

**Simulations d'impacts d'un
champ captant d'une capacité de
10 et 12 millions de m³ par an
dans l'Oligocène à l'aide du
Modèle Nord-Aquitain (MONA) –
Sainte-Hélène (33)**

Rapport final

BRGM/RP-61290-FR

Juin 2012



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ par an dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

Rapport final

BRGM/RP-61290-FR
Juin 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public PSP12AQI42

O. Cabaret et M. Saltel,

Vérificateur :

Original signé par :

A. WUILLEUMIER

Approbateur :

Original signé par :

N. PEDRON

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

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



Avertissement

Les simulations réalisées dans ce rapport visent uniquement à évaluer l'impact quantitatif de la mise en œuvre d'un champ captant à des capacités de 10 et 12 millions de m³ par an dans l'aquifère oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène (33) en prenant compte de conditions de recharge variables à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA). L'impact qualitatif n'est pas abordé ici, le modèle dans sa version actuelle ne permettant pas d'intégrer les problématiques de transport.

Mots clés : modélisation hydrodynamique, modèle nord-aquitain, simulation, Oligocène, Sainte-Hélène, champ captant, rabattement nappe, modèle analytique.

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

Cabaret O. et Saltel, M. (2012) Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33) – Rapport BRGM/RP-61290-FR, 79 p., 62 fig., 3 ann.

Synthèse

Le présent rapport rend compte d'une étude réalisée à la demande du SMEGREG (Syndicat Mixte d'Etudes pour la Gestion de la Ressource en Eau de la Gironde) qui la finance intégralement. L'objectif est de simuler l'impact de l'exploitation de l'aquifère oligocène à travers un champ captant de 14 forages situé sur les communes de Sainte-Hélène et de Saumos en Gironde.

Le SMEGREG souhaite que les simulations soient réalisées pour deux scénarios de prélèvements correspondant respectivement à une exploitation du parc d'ouvrages de 10 millions de m³/an et de 12 millions de m³/an.

L'impact de ces deux scénarios est évalué pour deux conditions de recharge différentes :

- Recharge correspondant à la moyenne des 30 dernières années (calculée sur la période 1980-2009), considérée comme favorable à la recharge du système ;
- Recharge correspondant à la moyenne des 10 dernières années (calculée sur la période 2000-2009), soumises à des conditions climatiques plus sévères.

Les résultats sont présentés à l'horizon 2029 (après 20 années d'exploitation) sur l'aquifère de l'Oligocène et les réservoirs encadrants du Plio-Quaternaire, du Miocène et de l'Éocène.

À l'issue de ce travail de modélisation, les résultats obtenus montrent une dynamique du système multicouche différente selon la recharge introduite dans le modèle. Ainsi, dans des conditions de recharge favorables (moyenne calculée sur les 30 dernières années), on observe une relative stabilité des niveaux piézométriques à l'horizon 2029. Des conditions de recharge moins favorables (moyenne calculée sur les 10 dernières années) induisent quant à elles une baisse continue des niveaux piézométriques sur la période 2010-2029 qui semble se poursuivre par la suite pour l'ensemble des nappes. Cet impact climatique reste observable dans des proportions similaires quel que soit le scénario d'exploitation du champ captant (10 ou 12 millions de m³/an) retenu. Toutefois, il faut garder à l'esprit que les lois de recharge actuelles utilisées dans le modèle pourraient s'avérer, au moins partiellement, inadaptées dans les conditions climatiques fortement défavorables du scénario « moyenne calculée sur les 10 dernières années ». Les résultats afférents doivent donc être analysés avec circonspection.

L'impact du champ captant dans l'Oligocène est significatif, quels que soient les scénarios envisagés. En effet, ce nouveau pôle de prélèvements induit des phénomènes d'ampleur régionale avec une propagation de la dépression sur plusieurs dizaines de kilomètres au sein du réservoir et une influence non négligeable sur les

aquifères qui l'encadrent. On notera cependant que la bonne productivité de l'aquifère oligocène et sa bonne réalimentation depuis les aquifères sus-jacents, et plus particulièrement l'aquifère du Miocène (Aquitainien), induisent une stabilisation rapide des niveaux piézométriques dans l'Oligocène au bout de deux années d'exploitation dans des conditions de recharge favorables, contrairement à ceux observés pour des conditions plus défavorables liés essentiellement à la dynamique du système.

Les rabattements les plus importants sont observés dans la nappe de l'Oligocène au droit de la zone d'implantation du champ captant. Les ordres de grandeur varient selon les scénarios considérés. Ils atteignent près de 70 m pour une exploitation à 10 millions de m³/an et passent à 80 m pour celle à 12 millions de m³/an (valeurs issues du modèle régional à la maille de 4 km²). Cependant, il faut remarquer que l'impact des conditions climatiques n'est pas neutre. Ainsi, la baisse piézométrique induite par l'application seule de valeurs de recharge plus défavorables vient se surimposer aux abaissments induits par l'exploitation du champ captant. Les niveaux piézométriques minimums, calculés au droit du champ captant, sont alors inférieurs de 2 m à ceux obtenus pour des conditions de recharges favorables.

D'une manière générale, l'étendue de la dépression est fortement dépendante des conditions de recharge introduites dans le modèle. Ainsi, il existe pour l'aquifère oligocène une forte dissymétrie de la dépression qui engendre des abaissments piézométriques plus marqués à l'ouest, l'impact étant sensible sur tous les ouvrages de la façade atlantique. Dans des conditions de recharge défavorables, les baisses piézométriques que subit la ligne de partage des eaux au centre du domaine facilitent la propagation de la dépression vers l'est. Pour autant, le champ captant ne montre pas d'impact piézométrique significatif sur les ouvrages de la Communauté Urbaine de Bordeaux et notamment les sources du Thil et de Gamarde à Saint-Médard-en-Jalles.

Pour mémoire, les précédents travaux (Pédron et *al.*, 2009 ; Saltel, 2012) faisaient état des limites de précision du modèle actuel (mailles à 4 km²) ne permettant pas d'écarter la possibilité d'un dénoyage local aux abords du champ captant. Le SMEGREG a donc demandé qu'une approche analytique soit conduite pour préciser les rabattements induits par la mise en exploitation du champ.

Une évaluation plus précise de ces rabattements a été menée par l'intermédiaire de deux approches complémentaires. La première a consisté en un affinement du maillage actuel à la taille de 100 m sur le secteur du champ captant (maillage gigogne), la seconde correspond à l'utilisation d'une méthode analytique mise en œuvre par l'intermédiaire du logiciel TIGRE du BRGM. Les résultats, concordants, montrent des rabattements qui sont en réalité légèrement supérieurs à ceux obtenus par le modèle régional. Ils sont de l'ordre de 70 m à 85 m au droit du champ captant pour une exploitation à 10 millions de m³/an mais peuvent atteindre 80 m à 100 m pour une exploitation plus importante (12 millions de m³/an).

Les différentes approches permettent ainsi de confirmer l'absence de dénoyage, même local, de l'aquifère Oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène dans les différentes conditions d'exploitation et de recharge. Cependant ces approches ne permettent pas de prendre en compte les pertes de charges liées à l'ouvrage.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Le Modèle Nord-Aquitain	13
2.1. GENERALITES	13
2.1.1.Extension du modèle.....	13
2.1.2.Fonctionnement	16
2.1.3.Domaine et limites techniques d'utilisation	16
2.2. GEOMETRIE DE L'AQUIFERE OLIGOCENE DANS LE SECTEUR DE STE-HELENE.....	17
2.3. PRELEVEMENTS	18
2.4. DONNEES METEOROLOGIQUES	21
2.5. PIEZOMETRES D'OBSERVATION.....	22
3. Simulations	25
3.1. SCENARIOS	25
3.1.1.Tendanciels	25
3.1.2.Exploitations : Hypothèses de production du champ captant.....	25
3.2. RESULTATS	26
3.2.1.Impact du scénario de recharge	28
3.2.2.Impacts des champs captants dans des conditions de recharge égales à la moyenne calculée de ces 30 dernières années.....	30
3.2.3.Impacts des champs captants dans des conditions de recharge égales à la moyenne calculée de ces 10 dernières années.....	49
3.2.4.Evaluation des rabattements aux forages pour une condition de recharge moyenne obtenue sur la période 2000-2009	66
4. Conclusion	73
5. Bibliographie.....	77

Liste des illustrations

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude.....	12
Figure 2 : Géométrie du Modèle Nord-Aquitain.....	14
Figure 3 : Extension du Modèle Nord Aquitain (MONA V3.3)	15
Figure 4 : Prélèvements dans les aquifères modélisés du MONA de 2007 à 2009 (en m ³ /an).....	18
Figure 5 : Évolution des prélèvements dans les couches du Modèle Nord Aquitain de 1972 à 2009 tous départements confondus.	19
Figure 6 : Répartition spatiale des prélèvements miocènes et oligocènes de l'année 2009 sur la zone d'étude.	20
Figure 7 : Comparaison des conditions de recharge introduites dans le modèle pour chacune des stations météorologiques	22
Figure 8 : Localisation des points de contrôle d'impacts du champ captant sur la piézométrie	23
Figure 9 : Coordonnées des forages du champ captant en Lambert II étendu.....	25
Figure 10 : Tableau récapitulatif des niveaux piézométriques calculés sur les points d'observation	27
Figure 11 : Variations piézométriques calculées en 2029 en l'absence d'exploitation du champ captant (Différence entre la recharge défavorable (R10) et la recharge favorable (R30)).....	29
Figure 12 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel – Recharge moy. des 30 dernières années.....	30
Figure 13 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	31
Figure 14 : Miocène (Aquitainien) - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années	32
Figure 15 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	32
Figure 16 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années.....	34
Figure 17 : Oligocène – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	35
Figure 18 : Éocène supérieur - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années	36
Figure 19 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années	37

Figure 20 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	37
Figure 21 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années	38
Figure 22 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années.....	39
Figure 23 : Miocène (Aquitainien) – Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années	40
Figure 24 : Abaissement piézométrique calculé pour le Miocène (Aquitainien) par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	40
Figure 25 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années.....	41
Figure 26 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années.....	42
Figure 27 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Oligocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	42
Figure 28 : Oligocène - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	43
Figure 29 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Année 2029 - Recharge moy. des 30 dernières années	44
Figure 30 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Éocène moyen par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	44
Figure 31 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années	45
Figure 32 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 10 Mm ³ /an – Recharge moy. des 30 dernières années.....	48
Figure 33 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 12 Mm ³ /an – Recharge moy. des 30 dernières années.....	48
Figure 34 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	49
Figure 35 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années.....	50
Figure 36 : Miocène (Aquitainien) – Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	51
Figure 37 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années.....	51

Figure 38 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	53
Figure 39 : Oligocène – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	53
Figure 40 : Éocène supérieur - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	54
Figure 41 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	55
Figure 42 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	55
Figure 43 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	56
Figure 44 : Abaissement piézométrique calculé pour le Plio-Quaternaire par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	57
Figure 45 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	57
Figure 46 : Miocène (Aquitainien) - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel Recharge moy. des 10 dernières années	58
Figure 47 : Abaissement piézométrique calculé pour le Miocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	59
Figure 48 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	59
Figure 49 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	61
Figure 50 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Oligocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	61
Figure 51 : Oligocène - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	62
Figure 52 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm ³ /an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années	63
Figure 53 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Éocène moyen par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm ³ /an à celui de 10 Mm ³ /an	63
Figure 54 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années	64
Figure 55 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 10 Mm ³ /an – Recharge moy. des 10 dernières années	65

Figure 56 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 12 Mm ³ /an – Recharge moy. des 10 dernières années.....	65
Figure 57 : Localisation du maillage gigogne de Ste-Hélène (maille de 100m)	67
Figure 58 : Carte piézométrique de l'Oligocène – Exploitation à 12 Mm ³ /an – Recharge moy. des 10 dernières années – Modèle à mailles de 2 km de côté.....	67
Figure 59 : Carte piézométrique de l'Oligocène – Exploitation à 12 Mm ³ /an – Recharge moy. des 10 dernières années – Modèle gigogne	68
Figure 60 : Comparaison des rabattements (différence entre scénario d'exploitation et scénario tendanciel) obtenus par les deux modèles et auxquels sont appliqués les termes correctifs.....	69
Figure 61 : Emprise dudomaine modélisé avec le logiciel TIGRE.....	70
Figure 62 : Comparaison des rabattements obtenus par les approches numérique (gigogne) et analytique (TIGRE)	71

Liste des annexes

Annexe 1 Nomenclature des versions du MONA	81
Annexe 2 Chroniques piézométriques restituées par le modèle pour des exploitations à 10 et 12 millions de m ³ / an, avec des conditions de recharge favorables (moyenne calculée des 30 dernières années)	87
Annexe 3 Chroniques piézométriques restituées par le modèle pour des exploitations à 10 et 12 millions de m ³ / an, avec des conditions de recharge défavorables (moyenne calculée des 10 dernières années)	112

1. Introduction

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) « Nappes profondes de Gironde » a été adopté par la Commission locale de l'eau (CLE) lors de sa réunion du 7 juillet 2003 avant d'être approuvé par arrêté préfectoral le 25 novembre 2003. Il est à l'heure actuelle en cours de révision. Ce document de référence vise à encadrer et orienter les décisions pour une meilleure gestion des ressources en eaux souterraines du département de la Gironde. Parmi les différentes mesures du SAGE, l'une d'elle prévoit la mise en place de ressources de substitution pour soulager les nappes les plus sollicitées qui sont en situation de déséquilibre quantitatif.

C'est dans ce contexte que le SMEGREG (Syndicat Mixte d'Etudes pour la Gestion de la Ressource en Eau de la Gironde) a lancé des investigations visant à apprécier les potentialités du réservoir oligocène dans le Médoc. Cet aquifère apparaît comme une solution de substitution intéressante à l'exploitation importante de l'aquifère de l'Éocène et ce pour plusieurs raisons :

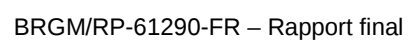
- son eau est de bonne qualité ; elle est souvent protégée des infiltrations depuis la surface,
- son potentiel aquifère est équivalent à celui de l'Éocène.

Ainsi, plusieurs forages de reconnaissance et d'exploitation relatifs aux aquifères captifs ont été réalisés dans le Médoc [(Larroque, 2004) ; (Nadaud et al., 2006)]. Ces investigations ont permis de recueillir des informations géologiques nouvelles sur ce secteur jusqu'à présent peu renseigné et d'envisager la création d'un champ captant de grande ampleur à l'Oligocène sur les communes de Sainte-Hélène (33) et de Saumos (33).

Le travail présenté dans ce rapport est réalisé dans le cadre d'une demande du SMEGREG et vient en complément des travaux réalisés précédemment (Pédron et al., 2009 ; Saltel, 2012). Il vise à simuler, à l'aide du Modèle hydrodynamique régional Nord-Aquitain (MONA), l'impact à l'horizon 2029 de ce champ captant prévisionnel (Figure 1) selon deux scénarios d'exploitation (à 10 et 12 millions de m³/an) pour deux conditions de recharge différentes (correspondant respectivement à la moyenne des 10 et 30 dernières années). Cet impact est évalué sur les aquifères du Miocène, de l'Oligocène et de l'Éocène, et sur la nappe du Plio-Quaternaire pour laquelle des points d'observation seront retenus. De plus, sur la base des recommandations du dernier rapport (Saltel, 2012), une évaluation plus précise des rabattements aux forages du champ captant pour les deux scénarios d'exploitation est conduite par approche analytique afin de préciser la possibilité de dénoyage local.

Après une présentation des caractéristiques du Modèle Nord Aquitain, la méthodologie utilisée pour la réalisation des simulations est exposée et suivie d'une description détaillée des impacts du champ captant sur l'aquifère de l'Oligocène et les réservoirs encadrants. Enfin, les deux approches complémentaires réalisées pour l'estimation des rabattements sont présentées et leurs résultats analysés.

12



2. Le Modèle Nord-Aquitain

2.1. GENERALITES

Le MOdèle Nord Aquitain est le fruit d'un long développement qui a commencé depuis plus de 15 ans [(Braneyre, 1993) ; (Braneyre et *al.*, 1993) ; (Braneyre et *al.*, 1994) ; (Amraoui et *al.*, 1998) ; (Amraoui et *al.*, 1999) ; (Seguin, 1999) ; (Seguin, 1999) ; (Seguin, 2002) ; (Pédron et *al.*, 2003) ; (Pédron et *al.*, 2005) ; (Pédron et *al.*, 2006) ; (Pédron et *al.*, 2006) ; (Pédron et *al.*, 2008) ; (Gomez et *al.*, 2010a) ; (Gomez et *al.*, 2010b)]. Les différentes évolutions qui ont été apportées au modèle notamment dans le cadre des différentes conventions « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine », ont abouti à l'élaboration de plusieurs versions décrites en annexe 1. La version du modèle utilisée dans le cadre de ce travail est la V3.3b-2009.

Le modèle Nord-Aquitain V3.3 est décrit de manière détaillée dans les rapports des années 1 et 2 de la convention « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine 2008-2013 » se rapportant au module 1 dédié aux développements du modèle [(Gomez et *al.*, 2010) ; (Saltel et *al.*, 2011)].

Le Modèle construit utilise le code de calcul **MARTHE** (Modélisation d'Aquifères par maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements) développé par le BRGM (actuellement version 7.2.1) via l'interface **WinMarthe** version 4.5 [(Thiéry, 1990) ; (Thiéry, 2006) ; (Thiéry, 2010)]. Le schéma de résolution utilise les différences finies. Les couches du modèle sont discrétisées en mailles parallélépipédiques dont les faces supérieures et inférieures correspondent respectivement au toit et au mur de la formation considérée.

MONA est un modèle « pseudo 3D », c'est-à-dire que les épontes ne figurent pas explicitement en tant que couches de calcul. Les charges hydrauliques n'y sont donc pas calculées¹. Toutefois, bien que les termes stockages-déstockages ne soient pas pris en compte, les échanges verticaux entre couches aquifères sont restitués.

2.1.1. Extension du modèle

Le maillage du MONA est régulier (mailles carrées de 2 km de côté). Le modèle comprend 148 colonnes, 128 lignes et 15 couches soit un total de 284 160 mailles dont 66 973 servent au calcul des écoulements.

Dans sa version actuelle (**MONA V3.3b-2009**), le modèle simule les écoulements au sein de 15 aquifères (Figure 2) ainsi que les échanges entre ces couches au travers de

¹ Dans un modèle pseudo 3D, les termes de stockage-déstockage des épontes ne sont pas pris en compte (le coefficient d'emménagement dans les épontes n'est pas renseigné).

chacune des épontes ("semi-perméables") qui les séparent. Les niveaux aquifères pris en compte sont :

- le Plio-Quaternaire,
- l'Helvétien,
- l'Aquitainien-Burdigalien,
- l'Oligocène,
- l'Éocène supérieur,
- l'Éocène moyen,
- l'Éocène inférieur,
- le Campano-Maastrichtien,
- le Coniacien-Santonien,
- le Turonien
- le Cénomanién,
- le Tithonien,
- le Kimméridgien,
- le Bathonien-Callov-Oxfordien,
- le Bajocien

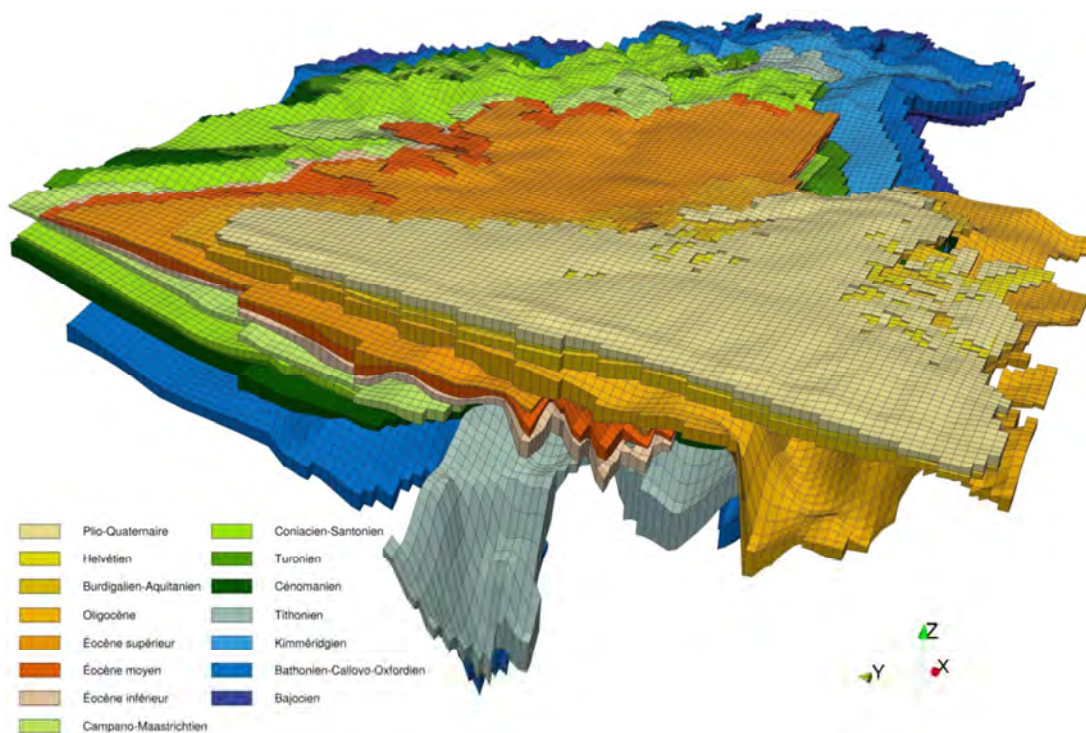


Figure 2 : Géométrie du Modèle Nord-Aquitain

Le domaine modélisé (Figure 3) 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 du Lot-et-Garonne, le nord-ouest du Gers, et le sud de la Charente et de la Charente maritime.

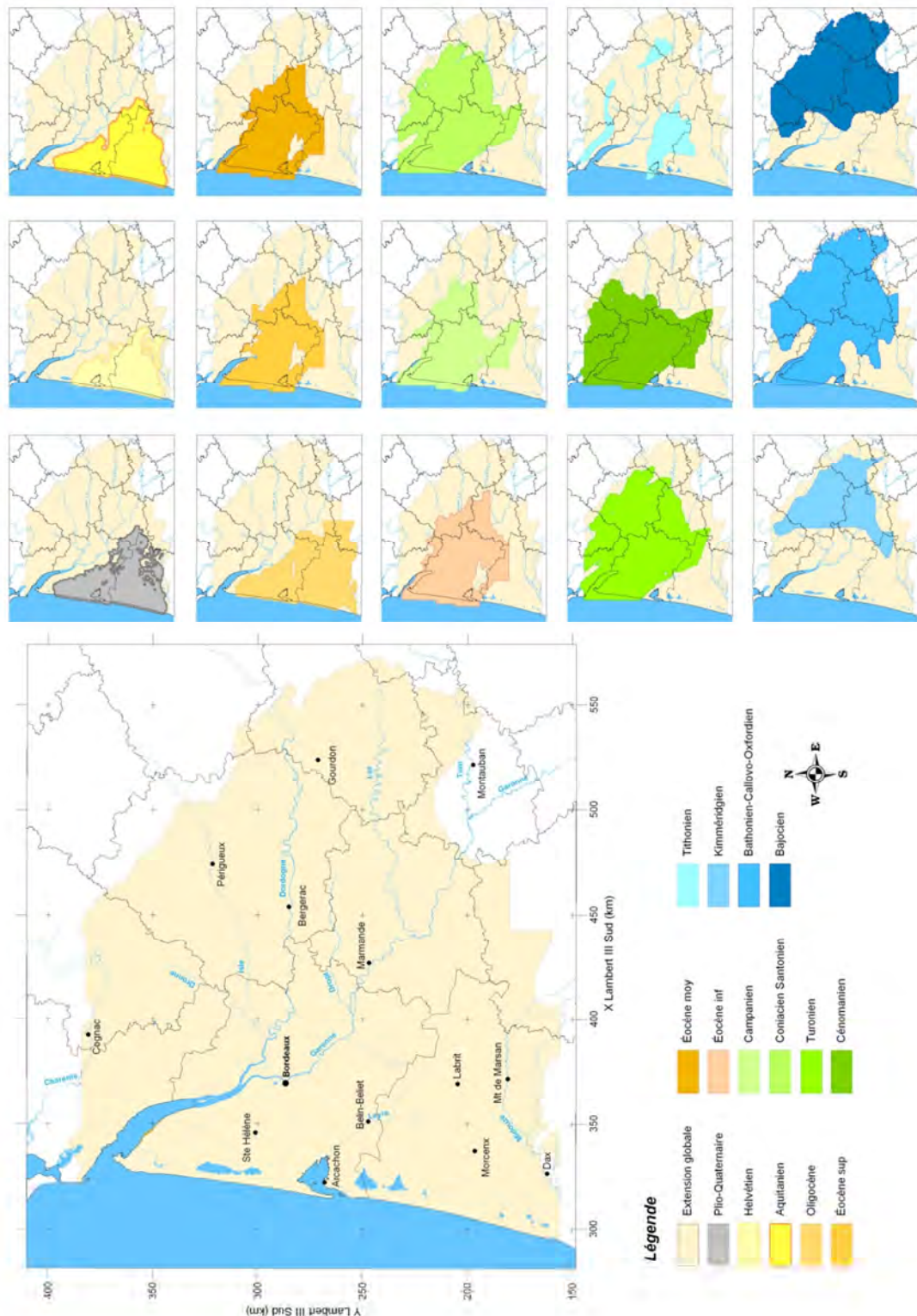


Figure 3 : Extension du Modèle Nord Aquitain (MONA V3.3)

2.1.2. Fonctionnement

Le modèle fonctionne en régime transitoire sur la période 1973-2009 avec un pas de temps annuel. Les phénomènes observés 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, 2009 et 2011) a permis de vérifier la robustesse du calage.

