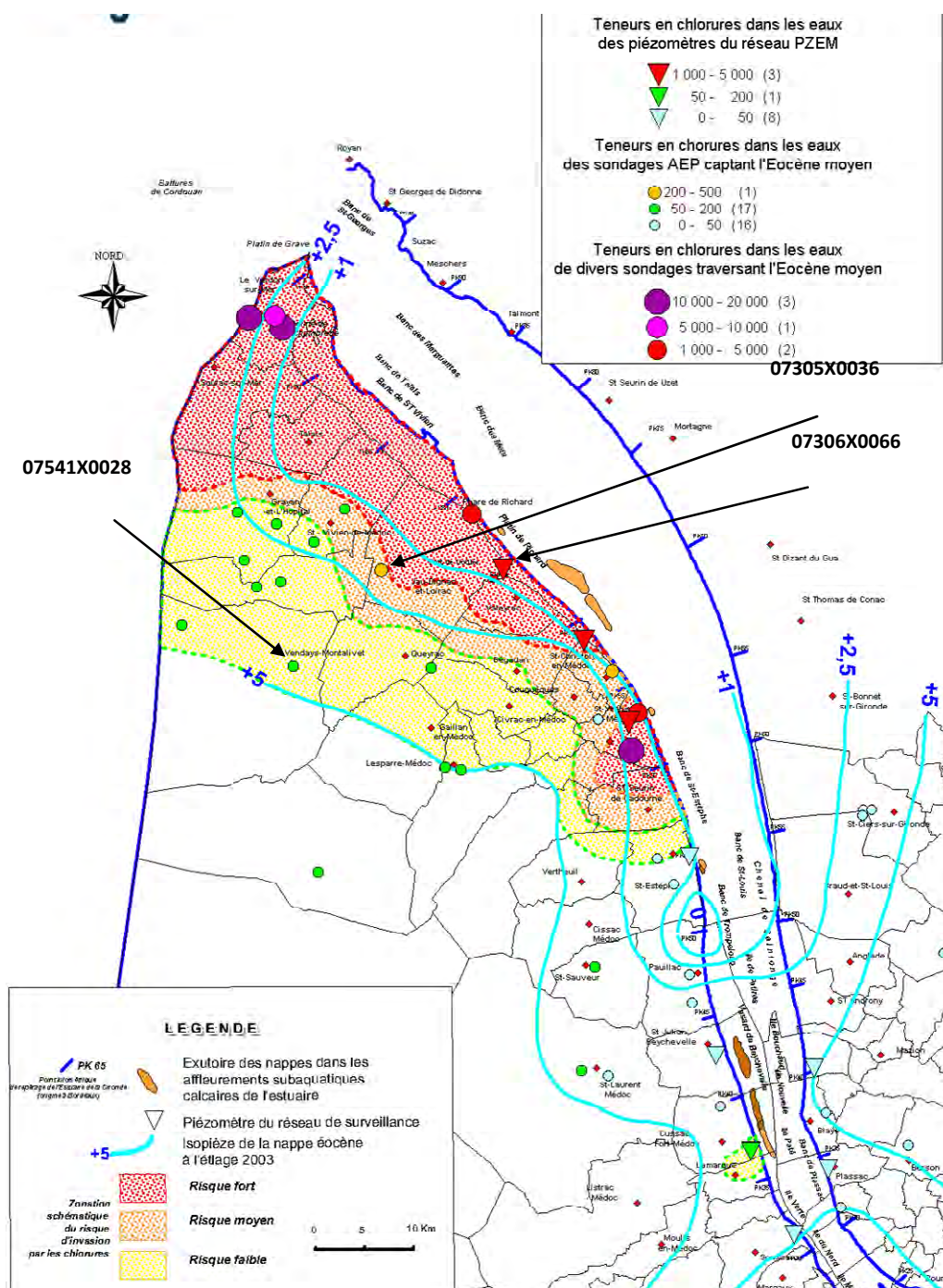


Illustration I 20 : Carte du risque de salinisation dans les nappes de l'Eocène moyen (BRGM)

Bilan et perspectives

En l'état actuel des connaissances, il apparaît que la zone de l'estuaire se présente comme un secteur où :

- l'ensemble des niveaux de l'Eocène moyen peuvent potentiellement être contaminés par les eaux saumâtres ou salées de l'estuaire actuel ou par celles contenues dans les terrasses sous-flandriennes ;
- une contamination par les eaux de l'estuaire n'est possible que pendant 38 à 51% du temps en fonction de l'état de la nappe ;
- l'aléa d'une contamination par les eaux de l'estuaire est d'autant plus fort que l'on se déplace vers le nord ;
- un certain nombre de points présentent une contamination avérée mais leurs eaux sont exemptes de tritium (alors que la teneur de l'estuaire est de l'ordre de 7 UT),
- de ce fait, la source la plus probable de contamination est représentée par les eaux contenues dans les terrasses sous-flandriennes.

Plus au sud, la zone de l'anticlinal de Blaye-Listrac se présente comme un secteur où :

- seuls les niveaux supérieurs calcaires de l'Eocène moyen peuvent potentiellement être contaminés par les eaux de l'estuaire actuel ou par les eaux saumâtres contenues dans les terrasses sous-flandriennes ;
- une contamination par les eaux de l'estuaire n'est possible que pendant 8 à 30% du temps en fonction de l'état de la nappe ;
- le seul point qui présente une teneur en sel significative est situé dans un contexte où les formations de l'Eocène moyen sont en relation directe avec les alluvions sous-flandriennes.

Compte tenu de ces observations, il semble donc que dans les 2 zones étudiées, le risque de salinisation de la nappe de l'Eocène moyen soit d'avantage lié à la présence d'eaux fossiles saumâtres ou salées dans les terrasses sous-flandriennes qu'à l'estuaire.

Les mécanismes hydrodynamiques (convection, diffusion...) qui sont à l'origine de cette contamination ne sont pour l'instant pas bien connus même s'il paraît évident que les marées jouent un rôle de moteur.

La baisse de la nappe éocène au cours de ces 50 dernières années pourrait être à l'origine de l'augmentation de la salinité observée sur quelques points du Médoc.

Dans la mesure où ce type de contamination est irréversible, il est normal que la stabilisation des niveaux observée depuis quelques années ne s'accompagne pas d'une diminution des teneurs en sel.

Au sud de Saint-Estèphe, il semble que les niveaux de pression soient suffisants pour maintenir une situation qualitative satisfaisante. Le problème réside dans le fait que le niveau de pression en dessous duquel les phénomènes de contamination pourraient devenir plus importants reste à définir.

Dans ces conditions, seul le maintien des niveaux à leur état actuel ou à un seuil supérieur peut être le garant d'un maintien de la qualité.

3.2.2 Zone à risque « Domaine minéralisé de l'Eocène »

La question à étudier ici correspond aux risques d'augmentation de la minéralisation des eaux de l'Eocène et à les mettre en relation avec la présence de faciès spécifiques (zones de mangrove, niveaux évaporitiques) dans le système aquifère.

Les investigations récentes ont montré que plusieurs types d'évolution pouvaient être observés sur l'extension du domaine minéralisé.

Il est aussi apparu que l'évolution de la minéralisation découlait de conditions locales et non de conditions générales (comme par exemple l'accentuation du creux piézométrique sous l'agglomération bordelaise).

Le fait que l'on puisse observer des évolutions de la minéralisation totalement opposées pour une même tendance piézométrique a confirmé cette hypothèse et montré qu'il pouvait être hasardeux de faire des prévisions sur l'évolution de la minéralisation en fonction de celle de la piézométrie et par conséquent en fonction de l'augmentation ou de la diminution des pompages.

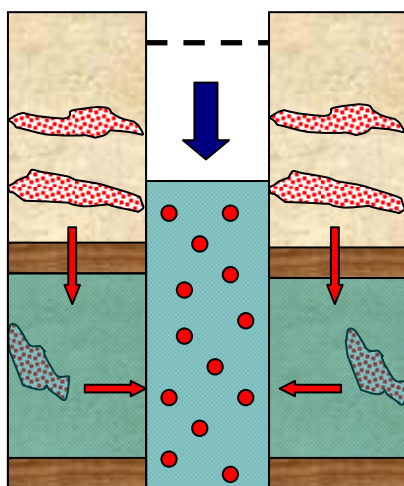


Schéma a

Baisse de la piézométrie et augmentation de la minéralisation : transfert d'eaux plus minéralisées en provenance de l'Eocène supérieur ou de l'Eocène moyen vers la zone de captage

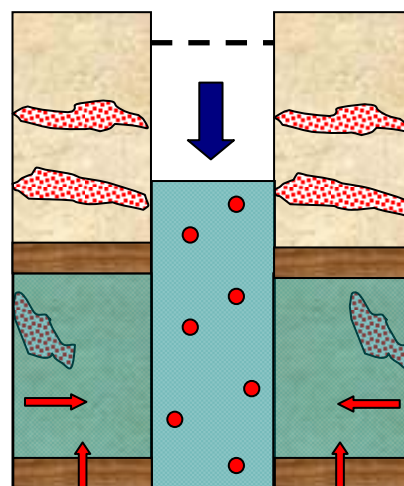


Schéma b

Baisse de la piézométrie et diminution de la minéralisation : transfert d'eaux moins minéralisées en provenance de l'Eocène moyen ou de l'Eocène inférieur vers la zone de captage

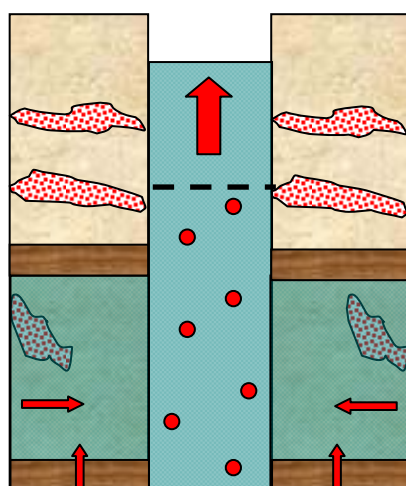


Schéma c

Augmentation de la piézométrie et diminution de la minéralisation : transfert d'eaux moins minéralisées en provenance de l'Eocène moyen ou de l'Eocène inférieur vers la zone de captage

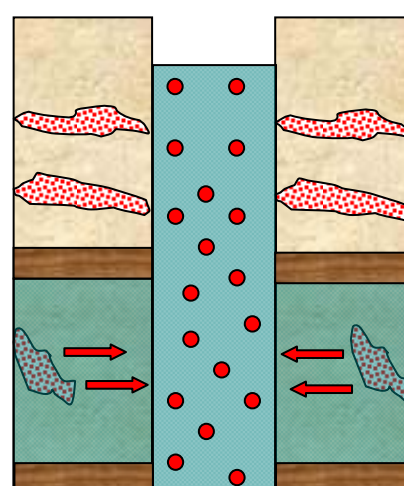


Schéma d

Piézométrie stable et augmentation de la minéralisation (+ diminution des pompages) : renouvellement de l'eau limité

Illustration 121 : Les différents types d'évolutions observés (BRGM)

L'origine évaporitique de la minéralisation a, quant à elle, été confirmée par la nature des éléments qui présentent des variations significatives (conductivité, Cl, Ca, Mg, SO₄ pour les principaux). Le gypse (CaSO₄), la halite (NaCl) et les argiles fibreuses (riches en magnésium) associées aux faciès des calcaires lacustres de l'Eocène moyen constituent autant de sources probables pour ces éléments.

On notera que des travaux de recherche doctorale sont en cours sur cette thématique du domaine minéralisé de l'Eocène (EGID-BRGM).

Description de la vulnérabilité et évaluation du risque

Dans la mesure où il a été démontré que les fortes minéralisations observées sur le domaine d'étude étaient liées à la présence de niveaux évaporitiques dans l'Eocène moyen et/ou l'Eocène supérieur, la carte de vulnérabilité correspondrait à l'extension de ces formations.

Ces formations s'étant déposées de façon non homogène et pouvant passer inaperçues lors de la réalisation d'un ouvrage, aucune cartographie de leur extension n'est disponible.

Dans ces conditions, il n'est donc pas possible de produire de carte de vulnérabilité en l'état actuel des connaissances. Le fait que des points proches les uns des autres puissent présenter une évolution des paramètres totalement différente et que la minéralisation puisse évoluer de façon différente pour une même tendance piézométrique constituent deux arguments pour affirmer que le risque d'augmentation de la minéralisation des eaux de l'Eocène ne peut pas être géré de façon globale sur la zone d'étude.

3.2.3 Zone à risque « Salinisation des nappes sur le Bassin d'Arcachon »

La question à étudier concerne les risques de contamination des aquifères profonds par des eaux salées au droit du Bassin d'Arcachon.

Description détaillée de l'aquifère concerné par l'aléa

Dans les secteurs proches des côtes, les nappes d'eau douce s'écoulent vers la mer et arrivent en contact avec l'eau marine salée qui peut envahir les réservoirs lorsque les exutoires en mer des aquifères ne sont pas oblitérés.

L'analyse des données concernant des forages pétroliers réalisés au large du Bassin d'Arcachon indique que seul l'aquifère miocène, et en particulier les grès calcaires coquilliers et les sables du sommet de l'Helvétien (Miocène moyen), est susceptible de présenter un exutoire au niveau du talus continental.

Les formations éocènes, oligocènes et miocènes inférieur traversées par le forage pétrolier off-shore Aldebaran 1 sont en effet totalement argilo-marneuses sur une épaisseur de près de 1000 mètres alors qu'au dessus, les niveaux serravalliens (Helvétien) se présentent sous la forme d'une trentaine de mètres de calcaires gréseux coquilliers surmontés par un banc d'argile calcaire discontinu de 3 mètres d'épaisseur puis par une dizaine de mètres de sables.

En Aquitaine, le Miocène est principalement alimenté par drainance descendante à partir des aquifères sus-jacents. Dans la zone du Bassin d'Arcachon, le mode d'alimentation ne semble toutefois pas obéir à la même règle. Astié en 1964 et Chapoutot en 1965 ont en effet noté une augmentation du niveau piézométrique avec l'approfondissement de certains forages réalisés dans le secteur d'étude. Le Miocène serait donc alimenté par l'Oligocène sous-jacent.

Cette hypothèse a été confirmée par le modèle Nord-Aquitain qui a permis de mettre en évidence des drainances ascendantes dans le lit de la Leyre et, dans une moindre mesure, à l'aplomb et au sud du Bassin d'Arcachon).

Les forages captant l'Helvétien en bordure nord-est du Bassin d'Arcachon sont faiblement artésiens. La nappe est mise en charge soit par la présence d'un horizon imperméable au sommet du Miocène (Formation des Glaises Bigarrées), soit par contraste de perméabilité avec la formation très peu transmissive des Sables Fauves sus-jacents soit par un confinement de l'aquifère à l'approche du littoral (passage latéral à des faciès plus marneux ou blocage des écoulements du fait de la présence d'un biseau salé invasif).

Problématique de biseau salé

A cause de leur différence de densité, les eaux douces et les eaux salées se mélangent très mal et l'intrusion d'eau salée, plus dense, dans une nappe d'eau douce se présente, en plan, sous la forme d'un triangle que l'on appelle le biseau salé.

Le problème des intrusions salines dans les aquifères d'eau douce débouchant en mer peut généralement être abordé sur la base d'équations modélisant un tel système.

Dans le cas d'une nappe captive c'est le modèle de Glover qui s'applique. L'équation tient également compte de l'écoulement de la nappe vers la mer mais néglige l'existence d'une zone de diffusion entre l'eau salée et l'eau douce dont l'épaisseur peut être conséquente.

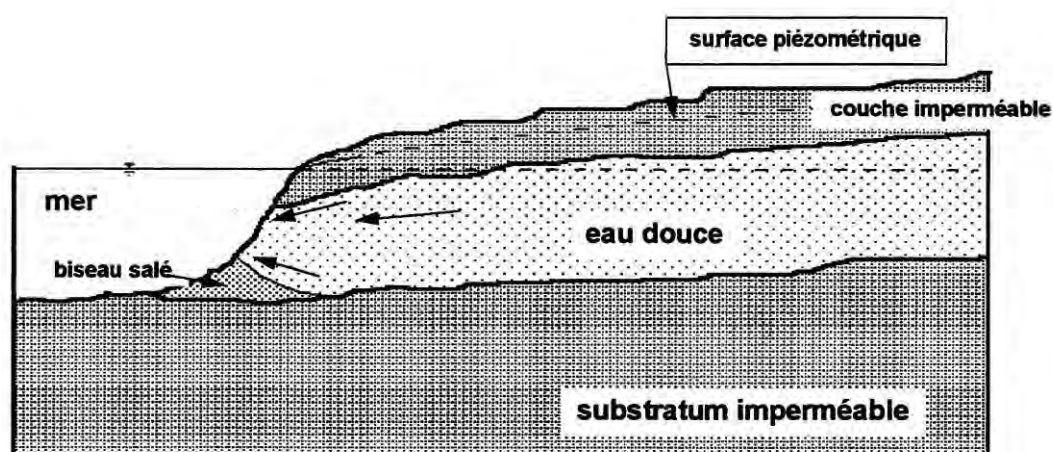


Illustration 122 : Schéma théorique de l'intrusion d'un biseau salé dans une nappe captive (BRGM)

Etat des connaissances par rapport à l'aléa

Aucune information concernant les risques d'intrusion du biseau salé dans les aquifères du bassin d'Arcachon n'étant disponible en bibliographie, le travail a consisté à calculer la position théorique du biseau salé dans l'aquifère Miocène, seul aquifère du SAGE a priori concerné par cet aléa.

En l'absence d'information précise sur la géométrie et la lithologie du Miocène du plateau continental jusqu'au talus, différentes hypothèses simplificatrices ont été faites.

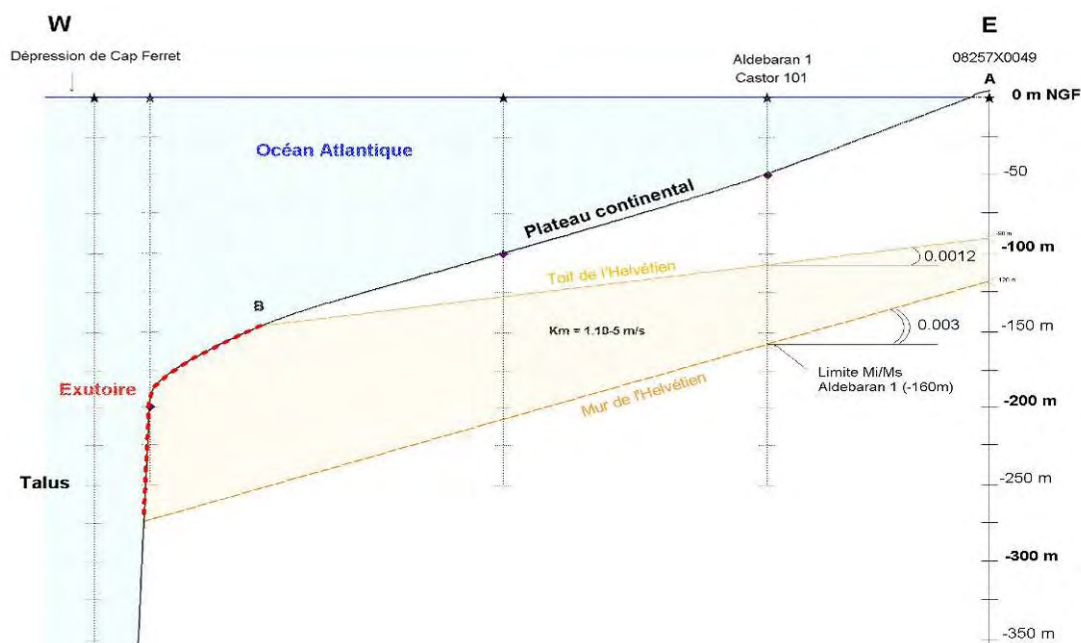


Illustration 123 : Coupe schématique est-ouest de l'aquifère helvétien à l'ouest du Bassin d'Arcachon (BRGM)

Le modèle de Glover permet de calculer la position du biseau salé en tenant compte des flux d'eau douce qui constituent une force de répulsion vis à vis de l'intrusion d'eau salée. L'illustration 124 représente la forme du biseau salé pour un débit unitaire égal à celui calculé précédemment et pour des débits extrêmes.