2.1.3. Domaine et limites techniques d'utilisation

Le modèle a été conçu comme un outil régional d'aide à la gestion des ressources en eaux souterraines du nord du Bassin aquitain. À 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'Éocène et du Crétacé supérieur pour lesquels il a été initialement développé. Compte tenu du très grand nombre d'informations géologiques disponibles dans le Bassin aquitain, des historiques piézométriques et de prélèvements sur plus de quarante ans comme dans le département de la Gironde, le modèle Nord-Aquitain a pu bénéficier d'une construction et d'un calage robustes. Robustesse accrue par les nombreux développements qui se sont succédé, par la longue période sur laquelle a été réalisé le calage (1972-1996) et par la validation effectuée depuis 1996 au fil des actualisations.

Malgré de bonnes restitutions piézométriques, un certain nombre de limites techniques actuelles (lacunes de connaissances géologiques dans certains secteurs, complexité des relations d'échanges nappes/rivières, incertitudes sur le fonctionnement hydraulique des épontes, exhaustivité des prélèvements individuels ou agricoles aux abords des zones d'affleurements.....) 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.....). Aussi, les résultats afférents à la couche du Plio-Quaternaire devront être pris avec toute la réserve nécessaire dans la mesure où le degré de restitution notamment des niveaux piézométriques, lié à ces contraintes techniques, reste moindre que celui des autres nappes.

La demande formulée par le SMEGREG entre dans le domaine d'application du modèle régional dans la mesure où le champ captant prévisionnel est de grande ampleur et que l'objectif est d'évaluer son impact à l'échelle régionale. Dans le secteur de Sainte-Hélène, les informations géologiques et hydrogéologiques récentes acquises lors de travaux universitaires (Larroque, 2004) ont permis de compléter les données, peu nombreuses, utilisées pour le calage du modèle et ainsi de lever certaines incertitudes. Néanmoins, la nappe de l'Oligocène dans le Médoc reste peu exploitée et donc peu renseignée, les résultats seront donc assortis de limites d'interprétation.

À noter que seul l'impact quantitatif est évalué ici, le modèle dans sa version actuelle ne permettant pas d'intégrer les problématiques de transport donc les aspects qualitatifs.

2.2. GEOMETRIE DE L'AQUIFERE OLIGOCENE DANS LE SECTEUR DE STE-HELENE

Une actualisation de la géométrie de l'Oligocène du Modèle Nord-aquitain a été réalisée par le BRGM (Pédron et *al.*, 2005) à partir des nouvelles données issues des forages réalisés par le SMEGREG dans le cadre des recherches de substitution (Larroque, 2004).

Ces travaux ont permis :

1. de déceler une lacune de l'Oligocène aquifère (secteur érodé ou de non dépôt) sur le forage de Moulis-en-Médoc au lieu-dit Sivaillan (07787X0011/MP1), au niveau de la partie occidentale du dôme de Listrac.
2. de réinterpréter certains ouvrages du secteur initialement mal décrits notamment le sondage pétrolier Sainte-Hélène 1 (07787X0001/F) sur lequel s'appuyait la validation géologique d'autres ouvrages (AEP de Brach 07786X0001/F, de Sainte-Hélène 08023X0039/F3 et de Saumos 08026X0034/F2 en particulier). Les erreurs relevées concernaient à la fois des problèmes d'attribution stratigraphique (formations considérées plus jeunes qu'elles ne l'étaient en réalité) et d'extension verticale des réservoirs. Sur la base de ces observations, des coupes géologiques de corrélation avec les nouveaux ouvrages ont été réalisées et une mise à jour de la géométrie du modèle a été réalisée.

Les simulations effectuées en 2009 par le BRGM pour le SMEGREG (Pédron et *al.*, 2009), ont été discutées avec F. Larroque, ce qui a permis de s'assurer que les hypothèses retenues dans le modèle Nord-Aquitain étaient en adéquation avec les travaux réalisés dans le cadre de sa thèse.

Les interrogations portaient notamment :

- **sur les flexures tectoniques du secteur et leur rôle du point de vue des écoulements.** La géométrie du modèle prend en compte les flexures tectoniques du secteur (dans la limite de précision du maillage) mais ne leur confère pas un rôle hydraulique particulier (pas de failles étanches, ce qui suppose que la continuité hydraulique prévaut). Les travaux récents menés sur ce secteur (Larroque & Dupuy, 2004) ont montré que ces flexures n'engendraient pas, à priori, de discontinuités dans les aquifères tertiaires.
- **la configuration géométrique des aquitards.** Le forage de reconnaissance BP1 ainsi que le profil sismique PB réalisés au nord de la faille de Carcans n'ont pas permis d'identifier d'éponte marquée entre le Miocène et l'Oligocène. Le profil sismique Nord-Sud PB ne présente pas non plus de réflecteur marqué entre les deux aquifères. Toutefois, la résolution verticale limitée du profil peut masquer l'apparition d'une éponte de faible épaisseur.

2.3. PRELEVEMENTS

Afin de restituer au mieux les variations piézométriques de chacune des nappes modélisées sur l'ensemble de la période considérée, il est nécessaire d'acquérir une connaissance la plus exhaustive possible des volumes soutirés au milieu. Des données de prélèvements sont recueillies annuellement par le BRGM dans le cadre du programme de « gestion des nappes d'eaux souterraines du département de la Gironde ». Cette collecte permet de disposer des volumes prélevés d'environ 4 520 ouvrages du département captant une ou plusieurs nappes d'eaux souterraines. Elle est réalisée directement auprès des exploitants et chaque prélèvement est rattaché à un ouvrage parfaitement localisé. Elle constitue le noyau de la base de données utilisée pour le modèle Nord-Aquitain. Dans les autres départements, le BRGM ne procède pas directement au recueil annuel des volumes prélevés sur les captages d'eaux souterraines. Les informations hors Gironde sont fournies par différents organismes (Agence de l'Eau Adour-Garonne, DDT, Chambres d'Agricultures,...) puis intégrées après traitement dans la base de prélèvements du modèle.

À l'heure actuelle, la base de données de prélèvement du MONA compte au total 3 865 forages pour lesquelles les volumes annuels soutirés sont renseignés sur la période 1972 – 2009. Sur cet ensemble 3 344 forages sont compris dans les limites du MONA et sont utilisés comme données d'entrée pour la simulation des écoulements.

Les prélèvements totaux, par an et par nappe, intégrés dans le modèle Nord-Aquitain pour les années 2007 à 2009 sont indiqués ci-après (Figure 4).

	2007	2008	2009
Aquitainien	41 464 633	43 555 200	42 887 408
Langhien Serravallien	23 705 835	24 235 555	21 921 278
Oligocène	68 195 182	67 921 632	64 052 651
Éocène sup	2 695 875	3 328 968	2 886 149
Éocène moy	53 245 343	53 260 886	54 852 694
Éocène inf	8 438 110	9 054 364	9 623 737
Campanien	16 956 135	15 526 143	17 535 540
Coniacien-Santonien	14 169 419	15 415 985	15 561 065
Turonien	34 460 210	35 000 546	34 904 530
Cénomanién	11 812 984	14 150 812	13 906 129
Tithonien	800 990	804 045	866 619
Kimméridgien	2 915 378	2 601 651	2 751 461
Bathonien-Calovo-Oxfordien	10 487 071	11 846 112	12 269 324
Bajocien	3 384 730	4 058 078	3 840 131
TOTAL	292 731 896	300 759 977	297 858 714

Figure 4 : Prélèvements dans les aquifères modélisés du MONA de 2007 à 2009 (en m³/an)

L'évolution des prélèvements retracée à partir de la base de prélèvement du MONA montre que les aquifères de l'Oligocène et de l'Éocène moyen sont les réservoirs les plus sollicités avec des volumes pompés largement supérieurs à ceux des autres nappes (Figure 5).

L'Oligocène est cependant, depuis le début des années quatre-vingt-dix, l'aquifère le plus exploité parmi les nappes modélisées. La diminution des prélèvements observée pour l'Oligocène entre 2008 et 2009 est en partie due aux reports de prélèvements vers l'Éocène moyen dans le secteur de Martillac en raison de la pollution des sources de Gamarde de juin 2009.

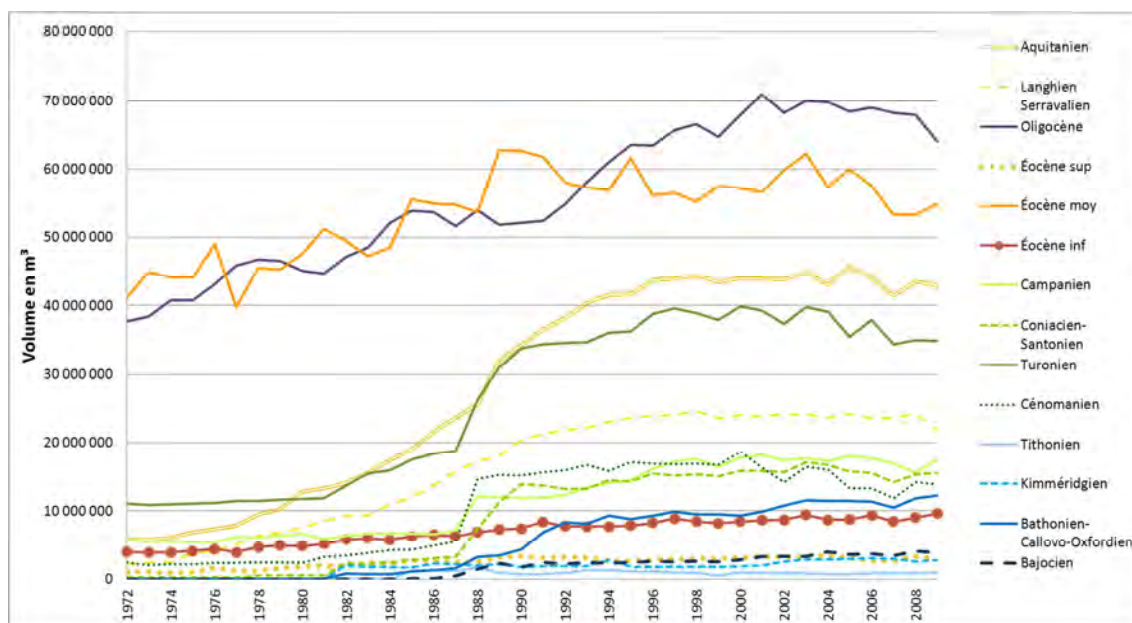
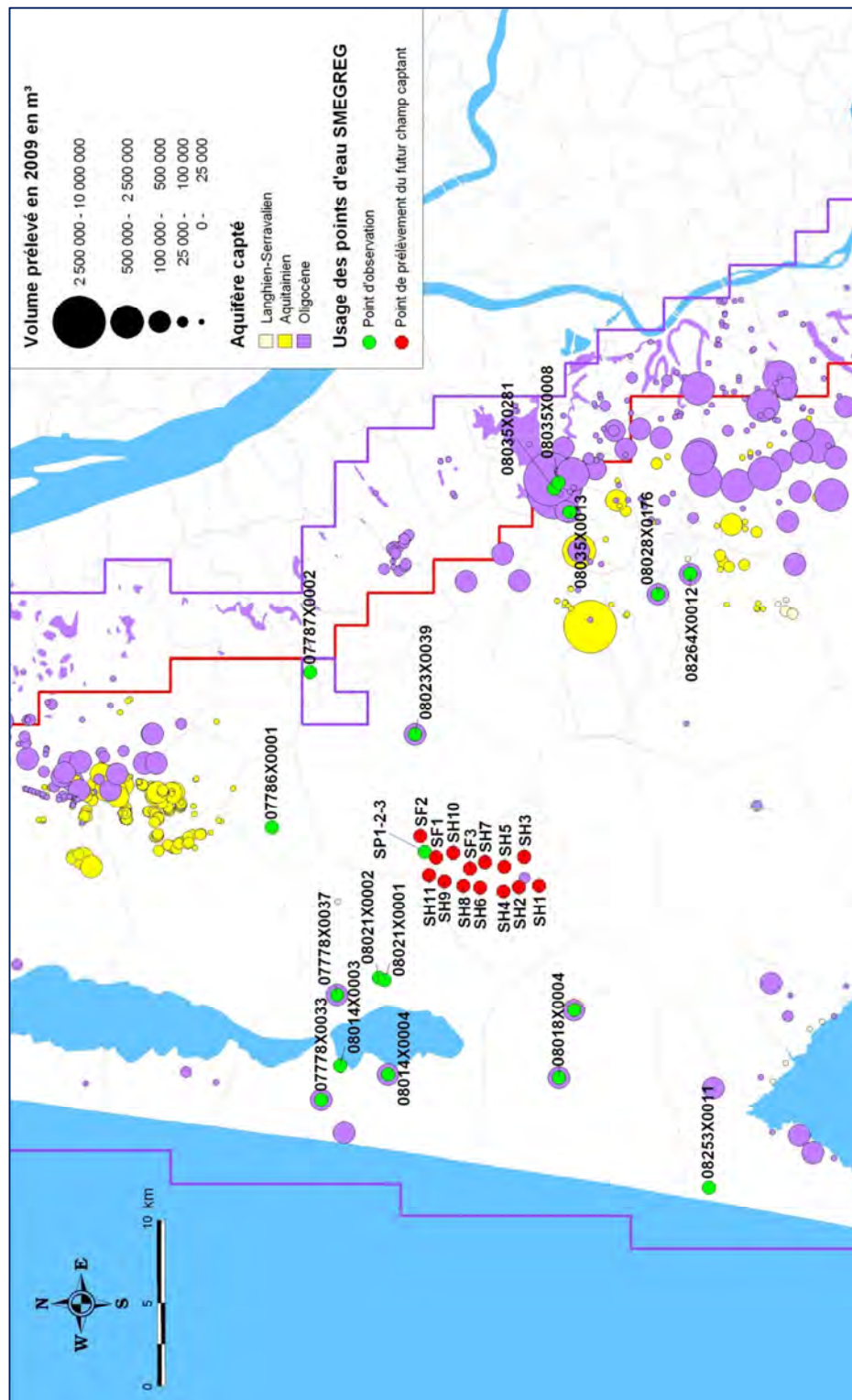


Figure 5 : Évolution des prélèvements dans les couches du Modèle Nord Aquitain de 1972 à 2009 tous départements confondus.

La Figure 6 permet de visualiser la répartition spatiale des prélèvements sur le secteur d'intérêt pour les nappes du Miocène (Langhien-Serravallien et Aquitanién) et de l'Oligocène pour l'année 2009.

20



2.4. DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données de précipitations et d'évapotranspirations potentielles (ETP) utilisées pour calculer la recharge dans le MONA proviennent des stations de Mérignac en Gironde, de Cognac (Château-Bernard) en Charente, de Bergerac en Dordogne, de Gourdon dans le Lot-et-Garonne et de Mont-de-Marsan dans les Landes. Elles ont été acquises sur les sites internet de Météo-France (Climathèque et Publiothèque). Les précipitations efficaces sont calculées par le BRGM au pas de temps décadaire à partir :

- des précipitations (P),
- de l'évapotranspiration potentielle (ETP),
- de la capacité maximale en eau du sol (la réserve utile RU), fixée à deux valeurs 100 mm et 150 mm.

Le mode de calcul de la recharge est détaillé dans le rapport BRGM/RP-53659-FR (Pédron et *al.*, 2005). La recharge année par année est évaluée suivant les secteurs en prenant comme référence la pluie efficace moyenne de la station météo considérée, calculée sur la période 1980-2009 (avec une RU maximale de 150 mm).

À partir des valeurs de recharge utilisées pour le calage en régime permanent, les valeurs année par année pour chaque zone d'infiltration définie lors de la phase de calage sont obtenues par :

$$R_{z,k} = \frac{P_{eff}(k)}{\overline{P_{eff}}} \overline{R_z}$$

- $R_{z,k}$ valeur de recharge de l'année k affectée à la zone z,
 $\overline{R_z}$ valeur de recharge du régime permanent pour la zone z,
 $P_{eff}(k)$ pluie efficace de l'année k,
 $\overline{P_{eff}}$ pluie efficace moyenne calculée sur la période 1980-2009.

Les données de pluies efficaces de la station de Mérignac, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour l'Éocène (supérieur, moyen et inférieur), le Campano-Maastrichtien et le Turonien-Coniacien-Santonien.

Les données de la station de Mérignac, pour une RU de 100 mm sont utilisées pour le calcul de la recharge des nappes du Plio-quaternaire, du Miocène (Aquitainien et Langhien - Serravallien) et de l'Oligocène.

Les données des stations de Cognac et de Gourdon, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour le Turonien-Coniacien-Santonien et le Campano-Maastrichtien.

Les données de Bergerac, pour une RU de 150 mm, sont utilisées pour les nappes de l'Éocène inférieur et de l'Éocène moyen.

Les données de Mont-de-Marsan, pour une RU de 100 mm sont utilisées pour le Plio-Quaternaire. Les pluies efficaces trimestrielles supérieures ou égales à 250 mm sont réduites de 30 %. Cet écrêtage simule la diminution de l'infiltration (augmentation de la part du ruissellement) dans les écoulements durant les périodes fortement pluvieuses.

Les précédentes simulations (Pédron et al, 2009 ; Saltel, 2012) avaient souligné le caractère favorable des conditions de recharge introduites dans le modèle et conclu à la nécessité d'effectuer un test dans des conditions climatiques plus sévères. Ainsi, des simulations complémentaires ont été réalisées en prenant en compte une recharge moyenne calculée sur les dix dernières années, la période 2000-2009 étant caractérisée par des conditions moins favorables à la recharge (Figure 7). Ces dernières s'expriment par des baisses de 7 % à Marsan et peuvent atteindre 32 % à Mérignac pour un une RU de 150 mm (Mérignac 2).

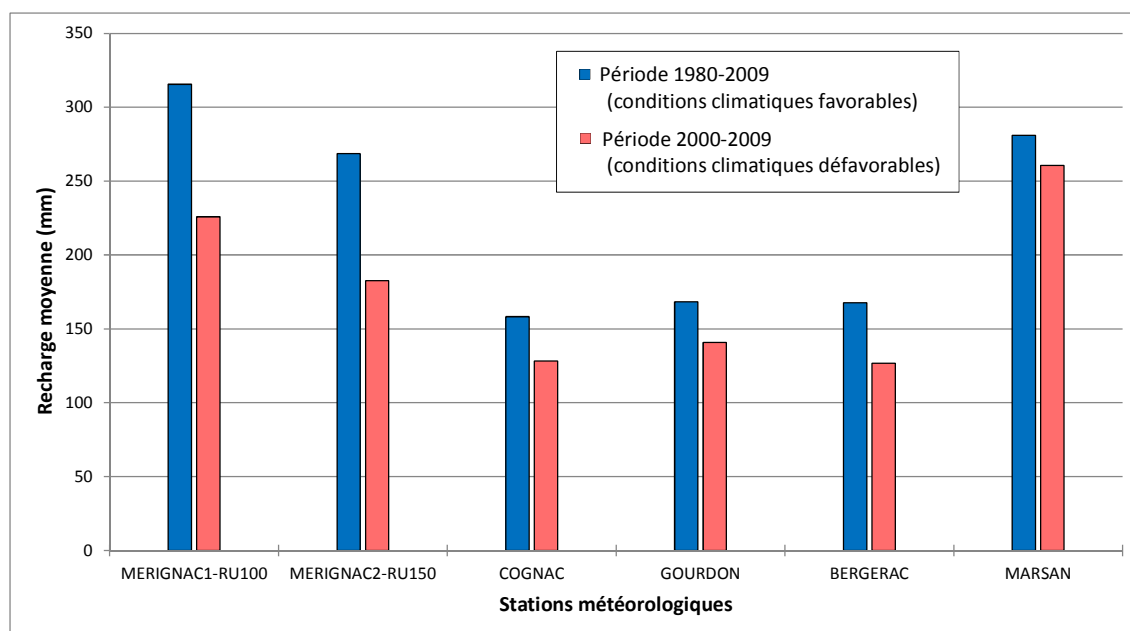


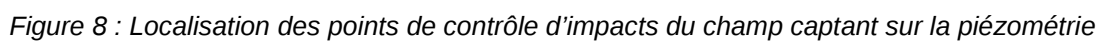
Figure 7 : Comparaison des conditions de recharge introduites dans le modèle pour chacune des stations météorologiques

2.5. PIEZOMETRES D'OBSERVATION

La Figure 8 permet de visualiser la répartition spatiale des 47 points d'observations retenus pour contrôler l'impact du champ captant sur la piézométrie des aquifères du Plio-Quaternaire, de l'Aquitainien, de l'Oligocène et de l'Éocène moyen. Ils englobent notamment les 17 points d'ouvrages SMEGREG identifiés sur la Figure 6.

À noter que les ouvrages oligocènes de Lacanau/Talaris (07778X0037/F5), de Lacanau/Moutchic (08014X0003/F2), de Saint-Médard-en-Jalles/Gamarde (08035X0008/P), de Saint-Médard-en-Jalles/Thil (08035X0281/THIL19) et le forage aquitainien de Castelnau-de-Médoc/UCFA (07787X0002/F) ne disposent pas de

23



Les données piézométriques des autres points ont été récupérées dans la Banque de Données sur les Eaux Souterraines (BDES) gérée par le BRGM. Certains ouvrages constituent déjà des piézomètres de calage du modèle régional. Les chroniques piézométriques additionnelles ainsi obtenues permettent de vérifier la qualité du calage (Annexe 2).

D'une manière générale, les ouvrages disposent de chroniques souvent suffisamment étoffées pour obtenir les niveaux, la tendance et les amplitudes de variations de la piézométrie.

Remarque : le modèle calcule au centre de chaque maille une valeur de niveau piézométrique qui est une valeur moyenne sur la maille. En tenant compte du gradient hydraulique dans la maille, il est possible à partir de cette valeur d'obtenir une estimation du niveau en un point quelconque situé à l'intérieur de la maille. Ce calcul permet de discriminer les points situés dans une même maille, mais les paramètres hydrodynamiques restent néanmoins des paramètres moyens affectés par maille.

Enfin, les piézomètres SP1 (08022X0008), SP2 (08022X0009) et SP3 (08022X0010) réalisés tous les trois par le SMEGREG au lieu-dit de l'étang de la Levade sur la commune de Sainte-Hélène ont été intégrés. Ce triplet de piézomètres permet d'avoir le niveau des nappes du Miocène (SP3 - 08022X0010), de l'Oligocène (SP2 - 08022X0009) et de l'Éocène moyen (SP1 - 08022X0008), sur une verticale au cœur du site choisi pour l'implantation du champ captant. Il a donc été jugé opportun d'intégrer ces points de contrôle.

3. Simulations

L'évaluation de l'impact d'un champ de forages captant la nappe de l'Oligocène dans le secteur de Sainte-Hélène a été réalisée en effectuant 6 simulations prospectives sur la période 2009 à 2029. Trois ont été réalisées avec une recharge calculée sur les 30 dernières années : sans champ captant et pour des champs captants de 10 et de 12 millions de m³/an. De la même manière, trois autres simulations ont été réalisées afin d'évaluer l'impact de ce même champ captant dans des conditions de recharge calculées sur les 10 dernières années.

3.1. SCENARIOS

3.1.1. Tendanciels

Le premier scénario considère une recharge moyenne calculée sur les 30 dernières années (1980-2009) supérieure à celle du second scénario qui prend en compte une recharge dont la moyenne est calculée sur les 10 dernières années (2000-2009). Ces deux scénarios ont pour but d'établir un état de « référence » nécessaire à l'estimation de l'impact du projet indépendamment de toute interférence induite par d'autres phénomènes et notamment celui des prélèvements. Il est élaboré en considérant la poursuite des prélèvements de l'année 2009 à un niveau constant jusqu'en 2029.

On gardera à l'esprit que l'impact du scénario de recharge sur l'Éocène est basé sur une projection de maintien des prélèvements dans les nappes alors même que la vocation du SAGE Nappes Profondes de Gironde, par la mise en place du champ captant, est d'alléger la pression sur cet aquifère. Ainsi, par la suite, seules les variations relatives nous intéresseront, sachant que dans l'absolu, pour cette nappe, les niveaux n'auront pas de sens réel.

3.1.2. Exploitations : Hypothèses de production du champ captant

Le scénario d'exploitation reprend les mêmes hypothèses que le scénario tendanciel mais introduit les prélèvements correspondants à la mise en service du champ captant de Sainte-Hélène. La répartition des 14 forages d'exploitation constituant le champ captant est précisée en Figure 1. Leurs coordonnées prévisionnelles sont (Figure 9) :

Nom	X (en m)	Y (en m)
SH10	338 557	1 998 992
SH4	336 201	1 995 948
SH5	337 708	1 995 888
SH3	338 297	1 994 669
SH2	336 471	1 994 997
SH11	337 205	2 000 478
SF2	339 559	2 001 006

Nom	X (en m)	Y (en m)
SH6	336 444	1 997 349
SH7	337 992	1 997 050
SH9	336 825	1 999 524
SH8	336 553	1 998 371
SH1	336 569	1 993 768
SF1	338 286	2 000 023
SF3	337 600	1 997 976

Figure 9 : Coordonnées des forages du champ captant en Lambert II étendu

Les volumes prélevés sont répartis de façon homogène entre les différents ouvrages du champ captant.