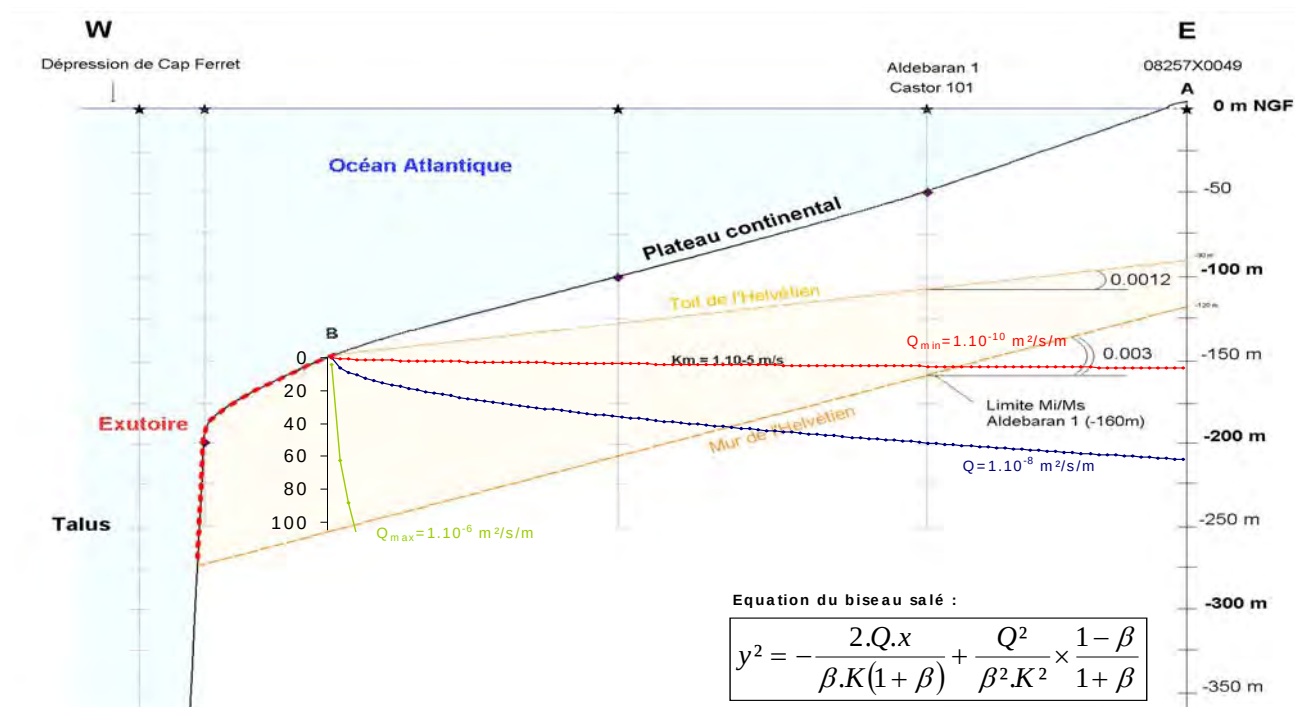


Illustration 124 : Coupe schématique est-ouest de l'aquifère helvétien (Miocène supérieur) à l'ouest du Bassin d'Arcachon et représentation des positions calculées du biseau salé (BRGM)

Cette première approche analytique montre que l'extrémité du biseau salé se situerait à environ 25 km du littoral atlantique sous réserve que les hypothèses retenues concernant la géométrie et l'hydrodynamique de l'aquifère soient réalistes. On constate aussi qu'un débit 100 fois plus faible impliquerait un déplacement du biseau salé de 10 km vers le littoral. A l'inverse, un débit 100 fois plus important le repousserait quasiment au niveau de l'exutoire.

Cette méthode de calcul néglige toutefois les pertes de charge qui peuvent affecter le système, notamment si le toit de l'aquifère helvétien n'est pas un vrai imperméable.

Le modèle Nord-Aquitain mettant en évidence des phénomènes de drainance ascendante de l'Helvétien vers les aquifères plio-quaternaires sus-jacents dans les secteurs de la Leyre et du Bassin d'Arcachon, il est possible d'imaginer des phénomènes similaires plus vers l'ouest, au niveau du plateau continental.

Dans ces conditions, les pertes de charge liées aux mouvements ascendants pourraient favoriser la pénétration du biseau salé vers les terres.

Dans la mesure où l'ensemble de la réflexion a été menée en faisant un certain nombre d'hypothèses et d'approximations, il conviendra d'utiliser les résultats obtenus avec prudence. La validation pose de plus un souci supplémentaire dans le sens où la mise en œuvre de techniques géophysiques en domaine marin peut être plus compliquée que sur terre. La reconnaissance par forage des zones envahies par le biseau salé serait, quant à elle, très coûteuse.

Description de la vulnérabilité et évaluation du risque

Le tracé d'une carte de vulnérabilité vis à vis de phénomènes d'intrusion d'eaux salées dans l'aquifère de l'Helvétien ne présente pas de réel intérêt dans le sens où la carte correspondrait à une série de bandes parallèles à la côte avec une zone de plus faible vulnérabilité qui n'atteindrait pas le rivage.

Il est préférable de retenir qu'avec les hypothèses géométriques les plus défavorables, la position théorique de la pointe du biseau se situe à environ 25 km de la côte.

Les calculs montrent aussi que les eaux salées ne pénétreraient pas à l'aplomb des terres si le débit réel de la nappe était 100 fois inférieur à celui qui a été retenu.

Les ouvrages qui captent l'aquifère de l'Helvétien et qui font l'objet d'un suivi chimique régulier ne sont pas nombreux sur la zone d'étude (deux ouvrages) Les eaux qu'ils captent sont faiblement minéralisées (conductivités de l'ordre de 230 $\mu\text{S/cm}$) et présentent des teneurs en chlorures et en sodium inférieures à 25 mg/l.

Bien que non représentative de l'ensemble de la zone d'étude, cette observation semble confirmer que l'aquifère de l'Helvétien n'est pas sujet à des phénomènes d'intrusion marine à l'aplomb du Bassin d'Arcachon.

Dans ces conditions, aucune carte de risque n'a été tracée.

3.2.4 Zone à risque « Dénoyage de l'Oligocène en zone centre »

La problématique a consisté à étudier les risques de dénoyage de l'aquifère oligocène induit par la baisse des niveaux piézométriques au sud de l'agglomération bordelaise et ses conséquences éventuelles.

La zone d'étude correspond à la rive gauche de la Garonne entre le nord de Bordeaux et Langon. La nappe généralement libre de l'Oligocène de l'Entre-deux-Mers, déconnecté de l'aquifère principal, n'est pas concernée par cette problématique.

Géologie et hydrogéologie de l'aquifère Oligocène :

3.2.4.1.1 Description géologique des terrains oligocènes

L'illustration 125 montre la superposition des formations oligocènes et miocènes dans la région bordelaise. Trois principaux horizons sont distingués :

- L'Oligocène inférieur basal (Rupélien basal)

La base des terrains oligocènes est constituée par la partie supérieure de la Formation des Molasses du Fronsadais. Cette formation, d'origine fluviale et palustre, est essentiellement composée d'assises argilo-carbonatées dans sa partie inférieure et de niveaux grés-sableux dans sa partie supérieure. Elle présente une épaisseur de 30 à 40 mètres.

Les Molasses du Fronsadais sont surmontées par la Formation de Castillon qui est formée de calcaires micritiques gris rosé, alternant avec des marnes vertes et des niveaux argileux à nodules de calcaire, déposés en environnement lacustre. Son épaisseur est faible (environ 1 à 5 m) car elle a été érodée par la transgression marine du Rupélien.

- L'Oligocène inférieur (Rupélien)

La formation du Calcaire à Astéries s'est ensuite déposée. Elle est constituée de trois membres, correspondant à deux phases de transgressions marines séparées par une phase régressive.

Membre A : il correspond à l'éponte inférieure de l'aquifère oligocène. C'est une assise de calcaires marneux fins, de teinte grise à gris-bleu, riches en foraminifères.

Membre B : Ici se sont déposés, sur une vingtaine de mètres, des calcaires de type grainstone, bioclastiques, gris à jaunes (ou *calcarénites*) dont les éléments clastiques sont principalement des foraminifères, des bryozoaires, des polypiers, des algues et des mollusques.

Membre C : la base de ce membre est représentée par quelques mètres de marnes et de calcaire marneux.

- L'éponte supérieure de l'aquifère oligocène est constituée par les assises imperméables du Chattien et de l'Aquitaniens. Ce niveau est constitué de marnes et d'argiles. Leur épaisseur ne dépasse toutefois pas 5 mètres.

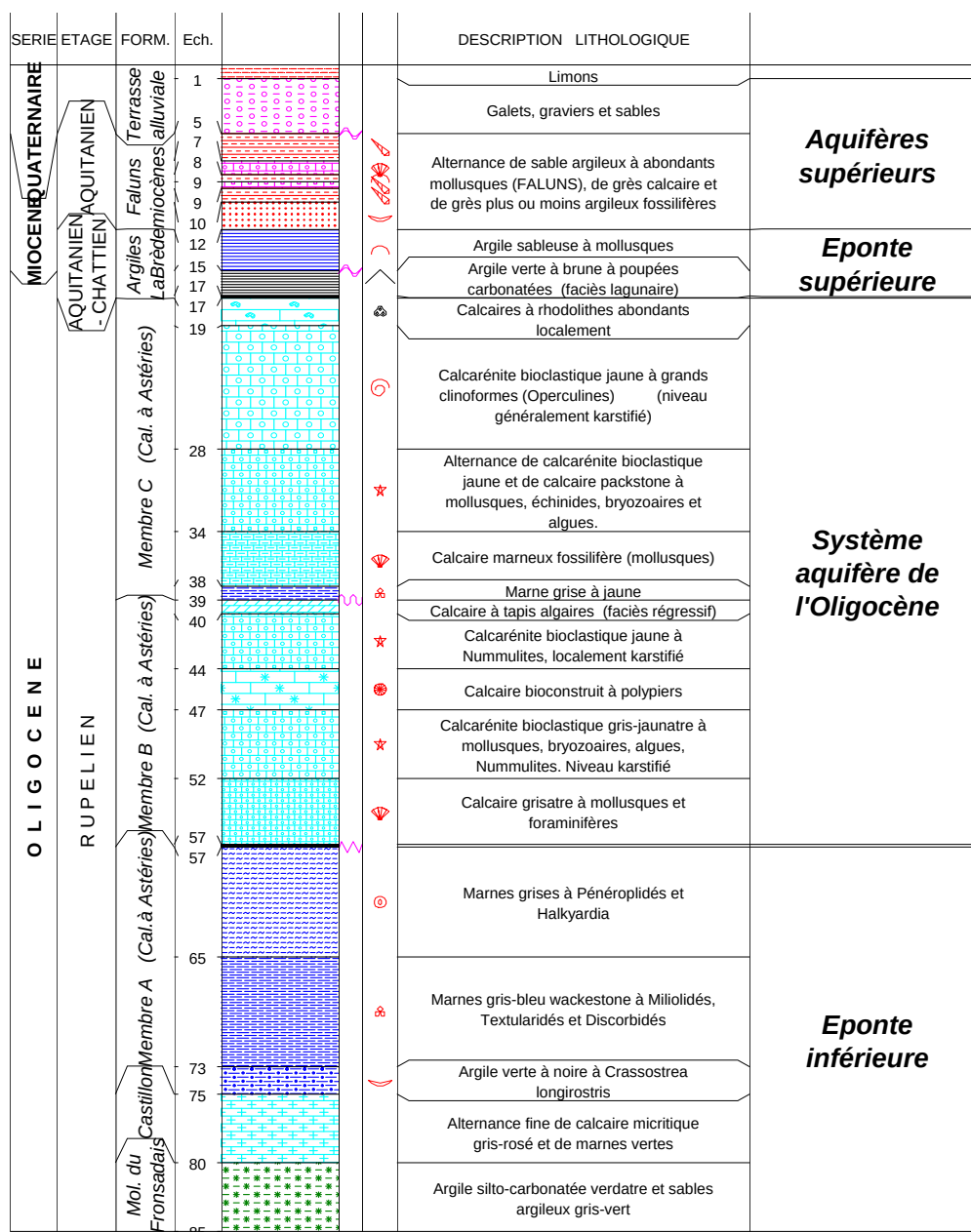


Illustration 125 : Coupe lithostratigraphique synthétique de l'Oligocène et de ses terrains de recouvrement dans la région bordelaise (BRGM)

La faille de Bordeaux constitue le principal accident du secteur d'étude (cf. coupe 4 de l'illustration 126). Elle a été mise en évidence par les différences de cote des formations observées sous l'agglomération bordelaise. Son rejet au toit du Crétacé serait de 100 m au minimum. Son tracé passe le long de la vallée de la Garonne entre Langon et Bordeaux, puis s'infléchit vers le nord-ouest en direction de Sainte-Hélène-Brach.

La faille étant ensuite de moins en moins active, la sédimentation n'a fait qu'en atténuer ses effets. Ainsi à l'Oligocène, la faille ne correspond qu'à une flexure à jeu syn-sédimentaire. Des différences d'altitude au niveau de formations synchrones entre le plateau de Bouliac et la ville de Bordeaux attestent par contre de jeux miocènes.

Les zones basses se situent dans les secteurs de Bordeaux et de Beautiran-Léognan-Canéjan-Saint-Jean-d'Ilac alors que les secteurs de Villenave-d'Ornon-Pessac-Mérignac et de Gradignan-Martignas correspondent à des zones hautes.

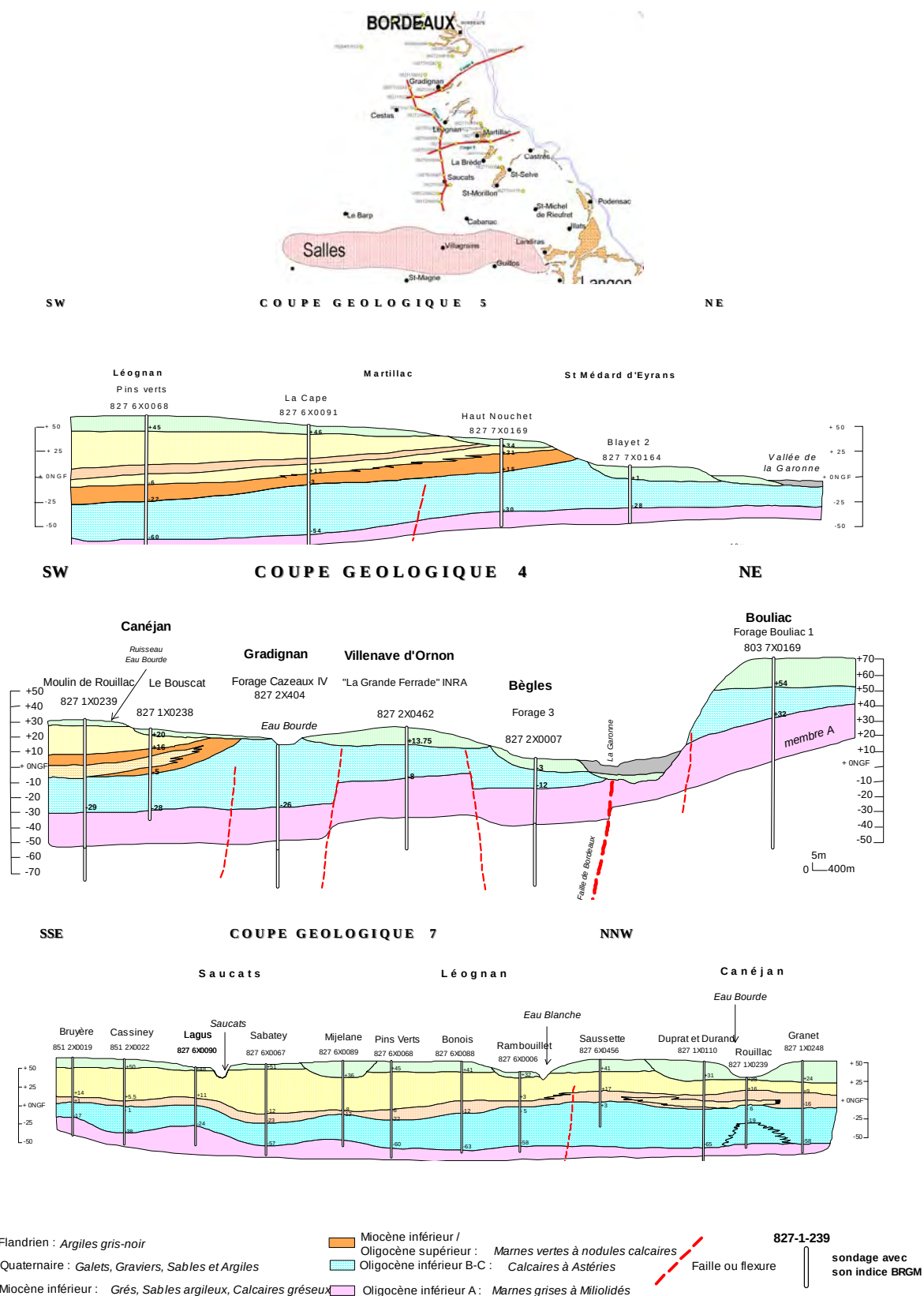


Illustration I 26 : Coupes des terrains oligocènes et miocènes au sud de Bordeaux (BRGM)

Le grand **anticlinal de Villagrains-Landiras** (Cf illustration 127) d'orientation ouest-est se situe au sud du secteur étudié. Il s'agit d'une structure majeure mais qui reste quasiment invisible sur le terrain. Long d'une quinzaine de kilomètres, l'anticlinal est recoupé par des failles et apparaît très bien dans la morphologie du toit du Crétacé qui présente des pendages opposés importants.

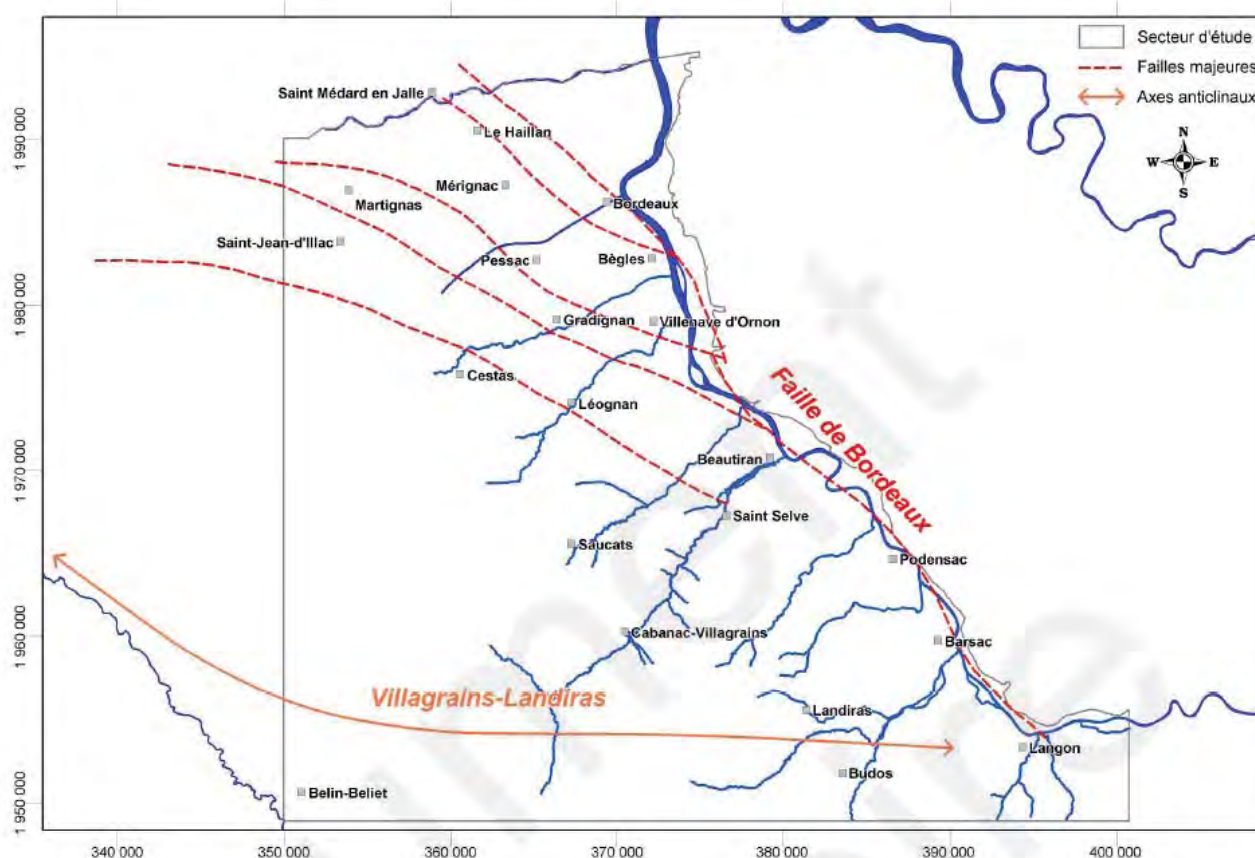


Illustration 127 : Accidents structuraux de l'Oligocène (BRGM)

3.2.4.1.2 Description hydrogéologique

Seuls les membres médian (Membre B) et supérieur (Membre C) de la Formation des Calcaires à Astéries du Rupélien carbonaté peuvent être considérés comme des réservoirs.

Ces calcaires affleurent en de nombreux endroits, en particulier en bordure de la Garonne et dans le lit de ses affluents où l'aquifère est libre. Du nord de Bordeaux jusqu'à Langon, ils constituent le substratum des terrasses anciennes de la Garonne avec lesquelles ils sont en connexion hydraulique.

Plus à l'ouest, l'aquifère devient progressivement captif et plus épais. Il est alors compris entre les marnes du membre A (éponte inférieure) et les marnes ou les argiles de l'Oligocène supérieur (Chattien) qui constituent la base de l'éponte supérieure.

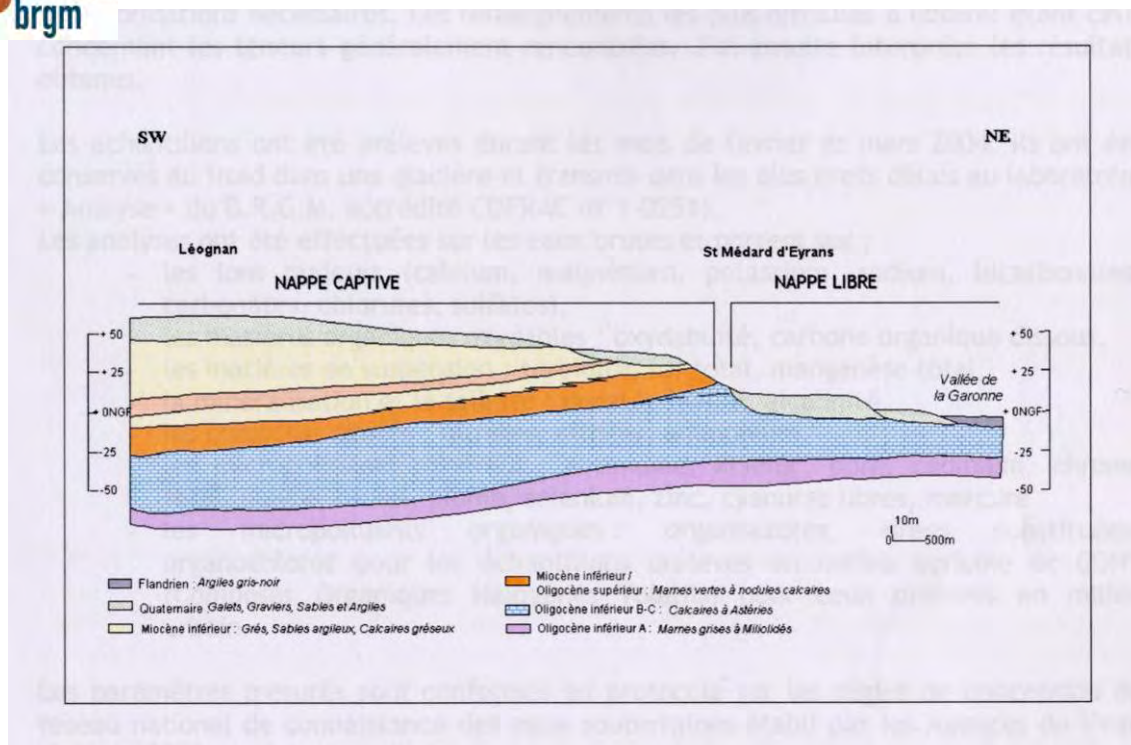


Illustration 128 : Nature de l'aquifère oligocène en fonction de la distance à la Garonne (BRGM)

Caractéristiques détaillées et évolution piézométrique

L'illustration 129 qui représente la cartographie du toit, du mur et de l'épaisseur de l'aquifère oligocène à l'échelle des départements de la Gironde et des Landes et dont les schémas ont été établis avec les données du modèle nord-aquitain (version MONA V3.1-2003), permet de visualiser le plongement de l'aquifère oligocène en direction du sud-ouest et les variations importantes de l'épaisseur qui atteint son maximum dans le bassin de Parentis.

Le modèle géométrique établi en 2000 avec le logiciel GDM et intégrant plus de 400 coupes de forage a permis de mieux caractériser la géométrie de l'aquifère.

La carte de l'altitude du toit permet de distinguer plusieurs zones :

- des zones de faibles altitudes au droit de la vallée de la Garonne,
- des zones d'altitudes plus élevées entre les vallées de ses affluents,
- une zone d'approfondissement vers l'ouest où les calcaires de l'Oligocène se retrouvent sous les formations miocènes et quaternaires.

Révision du SAGE Nappes profondes de Gironde-Etat des lieux des ressources-Diagnostic

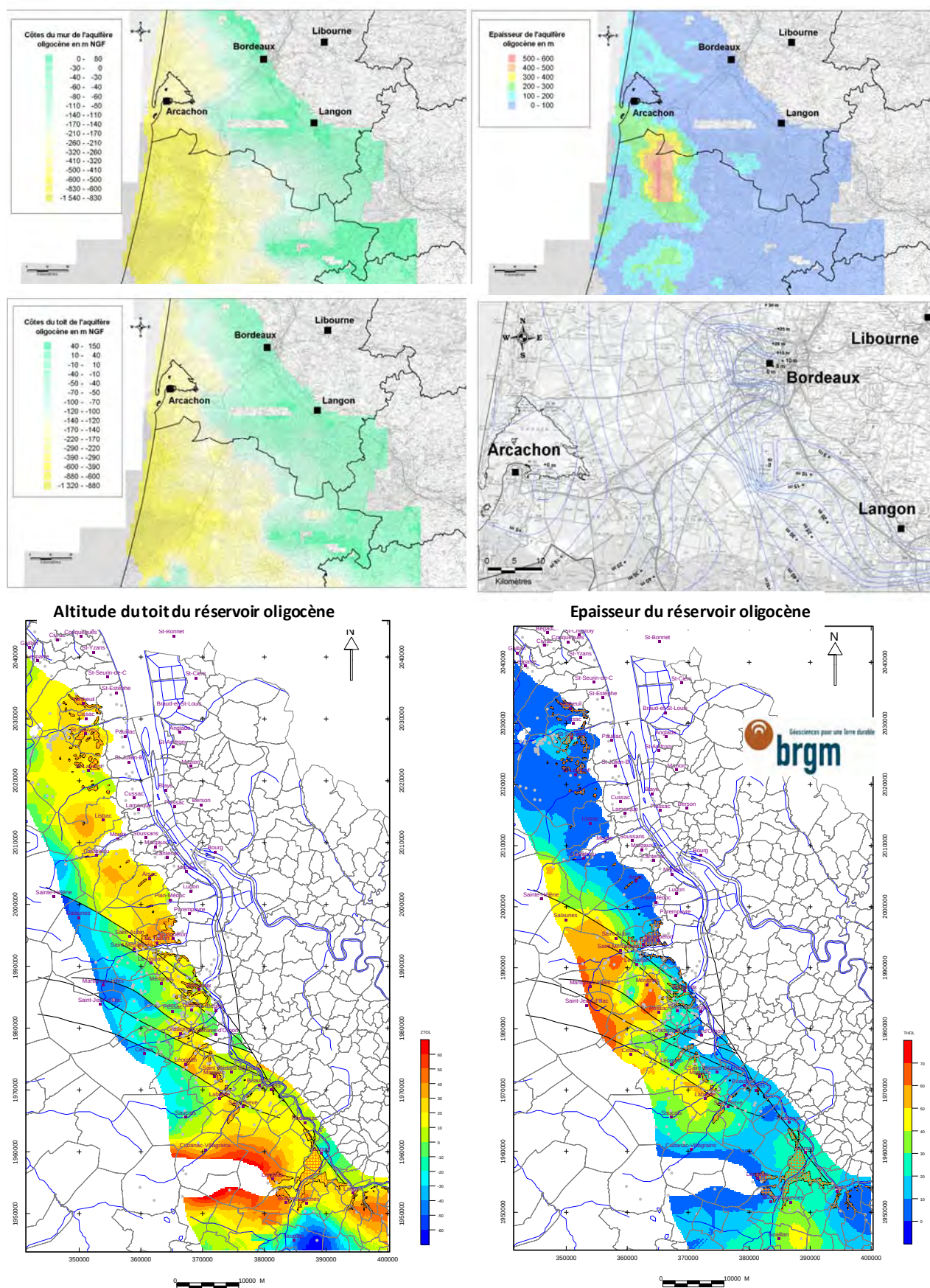


Illustration 129 : Caractéristiques géométriques et piézométrie 2003 de l'aquifère de l'Oligocène (BRGM)

La carte ci-dessus met en évidence des épaisseurs de l'ordre de 10 à 30 m à proximité de la Garonne et des épaisseurs plus importantes vers l'ouest qui n'excèdent toutefois pas 80 m.

La carte piézométrique ci-dessus montre que le niveau de la nappe oligocène oscille entre 0 et +30 NGF sur le secteur d'étude avec un écoulement global de la nappe de l'ouest vers l'est. Les zones d'affleurement du réservoir apparaissent comme des zones d'exutoire de la nappe.

Cette carte met également en évidence deux dépressions. La première centrée sur l'agglomération bordelaise s'étire selon un axe ouest-est. La seconde, située entre Léognan et Saucats, s'étend, selon un axe nord-sud correspondant à la ligne des 100 000 m³/jour (ensemble d'une dizaine d'ouvrages captés pour l'alimentation en eau potable de la CUB). Plus au sud, les isohypses mettent en évidence une alimentation de la Garonne par la nappe (cotes décroissantes de l'ouest vers l'est).

Le rôle drainant des affluents de la Garonne a pu être mis en évidence : à proximité des ruisseaux de la Jalle et de l'Eau Bourde, les circulations d'eau s'effectuent de la nappe vers les ruisseaux. Plus au sud, la piézométrie semble fortement influencée par les forages de la ligne des « 100 000 m³/jour ».

Enfin, le recul de l'isopièze +10 m NGF (cf. illustration I30) qui est observé depuis plusieurs années montre que le niveau de la nappe a sensiblement baissé, d'où l'apparition de phénomènes de dénoyage et d'inversion des écoulements dans certains secteurs et en particulier au sud de Bordeaux.

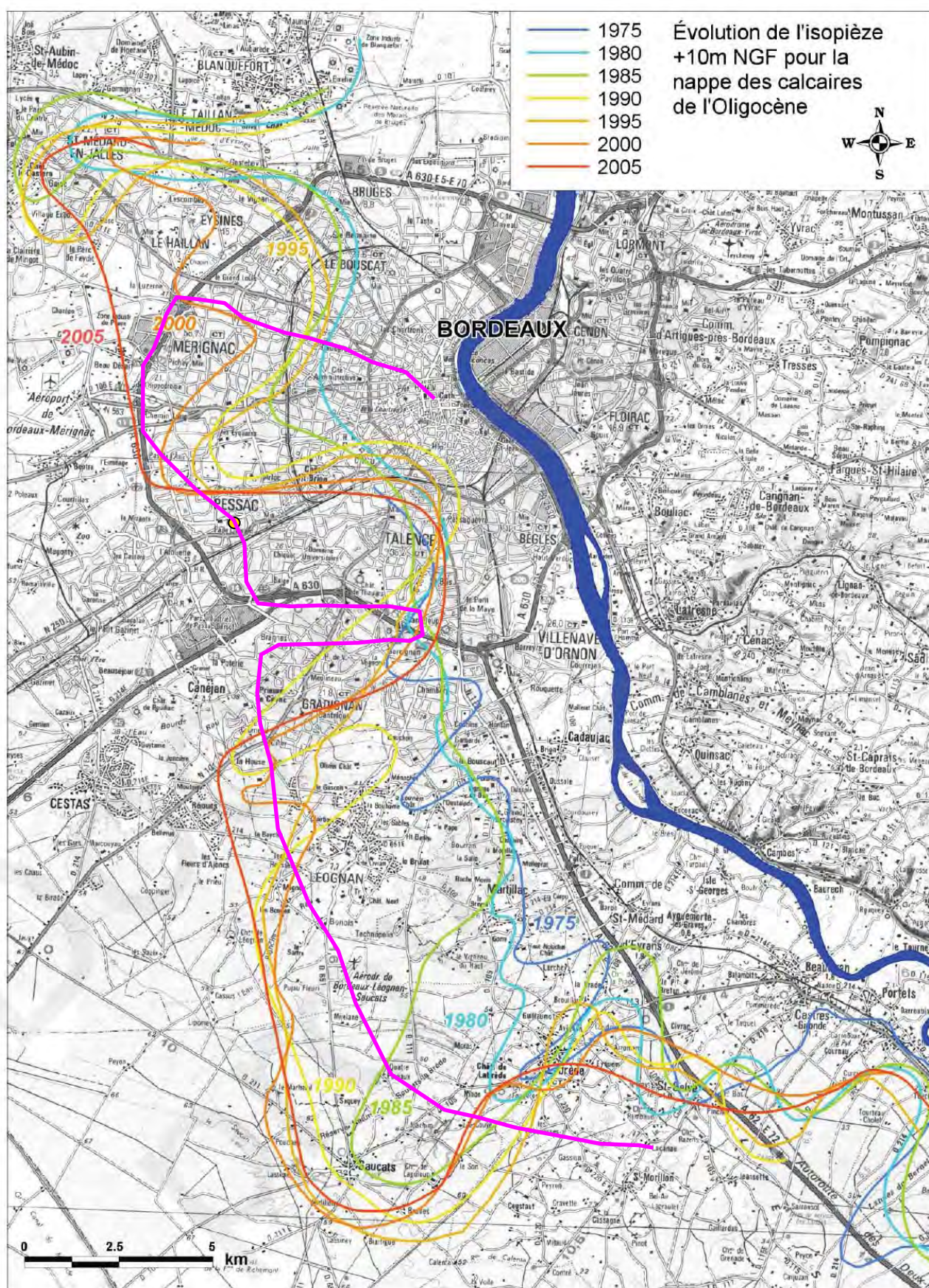


Illustration 130 : Evolution de la piézométrie de la nappe des calcaires de l'Oligocène entre 1975 et 2005 (BRGM)

Problématique du dénoyage de l'oligocène

3.2.4.1.3 Les prélèvements effectués

A partir de 1997, la politique de gestion des eaux souterraines essentiellement axée sur la protection de l'Eocène a consisté à transférer une partie des prélèvements effectués dans l'Eocène inférieur à moyen sur les autres nappes et en particulier sur celle de l'Oligocène.

Avec 64 millions de m³ prélevés en 2008, la nappe de l'Oligocène correspond aujourd'hui à la ressource la plus sollicitée du sous-sol girondin.

La source de Budos, située au sud de la zone d'étude, est de loin la source la plus sollicitée avec un volume annuel de l'ordre de 10 millions de m³. Au nord de Bordeaux, les prélèvements effectués sur les sources du Taillan, de Saint-Médard et du Thil représentent un volume annuel de l'ordre de 7 millions de m³. Plus au sud, les prélèvements effectués sur la source de Castres s'élèvent à 2 millions de m³ par an.

Au total, les prélèvements effectués sur les sources représentent un volume de l'ordre de 20 millions de m³ par an, soit 1/3 des prélèvements totaux effectués pour l'alimentation en eau potable sur la zone d'étude. (cf. illustration 131)

Il est à préciser que dans la plupart des cas, les installations de captage de ces sources permettent de solliciter plus que l'écoulement naturel de la nappe. Dans ces conditions, les prélèvements effectués au delà du débit naturel sortant sont aussi préjudiciables pour la nappe que les pompages réalisés dans des forages.

Dans la zone où le recul de l'isopièze +20 m NGF est le plus marqué (cf. illustration 130), l'examen des débits prélevés sur les forages AEP montre que les prélèvements ont très fortement augmenté depuis 1970 (cf. illustration 132).

Après avoir dépassé 6 millions de m³ en 1995, 1996 et 1997, les volumes prélevés ont un peu diminué. Ils oscillent entre 5 et 6 millions de m³ depuis 1999.

Bien que les volumes totaux prélevés ne représentent qu'un sixième des volumes théoriques (ouvrages réalisés dans l'objectif de prélever 100 000 m³/jour, soit un volume annuel de l'ordre de 36 millions de m³), l'exploitation des ouvrages AEP situés entre Léognan et Saucats est problématique dans la mesure où :

- les ouvrages, situés à faible distance les uns des autres, s'influencent mutuellement,
- elle a un très fort impact sur la piézométrie et engendre le dénoyage de certains secteurs.