3.2. RESULTATS

L'impact des champs captants sur la piézométrie des aquifères du Plio-Quaternaire, de l'Aquitainien-Burdigalien, de l'Oligocène et de l'Éocène (supérieur et moyen), pour des conditions de recharge différentes, est restitué par comparaison des niveaux piézométriques simulés issus des scénarios tendanciel (état de référence) et d'exploitation. La représentation cartographique des résultats se fait sous forme de :

- chroniques piézométriques sur les différents ouvrages d'observation identifiés (cf. chapitre 2.5). Celles-ci permettent d'observer l'évolution des niveaux piézométriques au cours du temps, l'impact du champ captant en un point donné et de comparer les valeurs simulées aux valeurs observées pour évaluer la qualité du calage. Toutes les chroniques retenues sur la zone d'étude sont présentées en Annexe 2 et Annexe 3.

Remarque : les rabattements simulés sur les piézomètres SP1 (Éocène moyen), SP2 (Oligocène) et SP3 (Aquitainien-Burdigalien) ainsi que sur les ouvrages AEP de Saumos (08026X0034 à l'Oligocène et 08026X0001 au Miocène) sont fournis à titre indicatif car ils sont très proches, voire situés dans les mailles de prélèvements du champ captant. Les rabattements qui sont calculés au sein de la maille sont dans un premier temps représentatifs de l'ensemble de la maille soit 4 km². Le rabattement à l'aplomb du forage est ensuite calculé par interpolation linéaire permettant de prendre en compte la position du forage dans la maille. Il n'en reste pas moins vrai que les charges calculées sont à prendre avec précaution du fait de cette simple interpolation linéaire : un facteur correctif doit ensuite être appliqué pour passer au rabattement induit dans le forage, hors pertes de charges quadratiques (dues à la conception et au vieillissement éventuel du forage). Les résultats obtenus ne permettent donc pas de juger du rabattement réel au droit des ouvrages d'exploitation ou des piézomètres d'observations mais fournissent un état moyen.

- cartes de rabattements après 20 ans d'exploitation.

Remarque : On notera ici que le terme « rabattement » ne traduit pas par la suite l'abaissement du niveau piézométrique par rapport au niveau naturel ou niveau initial (soit le niveau de 2009), tel que défini par Castany et Margat (1977), mais fait référence à la différence entre deux états finaux (ceux de 2029) déduits des cartes piézométriques du scénario d'exploitation et du scénario tendanciel (état de référence).

- Un tableau récapitulatif (Figure 10) des niveaux piézométriques de 2009 et 2029 pour l'ensemble des points d'observation dans toutes les conditions d'exploitation et de recharge.

Réservoirs	Points observation	Cote toit aquifère Oligocène (en mNGF)	Niveau piézo. H=2009 (en mNGF)	Scénarios tendanciels		Scénarios « recharge favorable » (moyenne des 30 dernières années)		Scénarios « recharge défavorable » (moyenne des 10 dernières années)	
				Recharge moy. 30 dernières années H=2029 (en mNGF)	Recharge moy. 10 dernières années H=2029 (en mNGF)	Champ captant 10 Mm ³ /an H=2029 (en mNGF)	Champ captant 12 Mm ³ /an H=2029 (en mNGF)	Champ captant 10 Mm ³ /an H=2029 (en mNGF)	Champ captant 12 Mm ³ /an H=2029 (en mNGF)
Plio-Quaternaire	07786X0051		29.2	29.4	28.7	29.3	29.2	28.4	28.3
	08022X0004		29.9	29.9	28.1	29.3	29.1	26.7	26.4
	08022X0013		30.3	30.4	29.3	30.0	29.8	27.8	27.6
	08025X0009		30.00	29.9	27.1	29.3	29.1	26.1	25.9
	Rabatement max.					-0.8 m / Tend.Rech30	-1 m / Tend.Rech30	-1.7m / Tend.Rech10	-2.0 m / Tend.Rech10
Aquitainen (Miocène)	08022X0010		29.2	29.3	28.0	21.7	20.3	19.6	18.1
	08023X0001		41.2	41.6	39.6	41.4	41.4	38.8	38.6
	08026X0001		27.7	27.7	25.6	21.8	20.7	19.3	18.2
	08271X0003		49.4	49.7	46.6	49.7	49.7	46.6	47.6
	Rabatement max.					-12.7 m / Tend.Rech30	-15.0 m / Tend.Rech30	-13.5 m / Tend.Rech10	-15.8 m / Tend.Rech10
Oligocène	07778X0002	-125	9.5	9.6	9.4	9.2	9.2	9.0	9.0
	07778X0033	-169	10.7	10.7	10.4	9.9	9.7	9.6	9.4
	07778X0037	-119	15.5	15.5	15.0	13.6	13.2	12.9	12.5
	07786X0001	-34	25.8	25.8	25.7	25.3	25.2	24.4	24.3
	08013X0001	-164	9.9	9.9	9.8	9.4	9.3	9.2	9.1
	08014X0003	-144	11.9	11.9	11.6	10.9	10.7	10.5	10.3
	08014X0004	-171	10.7	10.7	10.5	9.9	9.8	9.7	9.5
	08018X0002	-149	10.2	10.2	9.9	9.3	9.1	8.9	8.8
	08018X0004	-215	9.6	9.6	9.4	9.0	9.0	8.8	8.7
	08021X0001	-117	16.3	16.4	15.8	13.8	13.3	13.1	12.6
	08021X0002	-117	16.4	16.5	15.9	13.9	13.5	13.2	12.7
	08022X0009	-120	28.0	28.0	26.7	-1.0	-6.2	-3.0	-8.2
	08023X0039	-60	37.6	37.9	35.9	36.7	36.5	34.3	34.0
	08024X0019	13	43.7	44.1	41.1	44.0	44.0	41.0	40.9
	08024X0050	8	37.9	38.1	36.1	38.1	38.1	36.0	35.9
	08026X0034	-116	23.5	23.4	21.7	-24.5	-32.9	-26.4	-34.9
	08028X0176	-47	30.0	30.1	28.0	30.0	30.1	27.9	27.9
	08035X0008	13	8.9	9.4	6.9	9.4	9.4	6.9	6.9
	08035X0013	-6	13.0	13.4	11.5	13.4	13.4	11.4	11.4
	08035X0281	13	9.7	10.2	7.9	10.2	10.2	7.8	7.8
	08035X0441	8	7.0	7.5	4.5	7.5	7.5	4.4	4.4
	08035X0444	-29	23.0	23.5	20.5	23.4	23.4	20.5	20.5
	08253X0010	-227	4.1	4.1	3.7	3.9	3.8	3.5	3.5
	08253X0011	-235	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8
	08254X0011	-159	7.4	7.4	6.6	7.0	7.0	6.2	6.2
	08262X0096	-127	34.2	34.0	30.4	33.7	33.6	30.1	30.0
	08264X0012	-45	31.9	32.1	29.3	32.1	32.1	29.3	29.3
	08271X0002	-16	27.0	27.4	23.9	27.3	27.3	23.9	23.9
	08271X0106	-17	15.4	15.8	12.9	15.8	15.8	12.9	12.9
	Min. calculé	-120				-42.7	-54.6	-44.6	-56.6
	Rabatement max.					-67.6 m / Tend.Rech30	-79.5 m / Tend.Rech30	-68.1 m / Tend.Rech10	-80.0 m / Tend.Rech10
Éocène moyen	07774X0001		11.1	11.1	10.8	10.7	10.7	10.4	10.3
	07785X0001		18.0	18.1	17.5	17.7	17.7	17.1	17.0
	07788X0037		0.7	0.2	-2.1	0.1	0.1	-2.2	-2.2
	08022X0008		18.0	18.0	16.9	14.3	13.7	13.0	12.3
	08035X0425		-13.4	-14.5	-17.4	-14.6	-14.6	-17.5	-17.5
	08254X0012		3.9	3.8	3.3	3.5	3.5	3.0	2.9
	08261X0030		4.4	4.3	3.5	3.9	3.8	3.1	3.0
	08264X0004		-1.1	-1.8	-4.3	-2.2	-2.2	-4.7	-4.8
	08271X0213		-15.5	-16.7	-19.6	-16.8	-16.8	-19.7	-19.8
	Rabatement max.					-4.8 m / Tend. Rech30	-5.7 m / Tend.Rech30	-5.0 m / Tend.Rech10	-5.8 m / Tend.Rech10

Figure 10 : Tableau récapitulatif des niveaux piézométriques calculés sur les points d'observation

3.2.1. Impact du scénario de recharge

Afin de préciser l'impact des champs captants, une évaluation au préalable de l'impact des recharges introduites dans le modèle est nécessaire. Celle-ci s'effectue en établissant une carte de différence de l'état piézométrique des nappes à l'horizon 2029 entre les deux scénarios tendanciels (Figure 11).

Dans des conditions de recharge favorables, les variations piézométriques observées pour les nappes tertiaires restent très faibles notamment dans le secteur de Sainte-Hélène. Au nord de la structure anticlinale de Villagrains-Landiras, les baisses les plus importantes sont de l'ordre de 30 cm. Elles peuvent localement atteindre 1 m pour la nappe de l'Éocène moyen. On notera également que les valeurs de recharge affectées à certaines mailles conduisent à des instabilités numériques dans la nappe oligocène qui modifient de manière importante le niveau piézométrique au droit de certains ouvrages.

Une poursuite sur la période 2010-2029 des conditions de recharge observées depuis 10 ans accentue fortement les baisses piézométriques à l'horizon 2029. Ce sont les zones d'alimentation qui sont les plus affectées par cette baisse. Ces zones concernent à la fois les affleurements, à l'origine et les zones de drainance entre aquifères, notamment depuis le Plio-Quaternaire jusqu'à l'Oligocène dans le centre et le sud-ouest du domaine où des baisses supérieures à 4 m sont observées. À proximité de l'océan, les baisses sont plus modérées en raison des potentiels imposés qui traduisent le niveau moyen de l'océan ou de l'estuaire de la Gironde dans le modèle. La présence de ces potentiels imposés ne permet pas de s'affranchir totalement de leur impact sur les rabattements calculés au niveau du littoral.

Les chroniques piézométriques présentées en Annexe 2 et Annexe 3 permettent d'observer la réaction des différentes nappes aux conditions de recharge sur l'ensemble de la période concernée. Ainsi, une recharge moyenne calculée sur les 30 dernières années induit une relative stabilité voire une légère augmentation des niveaux piézométriques à l'horizon 2029. Au contraire, des conditions de recharge plus sévères (recharge moyenne calculée sur les 10 dernières années) imposent une baisse continue des niveaux piézométriques sur la période 2010-2029, dans la continuité de celle manifestée depuis quelques années. La tendance générale, observable sur ces chroniques, laisse présager d'une poursuite de la baisse piézométrique sur l'ensemble des nappes au-delà de 2029.

Toutefois, on gardera à l'esprit que les recharges introduites en données d'entrée jouent un rôle majeur sur la piézométrie. Aussi, une projection climatique considérant la poursuite de la recharge moyenne de ces dix dernières années aboutit à des réductions drastiques de la recharge, événements non observés sur la période de calage du Modèle Nord-Aquitain. Les lois de recharge utilisées actuellement pourraient s'avérer, au moins partiellement, inadaptées dans les conditions climatiques fortement défavorables prises en compte sur la période prospective. Il faut donc considérer les résultats obtenus avec toute la mesure qui s'impose en gardant à l'esprit les limites de l'exercice.

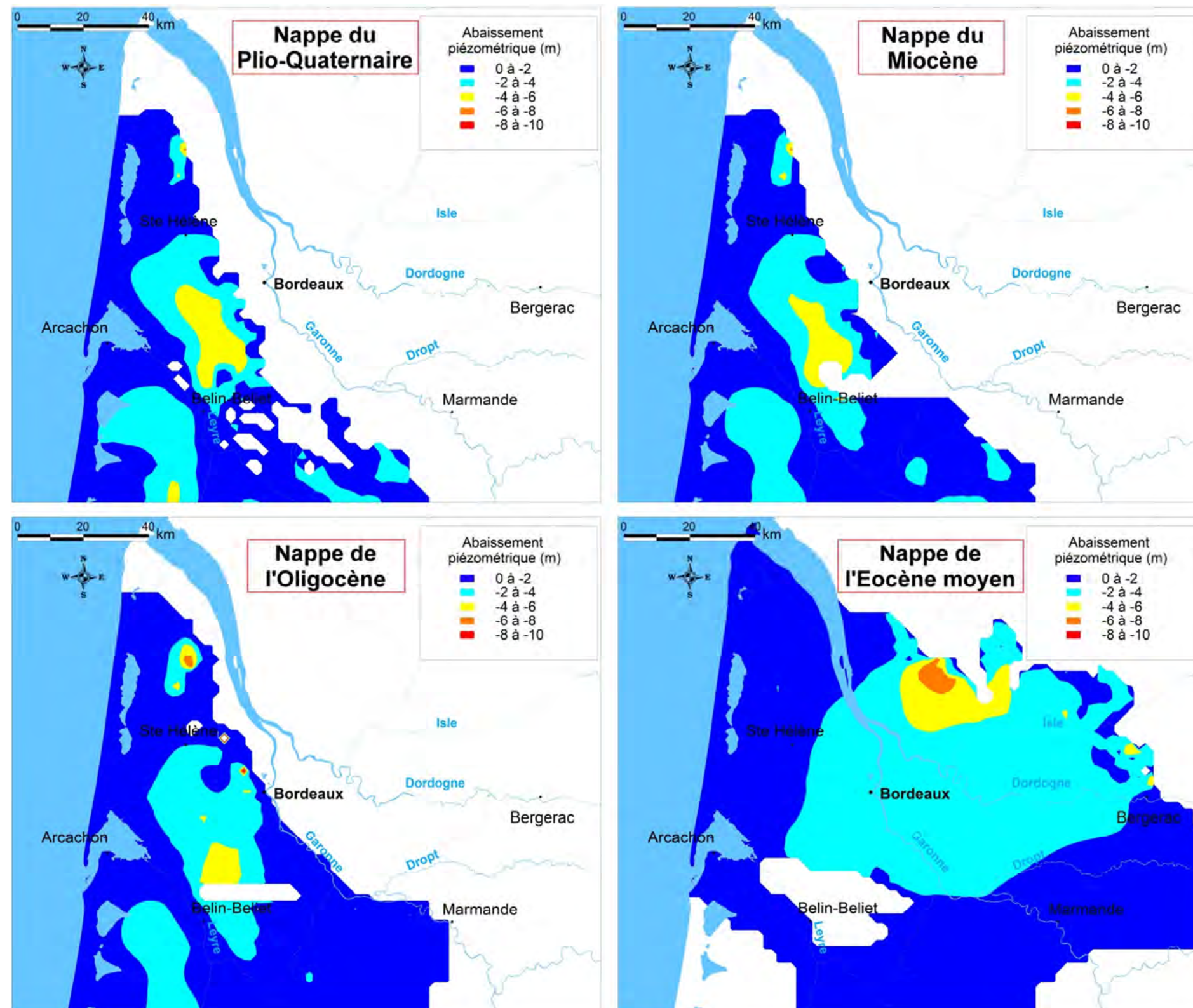


Figure 11 : Variations piézométriques calculées en 2029 en l'absence d'exploitation du champ captant (Différence entre la recharge défavorable (R10) et la recharge favorable (R30))

3.2.2. Impacts des champs captants dans des conditions de recharge égales à la moyenne calculée de ces 30 dernières années

Exploitation du champ captant à 10 millions de m³/an

- **Aquifère plio-quaternaire**

L'impact de l'exploitation du champ captant sur la nappe du Plio-Quaternaire est modéré. Les rabattements calculés sont inférieurs au mètre. La carte de différences piézométriques entre le scénario tendanciel et le scénario d'exploitation en 2029 (Figure 12) montre ainsi une baisse maximum de 80 cm au droit du champ captant. La dépression apparaît dissymétrique avec une propagation plus marquée vers le sud. Le rabattement calculé est d'environ 0,25 m à 14,5 km au sud du champ captant alors que cette même valeur est obtenue à une distance de seulement 8,5 km vers le nord.

La carte piézométrique simulée en 2029 confirme le faible impact de l'exploitation du champ captant sur la distribution des isopièzes (Figure 13) laquelle montre un écoulement vers l'ouest au droit du secteur de Sainte-Hélène.

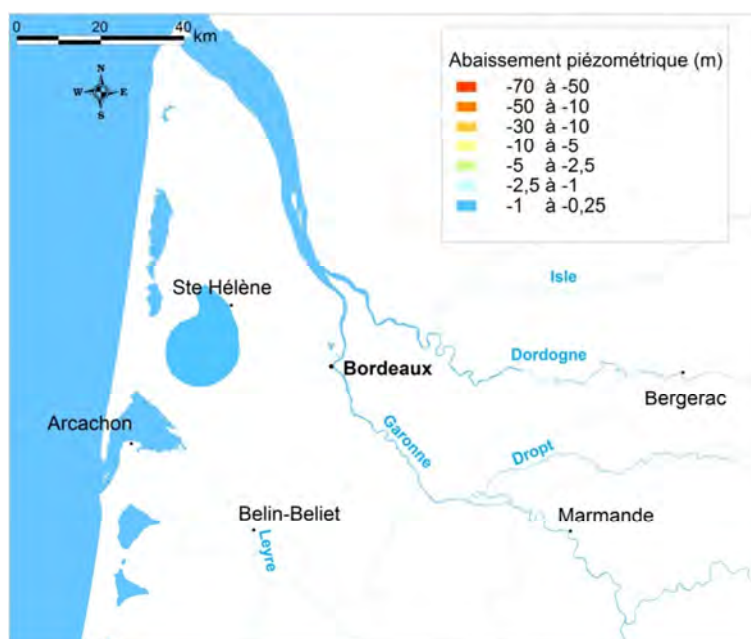


Figure 12 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel – Recharge moy. des 30 dernières années

Compte-tenu du niveau de représentation du modèle, il n'est pas possible de vérifier l'impact éventuel de l'exploitation du champ captant sur les étangs de Lacanau et d'Hourtin ou encore la présence d'un éventuel biseau salé dans la nappe du Plio-quaternaire. Néanmoins, les faibles rabattements calculés par le modèle dans le Plio-quaternaire au droit de ces zones laissent supposer que l'impact serait très limité.

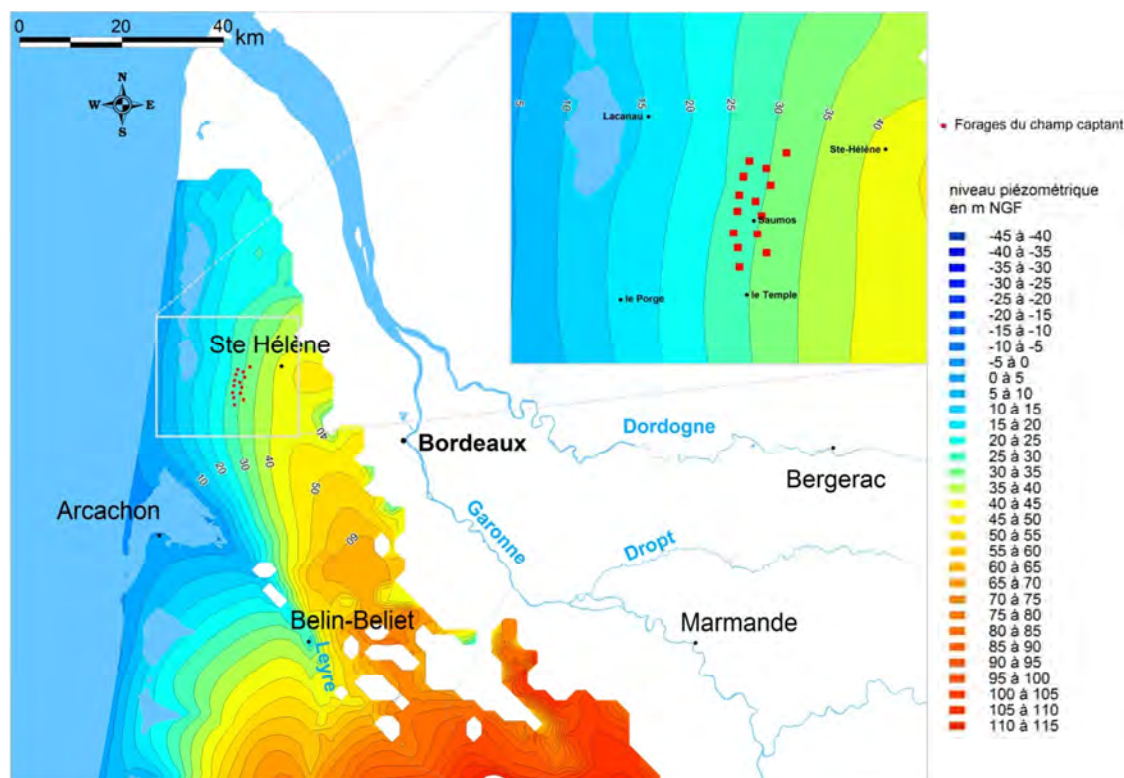


Figure 13 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

• Aquifère miocène

L'impact de l'exploitation de l'aquifère de l'Oligocène sur celui du Miocène (Aquitainien) n'est pas négligeable. La mise en fonctionnement du champ captant induit un rabattement rapide sur la nappe du Miocène qui se stabilise au bout de 2 ans. Une diminution au droit du champ captant pouvant atteindre près de 13 m est observable (Figure 14). Les chroniques piézométriques calculées au forage SP3 (08022X0010) indiquent un abaissement piézométrique proche de 8 m. La dépression générée apparaît dissymétrique avec une propagation plus marquée vers l'ouest. Le rabattement calculé est d'environ 0,25 m à 15,5 km à l'ouest du champ captant alors que cette même valeur est obtenue à une distance de seulement 9,5 km vers l'est.

La carte piézométrique simulée pour l'Aquitainien en 2029 montre l'impact de l'exploitation du champ captant sur la distribution des isopièzes (Figure 15). Le sens d'écoulement général vers l'ouest est maintenu mais l'abaissement piézométrique induit par le champ captant provoque la formation d'un axe de drainage. La structure piézométrique haute à l'est joue le rôle de limite d'alimentation, réduisant ainsi l'influence du champ dans cette direction. En atteste un rabattement d'un peu plus de 20 cm au forage communal de Sainte-Hélène (08023X0001) au bout de 20 ans d'exploitation. La bonne réalimentation de cet aquifère depuis la nappe du Plio-Quaternaire et ses propriétés hydrodynamiques restreignent l'abaissement des niveaux piézométriques et la propagation de la dépression autour du champ captant.

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

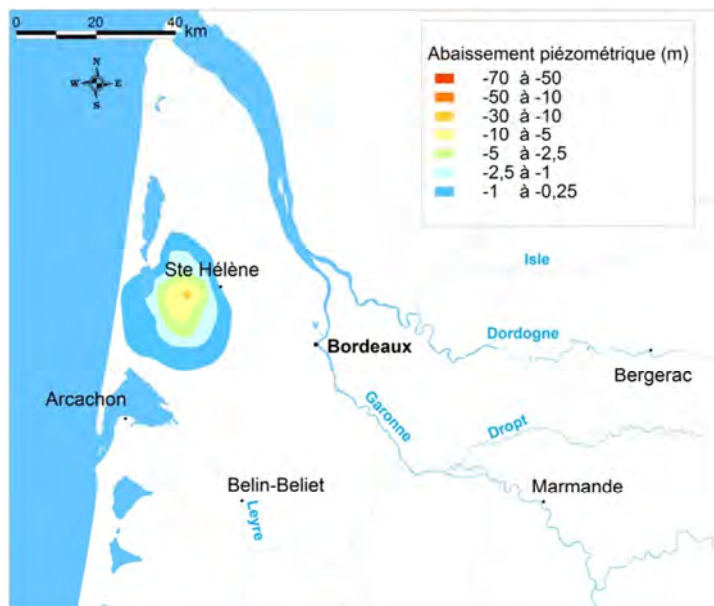


Figure 14 : Miocène (Aquitainien) - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

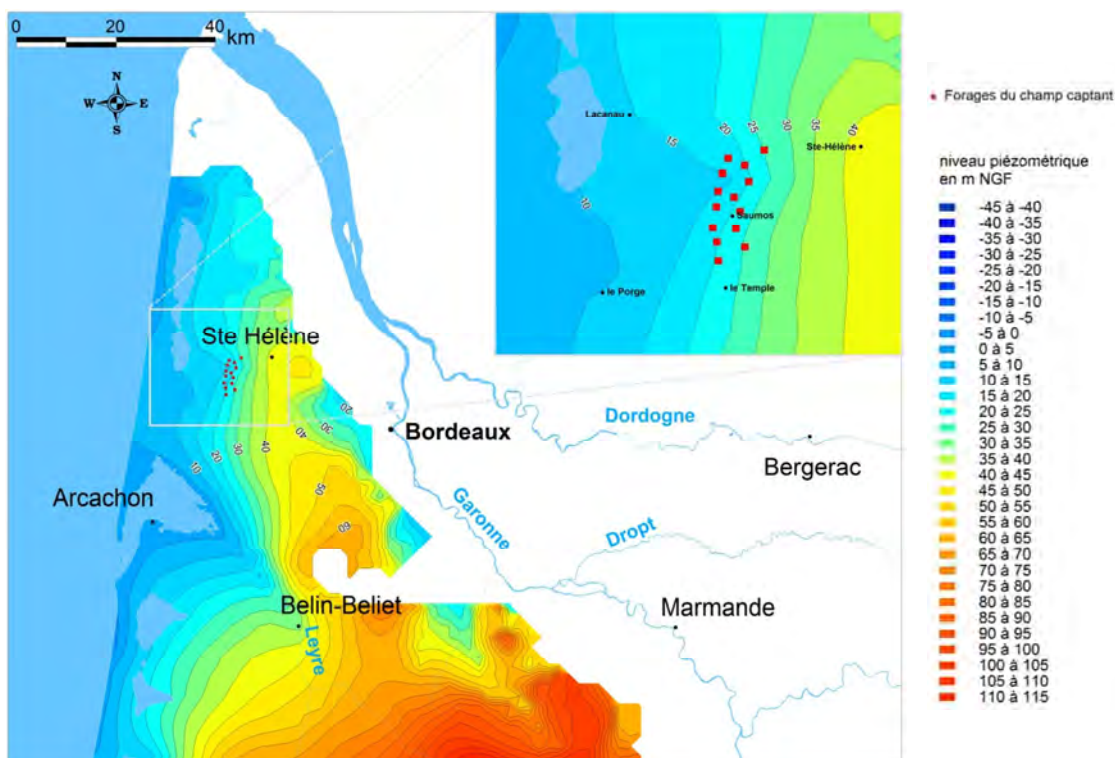


Figure 15 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

- **Aquifère oligocène**

Les rabattements les plus importants sont logiquement observés dans l'Oligocène (Figure 16 et Figure 17) au droit du champ captant. L'impact est maximum dans les mailles au droit des forages d'exploitation avec des abaissments piézométriques pouvant atteindre 67 m. On notera que les niveaux piézométriques montrent une stabilisation après deux ans d'exploitation (Annexe 2).

Comme dans le Miocène, une forte dissymétrie de la dépression apparaît, avec des rabattements plus marqués à l'ouest. Les rabattements calculés par le modèle deviennent inférieurs à 0,25 m au-delà de 15,5 km vers l'ouest et 23 km vers le sud-ouest contre seulement 12 km vers l'est. Ainsi, l'impact est visible sur tous les ouvrages de la façade atlantique (Annexe 2) avec à Lacanau une baisse calculée de 2,5 m sur les ouvrages communaux (08021X0001/F et 08021X0002/F3) et de 0,5 m au lieu-dit Océan (08013X001/F4). Des baisses de 0,35 m à Carcans (07778X0002/F) et de 0,50 m au Porge (08018X0004/F) sont également constatées.

Parallèlement, la propagation de la dépression est beaucoup plus marquée vers le sud-ouest, en direction du Bassin d'Arcachon, que dans le Miocène. Celle-ci peut être attribuée au confinement plus important de l'aquifère dans ce secteur. Les forages d'Andernos (08254X0011/F) et de Lège-Cap-Ferret (08253X0010/F) (Annexe 2) apparaissent légèrement impactés, avec des baisses respectives de 30 cm et 20 cm. L'ampleur du rabattement sur ces ouvrages du pourtour du Bassin d'Arcachon reste cependant difficile à apprécier finement notamment à cause des incertitudes sur le rôle hydraulique des failles du secteur (en particulier celle de la Leyre). Elles pourraient localement limiter la propagation d'influence de la dépression vers le sud.

Vers l'est, on observe le phénomène inverse. La présence des charges élevées au droit de la ligne de partage des eaux entre les écoulements orientés vers la Garonne et ceux se dirigeant vers l'océan (Figure 17) limite l'extension de la dépression engendrée par le champ captant. Cette structuration des écoulements conjuguée à des transmissivités élevées se traduit par une bonne réalimentation du réservoir depuis les aquifères sus-jacents.

L'influence de la lacune oligocène à l'est du champ captant n'apparaît pas significative d'un point de vue hydraulique. L'effet de limite induit par cette lacune est vraisemblablement masqué par les apports d'eau depuis les aquifères sus-jacents.

L'influence sur les forages situés à l'est et au sud-est se trouve ainsi réduite comme en témoignent les rabattements nuls calculés au droit de Saint-Aubin-de-Médoc (08024X0019/F2) et de Saint-Médard-en Jalles (08024X0050/F) (Annexe 2).

À l'ouest de la CUB, dans le secteur des sources du Thil (08035X0281/THIL19) et du champ captant de Gamarde (08035X0008/P), le modèle ne montre pas d'évolution sensible du niveau piézométrique entre les deux scénarios. Il n'y a pas non plus de diminution des débordements aux abords des zones d'affleurements. Il faut noter que la précision du modèle régional (taille du maillage et pas de temps essentiellement) ne permet pas de reproduire finement le fonctionnement hydraulique de ces secteurs, il

existe donc une incertitude sur les résultats obtenus. Toutefois, il apparaît clairement qu'un maintien des pressions à l'amont hydraulique de ces sources, tel que le montre le modèle dans les conditions de recharge et de prélèvements retenus pour les scénarios, serait le gage d'un impact limité du champ captant sur celles-ci. Ainsi, les chroniques des points 08024X0019 à Saint-Aubin-du-Médoc et 08024X0050 à Saint-Médard-en-Jalles ne montrent pas d'abaissement piézométrique induit par le champ captant. Cependant, il faut noter qu'en dehors de ces deux forages, il n'existe pas à l'heure actuelle de points de contrôle de la piézométrie à moins de 17 km à l'est de l'emplacement du futur champ captant. La réalisation de piézomètres dans ce secteur serait très utile pour affiner la connaissance du réservoir oligocène dans ce secteur à fort enjeu (paramètre hydrodynamiques, piézométrie) supposé correspondre à une ligne de partage des eaux entre les écoulements dirigés vers l'océan et ceux allant vers la Garonne. Ces forages pourraient être utilisés dans le futur pour évaluer physiquement l'impact vers l'est du champ après sa mise en service.

La comparaison des niveaux piézométriques issus du scénario tendanciel à l'horizon 2029 et des cotes du toit de l'aquifère oligocène ne montre pas de dénoyage du réservoir à l'échelle régionale suite à la mise en service du champ captant. En revanche, comme indiqué par ailleurs, les niveaux piézométriques calculés sont représentatifs d'une maille de 4 km² au pas de temps annuel. Le modèle ne permet donc pas en l'état d'écarter l'hypothèse d'un dénoyage local aux abords du champ captant lié aux interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation (notamment dans la partie nord où l'aquifère est moins profond).

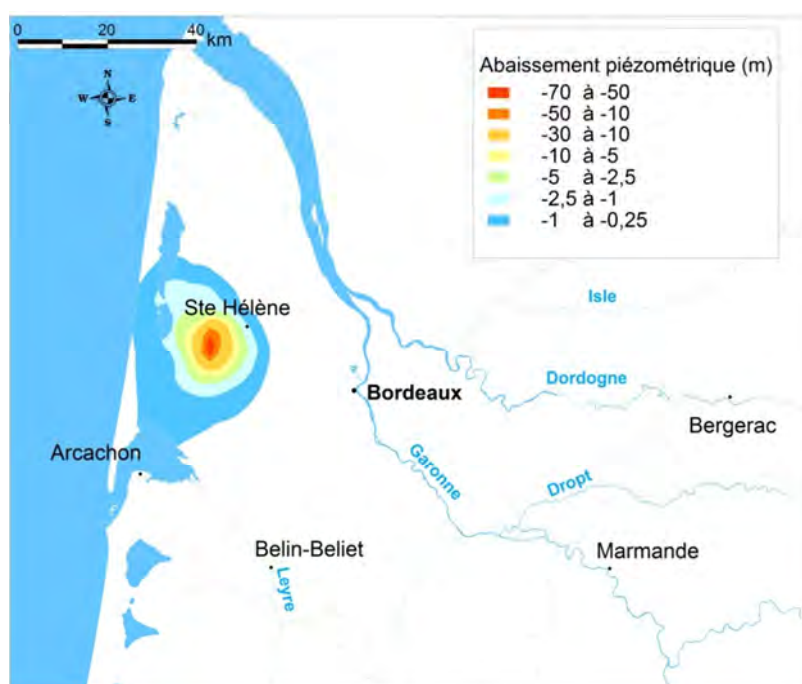
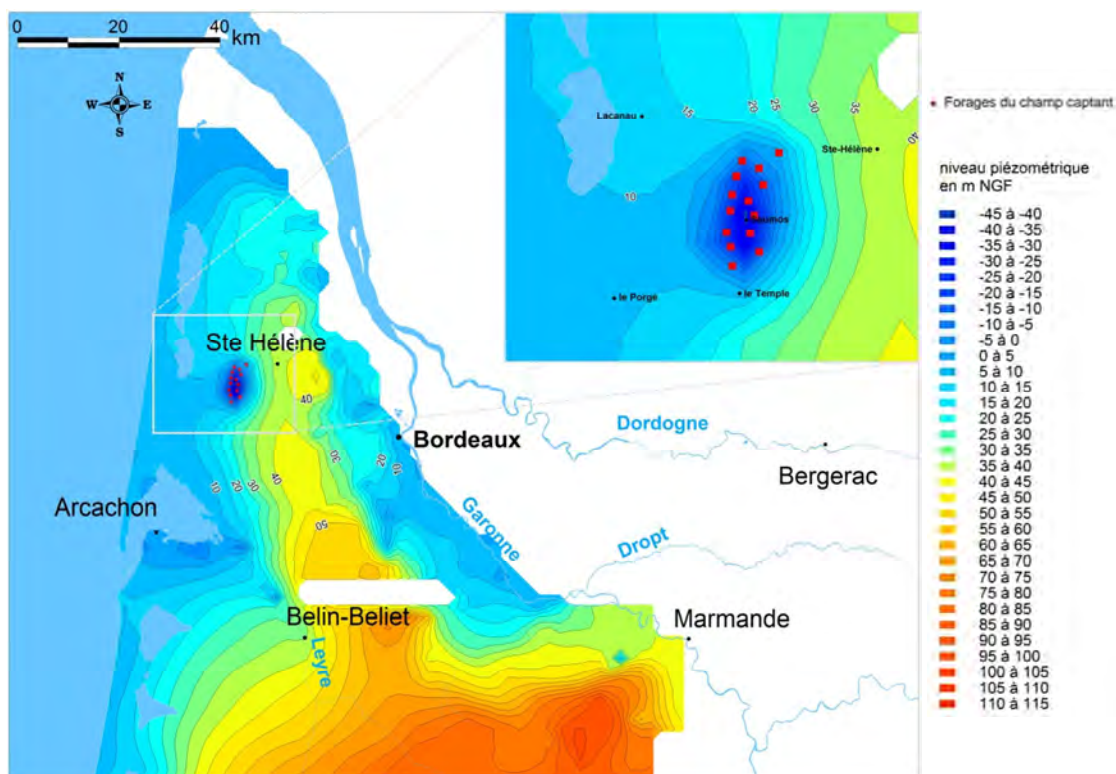


Figure 16 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années



• Aquifère éocène supérieur

Cet aquifère présente des caractéristiques hydrodynamiques très médiocres sur le secteur d'étude (valeurs de perméabilités de 5.10^{-7} à 1.10^{-6} m/s dans le modèle). Il n'y a pas de chroniques d'observation ni de forages d'exploitation recensés dans cette zone. Cet aquifère ne présente que peu d'intérêt mais joue le rôle de tampon vis-à-vis de l'influence du champ captant sur le principal aquifère de l'Éocène moyen situé en dessous. Les rabattements calculés seraient de l'ordre de 10 à 30 mètres au droit du champ captant selon les secteurs considérés. Ces valeurs s'expliquent essentiellement par les caractéristiques hydrodynamiques médiocres de cette couche. Le forage de reconnaissance réalisé dans le secteur (SP1) confirme le caractère peu aquifère de cet ensemble constitué pour l'essentiel de calcaires marneux.

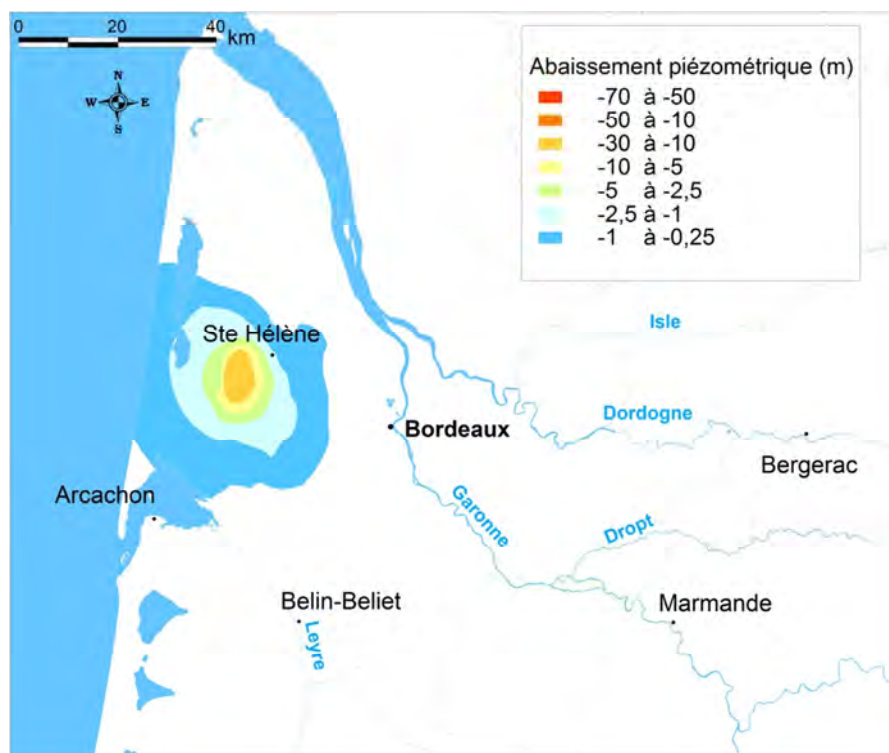


Figure 18 : Éocène supérieur - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

- **Aquifère éocène moyen**

L'aquifère de l'Éocène moyen apparaît impacté plus modérément (Figure 19 et Figure 20). Le rabattement maximum calculé est proche de 5 m au bout de 20 ans dans les mailles au droit des forages d'exploitation. Le caractère très confiné de l'aquifère entraîne une large propagation de la dépression induite par la mise en service du champ captant. Toutefois, l'impact s'atténue rapidement avec la distance. Après 20 années d'exploitation, le rayon moyen de la dépression est de l'ordre de 20 km pour un rabattement de 0,25 m. La structure de la dépression est beaucoup moins dissymétrique que celle calculée dans l'Oligocène et le Miocène du fait de paramètres de perméabilités assez homogènes et d'une structure piézométrique haute moins marquée à l'est. En effet, les flux de drainage verticaux descendants sont beaucoup moins conséquents que dans les couches de l'Oligocène et du Miocène ce qui ne limite pas l'extension de la dépression vers l'est. Quelques ouvrages de l'Éocène moyen montrent d'ailleurs une très légère baisse des niveaux piézométriques (St-Jean-d'Illac – 08264X0004 ou Arès - 08254X0012), de l'ordre de 35 cm.

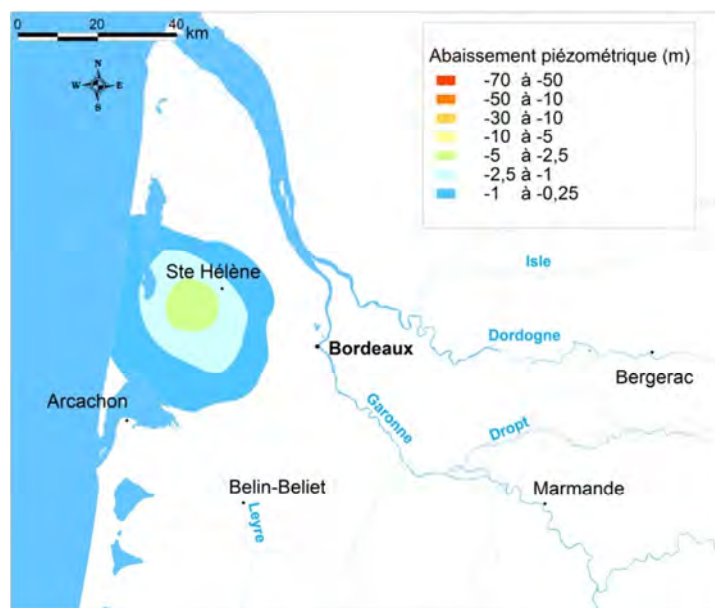


Figure 19 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 millions de m³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

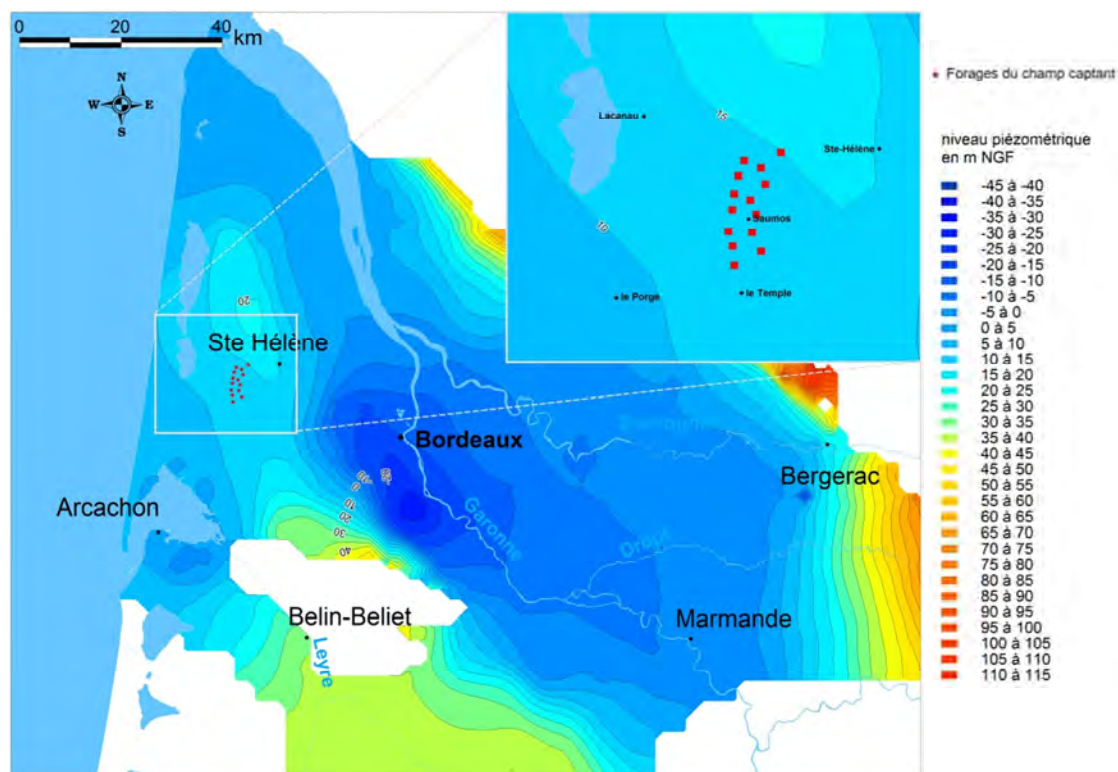


Figure 20 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

Exploitation du champ captant à 12 millions de m³/an

- **Aquifère plio-quadernaire**

L'exploitation du champ captant à 12 Mm³/an dans le réservoir oligocène n'a qu'un faible impact sur la nappe plio-quadernaire. De la même manière que pour un scénario d'exploitation à 10 Mm³/an, la carte de différences piézométriques entre le scénario tendanciel et le scénario d'exploitation en 2029 (Figure 21) montre une baisse maximum de l'ordre de 1 m. La dépression, toujours dissymétrique, est légèrement plus étendue avec un rabattement calculé d'environ 0,25 m à 15,5 km au sud du champ captant (+1 km par rapport à une exploitation de 10 Mm³/an), cette valeur étant atteinte à seulement 10 km au nord (contre 8,5 km dans le précédent scénario d'exploitation).

La carte piézométrique simulée en 2029 confirme le faible impact de l'exploitation du champ captant sur la distribution des isopièzes (Figure 22).

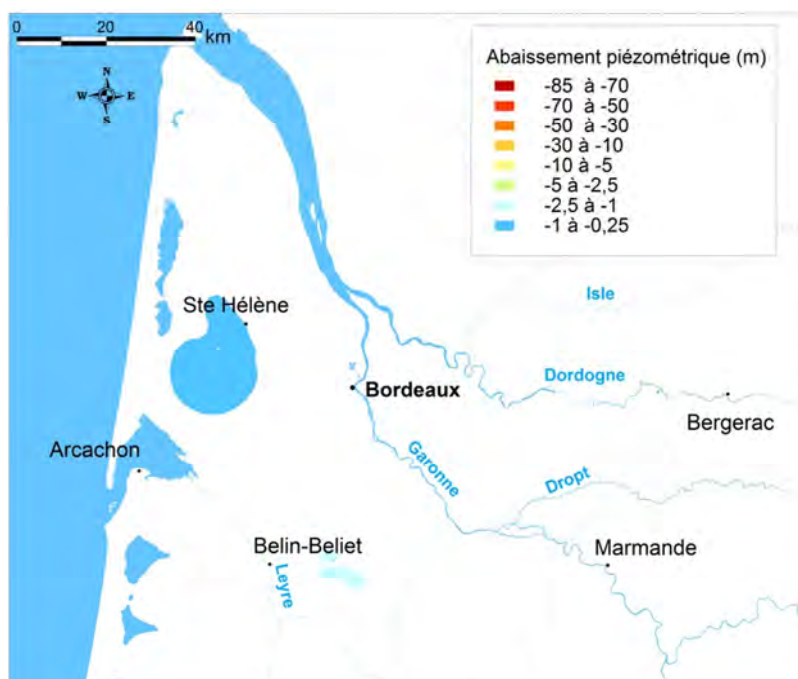


Figure 21 : Plio-Quadernaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

Comme indiqué précédemment, le modèle ne permet pas de vérifier l'impact éventuel de l'exploitation du champ captant sur les étangs de Lacanau et d'Hourtin ou encore la présence d'un éventuel biseau salé dans la nappe du Plio-quadernaire. Néanmoins, les faibles rabattements calculés par le modèle dans cette couche au droit de ces zones laissent supposer que l'impact serait très limité.

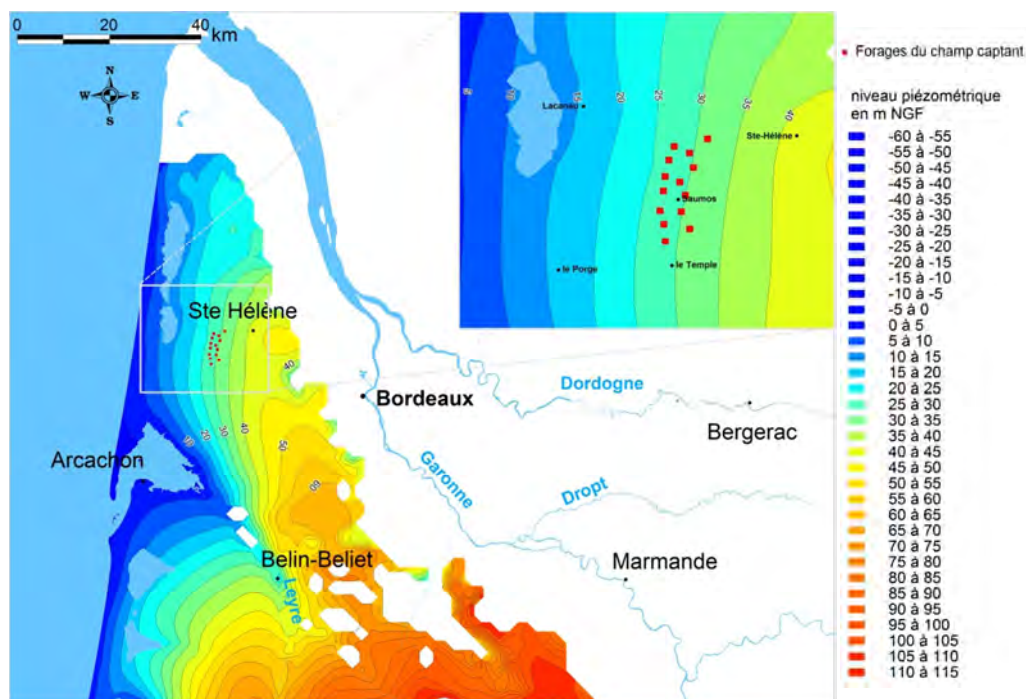


Figure 22 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

• Aquifère miocène

L'impact de l'exploitation de l'aquifère oligocène sur celui du Miocène (Aquitainien) est significatif. La carte de différences piézométriques entre le scénario tendanciel et celui d'exploitation à l'horizon 2029 (Figure 23) montre une baisse piézométrique maximale de 15 m. Cette valeur est de 2 m supérieure à celle observée pour un scénario d'exploitation de 10 Mm³/an (Figure 24). Les chroniques piézométriques calculées au droit du forage SP3 au lieu-dit étang Levade (08022X0010) font état d'un abaissement piézométrique de 9 m, soit plus d'1 m supérieur au précédent scénario d'exploitation.

La dépression engendrée montre une propagation également plus importante. Le rabattement calculé est d'environ 0,25 m à 17 km à l'ouest du champ captant, cette même valeur étant obtenue à 10 km à l'est.