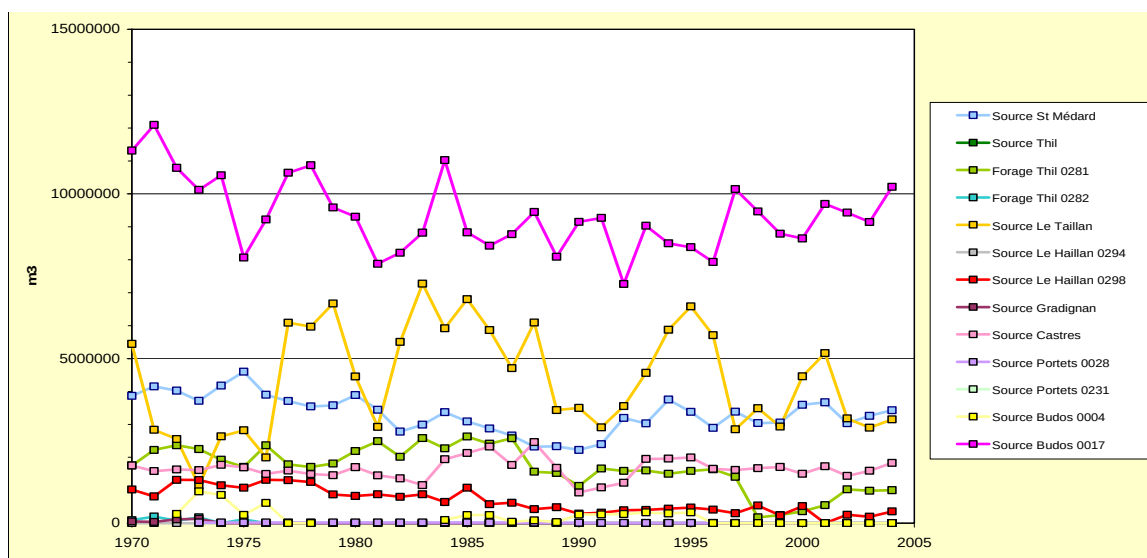


Illustration 131 : Evolution des prélèvements sur les sources de la zone d'étude (BRGM)

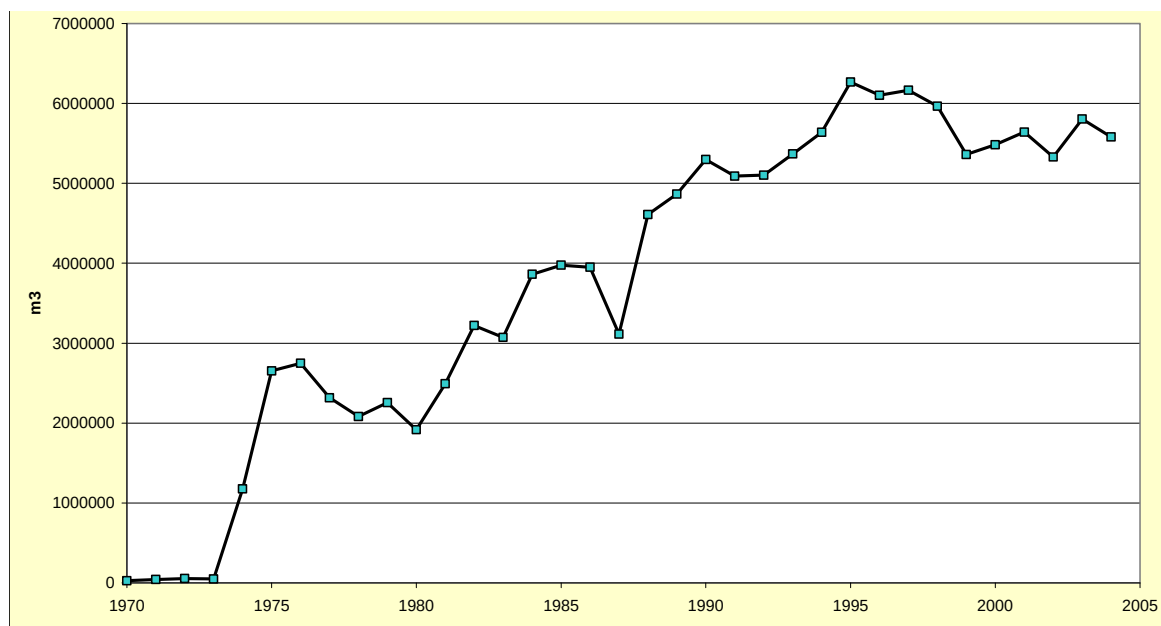


Illustration 132 : Evolution des volumes prélevés sur les forages AEP situés entre Léognan et Saucats (BRGM)

3.2.4.1.4 Théorie et conséquences du dénoyage d'un aquifère captif

Définition

Le dénoyage d'un aquifère captif correspond à la désaturation d'une partie du réservoir par abaissement du niveau piézométrique en dessous du mur de l'éponte supérieure. Il traduit généralement une exploitation intensive de la ressource et peut avoir diverses conséquences.

Aspects quantitatifs

Le coefficient d'emménagement correspond au volume d'eau libéré par unité de surface pour un abaissement piézométrique donné. Il est de l'ordre de 1 à 20 % pour les nappes libres (porosité efficace) et de 0,01 à 0,1 % pour les nappes captives.

Pour un abaissement piézométrique donné, le volume d'eau libéré par une nappe libre pourra donc être 100 à 1000 fois supérieur à celui libéré par une nappe captive.

Compte tenu de cette observation, le passage d'un état captif à un état libre pourra se traduire par une diminution de la baisse des niveaux et de l'influence entre forages.

Si le dénoyage d'un aquifère se traduit par une augmentation du coefficient d'emménagement, il s'accompagne aussi d'une diminution de la transmissivité du fait de la relation qui lie ce paramètre à l'épaisseur du réservoir saturé en eau ($T = K \times e$).

Dans ces conditions, il apparaît que le dénoyage peut avoir des conséquences néfastes sur l'exploitation de la ressource par forage.

Outre la modification des paramètres hydrodynamiques, la baisse des niveaux liée au dénoyage peut favoriser les phénomènes de drainance ascendante ou descendante depuis les aquifères sous et sus-jacents et provoquer des déséquilibres dans les aquifères « encadrants ».

Elle peut aussi induire une diminution du débit des sources et des cours d'eau alimentés par la nappe et provoquer des phénomènes d'inversion des écoulements.

D'un point de vue technique, la baisse des niveaux peut nécessiter le déplacement des pompes ou leur remplacement lorsque leurs caractéristiques (rapport débit-puissance) ne les autorisent plus à assurer le débit d'exploitation initialement défini.

L'approfondissement des ouvrages ou leur abandon (lorsque les modifications à apporter ne sont pas techniquement réalisables ou économiquement supportables) peuvent constituer d'autres solutions.

Aspects qualitatifs

La désaturation partielle ou globale d'un réservoir peut perturber les équilibres physico-chimiques au sein de la nappe. Parmi les phénomènes susceptibles de se produire suite à un dénoyage et pouvant altérer la qualité de l'eau, on citera les phénomènes d'oxydation (du fer par exemple), le développement de bactéries rendu possible par la présence d'un milieu aérobie ou l'arrêt des phénomènes de dénitrification.

La baisse du débit d'un cours d'eau, liée à une diminution de l'alimentation par les eaux souterraines, peut aussi engendrer une dégradation de la qualité de l'eau. C'est en particulier le cas quand le débit n'est plus suffisant pour assurer une bonne dilution de certains effluents (cas des rejets de station d'épuration par exemple).

L'inversion des sens d'écoulement et les phénomènes de drainance associés au dénoyage peuvent enfin conduire à la contamination de l'aquifère par des eaux de moins bonne qualité en provenance de la surface et/ou des réservoirs sous et sus-jacent et de ce fait, accroître la vulnérabilité de l'aquifère aux pollutions. De la même façon, les phénomènes de drainance peuvent entraîner le lessivage d'éléments minéraux naturels indésirables contenus dans les épontes (chlorures, sulfates, etc.).

Compte tenu des problèmes quantitatifs et qualitatifs pouvant être induits par le dénoyage d'un réservoir, il convient de gérer les ressources en évitant que de tels phénomènes se produisent.

Etat des connaissances sur le dénoyage de l'Oligocène : phase I de l'Atlas des zones à risques

Le SMEGREG et le BRGM ont engagé des études poussées sur cette problématique en deux phases. La première a consisté à faire un point bibliographique et analyser les données existantes pour proposer des cartographies de risque, la seconde a consisté en une modélisation hydrogéologique afin de proposer des solutions concrètes.

Les études menées par le BRGM sur le réservoir oligocène de la région bordelaise et les cartes piézométriques établies chaque année dans le cadre de la « Surveillance et la gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde » ont montré le fort impact des pompages effectués dans la zone des « 100 000 m³/jour » et, dans une moindre mesure, dans le secteur de Mérignac-Pessac.

La baisse de la piézométrie qui en découle perturbe le fonctionnement hydraulique des affluents de la Garonne et en particulier celui du Saucats. La baisse du débit des sources qui jalonnent le cours d'eau à l'étiage et la forme des isopièzes, qui indique que des phénomènes d'alimentation de la nappe par le cours d'eau sont possibles, constituent des preuves de l'impact de ces pompages.

D'un point de vue qualitatif, l'étude portant sur la vulnérabilité de la nappe oligocène a permis de montrer que les nitrates contenus dans les puits et les forages situés à proximité des zones d'affleurement constituaient la principale source de pollution de la nappe.

En l'absence de documents bibliographiques sur le dénoyage de l'aquifère oligocène et son évolution, la première étape du travail réalisé dans le cadre de l'étude « Atlas des zones à risques » a consisté à comparer les cotes piézométriques et celles du toit de l'aquifère.

Cette comparaison a été effectuée sur la zone d'étude entre Bordeaux et Langon en rive gauche de la Garonne, zone où la baisse de la piézométrie est la plus nette.

L'illustration 133 établie à partir de ces données montre, pour l'année 2000, les secteurs où la nappe est maintenue captive (en bleu) par l'éponte supérieure oligo-miocène. Les zones en rouge correspondent aux endroits où la cote de la nappe est inférieure au toit du réservoir sous recouvrement des terrains imperméables du Chattien et de l'Aquitainien inférieur. Une zone tampon (en jaune) a volontairement été laissée de façon à tenir compte des incertitudes liées aux données et aux interpolations.

Les chroniques piézométriques sur lesquelles sont reportées les cotes du toit du réservoir oligocène au droit des forages concernés permettent de voir l'évolution dans le temps des niveaux statiques par rapport au toit de la formation. Quatre cas de figure se distinguent :

- les forages pour lesquels la captivité de la nappe semble permanente (ex : 08276X0067/F),
- les forages où des dénoyages locaux du réservoir se produisent au moment de l'exploitation du forage (ex : 08276X0091/F2),
- les forages pour lesquels le dénoyage semble avéré et continu dans le temps à partir d'une certaine date (ex : 08276X0090/F et 08035X0360/F1),
- les ouvrages situés dans la partie orientale du domaine pour lesquels la nappe oligocène semble avoir toujours été à surface libre sous le recouvrement imperméable oligo-miocène (08277X0175/F et 08272X0018/F).

Pour voir l'évolution du dénoyage dans le temps et essayer de définir son emprise, des comparaisons entre la piézométrie des années 1980, 1989 et 2004, et le toit du réservoir oligocène ont été réalisées (cf. illustration 133). Deux secteurs de dénoyage principaux se dégagent :

- le plus important concerne la zone située à l'est de l'axe nord-sud formé par « la ligne des 100 000 m³/j » avec un recul très net de la ligne de captivité de la nappe vers l'ouest. La superficie dénoyée correspondante est d'environ 50 km² entre 1980 et 2004 (cf deux coupes hydrogéologiques schématiques en illustration 134 réalisées à partir du modèle oligocène au pas de 200 m sur lesquelles sont reportées les piézométries de 1980, de 1989 et de 2004). Le forage de Saucats, parmi les plus exploités du secteur, a vu son niveau piézométrique baisser continuellement entre 1970 (+ 22 m NGF) et aujourd'hui (-2 m NGF) et passer sous le toit du réservoir en 1996 ;
- le second, dans une moindre mesure, concerne le secteur situé aux abords de Mérignac avec un dénoyage sur une surface estimée à 10 km² entre 1980 et 2004.

Ce travail a permis d'apprécier l'ampleur du phénomène de dénoyage sur près de 25 ans et de calculer approximativement son emprise. Cette première approche a été complétée par l'engagement d'une phase 2 de l'Atlas des zones à risques (voir ci-dessous) qui a permis de mieux déterminer les zones dénoyées par l'utilisation d'un modèle hydrodynamique.

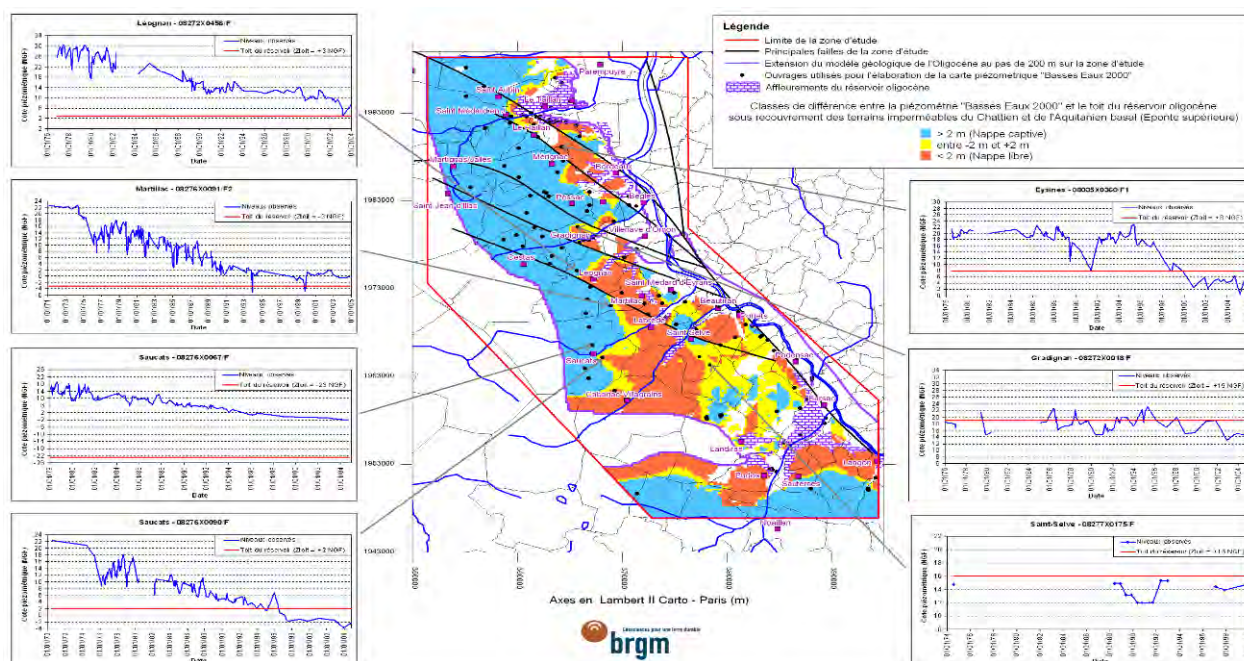


Illustration 133 : Différence entre la piézométrie « basses eaux 2000 » et le toit de réservoir dans la zone d'extension de l'éponte supérieure de l'Oligocène et présentation de quelques chroniques représentatives (BRGM)

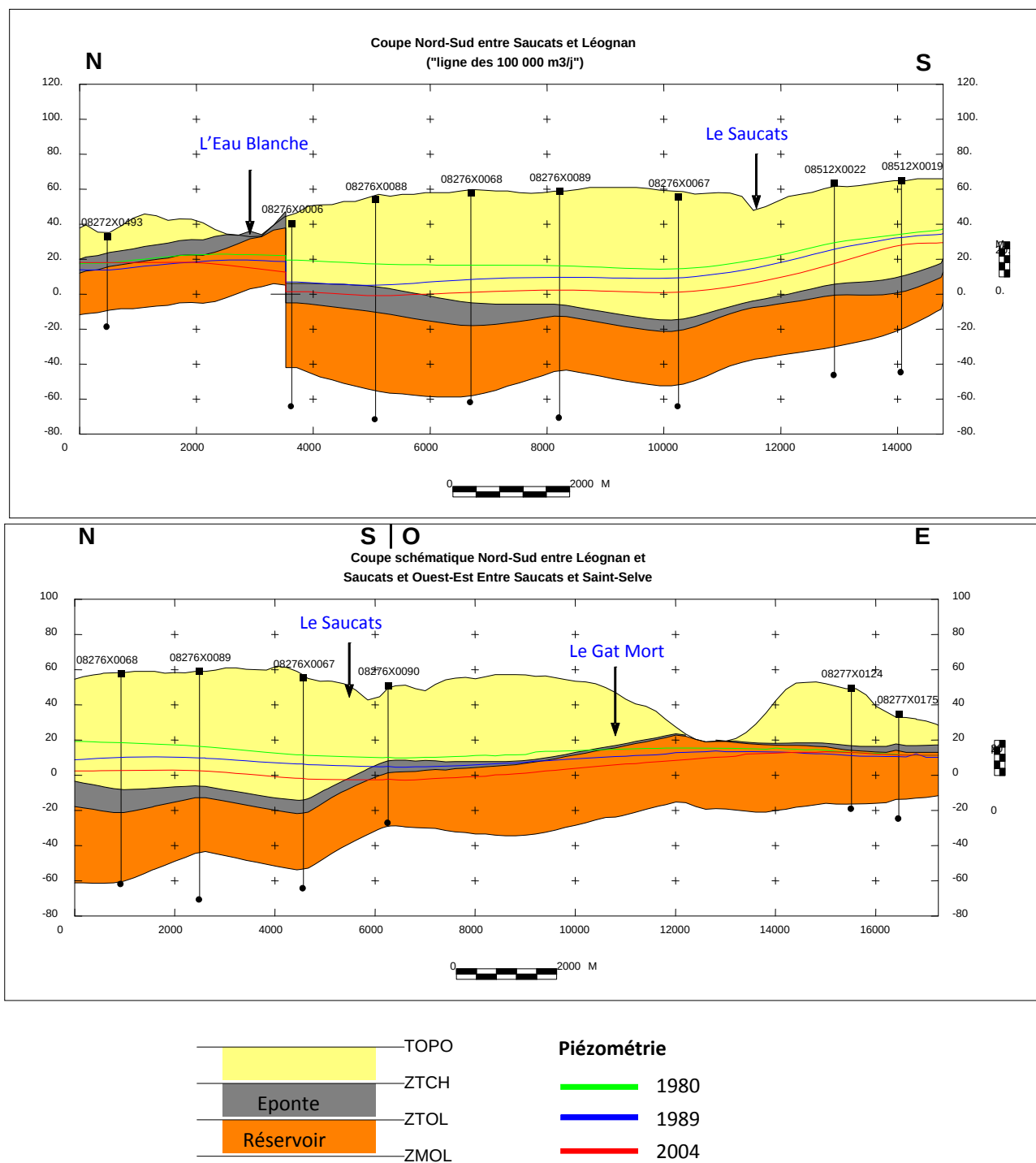


Illustration 134 : Coupes hydrogéologiques schématiques et piézométries (1980, 1989 et 2004)

Description de la vulnérabilité et évaluation du risque : phase I de l'Atlas des zones à risques

La vulnérabilité de l'aquifère oligocène à l'aléa « dénoyage » dépend de ses caractéristiques intrinsèques (cote du toit et épaisseur du réservoir, perméabilités, etc.) mais elle dépend aussi des conditions d'exploitation et de recharge de la nappe donc d'un état piézométrique qui n'est pas immuable dans le temps.

Compte tenu de la variabilité de ce dernier paramètre, il a été décidé de ne pas établir de carte de vulnérabilité vis-à-vis de cet aléa.