L'exploitation à 12 Mm³/an amplifie la déformation des isopièzes observé précédemment pour une exploitation à 10 Mm³/an (Figure 25). Un léger resserrement des isopièzes est observé depuis la zone haute à l'est (rôle de limite d'alimentation) vers l'ouest. Aussi, l'augmentation des prélèvements de 2 Mm³/an engendre un abaissement piézométrique supplémentaire de seulement 6 cm au forage de Sainte-Hélène (08023X0001) tandis qu'à Saumos (08026X0001), il est de l'ordre d'1 m.

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

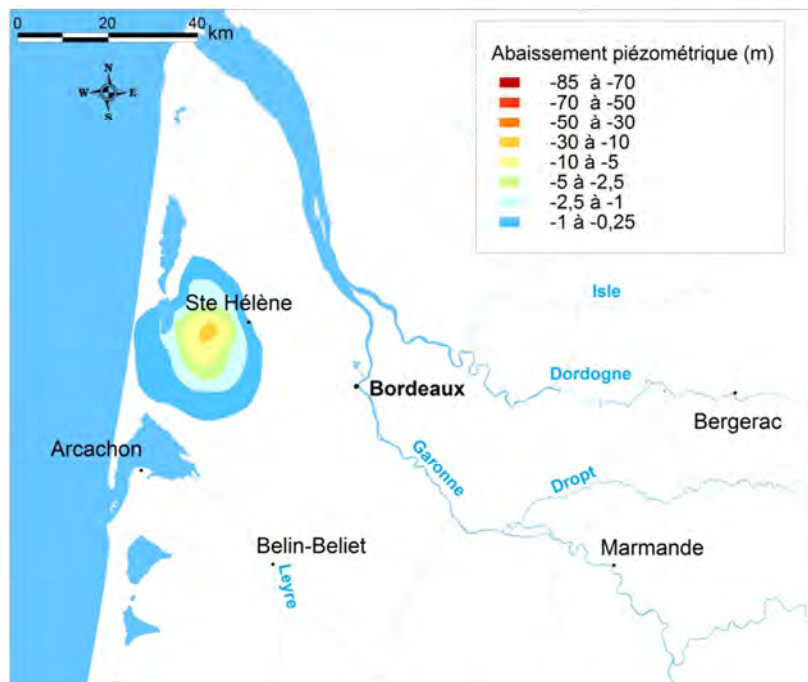


Figure 23 : Miocène (Aquitainien) – Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

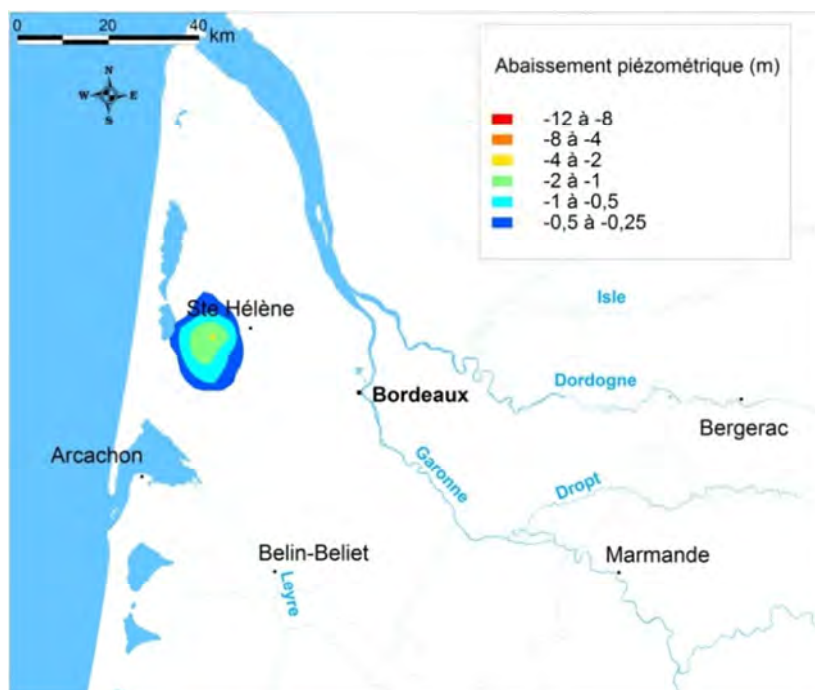


Figure 24 : Abaissement piézométrique calculé pour le Miocène (Aquitainien) par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

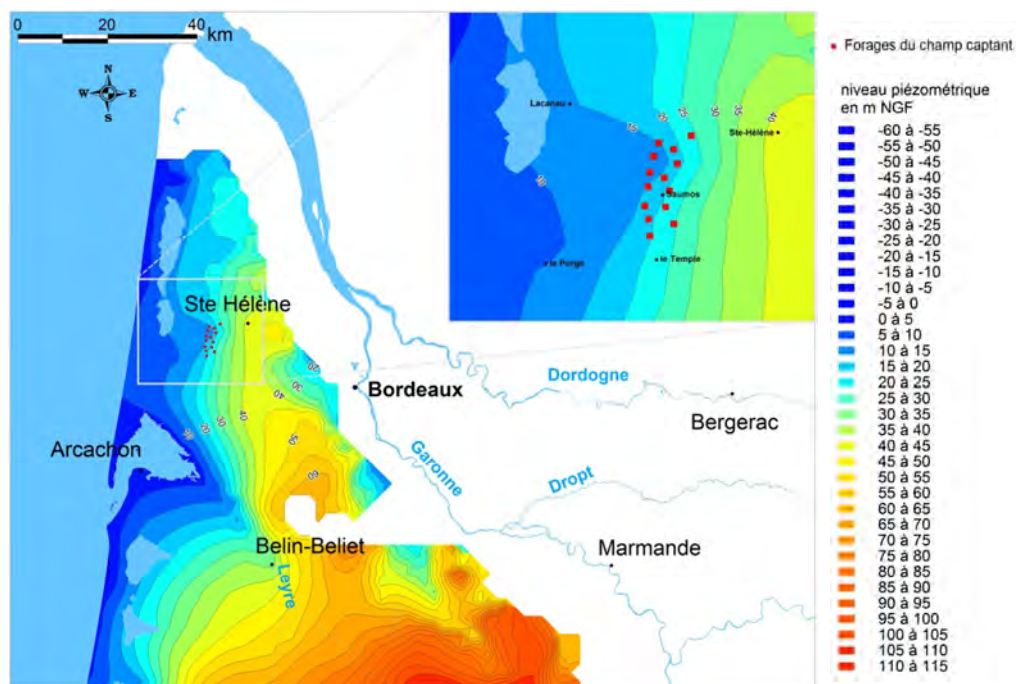


Figure 25 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

• Aquifère oligocène

L'impact d'une exploitation à 12 Mm³/an est encore plus marqué dans l'aquifère oligocène avec un abaissement piézométrique maximal calculé de 79,5 m au droit du champ captant, soit 12 m de plus en comparaison de l'exploitation à 10 Mm³/an (Figure 26 et Figure 27). Les points d'observation de Saumos (08026X0034/F2) et SP2 (08022X0009/SP2) montrent ainsi un abaissement piézométrique respectivement de 56,26 m et 34,2 m par rapport au scénario tendanciel, soit 8,4 m et 5,14 m de plus que dans le précédent scénario d'exploitation.

La dépression engendrée présente toujours une dissymétrie qui s'amplifie principalement dans la direction du sud-ouest avec un rabattement inférieur à 0,25 m à partir de 24 km dans cette direction contre 23 km précédemment. Elle s'illustre ainsi sur le forage du Porge (08018X0004/F), qui marque un rabattement de 0,65 m, soit 10 cm de plus que précédemment, puis d'Andernos (08254X0011/F).

Le maintien des charges élevées à l'est du secteur d'étude (Figure 28) limite toujours la propagation de cette dépression vers l'est comme le confirment les rabattements nuls calculés au droit de Saint-Aubin-de-Médoc (08024X0019/F2) et de Saint-Médard-en Jalles (08024X0050/F). Ainsi, pour les sources du Thil (08035X0281/THIL19) et du champ captant de Gamarde (08035X0008/P), le modèle ne montre pas d'évolution du niveau piézométrique entre les deux scénarios.

Par ailleurs, l'augmentation de l'exploitation des forages du champ captant n'entraîne pas de dénoyage du réservoir à l'échelle de la maille de 4 km².

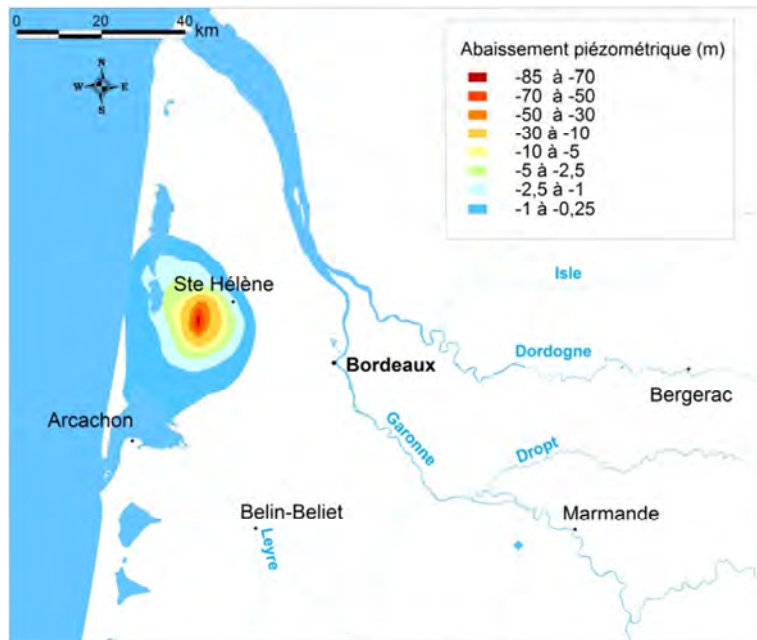


Figure 26 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 30 dernières années

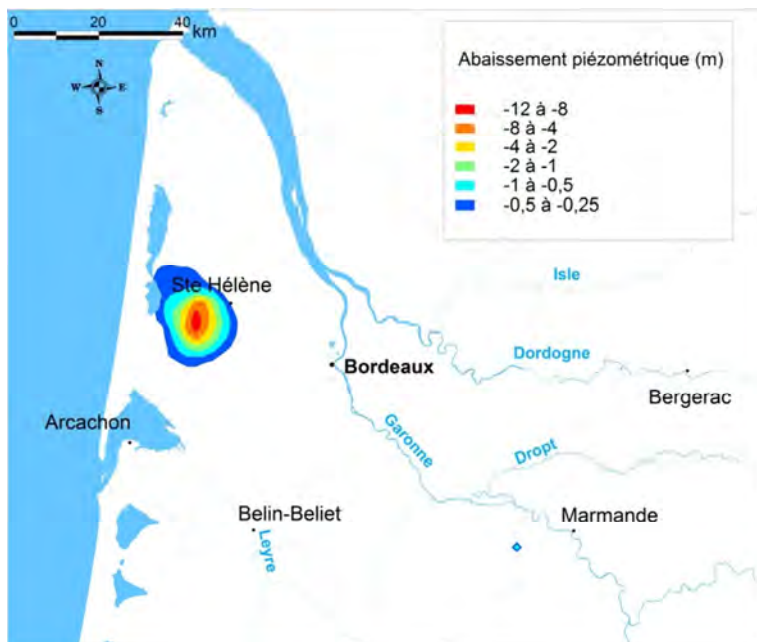
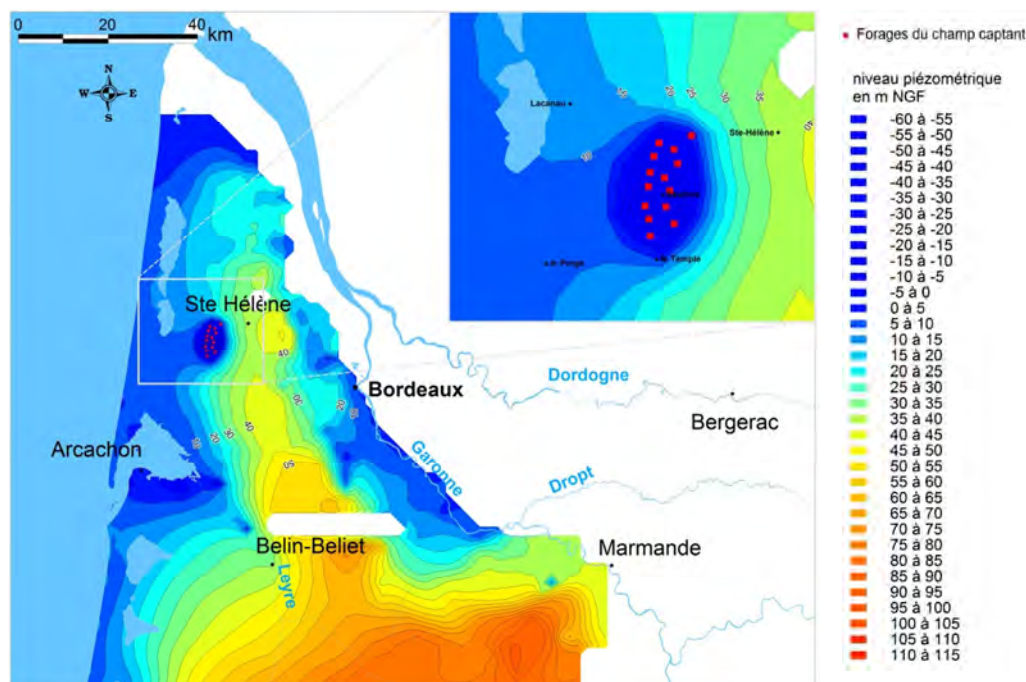


Figure 27 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Oligocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an



- **Aquifère éocène moyen**

On rappellera ici que l'impact à l'Eocène est basé sur un tendanciel considérant un maintien des prélèvements de cette nappe alors même que les substitutions à l'Oligocène ont vocation à alléger la pression sur l'aquifère.

L'impact plus modéré de l'exploitation du champ captant sur l'aquifère de l'Éocène moyen s'illustre par un rabattement maximum calculé de l'ordre de 6 m à l'horizon 2029 soit près d'1 m de plus que dans le cas d'une exploitation à 10 Mm³/an (Figure 29 et Figure 30). Le rayon moyen de la dépression augmente et atteint environ 22 km pour un rabattement de 0,25 m. Les perméabilités du réservoir ainsi qu'une piézométrie haute à l'est qui est moins marquée (Figure 31) permettent de conserver une dépression relativement régulière autour du champ captant. Ainsi, les ouvrages de St-Jean-d'Illac (08264X0004), d'Arès (08254X0012) et de Carcans (07774X0001) montrent tous une diminution supplémentaire de l'ordre d'une dizaine de cm par rapport à une exploitation à 10 Mm³/an.

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

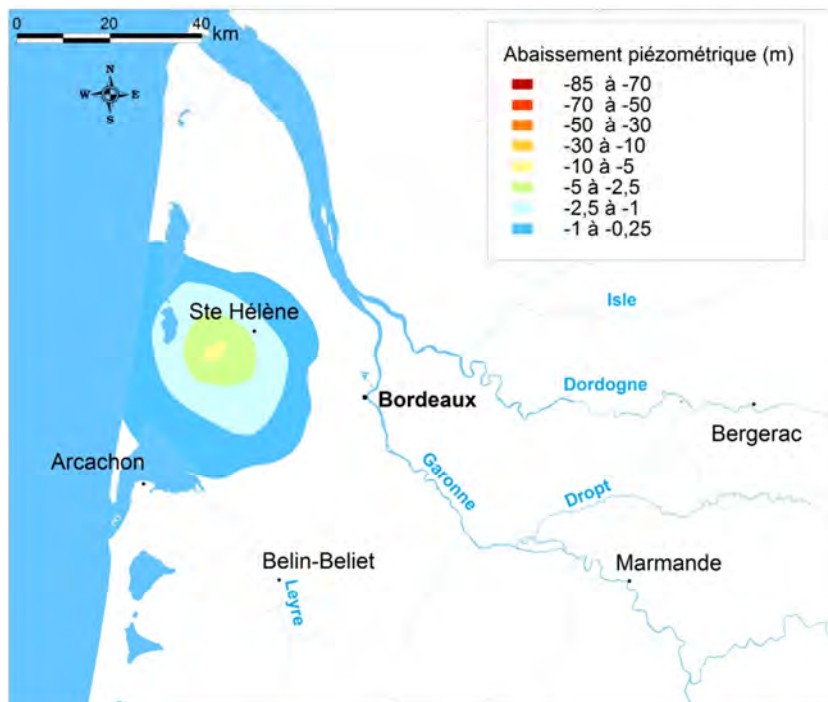


Figure 29 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Année 2029 - Recharge moy. des 30 dernières années

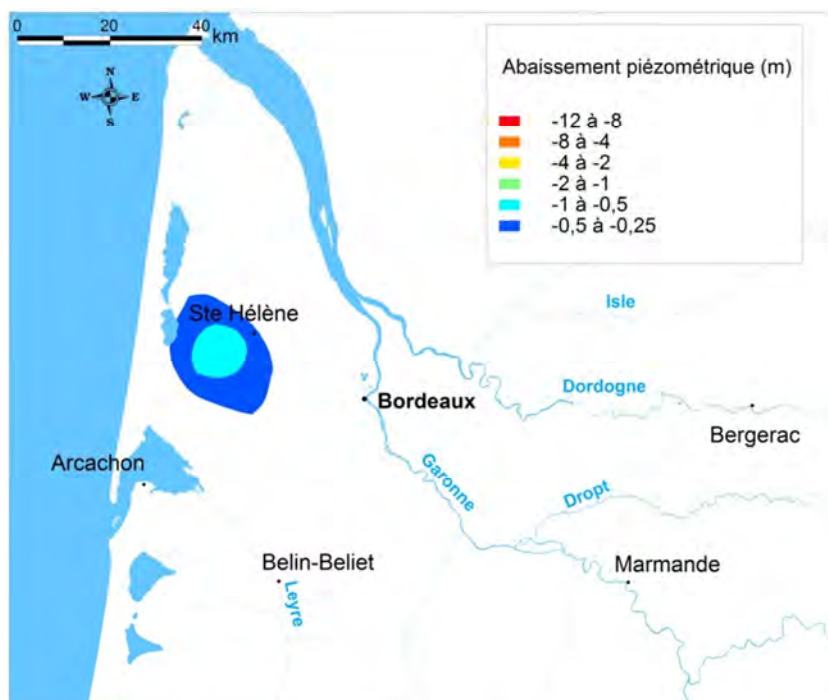


Figure 30 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Éocène moyen par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

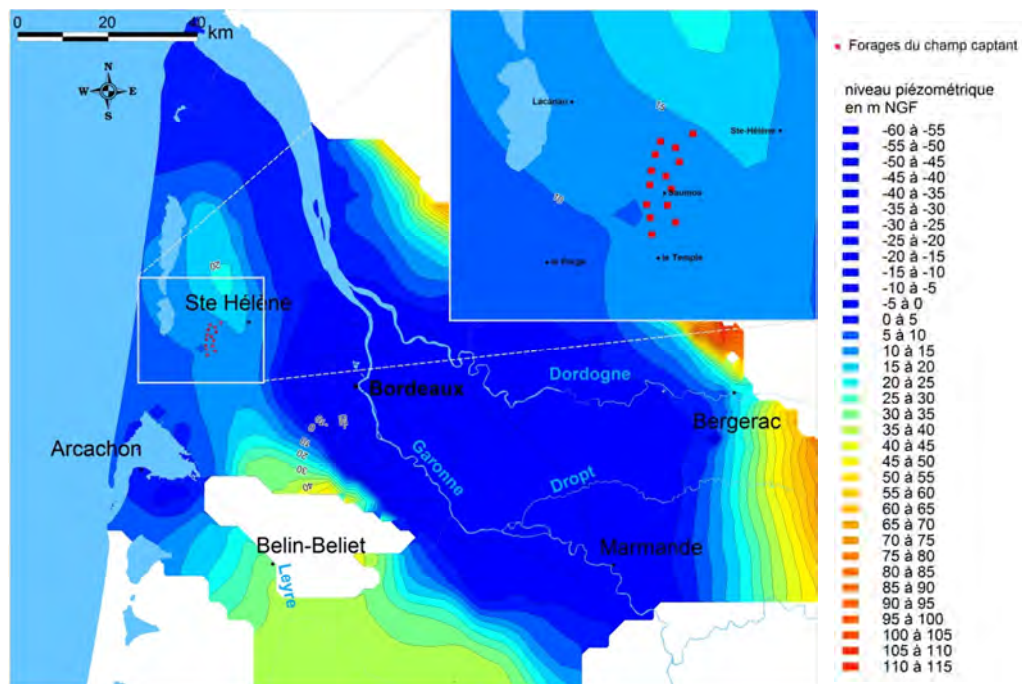


Figure 31 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 30 dernières années

Variation de stock

• Définition

Le calcul des termes de stockage (en valeur algébrique et exprimés en débits), s'effectue dans MARTHE selon l'état de la maille de calcul (en charge ou non), le logiciel utilisera donc :

- Soit le coefficient d'emmagasinement libre S_L si la maille reste à surface libre pendant tout le pas de calcul,
- Soit le coefficient d'emmagasinement captif ($S_C = S_S \times e$) si la maille reste captive pendant tout le pas de calcul (avec S_S le coefficient d'emmagasinement captif spécifique et e l'épaisseur de la maille) ;
- Soit, si l'état change pendant le temps de calcul, le débit de stockage Q_S

$$Q_S = SURF \times \frac{S_C \times [H(t) - TOIT] + S_L \times [TOIT - H(t - dt)]}{dt}$$

si la maille devient en charge

$$Q_S = SURF \times \frac{S_L \times [H(t) - TOIT] + S_C \times [TOIT - H(t - dt)]}{dt}$$

si la maille devient à surface libre.