L'évaluation du risque s'avère quant à elle difficile dans la mesure où le dénoyage progressif du réservoir lié aux pompages tend à modifier le sens et la vitesse des écoulements et les coefficients d'emménagement de l'aquifère.

Dans ces conditions, seule l'utilisation d'un modèle permet de prendre en compte l'ensemble des paramètres intervenant dans le phénomène et d'établir une carte de risque précise (cf. phase 2).

Compte tenu de la taille de ses mailles (2 x 2 km), le modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes profondes (MONA V3.1-2003), n'a pas pu être utilisé, aussi et il a été décidé d'établir tout d'abord une carte simplifiée du risque (illustration I35).

Cette dernière représente la différence d'altitude entre la carte piézométrique moyenne de l'année 2004 et le toit du réservoir sous forme de classes choisies arbitrairement.

Une différence inférieure à 5 m correspond à un risque de dénoyage élevé, une différence comprise entre 5 et 15 m à un risque de dénoyage moyen et une différence supérieure à 15 m à un risque faible.

Les zones grises et blanches ne font pas l'objet d'une classification vis-à-vis de l'aléa puisqu'elles correspondent respectivement aux zones dénoyées entre 1980 et 2004 et aux zones dénoyées avant 1980 ou aux zones où l'aquifère est à surface libre.

Cette carte constitue une première évaluation du risque et doit être utilisée comme telle. Elle a pour vocation de fournir des éléments de réflexion en vue de l'élaboration d'une véritable carte de risque qui intégrera plusieurs paramètres.

C'est dans ce contexte que la CLE du SAGE Nappes Profondes de Gironde a mis en place une première règle de gestion fixant à 1 mètre au dessus des premières arrivées d'eau la cote déclenchant l'arrêt des pompes installées dans les captages AEP.

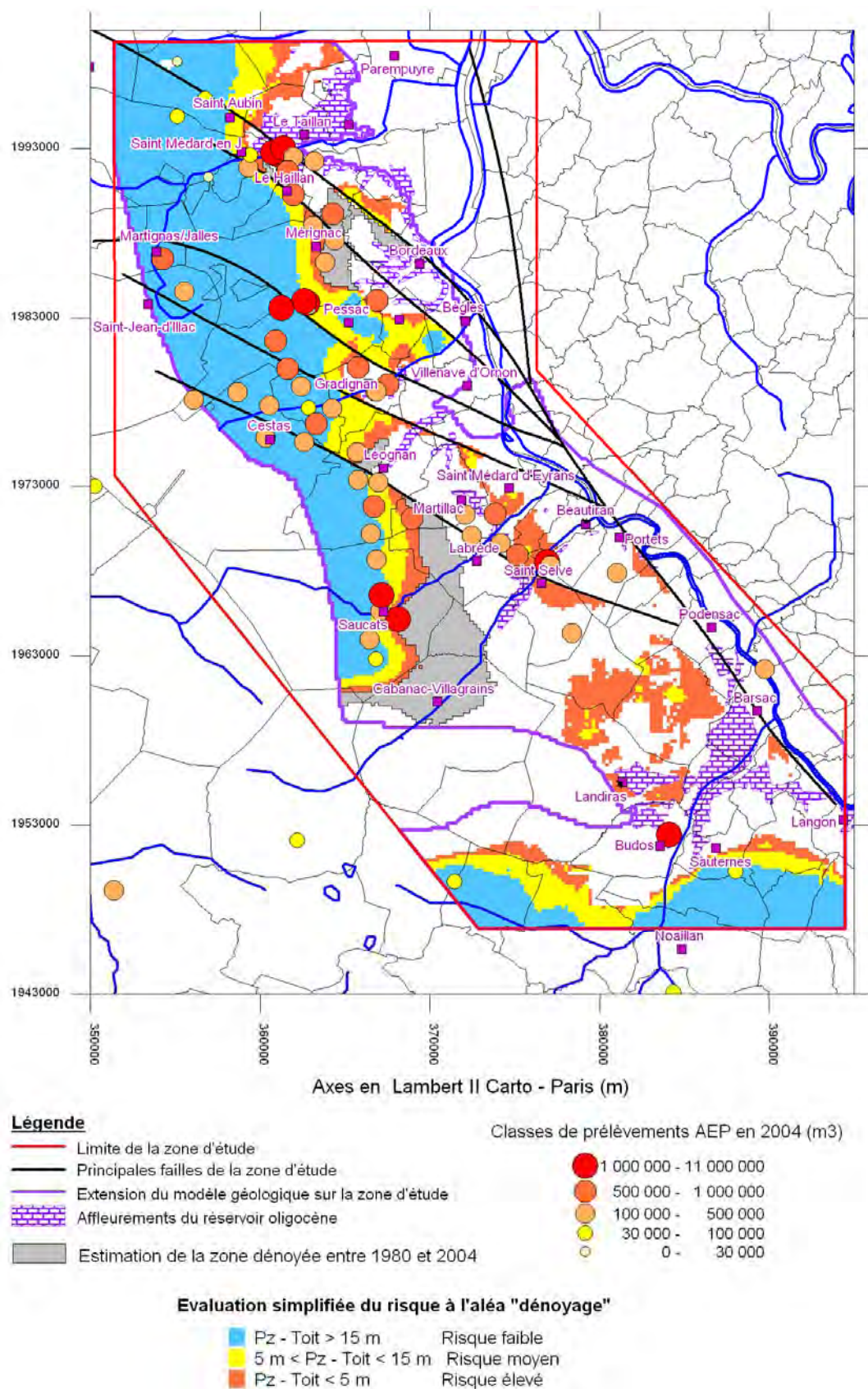


Illustration 135 : Carte d'évaluation simplifiée du risque à l'aléa « dénoyage », Etat en 2004 (BRGM)

Amélioration de la connaissance sur le dénoyage : phase 2 de l'atlas des zones à risques (d'après le rapport BRGM BRGM/RP-58156-FR)

Le travail effectué dans le cadre de cette deuxième phase d'étude a abouti à la réalisation d'un modèle hydrodynamique intégrateur des connaissances géologiques et hydrogéologiques sur le réservoir de l'Oligocène.

L'ensemble des données disponibles ont été utilisées soit:

- 637 coupes de forages ;
- 40 jeux de diagraphies ;
- un modèle géologique au pas de 200 m datant de 2000 ;
- un modèle numérique de terrain au pas de 50 m ;
- les cartes géologiques vectorisées dans le cadre de la réalisation de BDRHF V2.

Le modèle géologique d'abord constitué intègre ainsi 6 couches (4 aquifères et deux épontes) et restitue correctement les coupes géologiques existantes en termes de géométrie. Il constitue une référence en matière de géologie compte tenu des nombreuses données qu'il intègre.

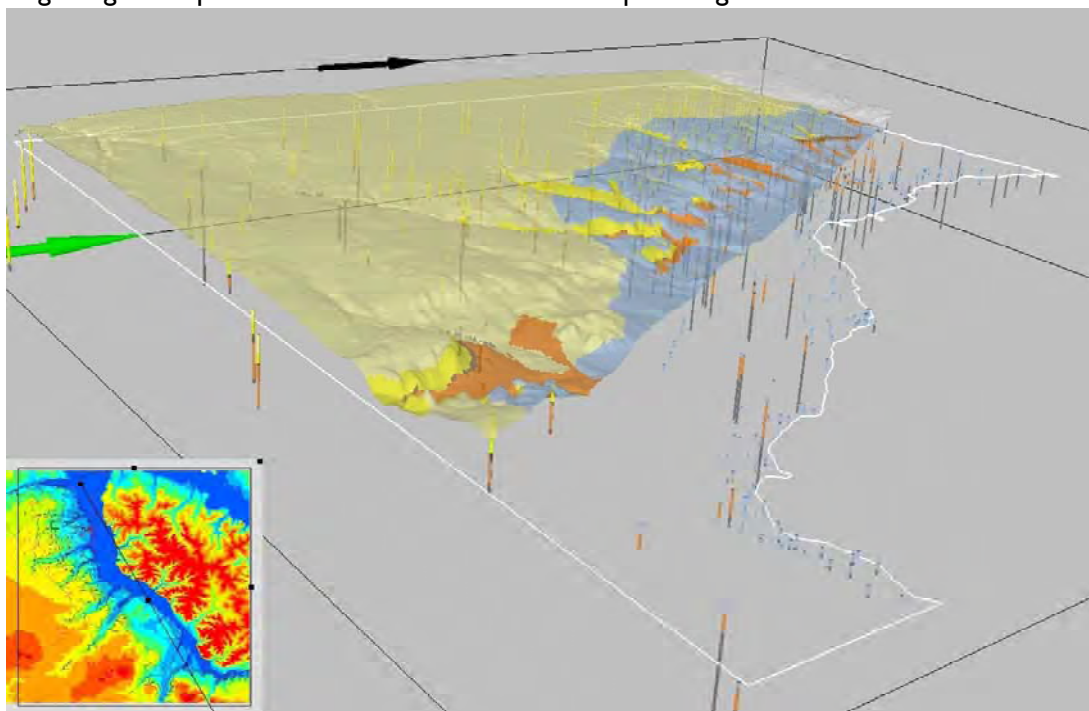


Illustration 136 : Vue 3D du modèle géologique de l'Oligocène (BRGM)

Révision du SAGE Nappes profondes de Gironde-Etat des lieux des ressources-Diagnostic

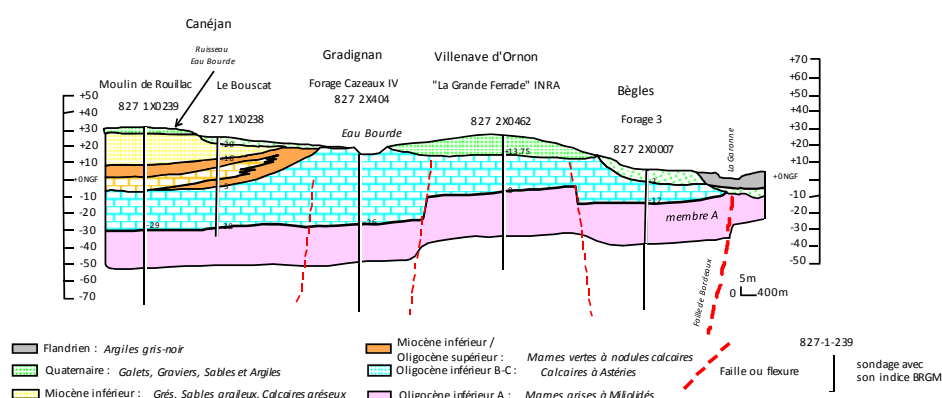
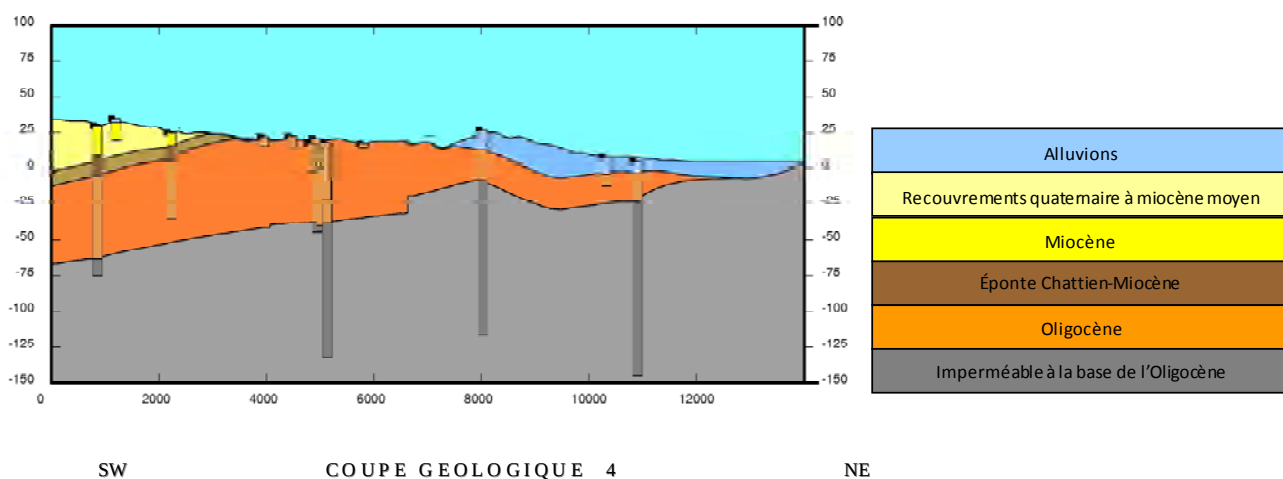


Illustration 137 : Couches modélisées (à gauche) et exemple de coupe géologique numérique (BRGM)

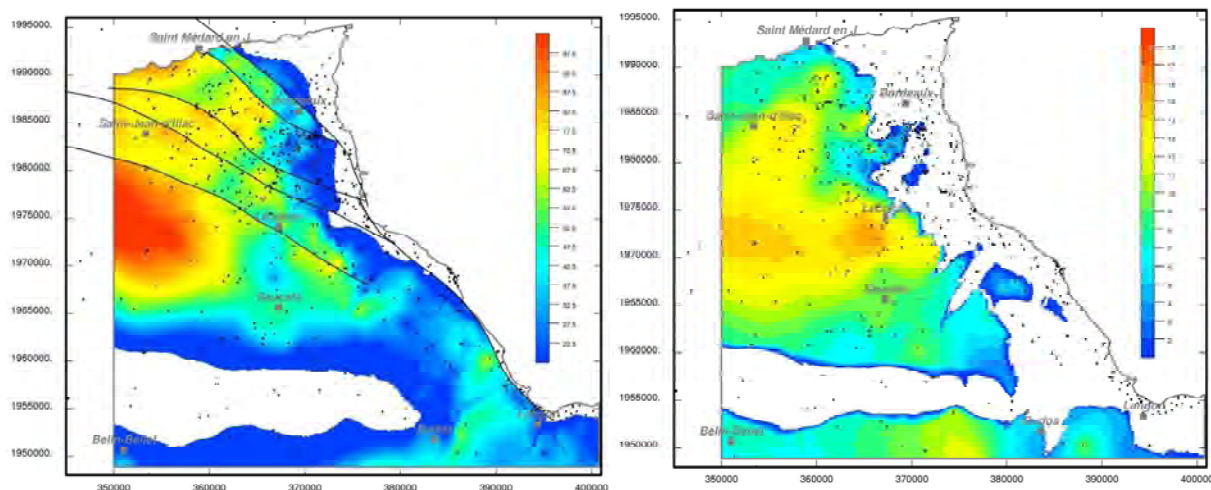


Illustration 138 : Épaisseur du réservoir oligocène à gauche et de l'éponte au toit de l'Oligocène à droite (BRGM)

A partir du modèle hydrogéologique, un modèle hydrodynamique a ensuite été réalisé. Il comporte 6 couches avec un maillage au pas de 100 m. Il fonctionne au pas de temps annuel de 1972 à 1997 et au pas de temps trimestriel de 1998 à 2007.

C1	Réservoir Plio-Quaternaire (REMI + ALUV)
C2	Réservoir miocène (MIOC)
C3	Éponte Chattien miocène (EPCM)
C4	Réservoir oligocène (OLNP)
C5	Éponte à la base de l'Oligocène (EPOL)
C6	Réservoir éocène (épaisseur fictive, charges imposées)

Illustration I39 : Agencement schématique des couches du modèle hydrodynamique (BRGM)

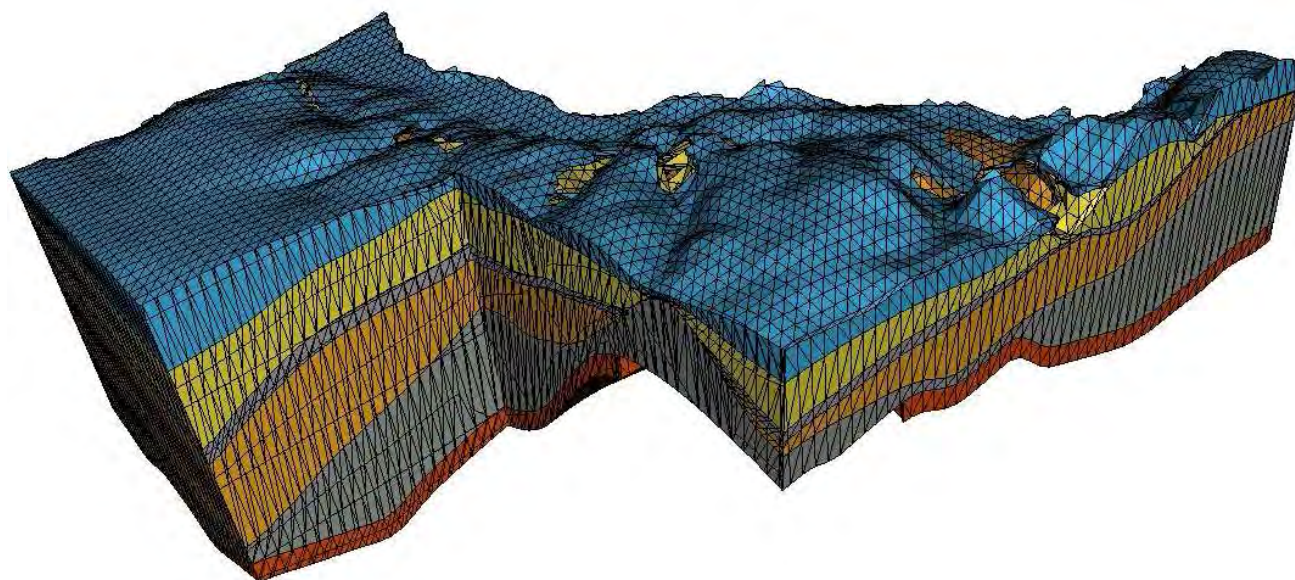


Illustration I40 : Vue 3D du modèle hydrodynamique (BRGM)

Les conditions aux limites introduites sont :

- sud et ouest des couches aquifères du Miocène et de l'Oligocène : potentiels imposés issus du MODèle Nord Aquitain (MONA) ;
- principaux cours d'eau du secteur simulés comme une rivière avec des potentiels imposés variables ;
- pour tous les aquifères, les mailles situées au droit d'affleurements constituent des secteurs où la nappe est libre et donc susceptible de déborder si la charge calculée par le modèle est supérieure à la cote de la surface du sol ;
- conditions de flux nul soit à la disparition des aquifères par biseautage à proximité des zones d'affleurement ou à la faveur de lacunes au niveau de grandes structures anticlinales, soit à une limite où l'aquifère se poursuit sans qu'il soit modélisé (cas des limites sud-est du modèle à l'est de Langon) ;
- recharge issue des calages du MONA et des données Météo-France ;
- enfin, les prélèvements introduits sont ceux recensés par le BRGM, avec introduction d'une modulation temporelle pour l'alimentation en eau potable et l'agriculture.

A l'issue des phases de calage du modèle (régime permanent puis transitoire), des champs de paramètres hydrodynamiques ont été retenus pour chacun des aquifères. L'ensemble de ces hypothèses permet de reproduire très fidèlement les chroniques et cartes piézométriques observées.