Dans tous les cas, le débit de stockage s'écrit :

$$Q_S = SURF \times \frac{S_F \times [H(t) - TOIT] + S_D \times [TOIT - H(t - dt)]}{dt}$$

Avec :

S_F = coefficient d'emmagasinement à l'état final

S_D = coefficient d'emmagasinement à l'état initial

$TOIT$ = cote du toit de l'aquifère

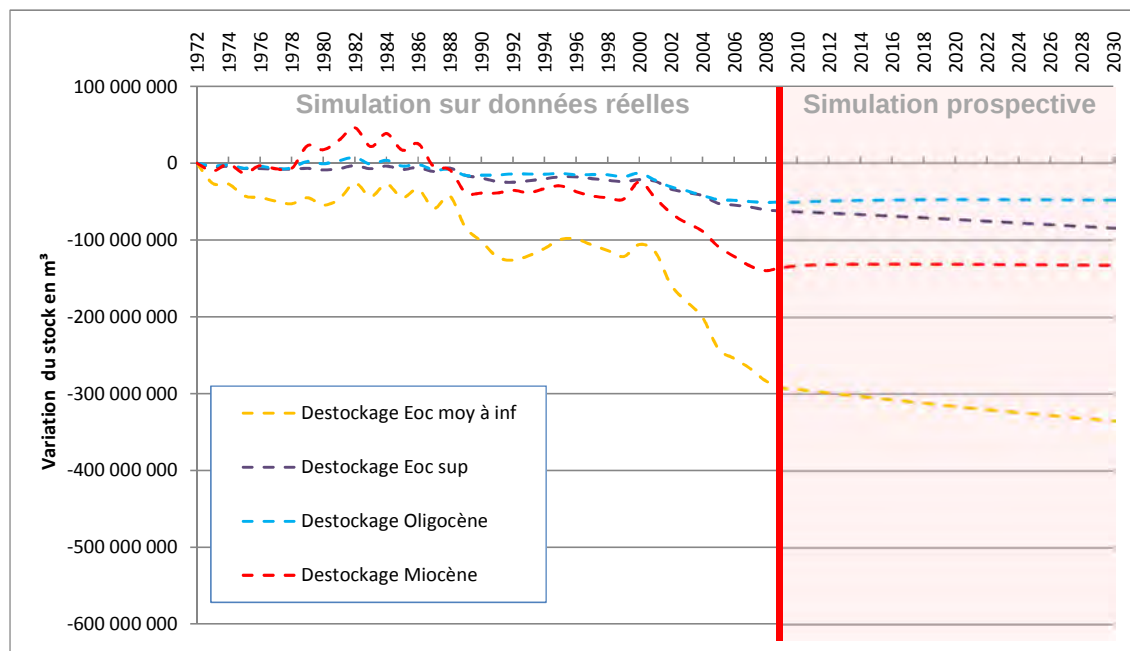
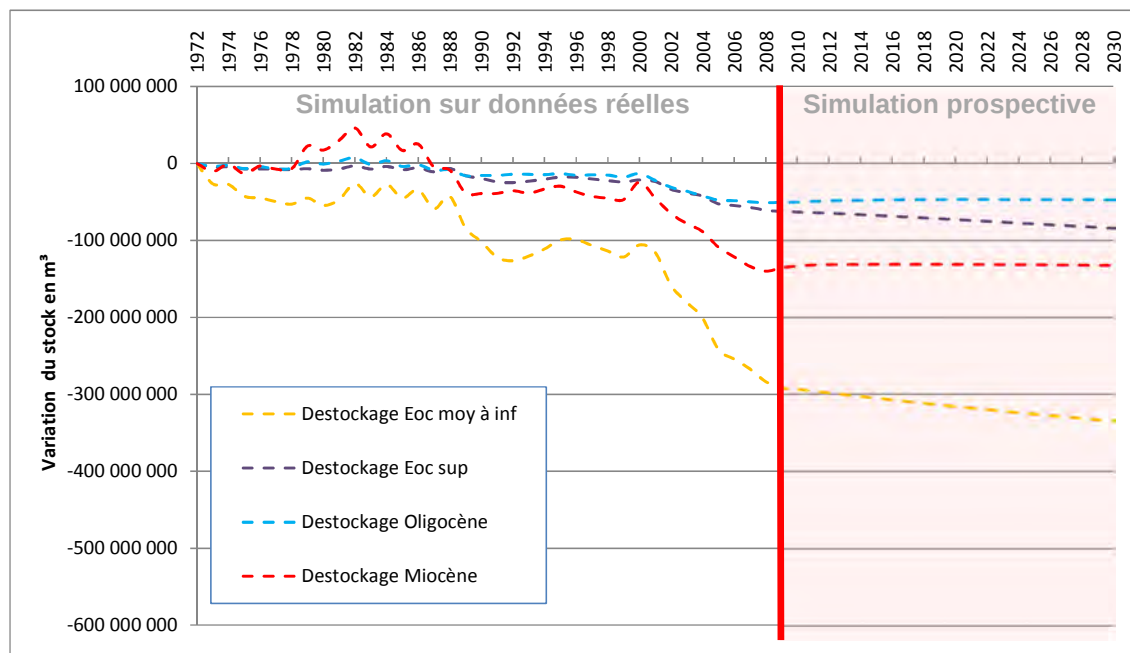
Quand $S_F = S_D$ on obtient :

$$Q_S = SURF \times S \times \frac{[H(t) - H(t - dt)]}{dt}$$

- **Exploitation des résultats**

Pour évaluer l'impact du champ captant sur l'évolution du stock dans les différentes couches du modèle, les variations de stock (algébriques) d'un pas de temps au suivant ont été cumulées à partir de l'état initial (ce qui permet, par rapport à une représentation année par année, très fluctuante, d'avoir une meilleure "lisibilité" de l'évolution). Les variations de stock au cours du temps dans un aquifère sont influencées par des facteurs climatiques (recharge plus ou moins importante), anthropiques (prélèvements), hydrogéologiques (propriétés physiques des réservoirs : perméabilité et coefficient d'emmagasinement). Sur la période de référence (1972 – 2007) les paramètres climatiques et anthropiques (variables dans le temps) contrôlent l'évolution des stocks. Pour les simulations prospectives, les conditions climatiques sont considérées comme constantes de manière à évaluer l'impact des prélèvements sur les variations des stocks. Dans les conditions climatiques utilisées lors des simulations prospectives (recharge moyenne calculée sur les 30 dernières années de 1980 à 2009), le stock des aquifères de l'Oligocène et du Miocène (Aquitainien) reste stable quel que soit le scénario d'exploitation prévu (Figure 32 et Figure 33). Les diminutions de stock observées pour les réservoirs de l'Éocène sont liées à l'exploitation importante de ces aquifères dans les conditions climatiques retenues ici. Par ailleurs, pour la nappe de l'Oligocène, la comparaison de ce calcul entre la simulation avec champ captant et le scénario tendanciel n'est pas sensible et ne serait pas visible à l'échelle du graphique sur ces figures. En 2029, elle serait de l'ordre de 2 000 000 m³ pour le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et de 2 500 000 m³ pour celui à 12 Mm³/an. Il semble donc que la mise en œuvre des champs captants à Sainte-Hélène n'induisse pas pour les réservoirs considérés, de déstockage significatif. Cependant, il faut garder à l'esprit que les recharges utilisées dans le cadre de ces simulations correspondent à des valeurs plutôt favorables en comparaison des données observées sur la dernière décennie où la recharge des aquifères a globalement été plus faible. Aussi, par la suite, la prise en compte d'une recharge moins importante (moyenne calculée sur la période 2000-2009) a été réalisée.

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)



3.2.3. Impacts des champs captants dans des conditions de recharge égales à la moyenne calculée de ces 10 dernières années

Exploitation du champ captant à 10 millions de m³/an

- **Aquifère plio-quaternaire**

L'impact de l'exploitation du champ captant sur la nappe du Plio-quaternaire reste modéré. Cependant, dans les conditions de recharge plus sévères introduites dans le modèle, le rabattement maximal calculé est de 1,7 m au droit du champ captant (Figure 34) soit près d'un mètre de plus que dans des conditions de recharge plus favorables. La dépression, dissymétrique, montre un rabattement calculé d'environ 0,25 m à 12,5 km au nord du champ captant et à 16 km au sud.

L'impact du champ captant sur la distribution des isopièzes après 20 ans d'exploitation est relativement faible (Figure 35). Toutefois, les niveaux piézométriques atteints par les 4 ouvrages d'observation du Plio-Quaternaire (Figure 10) sont tous inférieurs aux niveaux atteints dans les conditions de recharges plus importantes, quel que soit le scénario d'exploitation envisagé. La dynamique du système observée sur les chroniques piézométriques (Annexe 3) indique qu'une baisse des niveaux piézométriques semble se poursuivre au-delà de 2029. Dépendante des conditions de recharge introduites au modèle (Chapitre 3.2.1), cette diminution est toutefois amplifiée par la mise en exploitation du champ captant.

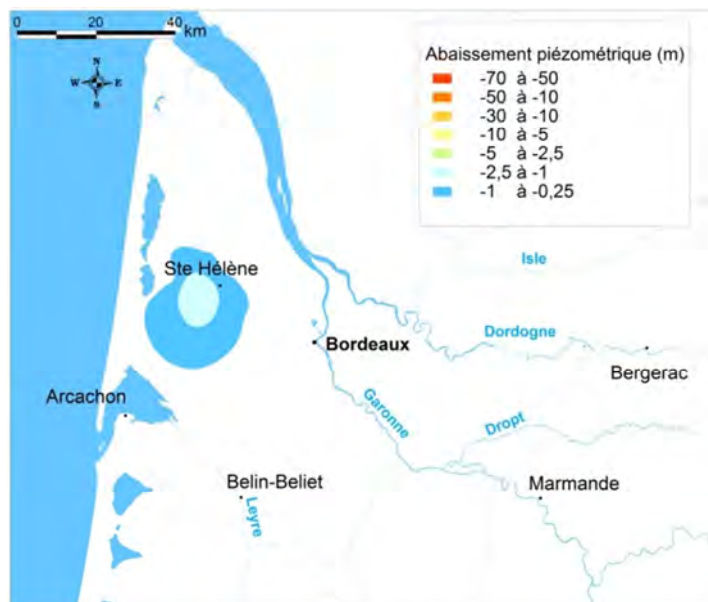


Figure 34 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

Il n'est pas possible de vérifier à l'aide du modèle régional l'impact éventuel de l'exploitation du champ captant sur les étangs de Lacanau et d'Hourtin ou encore la

présence d'un éventuel biseau salé dans la nappe du Plio-quaternaire. Néanmoins, les faibles rabattements calculés par le modèle dans cette couche au droit de ces zones laissent supposer que l'impact serait très limité.

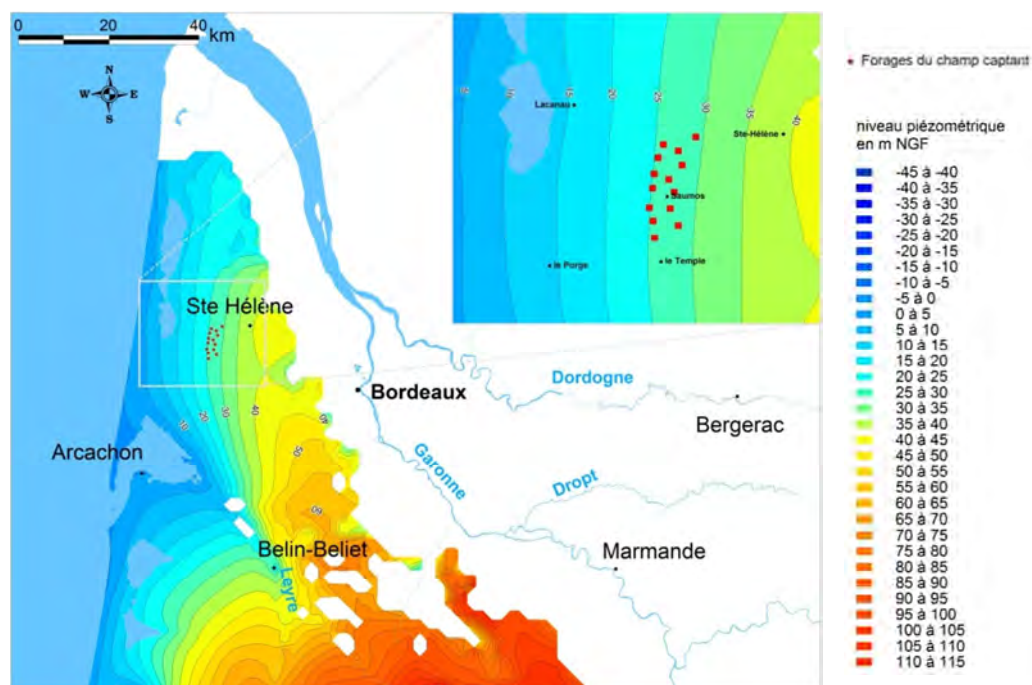


Figure 35 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère miocène**

La carte de différences piézométriques entre le scénario tendanciel et le scénario d'exploitation en 2029 (Figure 36) montre une diminution au droit du champ captant pouvant atteindre 13,5 m. Les chroniques piézométriques calculées au droit du forage SP3 au lieu-dit étang Levade (08022X0010) indiquent un abaissement piézométrique de 8,5 m, soit 50 cm de plus que dans des conditions de recharge favorables, qui semble se poursuivre au-delà de 2029. On observe, à l'instar des points d'observation du Plio-Quaternaire, que l'ensemble des ouvrages du Miocène montre des niveaux piézométriques à l'horizon 2029 inférieurs à ceux obtenus dans des conditions de recharge favorables (Figure 10).

La carte piézométrique simulée pour l'Aquitainien en 2029 révèle l'impact de l'exploitation du champ captant sur la distribution des isopièzes (Figure 37). Le sens d'écoulement général vers l'ouest est conservé mais l'abaissement piézométrique induit par le champ captant provoque la formation d'un axe de drainage. La structure piézométrique haute à l'est qui joue le rôle de limite d'alimentation subit une baisse importante (l'isopièze 40 mNGF jusque-là continu ne l'est plus) indiquant une propagation davantage vers l'est de la dépression. Ainsi, le forage de Sainte-Hélène (08023X0001), qui ne présentait qu'une baisse de 12 cm par rapport à un scénario

tendanciel avec une recharge calculée sur les 30 dernières années, accuse une diminution de l'ordre de 80 cm dans des conditions de recharge défavorables.

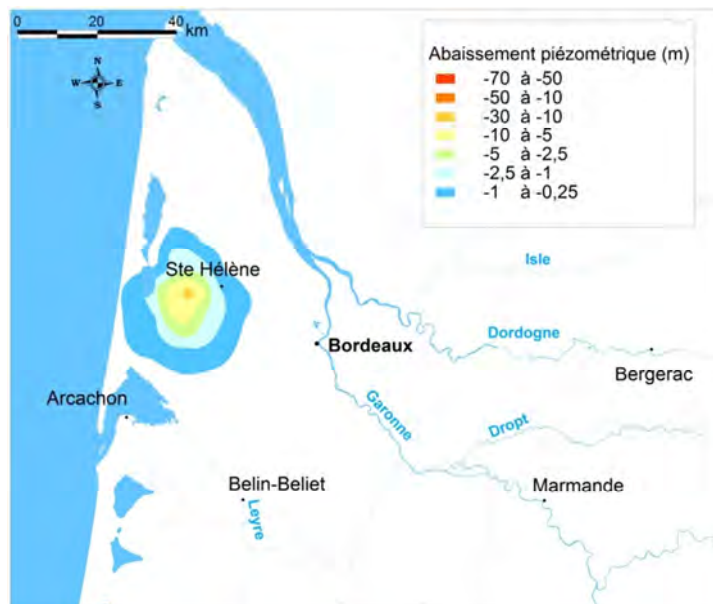


Figure 36 : Miocène (Aquitainien) – Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

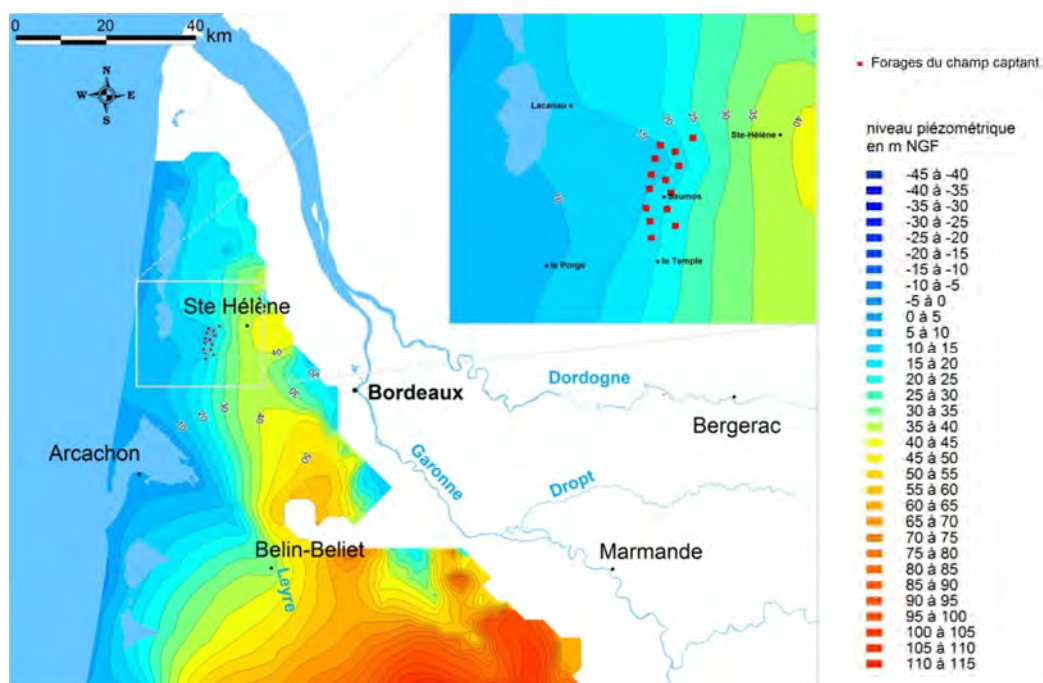


Figure 37 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère oligocène**

Les rabattements sont maximums au droit du champ captant avec des abaissements de l'ordre de 68 m (Figure 38) donc équivalents à ceux observés dans des conditions de recharge favorables. Cependant, le niveau piézométrique absolu calculé au droit du champ captant est de -3 m NGF au forage SP2 (08022X0009) et de -26,4 m NGF à celui de Saumos (08026X0034/F2) contre respectivement -1 et -24,4 m NGF dans des conditions de recharge moins contraignantes, soit un rabattement supplémentaire de l'ordre de 2 m.

La dissymétrie de la dépression observée dans les précédentes simulations apparaît encore ici. Les rabattements calculés par le modèle deviennent inférieurs à 0,25 m au-delà de 16 km vers l'ouest et 23 km vers le sud-ouest. Vers l'est, l'impact de l'exploitation du champ captant est plus significatif. En effet, le rabattement à 0,25 m est observé à 15 km contre seulement 12 km dans des conditions de recharge favorables. Un impact est décelable (environ 20 cm) aux forages de Saint-Aubin-de-Médoc (08024X0019) et de Saint-Médard-en-Jalles (08024X0050), jusque-là non impactés par les forages d'exploitation dans des conditions de recharge favorables. Cette propagation est facilitée par les baisses piézométriques qu'à subit la ligne de partage des eaux au centre du domaine (Figure 11) et engendrées par la diminution de recharge introduite au système. L'influence vers l'est reste toutefois limitée. Ainsi, à l'ouest de la CUB, dans le secteur des sources du Thil (08035X0281/THIL19) et du champ captant de Gamarde (08035X0008/P), l'exploitation du champ captant n'induit pas de rabattement supplémentaire. La baisse observée n'est ici due qu'à l'impact de conditions de recharge plus sévères.

Quelle que soit la condition de recharge introduite au modèle, la comparaison des niveaux piézométriques issus du scénario tendanciel à l'horizon 2029 et des cotes du toit de l'aquifère oligocène ne montre pas de dénoyage du réservoir à l'échelle de la maille à 4 km² suite à la mise en service du champ captant (Figure 39).

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

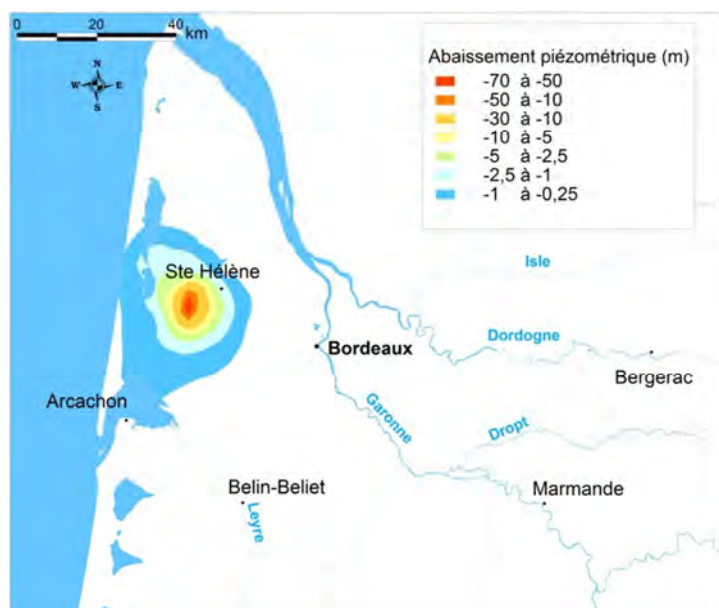


Figure 38 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

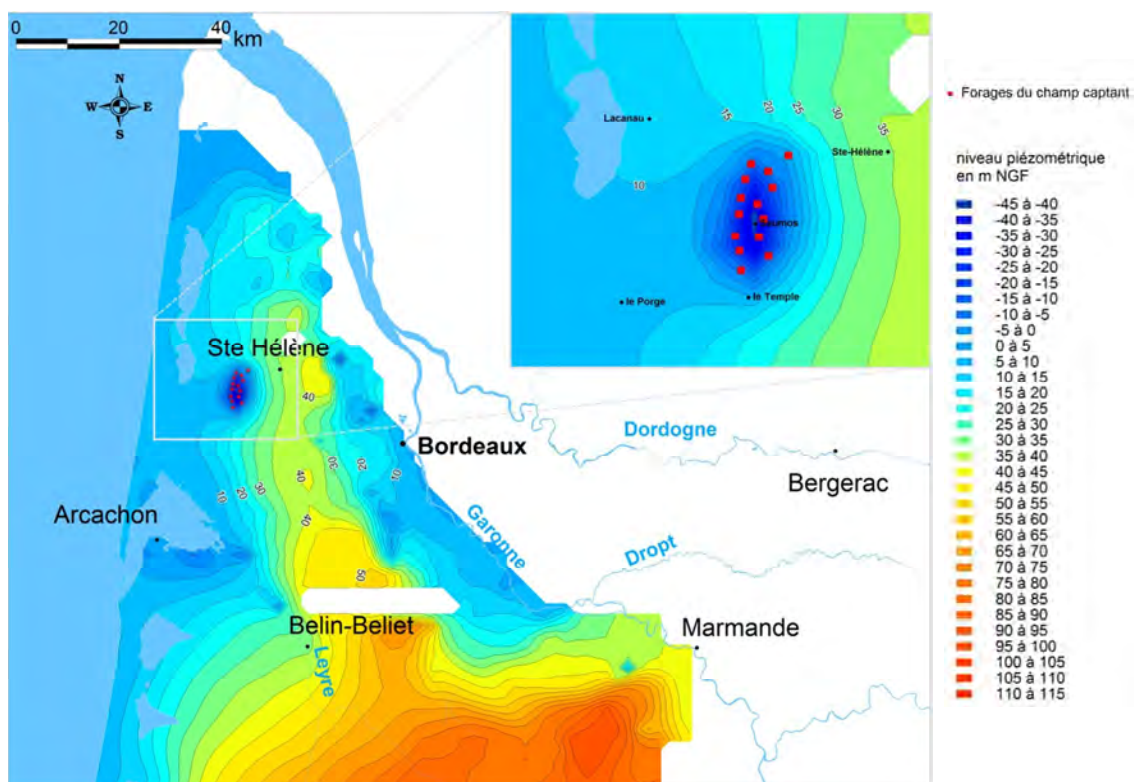


Figure 39 : Oligocène – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère éocène supérieur**

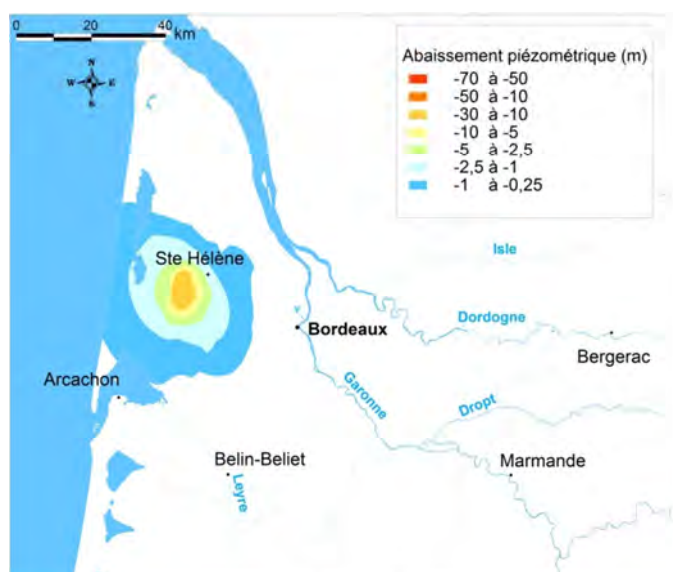


Figure 40 : Éocène supérieur - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

Cet aquifère, qui de par ses caractéristiques hydrodynamiques très médiocres ne présente que peu d'intérêt, montre des rabattements calculés de l'ordre de 10 à 30 mètres au droit du champ captant. L'absence de chroniques piézométriques dans cette zone d'étude ne permet pas de préciser les ordres de grandeurs calculées par le modèle.

- **Aquifère éocène moyen**

L'impact de la mise en service du champ captant à 10 Mm³/an reste modéré dans des conditions climatiques moins favorables à la recharge (Figure 41 et Figure 42). Le rabattement maximum calculé est proche de 5 m au bout de 20 ans dans les mailles dans lesquelles sont affectés les prélèvements des forages d'exploitation. La propagation de la dépression est très légèrement supérieure à celle calculée dans des conditions de recharge moins contraignantes. Ceci s'explique par le caractère plus confiné du réservoir et par un impact des conditions de recharge moindre dans ce secteur. La dépression présente ainsi un rayon moyen de 22 km autour du parc de forage.

Au droit du champ captant, la chronique piézométrique du forage SP1 (08022X0008/SP1) indique une baisse de près de 4 m par rapport au scénario tendanciel pour atteindre la cote de 13 m NGF soit près de 1,3 m plus bas que dans des conditions de recharge plus favorables. Toutefois, comme observé sur d'autres nappes, une baisse continue des niveaux piézométriques dans les conditions de recharge et d'exploitation considérées peut être envisagée au-delà de 2029 sachant que comme dit précédemment la mise en place de cette substitution doit soulager l'Eocène.