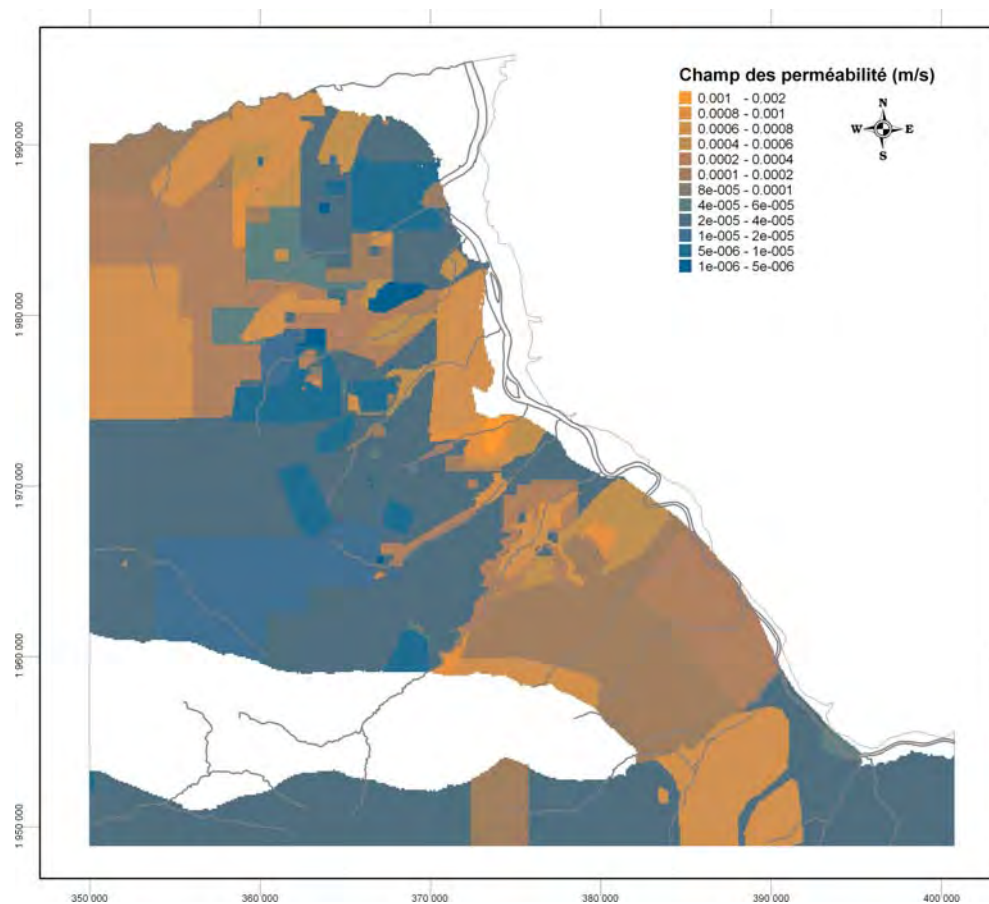


Illustration I41 : Perméabilités de l'aquifère oligocène dans le modèle hydrodynamique (BRGM)

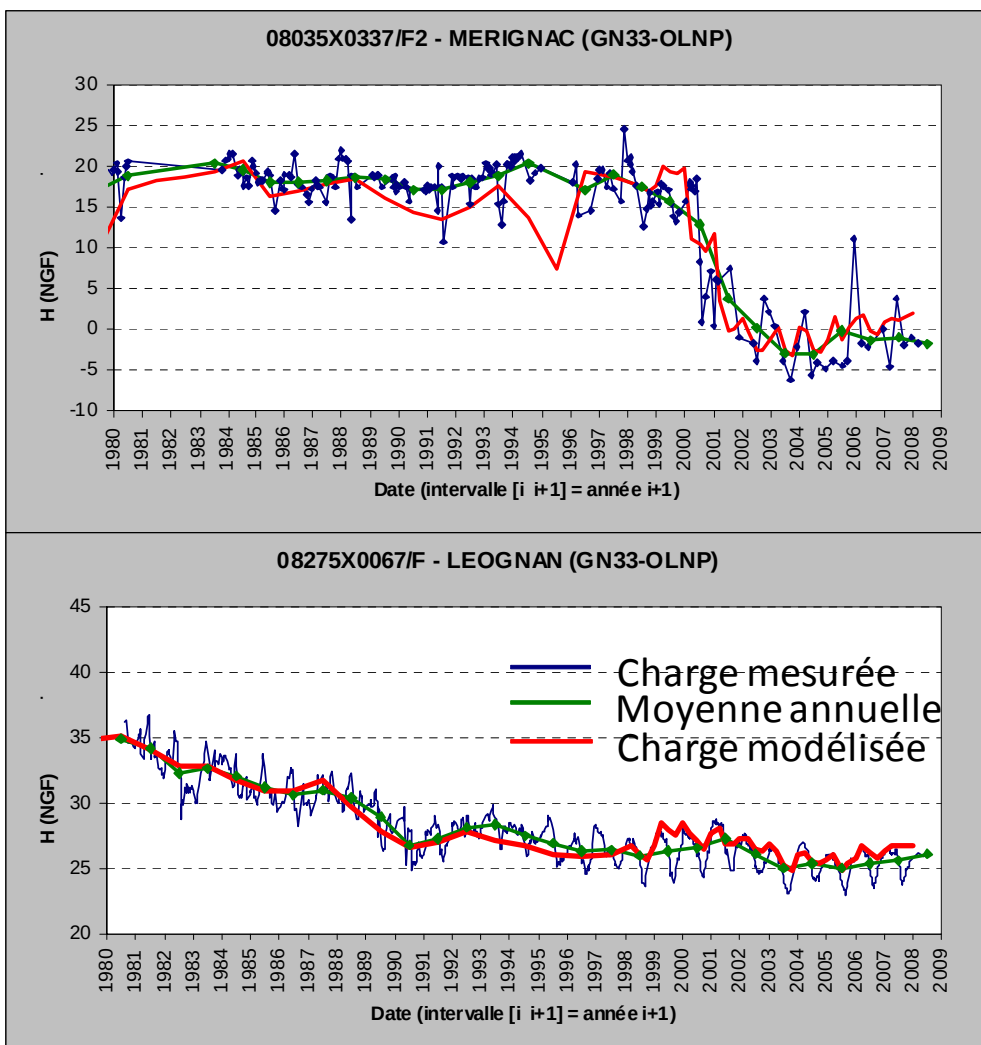
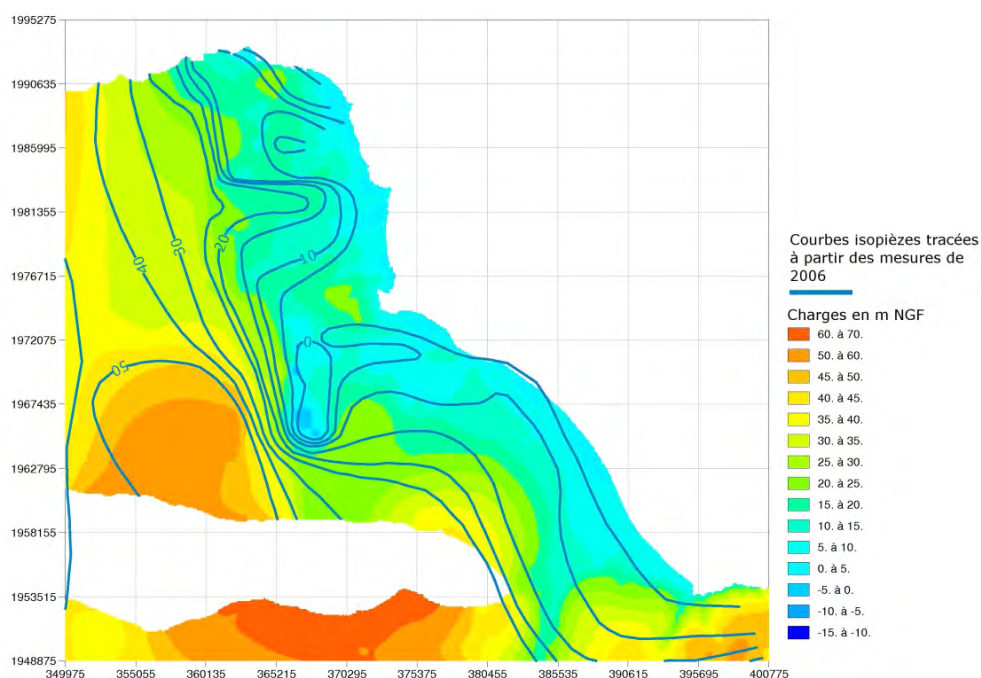


Illustration I42 : Piézométrie et chroniques restituées par le modèle (BRGM)

Simulations réalisées

3.2.4.1.5 Analyse du dénoyage

Une analyse de la situation a tout d'abord été réalisée : le modèle a servi à évaluer l'extension de la zone dénoyée au cours du temps. Les résultats obtenus montrent que l'étendue du dénoyage du réservoir oligocène est moins importante que n'aurait pu le laisser penser les estimations réalisées précédemment (phase I de l'Atlas des zones à risques). Ces différences proviennent essentiellement des méthodes employées pour établir les surfaces piézométriques : différence de carte piézométrique d'un côté et utilisation d'un modèle hydrodynamique de l'autre. Les résultats obtenus avec cette dernière sont certainement plus fiables, car plus intégrateurs.

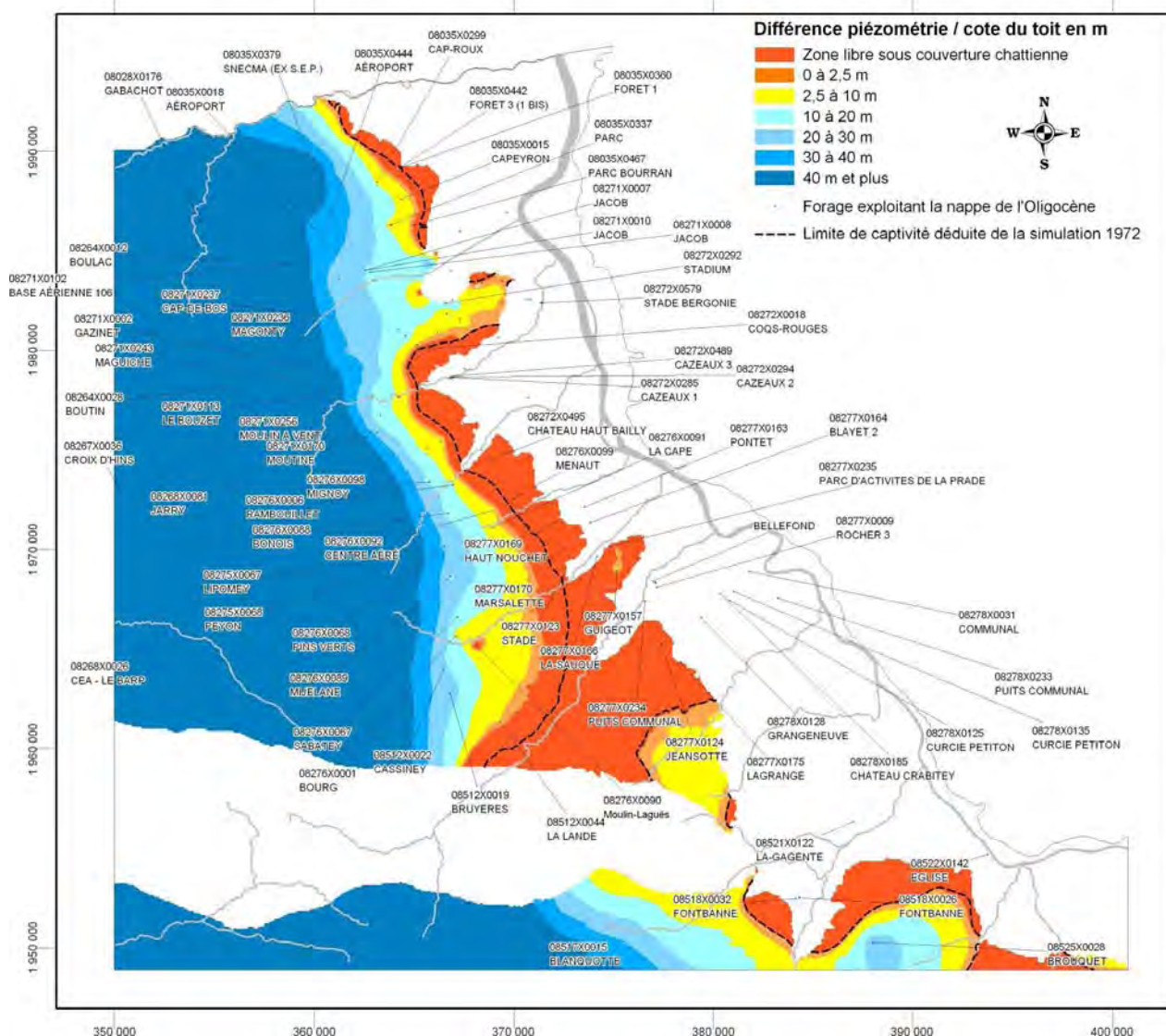


Illustration I 43 : Extension de la zone dénoyée estimée à partir de charges restituées par le modèle-année 2005 (BRGM)

Le dénoyage entre 1980 et 2005 concerne une surface de près de 29 km² (dont 19 km² dans le secteur situé à l'est de la ligne des « 100 000 m³/j »). Pour mémoire, l'estimation effectuée en 2005 évoquait un dénoyage de 50 km². Le rabattement induit par l'exploitation des eaux souterraines se concentre sur deux secteurs (illustration I 44) : la ligne des « 100 000 m³/jour » avec des rabattements qui peuvent atteindre plus de 20 m et la zone de Mérignac où l'impact des prélèvements est plus modéré.

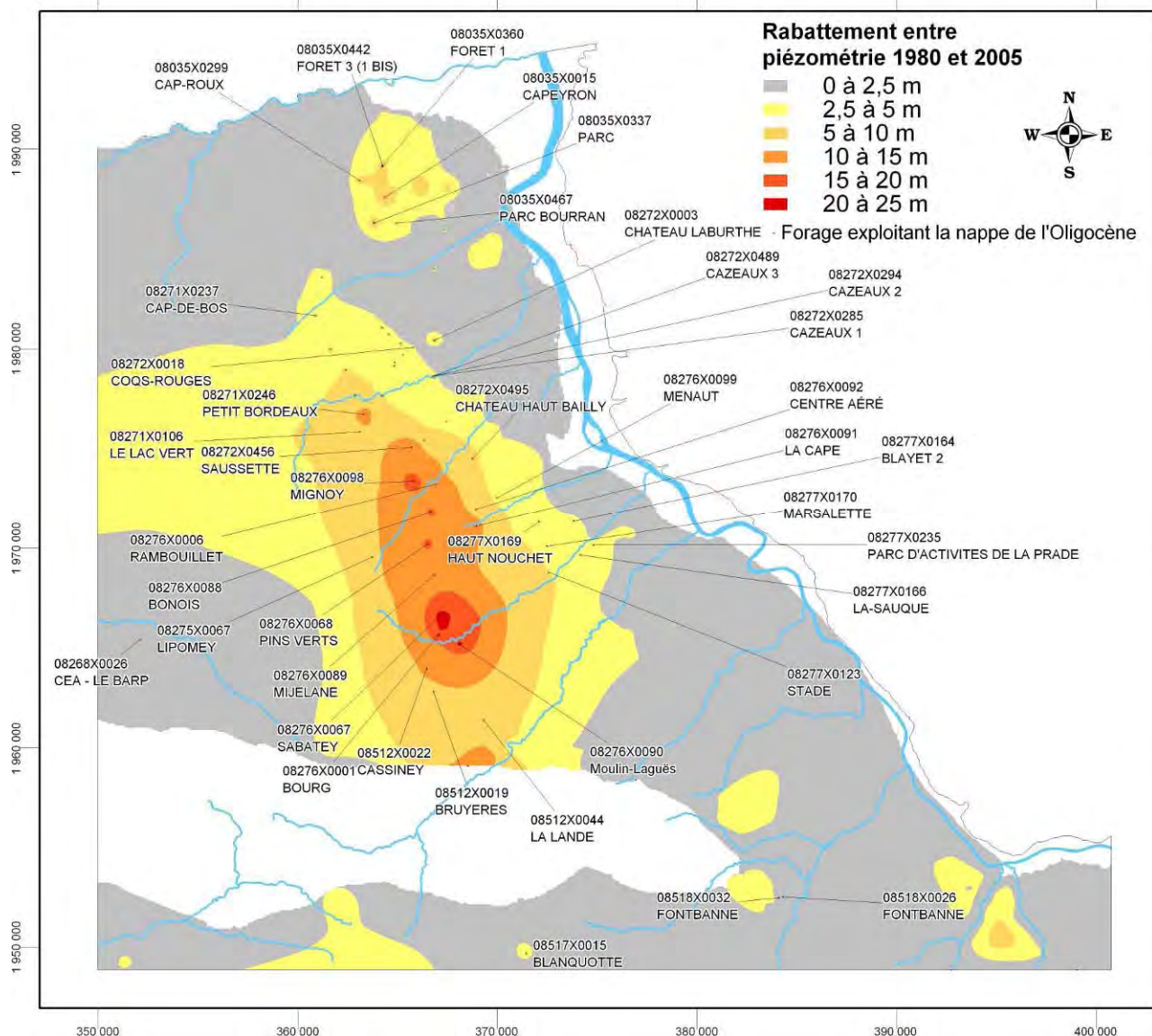


Illustration 144 : Rabattement estimé à partir du modèle entre l'état piézométrique des années 1980 et 2005 (BRGM)

3.2.4.1.6 Simulations prospectives

Le second objectif de ce modèle est de fournir les éléments techniques permettant à la CLE d'arrêter un plan de gestion de la nappe de l'Oligocène. Six simulations prospectives ont été réalisées au pas de temps annuel jusqu'en 2025. Les différents scénarios utilisés dans le cadre de ces projections ont été définis en concertation avec le groupe d'experts hydrogéologues auprès de la CLE. Ils ont été construits de manière à mesurer les effets sur le dénoyage de la nappe de l'Oligocène des modifications appliquées à la recharge et aux prélèvements (impact du changement climatique et stratégies d'exploitation). Au final, les scénarios suivants ont été retenus :

- scénario 1 : reconduction à l'identique d'une climatologie moyenne pour la période 1997-2007 et des prélèvements moyens de la période 2001-2007 ;
- scénario 2 : recharge calculée à partir du scénario AIB (moyen) des prévisions du GIEC et reconduction des prélèvements moyens calculés sur la période 2001-2007 ;
- scénario 3 : recharge calculée à partir du scénario BI des prévisions du GIEC et reconduction des prélèvements moyens calculés sur la période 2001-2007 ;

- scénario 4 : recharge calculée à partir du scénario AIB des prévisions du GIEC et augmentation de tous les prélèvements hors sources (+10 % au global soit une augmentation de près de 2 850 000 m³/an entre la moyenne 2001-2007 et la projection pour 2025) ;
- scénario 5 : recharge calculée à partir du scénario AIB des prévisions du GIEC, stabilisation des prélèvements de la CUB et augmentation des prélèvements par ailleurs (+2,2% au global soit une différence de 600 000 m³/an entre la moyenne considérée et les valeurs calculées pour 2025) ;
- scénario 6 : recharge calculée à partir du scénario AIB des prévisions du GIEC, stabilisation des prélèvements sur la quasi-totalité des forages de la CUB, diminution de 20 % des prélèvements sur la ligne des « 100 000 m³/j » et augmentation des prélèvements par ailleurs (- 4,9% au global soit une diminution de 1 400 000 m³/an entre les valeurs moyennes de la période 2001-2007 et les volumes calculés en 2025).
- série de scénarios d'optimisation des prélèvements à configuration de réseau identique afin de répondre à la question des volumes à ne plus prélever pour résoudre la problématique.

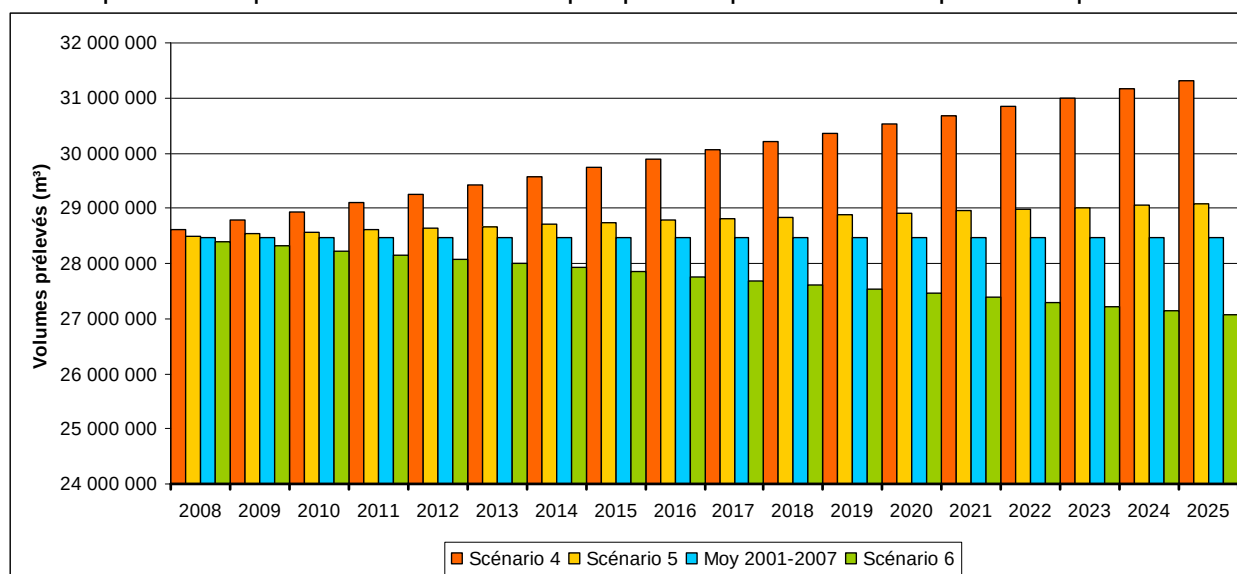


Illustration 145 : Évolution des prélèvements (hors sources) selon les différents scénarios considérés (BRGM)

Les principaux enseignements des simulations 1, 2 et 3 sont que :

- les prévisions du GIEC induisent globalement une baisse de la piézométrie entre 1,2 m et 4,6 m avec une différence moyenne sur les points considérés de l'ordre de 2,75 m par rapport à la reconduction à l'identique de la climatologie moyenne de la période 1997-2007 ;
- bien qu'ils soient très différents l'un de l'autre à l'échelle mondiale, l'impact sur la piézométrie de l'Oligocène des deux scénarios du GIEC est tout à fait comparable.

La carte de différence entre la piézométrie et la côte du toit résultante est la suivante (à comparer avec l'illustration 143)

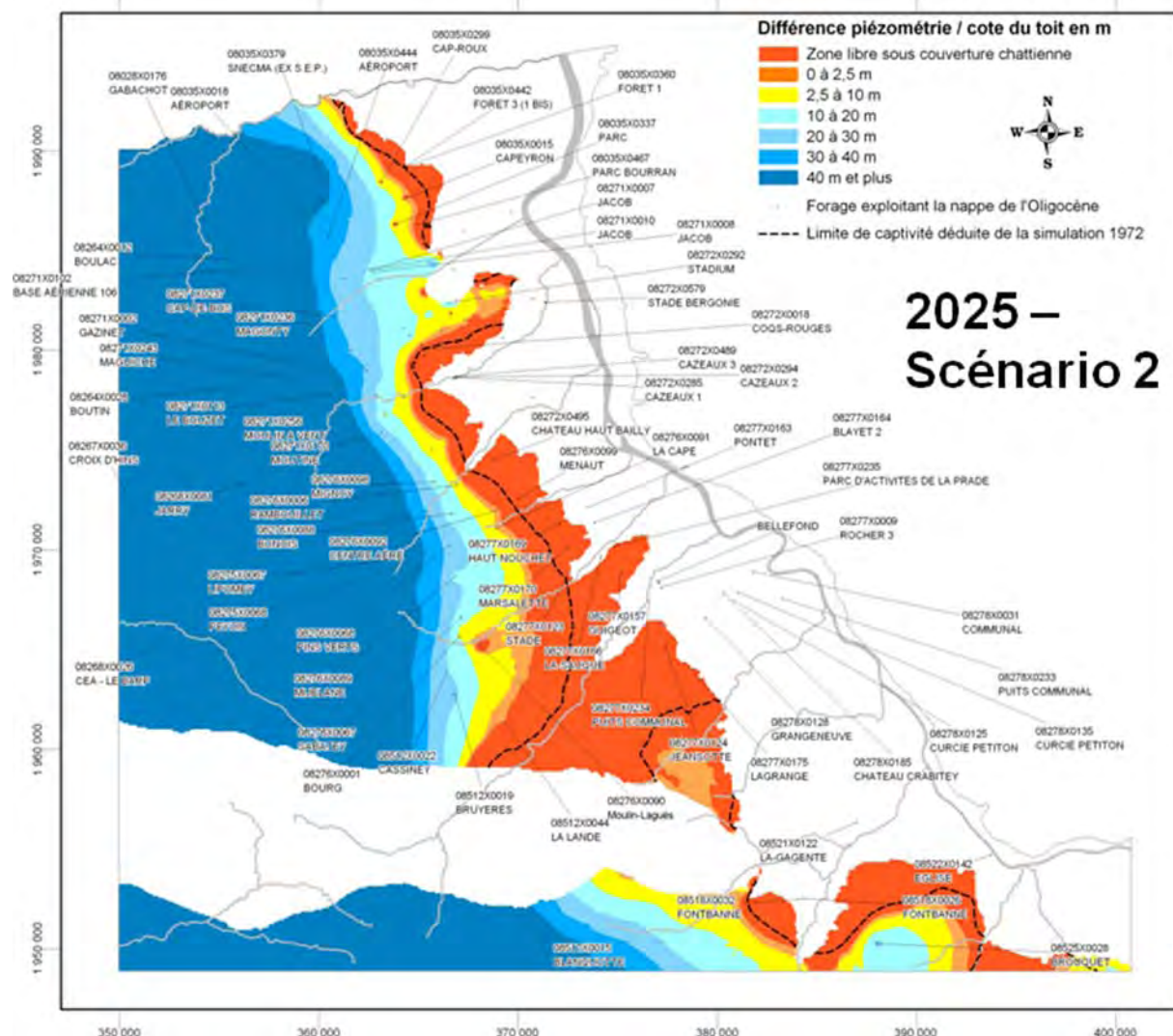


Illustration I 46 : Différence piézométrie-côte du toit de l'Oligocène en 2025 - scénario 2 (BRGM)

Les principaux enseignements des simulations suivantes sont que :

- dans le cas où le changement climatique s'applique et que les prélèvements croissent selon les besoins de la population, l'augmentation des prélèvements provoque un abaissement supplémentaire de la piézométrie et une extension du phénomène de dénoyage jugés inacceptables.
- la répartition spatiale des prélèvements est fondamentale car l'incidence sur la piézométrie en dépend. A volume égal prélevé un dénoyage plus ou moins important peut être obtenu en fonction des stratégies d'exploitation du réservoir ;
- le retour à un état initial non influencé ne paraît pas raisonnablement envisageable ;
- il existe des scénarios qui permettent d'améliorer la situation (remontée des piézométries) et de la stabiliser. L'ordre de grandeur des réductions des prélèvements à opérer serait de 3,5 à 4 millions de m³/an (soit environ -10% sur la zone) avec des réductions sur certains ouvrages clairement identifiés.

Propositions d'actions curatives

Dans le cas d'un scénario simulé où les prélèvements sont diminués d'environ 2 millions de m³ au droit de Saucats et d'environ 1 million de m³ au droit de Mérignac, on obtient une situation jugée satisfaisante vis-à-vis de la ressource illustrée ci-dessous.

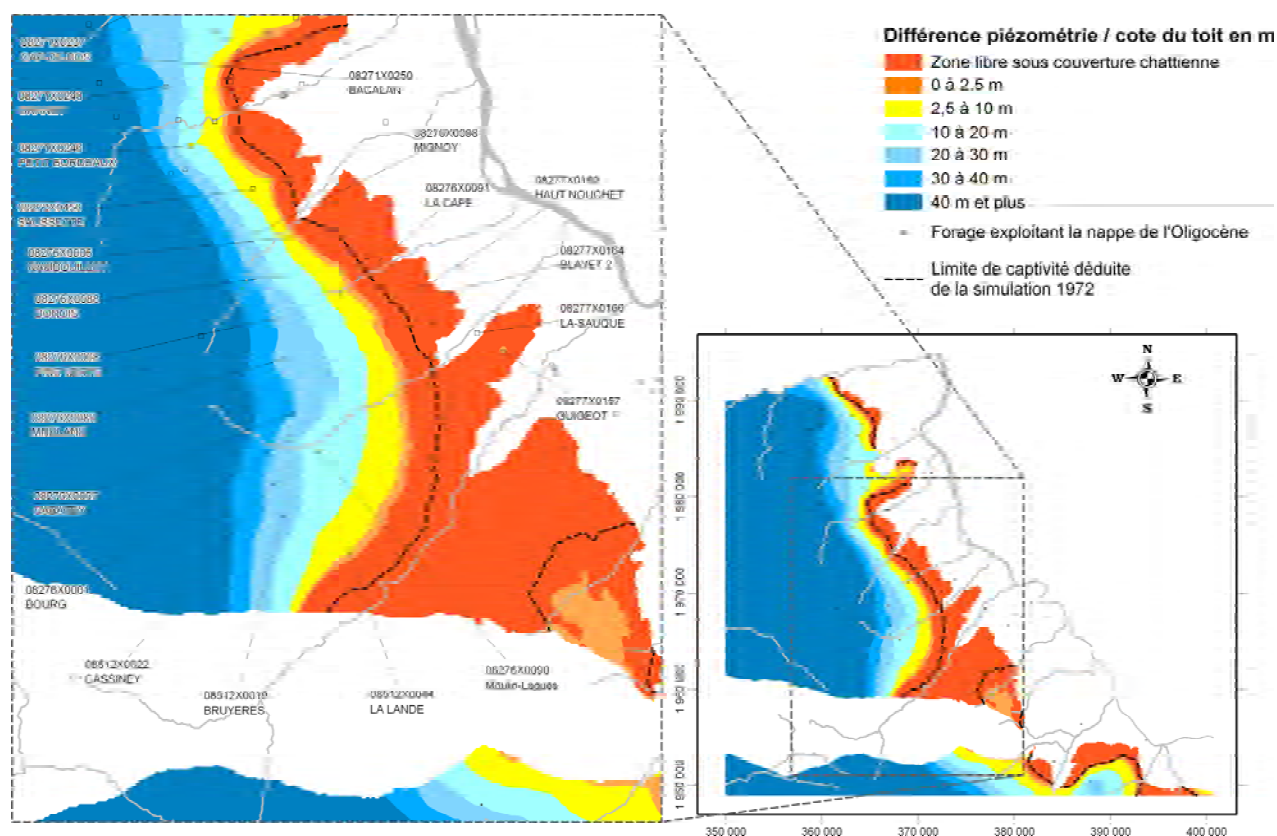


Illustration 147 : Situation à 2025 avec réduction de 3 millions de m³ par an des prélèvements par rapport à 2005 – zoom sud (BRGM)

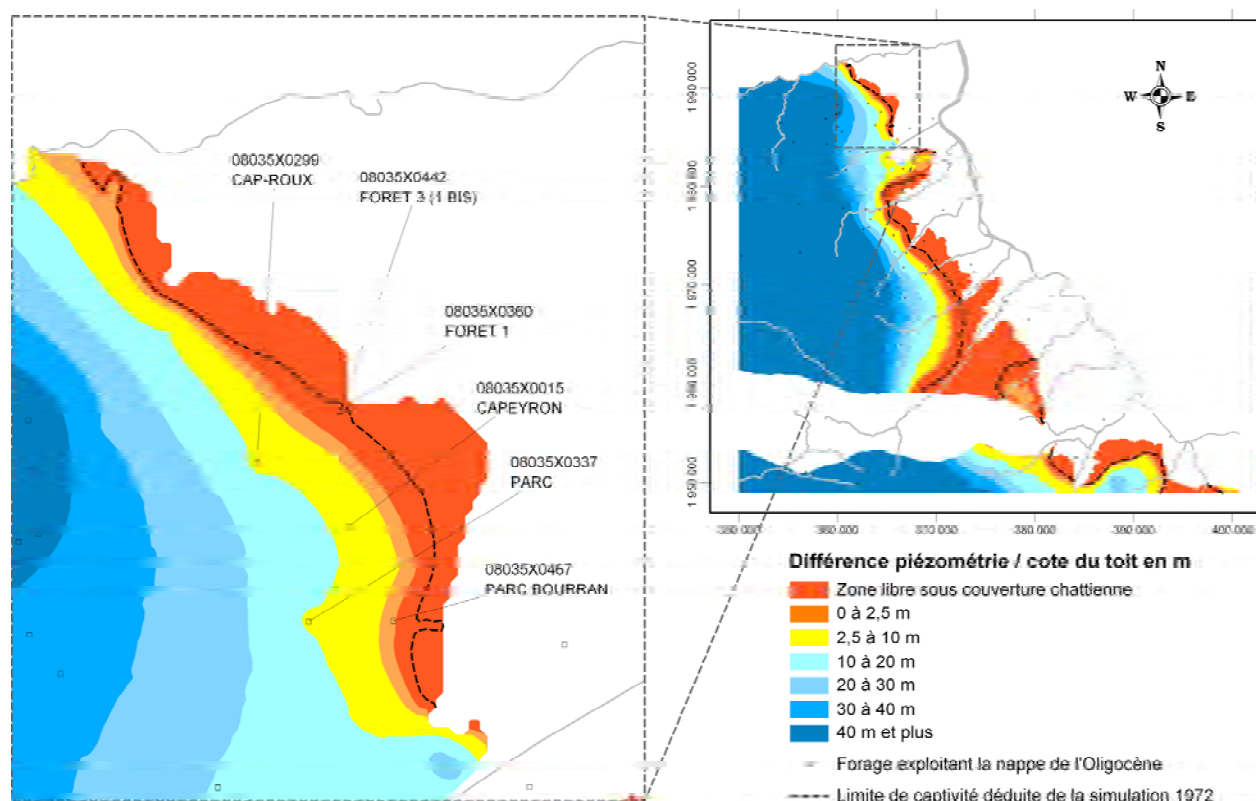


Illustration 148 : Situation à 2025 avec réduction de 3 millions de m³ par an des prélèvements par rapport à 2005 – zoom nord (BRGM)

La mise en œuvre effective de ces réductions est envisageable rapidement mais passerait, dans la mesure où de nouvelles sources d'approvisionnement ne sont pas mises en service et où la continuité du service de l'eau potable de la CUB doit être assurée, par un report des prélèvements sur la ressource éocène.

Il convient néanmoins avant de prendre de telles décisions de :

- réaliser six piézomètres à l'Est de la zone des « 100 000 m³/j » qui manquent particulièrement sur les communes de La Brède et de Saint-Morillon ;
- étudier de manière plus approfondie le réseau hydrographique (installation de station de jaugeage sur les cours d'eau stratégiques du Saucats et du Gât-Mort) et sur certaines sources non équipées) ;
- étudier la faisabilité des réductions proposées par rapport au réseau de distribution et aux contraintes de l'exploitant ;
- chercher à compenser ces prélèvements dans des zones moins sensibles de l'Oligocène (vers l'est) afin de mieux répartir la pression de prélèvement.

4 En synthèse

Cette mise à jour de l'état des lieux "ressources" révèle notamment :

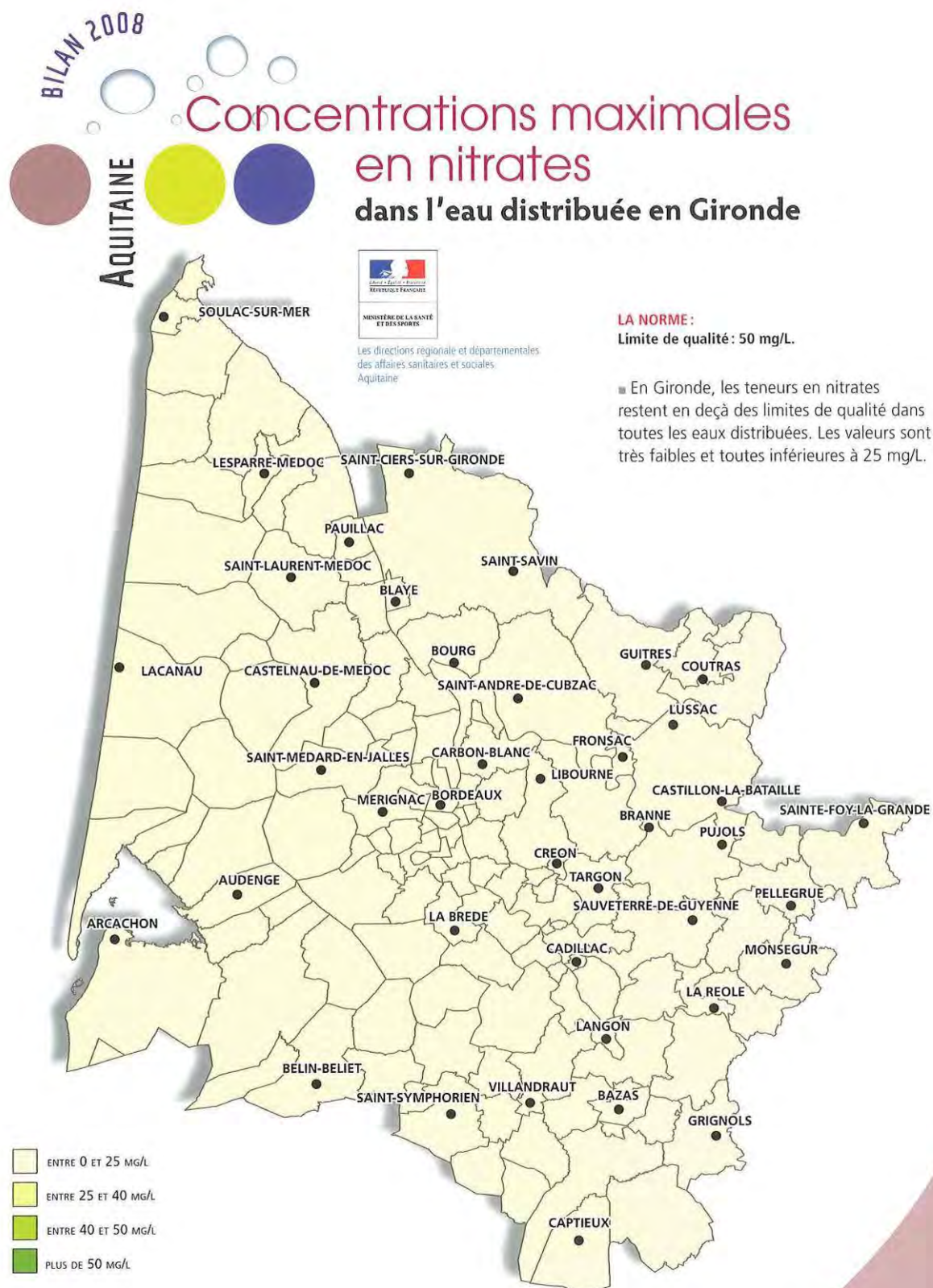
- un état des ressources peu différent de la situation décrite dans l'état des lieux initial. Ceci s'explique par :
 - une stabilisation des prélèvements due à la fois :
 - ✓ à une tendance générale récente à la baisse des prélèvements par habitant observée sur l'ensemble du territoire nationale ;
 - ✓ à un contexte climatologique qui tend à limiter les besoins ;
 - ✓ au fruit de la politique d'économie d'eau, dont les premiers résultats sont enregistrés malgré une augmentation de la population ;
 - la non mise en œuvre de solution de substitution structurante de grande ampleur, au-delà des solutions "eau industrielle" et transferts de prélèvements pour l'eau potable de l'Eocène centre vers l'Eocène nord dont la portée est limitée ;
- une amélioration des connaissances hydrogéologiques et de la compréhension des phénomènes qui se traduit par :
 - une meilleure vision des risques, notamment l'identification d'un risque lié au dénoyage de l'Oligocène en périphérie de l'agglomération bordelaise ;
 - des pistes d'action plus précises pour la maîtrise de ces risques (schéma d'alimentation en eau du nord Médoc pour le risque d'intrusion saline et orientations pour la gestion du dénoyage de l'Oligocène) ;
- une amélioration des connaissances des usagers et des usages qui a débouché sur une évaluation du gisement que constituent les économies d'eau et la définition d'outils et d'une stratégie pour la mobilisation de ce gisement ;
- une identification de nouvelles ressources mobilisables pour réparer les désordres sur la ressource et faire face aux besoins nouveaux liés au développement du territoire ;
- une tendance à l'augmentation, pour les ressources les plus sollicitées, du poids de l'eau potable dans les prélèvements, fruit d'un arbitrage entre les différents usages aux profits de ceux qualifiés de prioritaires.