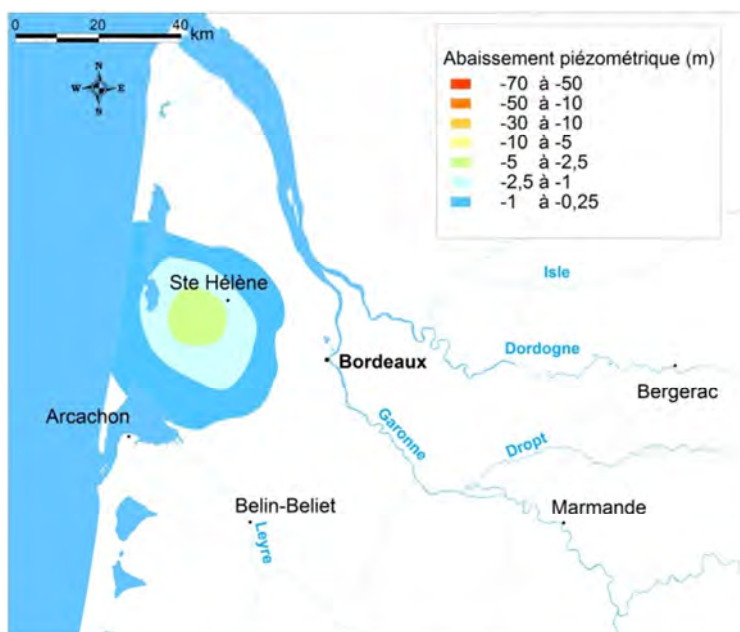


Figure 41 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

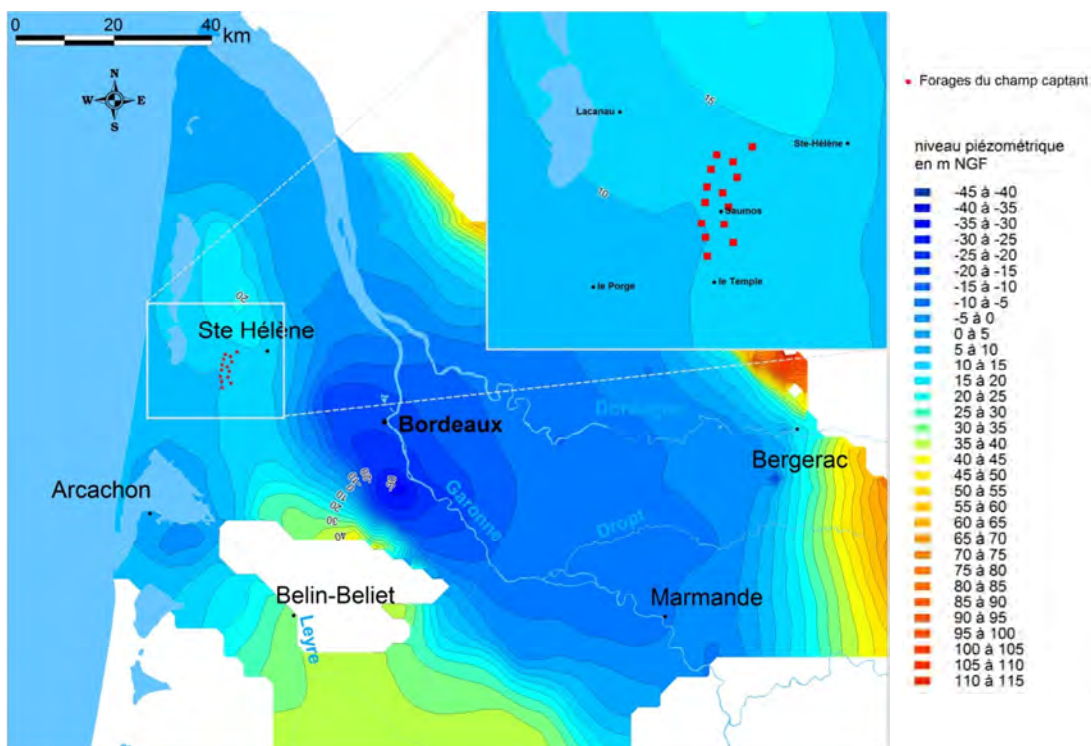


Figure 42 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

Exploitation du champ captant à 12 millions de m³/an

Les conditions de recharge et d'exploitation introduites au modèle conduisent logiquement au scénario ayant le plus d'impact sur les niveaux piézométriques au sein du multicouche tertiaire.

- **Aquifère plio-quaternaire**

Les niveaux piézométriques du Plio-Quaternaire subissent, au droit du champ captant, une baisse maximale de 2 m, soit une diminution supplémentaire de 30 cm par rapport à un scénario d'exploitation à 10 Mm³/an dans les mêmes conditions de recharge (Figure 43 et Figure 44). La dépression conserve son caractère dissymétrique et s'étend plus largement. Le rabattement de 0,25 m est ainsi observé à plus de 13 km vers le nord et 17 km vers le sud.

La carte piézométrique simulée en 2029 (Figure 35) confirme le faible impact du champ captant sur le réservoir plio-quaternaire. La dynamique du système, observée dans le cas d'une exploitation à 10 Mm³/an est confirmée à 12 Mm³/an. Ainsi, une poursuite de la baisse des niveaux piézométriques amorcée sur la période 2010-2029 est à envisager.

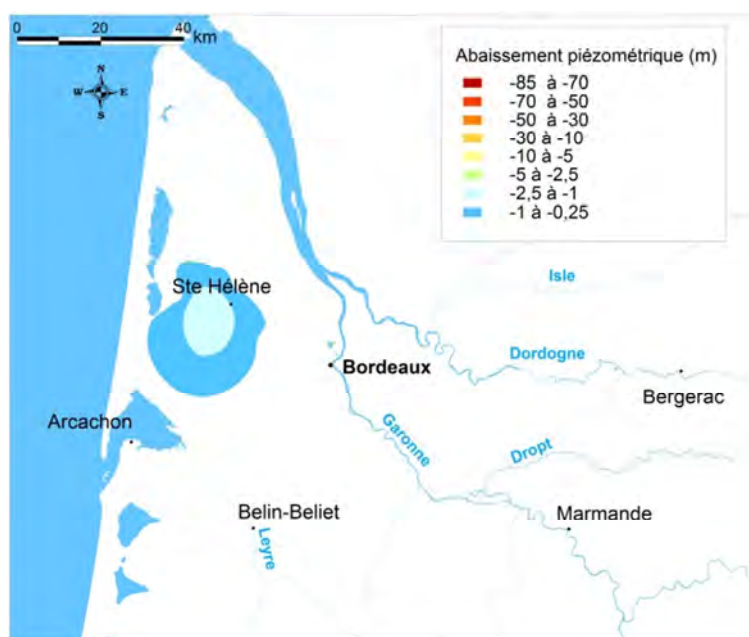


Figure 43 : Plio-Quaternaire - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

Compte-tenu du niveau de représentation du modèle, il n'est pas possible de vérifier l'impact éventuel de l'exploitation du champ captant sur les étangs de Lacanau et d'Hourtin ou encore la présence d'un éventuel biseau salé dans la nappe du Plio-quaternaire. Néanmoins, les faibles rabattements calculés par le modèle dans le Plio-quaternaire au droit de ces zones laissent supposer que l'impact serait très limité.

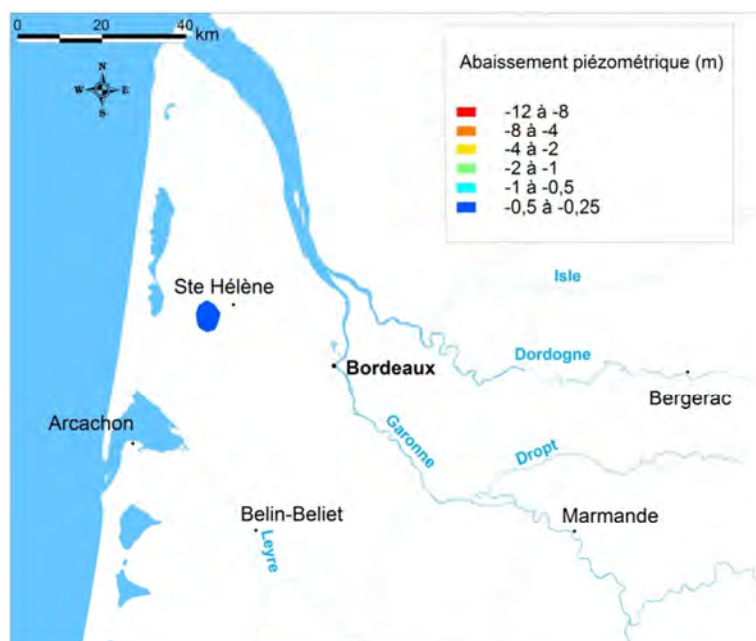


Figure 44 : Abaissement piézométrique calculé pour le Plio-Quaternaire par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

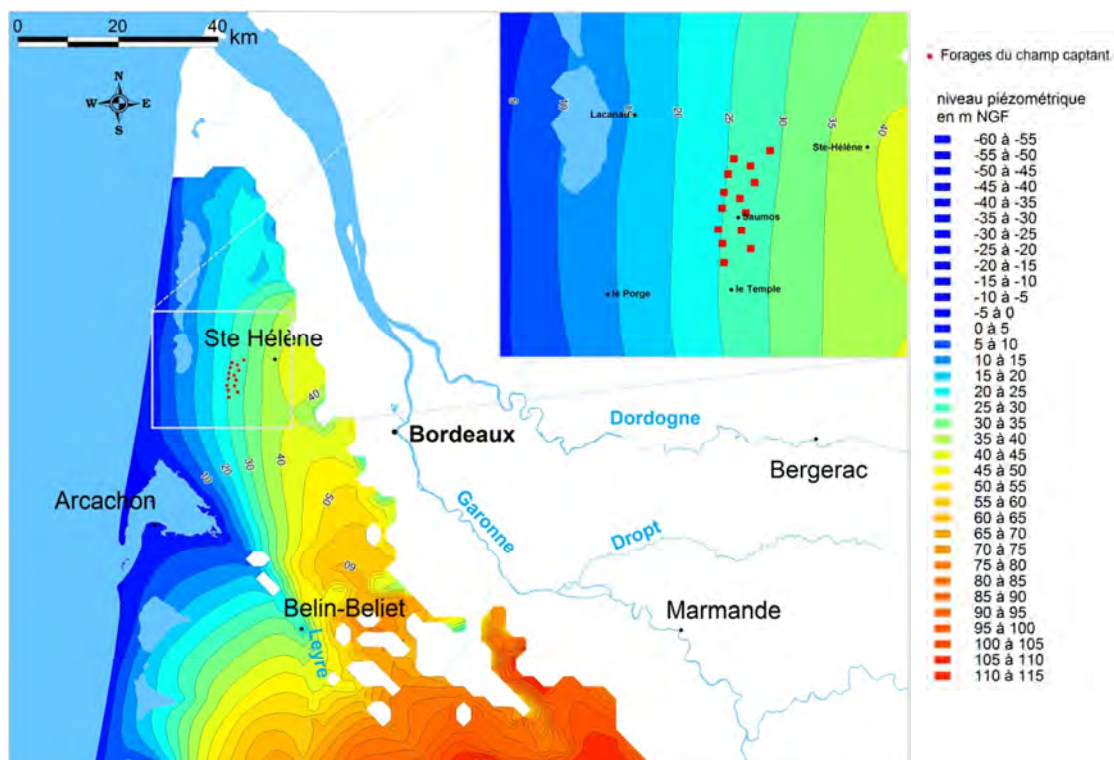


Figure 45 : Plio-Quaternaire – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère miocène**

La Figure 46 fait état d'un rabattement maximal de près de 16 m au sein du réservoir miocène, accusant une baisse supplémentaire de 2,5 m par rapport à une exploitation de 10 Mm³/an dans les mêmes conditions de recharge (Figure 47). Les chroniques piézométriques du forage SP3 (08022X0010) et de Saumos (08026X0001) font état d'abaissements piézométriques de respectivement 10 m et 7,5 m à l'horizon 2029. La baisse semblant se poursuivre au-delà de cette période. La dépression est encore amplifiée par rapport à une exploitation à 10 Mm³/an, son rayon moyen atteint 17,5 km contre 16,5 km dans le précédent scénario d'exploitation.

La carte piézométrique (Figure 48) montre l'accentuation de l'axe de drainage avec un écoulement favorisé vers l'ouest.

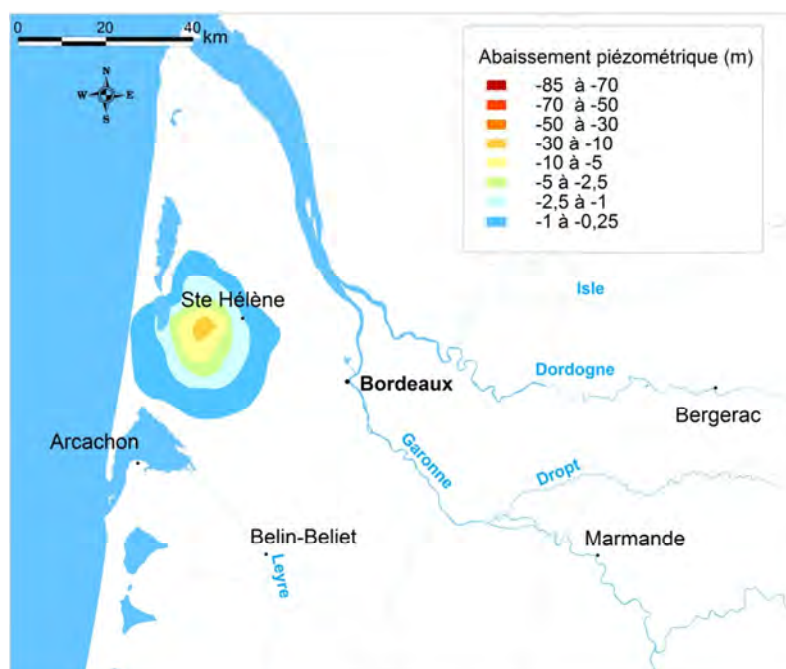


Figure 46 : Miocène (Aquitainien) - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel Recharge moy. des 10 dernières années

Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

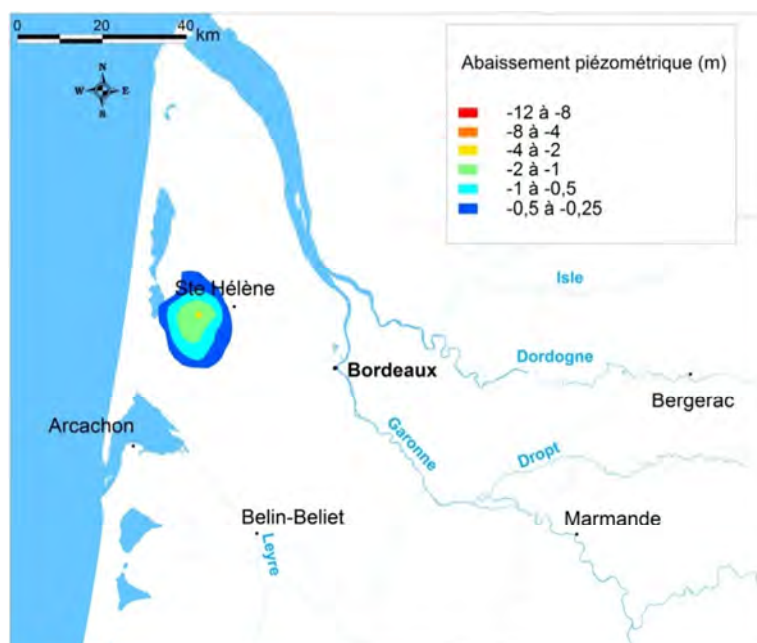


Figure 47 : Abaissement piézométrique calculé pour le Miocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

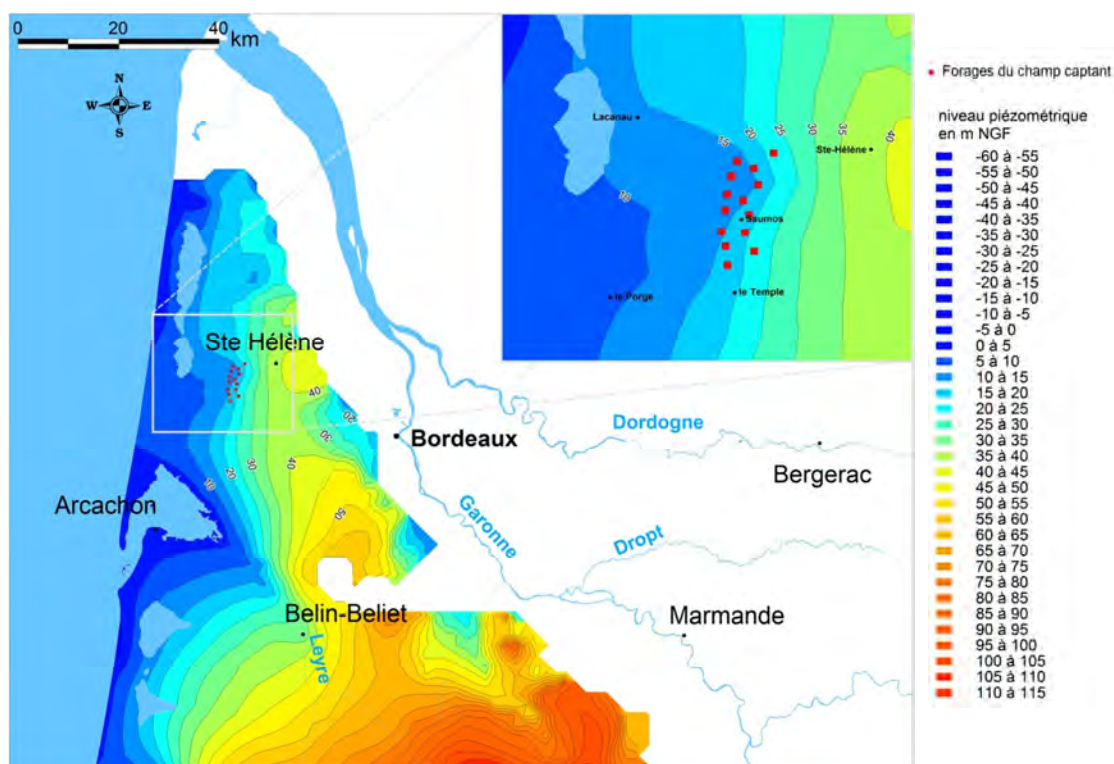


Figure 48 : Miocène (Aquitainien) – Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère oligocène**

La mise en fonctionnement du champ captant à une exploitation de 12 Mm³/an dans des conditions de recharge moins favorables engendre les rabattements les plus importants (Figure 49 et Figure 50). Le rabattement maximum calculé est de 80 mNGF au droit du champ captant (Figure 10). Les chroniques piézométriques du forage SP2 (08022X0009) et celui de Saumos (08026X0034/F2) accusent un abaissement piézométrique par rapport au niveau tendanciel de respectivement 35 m et 56,6 m. pour atteindre, au final, -8,2 mNGF et -34,9 mNGF. De la même manière, le niveau piézométrique minimal calculé par le modèle est de -56,6 mNGF au droit du champ captant soit 2 m en dessous de celle observée dans des conditions de recharge plus favorables.

La dépression apparaît dissymétrique. Les rabattements calculés par le modèle deviennent inférieurs à 0,25 m au-delà de 16 km vers l'ouest et vers l'est. Au sud-ouest, ce même abaissement piézométrique est obtenu à partir de 25 km. L'augmentation des conditions d'exploitation entraîne une baisse supplémentaire des niveaux piézométriques qui se concentre essentiellement sur les puits au nord-ouest de la zone d'étude. Ainsi les chroniques des ouvrages communaux (08021X0001/F et 08021X0002/F3) accusent une baisse supplémentaire de l'ordre de 50 cm tandis que celle de Sainte-Hélène 08023X0039/F3, au nord-est, subit une baisse de 30 cm et celle communal du Porge (08018X0002/F2), au sud-ouest, de 17 cm.

L'influence vers l'est reste donc limitée, comme en témoigne les ouvrages de Saint-Aubin-de-Médoc (08024X0019) et de Saint-Médard-en-Jalles (08024X0050) où aucune baisse significative des charges hydrauliques n'est observée. L'augmentation des prélèvements entraînant une baisse supplémentaire de moins de 5 cm. Ainsi, à l'ouest de la CUB, l'exploitation du champ captant n'induit pas de rabattement supplémentaire dans le secteur des sources du Thil (08035X0281/THIL19) et du champ captant de Gamarde (08035X0008/P). La baisse piézométrique n'étant toujours due qu'aux conditions de recharge plus sévères.

Malgré les problèmes de représentativité des niveaux piézométriques obtenus par le modèle au droit du champ captant, comme évoqués précédemment, les charges calculées sont supérieures à la cote du toit de l'Oligocène (-120 mNGF) dans le secteur du champ captant. Aucun dénoyage ne semble donc survenir. Cependant, l'appui d'autres outils est envisagé par la suite (chapitre 3.2.4) pour affiner les valeurs de rabattement au puits.

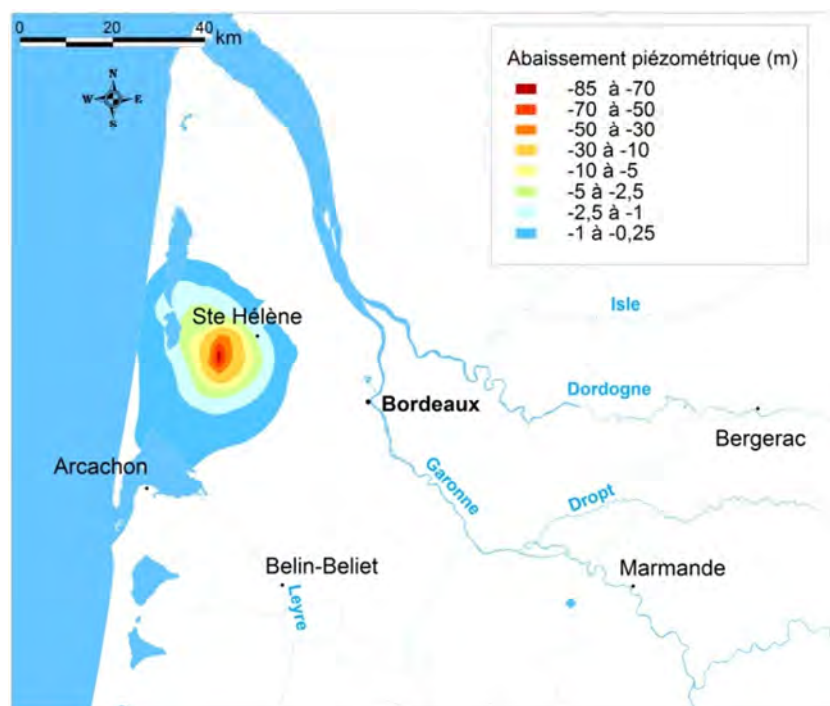


Figure 49 : Oligocène - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

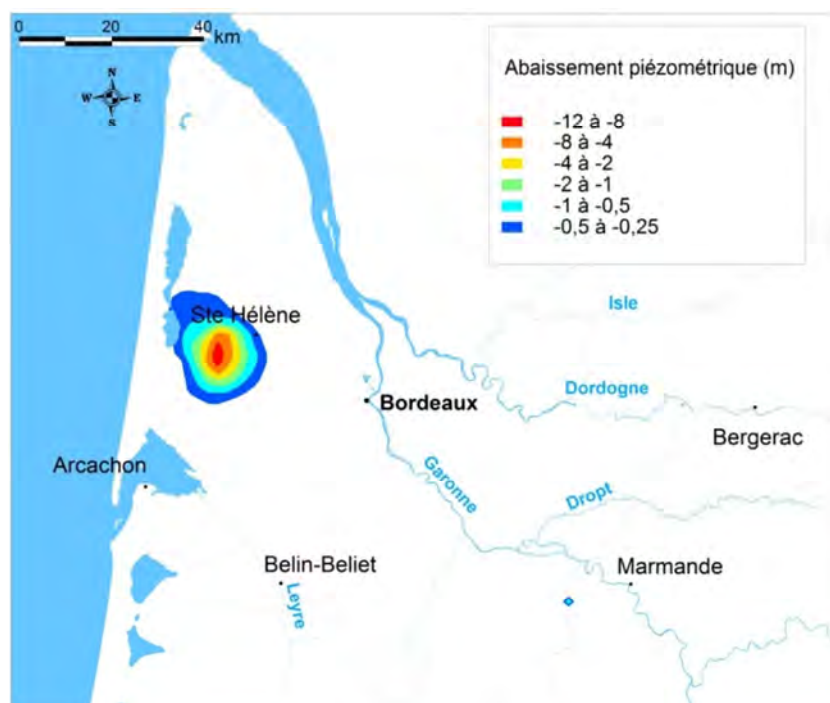


Figure 50 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Oligocène par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

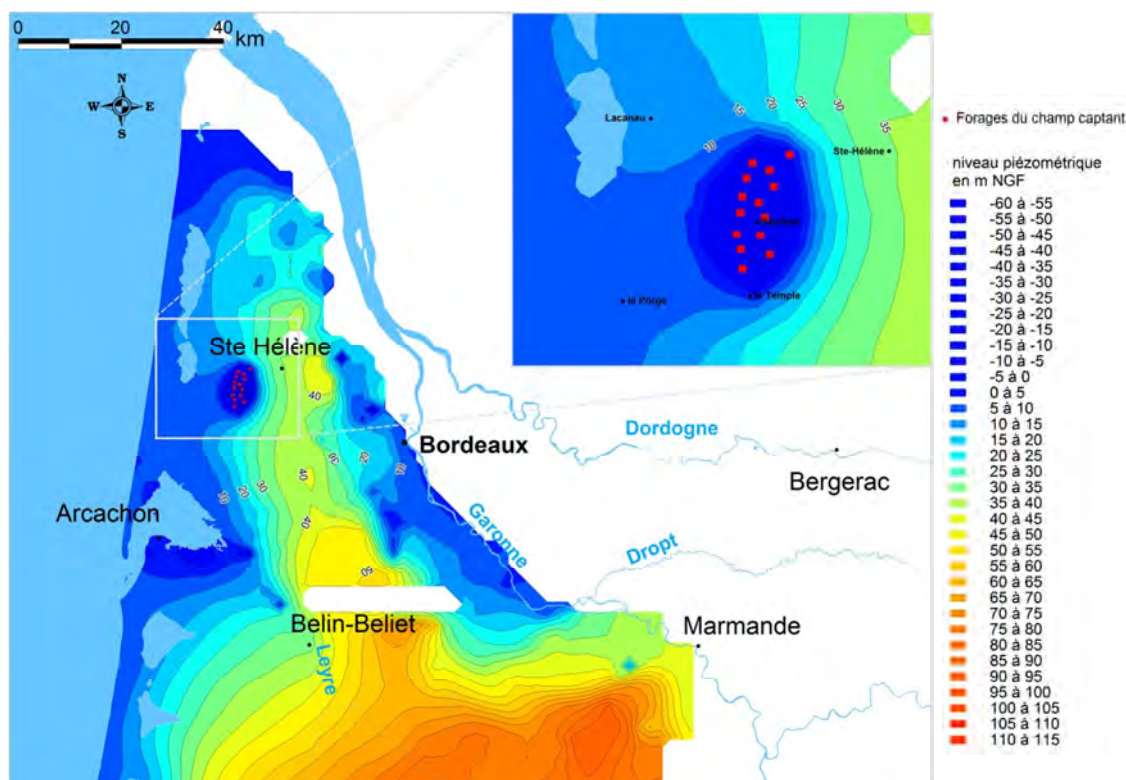


Figure 51 : Oligocène - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

- **Aquifère éocène moyen**

De la même manière que précédemment, l'interprétation de l'impact du champ captant s'appuie sur un scénario tendanciel alors même que les substitutions à l'Oligocène ont vocation d'alléger la pression sur cet aquifère. Ce sont donc les variations relatives qui nous intéressent ici.