La révision du SAGE devra mettre à profit cette amélioration des connaissances des différentes facettes de la problématique, et notamment :

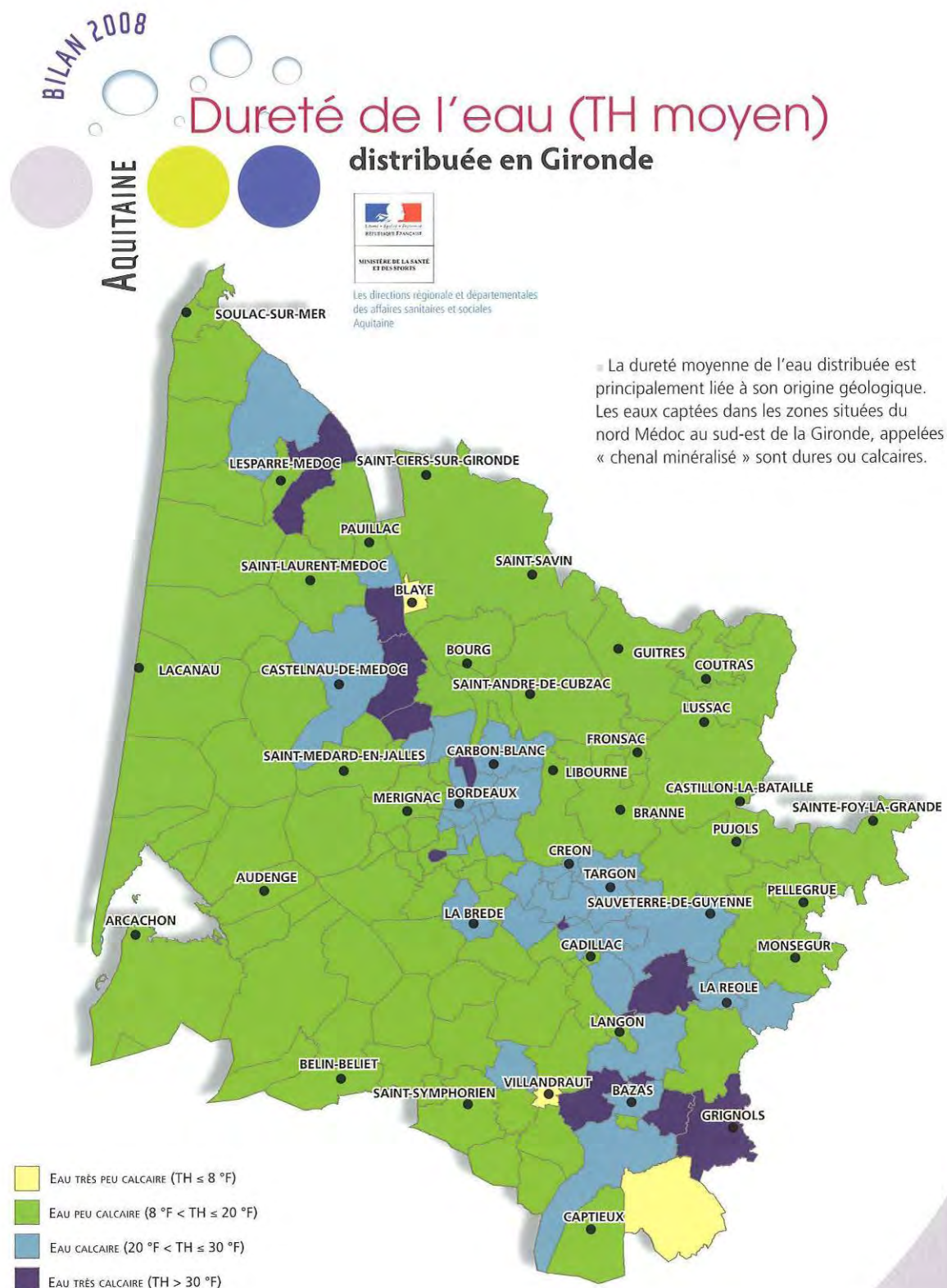
- confirmer les objectifs globaux qui, dans le détail, pourront être révisés, affinés et déclinés à des échelles plus précises ;
- proposer des actions plus ciblées faisant appel à des outils mieux adaptés ;
- partager un savoir et une compréhension plus poussés.

En résumé, si la situation ne s'est pas dégradée, le diagnostic demeure et la réduction des prélèvements dans les nappes jugées déficitaires est toujours une priorité, d'autant plus que la capacité de nos ressources à supporter une surexploitation temporaire sans dommage irréversible est limitée.

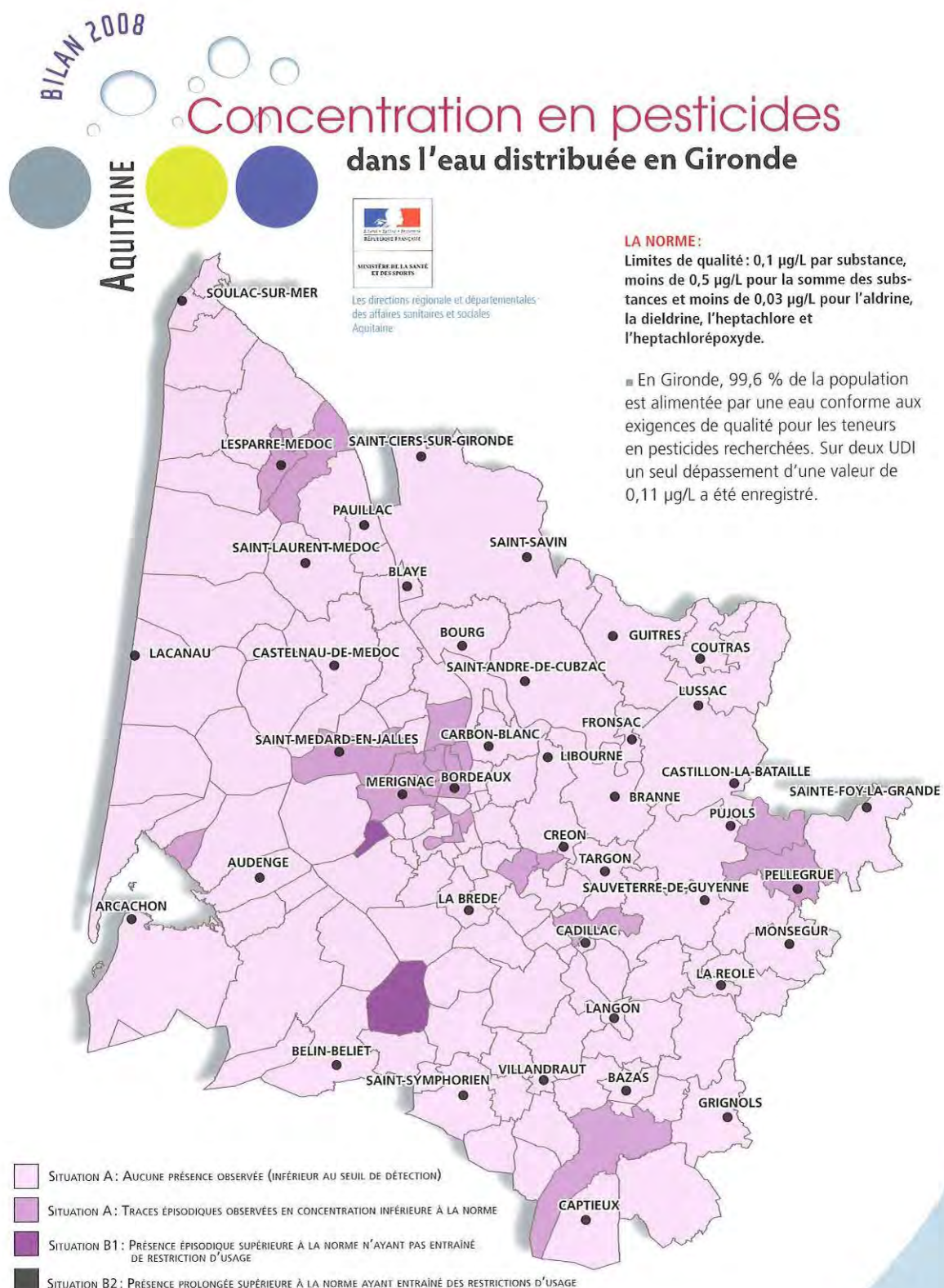
ANNEXES
Qualité des eaux distribuées en Gironde (ARS 2010)



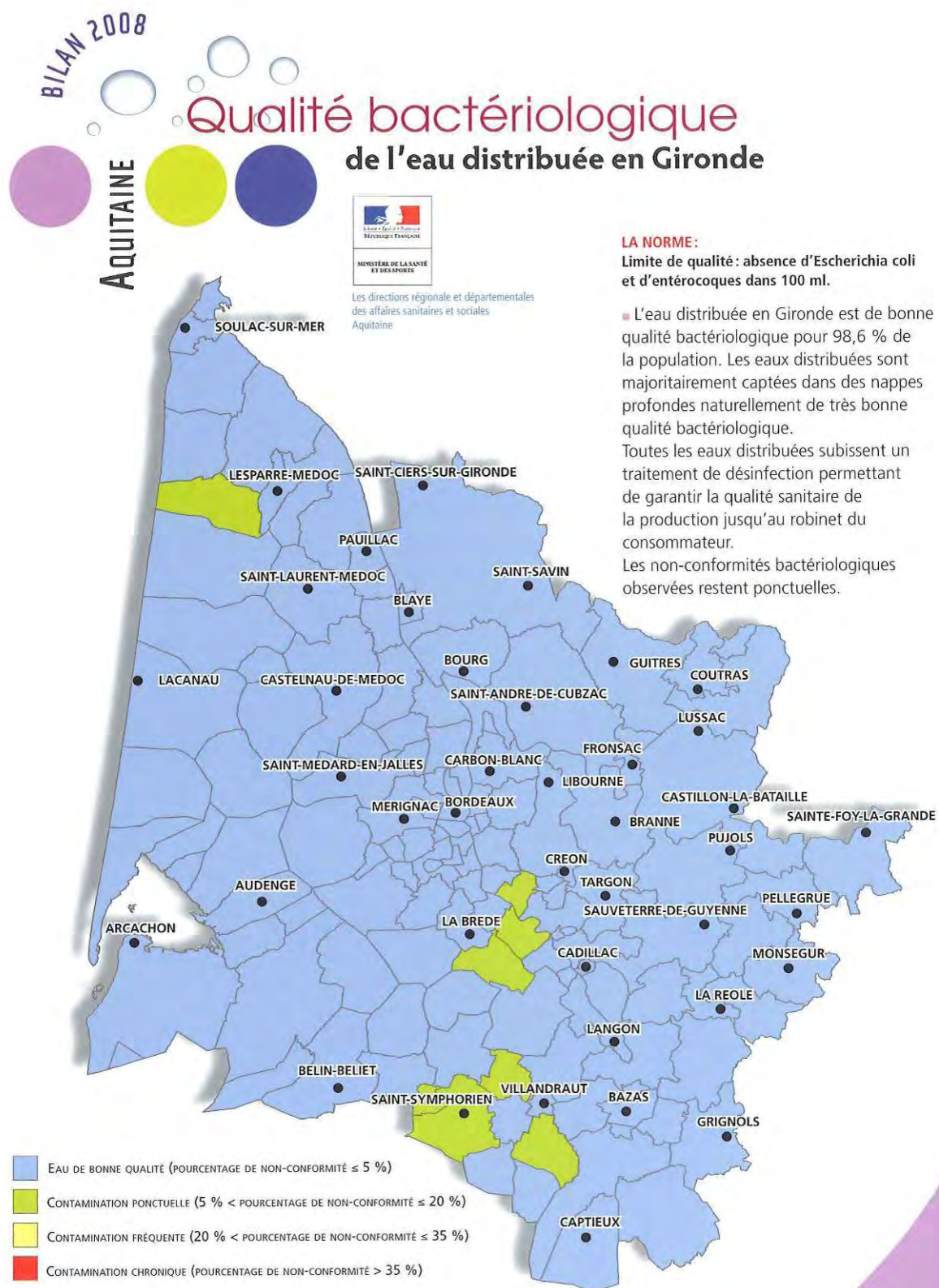
Échelle de représentation cartographique: UDI (Unité de Distribution = réseau de qualité homogène).
Pour les UDI de moins de 500 habitants, les données de 2006 à 2008 ont été prises en compte.
Qualité détaillée pour chaque UDI sur le site internet aquitaine.sante.gouv.fr



Échelle de représentation cartographique: UDI (Unité de Distribution = réseau de qualité homogène).
Pour les UDI de moins de 500 habitants, les données de 2006 à 2008 ont été prises en compte.
Qualité détaillée pour chaque UDI sur le site internet aquitaine.sante.gouv.fr



Échelle de représentation cartographique: UDI (Unité de Distribution = réseau de qualité homogène).
Pour les UDI de moins de 500 habitants, les données de 2006 à 2008 ont été prises en compte.
Qualité détaillée pour chaque UDI sur le site internet aquitaine.sante.gouv.fr



Échelle de représentation cartographique: UDI (Unité de Distribution = réseau de qualité homogène).
Pour les UDI de moins de 500 habitants, les données de 2006 à 2008 ont été prises en compte.
Qualité détaillée pour chaque UDI sur le site internet aquitaine.sante.gouv.fr

BILAN 2008

AQUITAINE



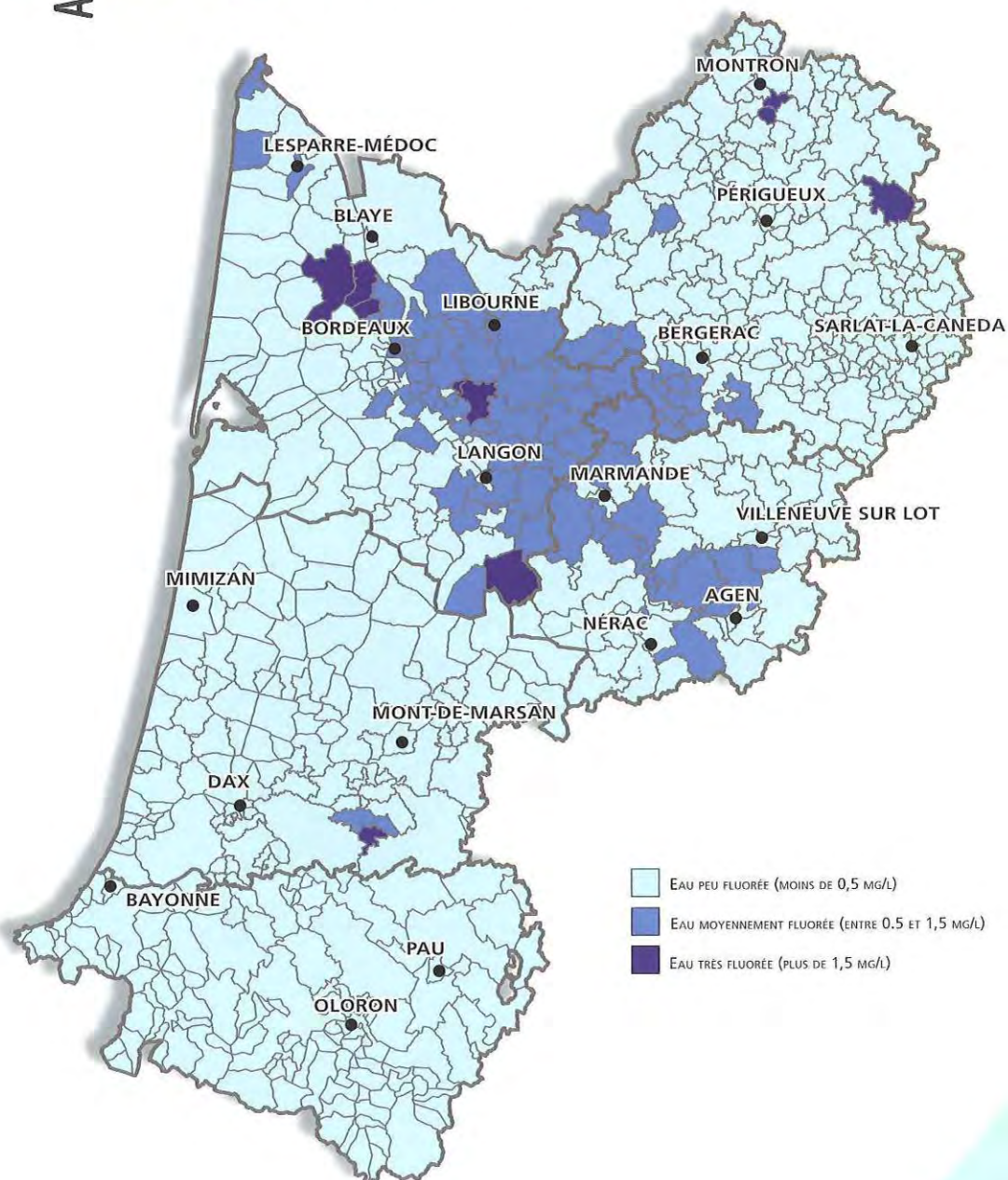
LA NORME:
La valeur limite dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 10 µg/L.

L'arsenic

L'origine

■ L'arsenic hydrique peut avoir plusieurs origines : naturelle, en relation avec la composition des roches traversées, ou industrielle.





Échelle de représentation cartographique: UDI (Unité de Distribution = réseau de qualité homogène).
Pour les UDI de moins de 500 habitants, les données de 2006 à 2008 ont été prises en compte.
Qualité détaillée pour chaque UDI sur le site internet aquitaine.sante.gouv.fr