Même remarque, commentaires en relatifs uniquement. La mise en exploitation à 12 Mm³/an du champ captant dans l'Oligocène induit un rabattement maximum de près de 6 m dans l'aquifère de l'Éocène moyen, soit 1 m de plus que pour une exploitation à 10 Mm³/an (Figure 52 et Figure 53). La dépression ainsi engendrée est plus étendue que précédemment, avec un rayon moyen de l'ordre de 23 km.

Au droit du champ captant, la chronique piézométrique du forage SP1 (08022X0008/SP1) montre une baisse de 4,5 m pour atteindre 12,3 mNGF soit 70 cm de moins qu'avec une exploitation à 10 Mm³/an.

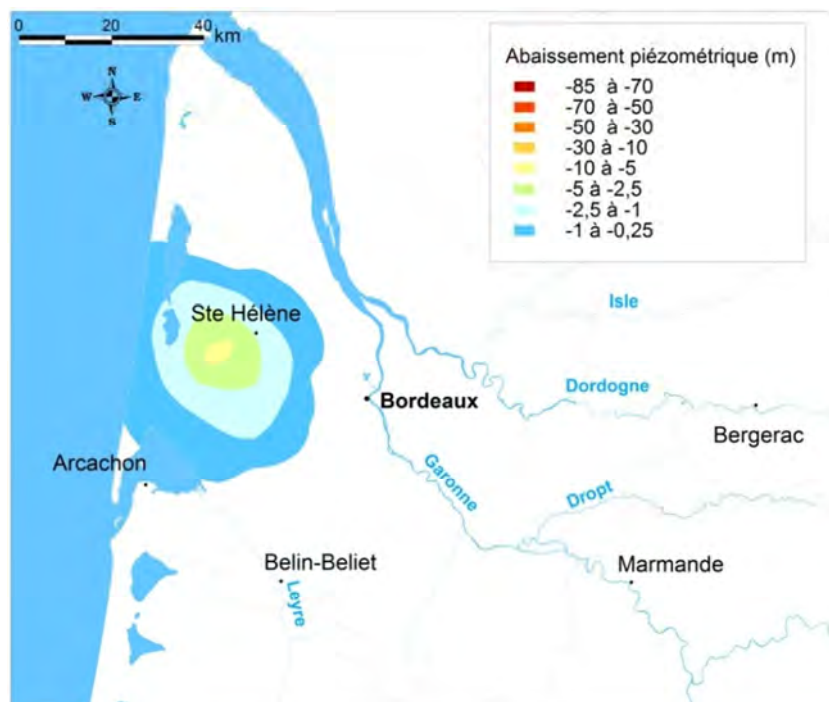


Figure 52 : Éocène moyen - Carte de différences piézométriques en 2029 entre le scénario d'exploitation à 12 Mm³/an et le scénario tendanciel - Recharge moy. des 10 dernières années

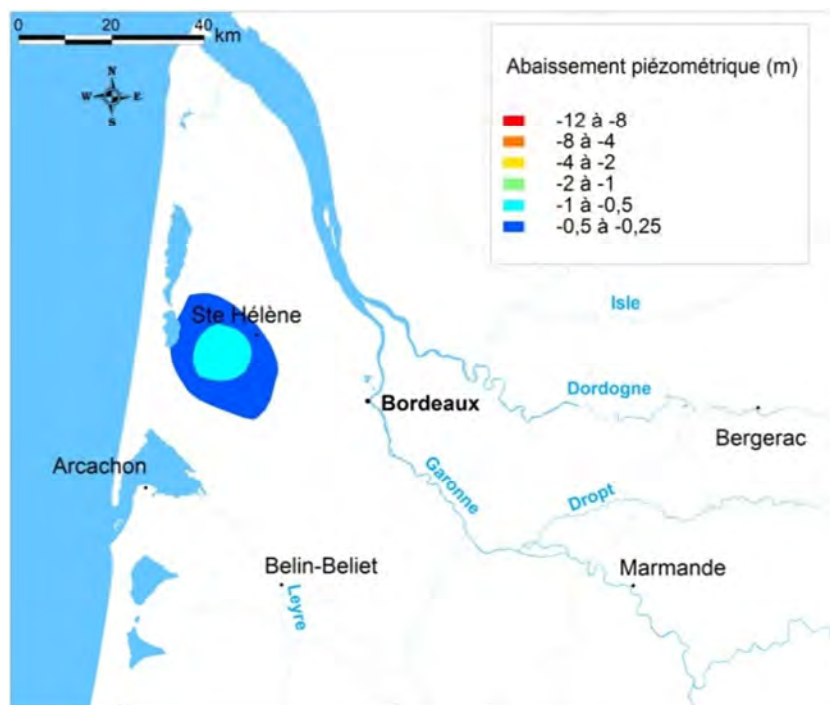


Figure 53 : Abaissement piézométrique calculé pour l'Éocène moyen par comparaison du scénario d'exploitation de 12 Mm³/an à celui de 10 Mm³/an

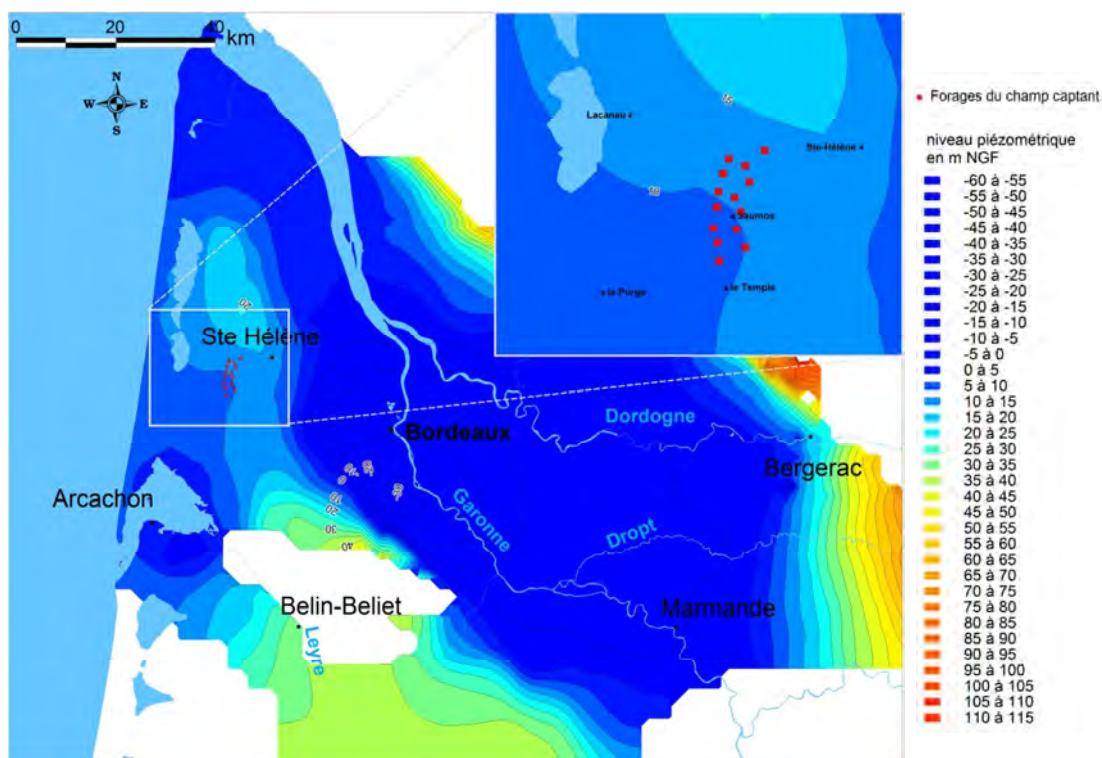


Figure 54 : Éocène moyen - Piézométrie calculée – année 2029 – Recharge moy. des 10 dernières années

Variation de stock

On rappellera que les lois de recharge jouent un rôle prépondérant sur les niveaux piézométriques et les variations. Ces lois, utilisées actuellement, pourraient être inadaptées à des conditions climatiques vraiment défavorables telles que celles introduites au modèle dans ce scénario de recharge. Aussi, l'interprétation des variations de stock calculées est à considérer avec précautions.

Dans les conditions climatiques utilisées lors des simulations prospectives (recharge moyenne calculée sur les 10 dernières années de 2000 à 2009), le stock de l'ensemble des aquifères diminue (Figure 55 et Figure 56). La comparaison avec les précédents résultats (Figure 32 et Figure 33) ainsi qu'avec le scénario tendanciel sans champ captant montre que les conditions de recharge sont à l'origine du déstockage important du multicouche tertiaire, lequel se poursuit au-delà de 2029. La mise en exploitation du champ captant induit une diminution de stock d'environ 2 200 000 m³ pour le scénario d'exploitation à 10 Mm³/an et de 2 700 000 m³ pour celui à 12 Mm³/an.

La diminution de stock observée sur l'ensemble des aquifères pour la période 2010-2029 est donc principalement liée aux paramètres climatiques et aux conditions actuelles d'exploitation du système. La mise en œuvre d'un nouveau parc d'ouvrages dans l'Oligocène n'induit pas de déstockage supplémentaire significatif, quelles que soient les conditions d'exploitation retenues (10 Mm³/an ou 12 Mm³/an).

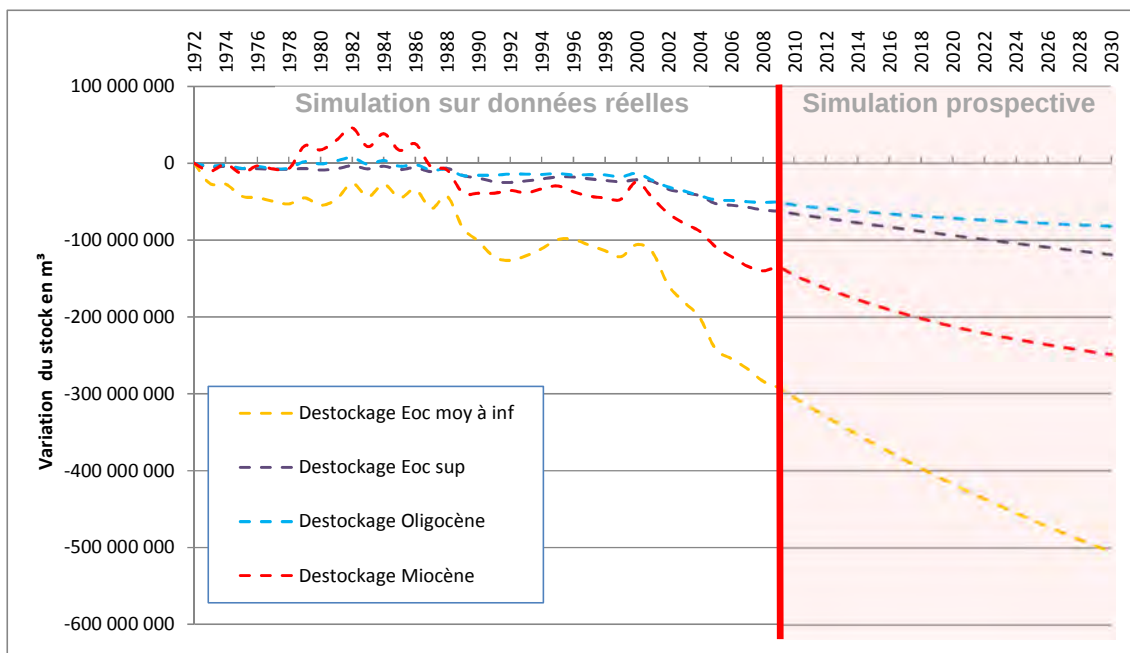


Figure 55 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 10 Mm³/an – Recharge moy. des 10 dernières années

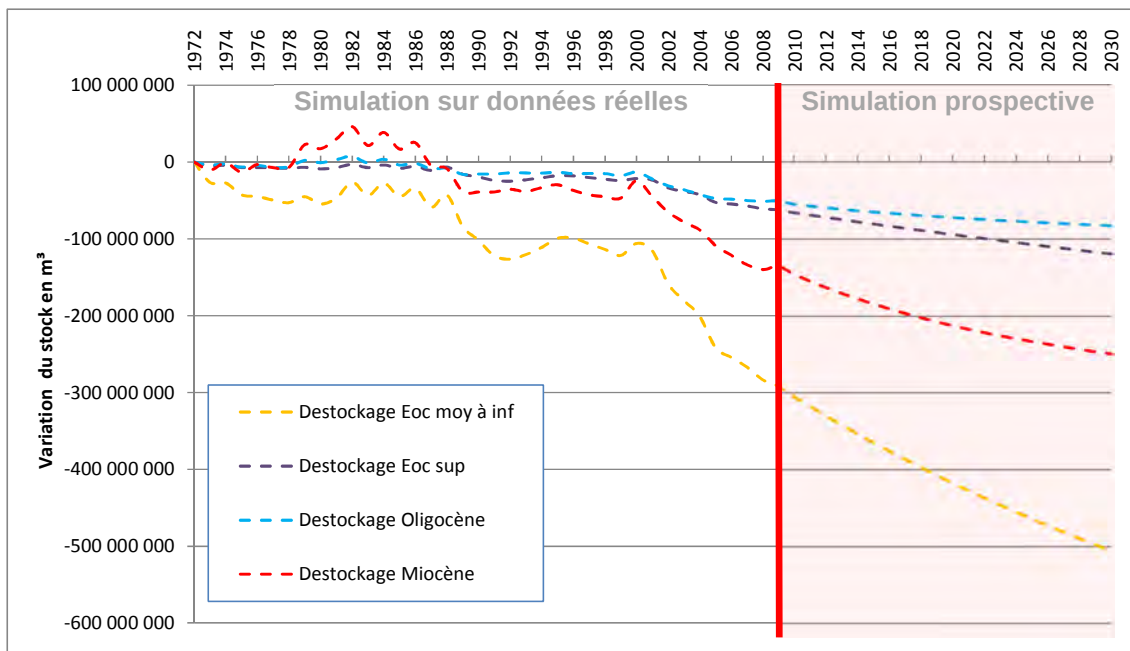


Figure 56 : Évolution cumulée du stock de l'Oligocène et des réservoirs encadrants pour le scénario à 12 Mm³/an – Recharge moy. des 10 dernières années

3.2.4. Evaluation des rabattements aux forages pour une condition de recharge moyenne obtenue sur la période 2000-2009

Les différentes simulations réalisées à l'échelle régionale dans le Modèle Nord-Aquitain ne montrent pas de dénoyage du réservoir oligocène. Les limites inhérentes à la précision spatiale du modèle (maille de 4 km²) ne permettent cependant pas d'écarter la possibilité d'un dénoyage local aux abords des points de captage lié aux interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation. Aussi, deux approches complémentaires ont été mises en œuvre afin de préciser les rabattements engendrés par la mise en exploitation du champ du captant. La première consiste à affiner le maillage à 100 m de côté (10 000 m² soit 0.01 km²) à l'aide d'un gigogne au droit du champ captant. La seconde s'appuie sur une solution analytique afin de calculer les interférences de cône de rabattement liées aux puits (logiciel TIGRE). Ces deux approches ont été appliquées aux deux scénarios d'exploitation (10 Mm³/an et 12 Mm³/an) dans les conditions de recharge les plus sévères (recharge moyenne calculée sur les 10 dernières années), à l'origine des rabattements les plus importants.

Modèle gigogne

L'influence d'un champ captant sur une nappe d'eau souterraine est classiquement étudiée à l'aide de modèles mathématiques maillés. Ces modèles permettent de calculer en tout point la charge moyenne dans une maille de calcul. Dans le Modèle Nord-Aquitain (MONA), la taille des mailles (2 km de côté) conduit à intégrer jusqu'à trois forages au sein d'une même maille pour laquelle une somme algébrique de tous les débits est affectée. Au final, la charge calculée à l'issue de la simulation correspond à la somme algébrique des débits et est différente de la charge réelle en chacun des puits. Afin de préciser le rabattement au sein des 14 forages du champ captant, la taille des mailles a été réduite localement. Le code de calcul Marthe permet d'apposer au maillage principal un maillage gigogne, plus fin (ici à 100 m de côté), permettant de mieux caractériser les rabattements pour chaque ouvrage.

- **Caractéristiques du modèle gigogne**

Le modèle gigogne est inclus dans le modèle régional sous la forme d'un maillage rectangulaire régulier plus fin (maille de 100 m de côté contre 2 km précédemment). La zone englobe l'ensemble des 14 forages du champ captant (Figure 57), elle est délimitée par les coordonnées suivantes (exprimées en Lambert III Sud) :

$$\begin{array}{ll} X_{\min} = 332,5 \text{ km} & \text{à} \quad X_{\max} = 342,5 \text{ km} \\ Y_{\min} = 290 \text{ km} & \text{à} \quad Y_{\max} = 304 \text{ km} \end{array}$$

Le modèle gigogne hérite des caractéristiques du maillage principal et conserve ainsi les propriétés hydrodynamiques des aquifères et des épontes (perméabilité, coefficient d'emménagement) ainsi que la géométrie (toits et murs) des différentes couches.

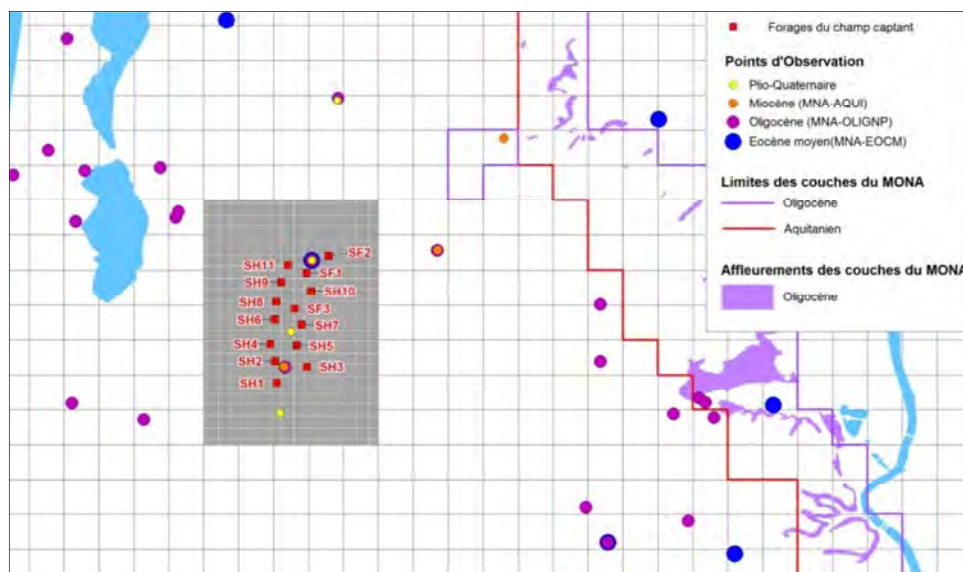


Figure 57 : Localisation du maillage gigogne de Ste-Hélène (maille de 100m)

• Résultats

Les cartes piézométriques de l'Oligocène en 2029 permettent de rendre compte des différences de précisions entre le modèle à mailles de 2 km de côté (Figure 58) et le modèle intégrant un gigogne au droit du champ captant (Figure 59).

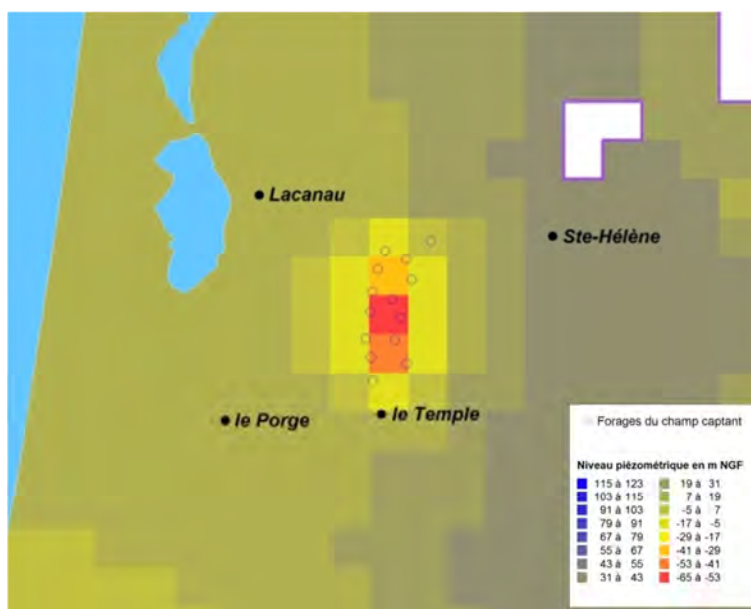


Figure 58 : Carte piézométrique de l'Oligocène – Exploitation à 12 Mm³/an – Recharge moy. des 10 dernières années – Modèle à mailles de 2 km de côté

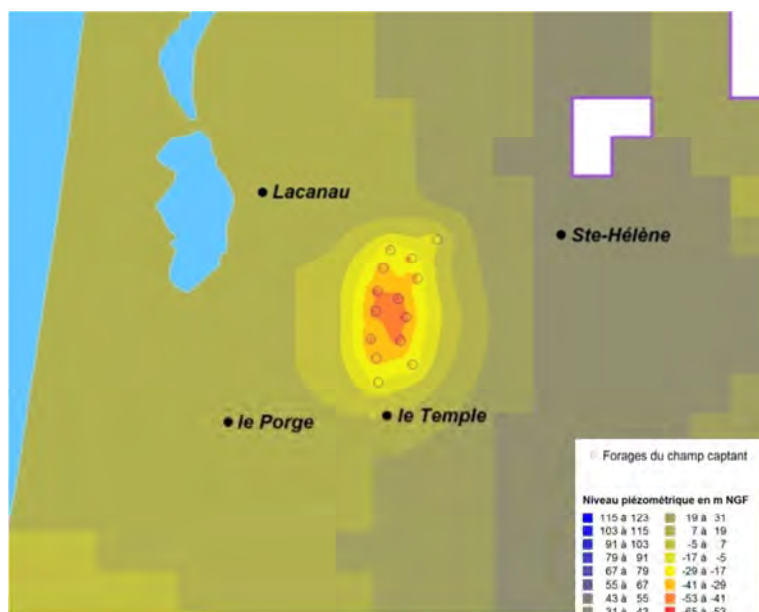


Figure 59 : Carte piézométrique de l'Oligocène – Exploitation à 12 Mm³/an – Recharge moy. des 10 dernières années – Modèle gigogne

Malgré une taille de maille plus fine (100 m de côté), les rabattements calculés dans les mailles de pompage, bien que plus précis, restent des rabattements moyens. Pour obtenir le rabattement au puits à partir du rabattement calculé dans la maille, il faut ajouter un terme correctif. S'il n'existe qu'un seul puits au centre d'une maille carrée, J.P. Sauty (1973) montre que, sur la base d'une analyse théorique (régime permanent), il faut ajouter à la charge calculée dans la maille un rabattement supplémentaire dont l'expression est :

$$COR = \frac{Q}{2\pi T} \left[\ln \left(\frac{a}{r_p} \right) - \frac{\pi}{2} \right]$$

Avec : *COR* rabattement supplémentaire ;
Q débit pompé ;
r_p rayon du puits ;
a côté de la maille ;
T transmissivité de la maille ;
Ln logarithme népérien.

En considérant un rayon fictif de *r_p*=15 cm, le terme correctif à apporter est de 9,77 m pour une exploitation à 10 Mm³/an et de 11,48 m pour celle à 12 Mm³/an. Au final, le rabattement maximum calculé est obtenu au forage SH7 (Figure 60), situé au cœur du champ captant. Il atteint près de 85 m pour une exploitation à 10 Mm³/an contre 100 m à 12 Mm³/an. Le niveau piézométrique minimal correspondant, atteint en 2029, est respectivement de -61,3 mNGF et de -76,2 mNGF. La côte du toit de l'Oligocène dans le secteur étant de -120 mNGF, aucun dénoyage n'est observé.

Il faut cependant remarquer ici que les pertes de charges quadratiques liées à la circulation du fluide à l'interface puits/aquifère et à l'intérieur du puits ne sont pas prises en compte dans les calculs.

	Rabattements* obtenus du modèle régional (maille de 4 km)		Rabattements obtenus du modèle gigogne (maille de 100 m)	
Forages	En 2029		En 2029	
	CC10*** - SansCC**	CC12**** - SansCC**	CC10 - SansCC	CC12 - SansCC
SH10	-42.5	-50.0	-74.6	-87.7
SH4	-39.3	-46.2	-69.9	-82.2
SH5	-70.9	-83.3	-79.8	-93.7
SH3	-70.9	-83.3	-65.3	-76.7
SH2	-70.9	-83.3	-67.4	-79.2
SH11	-37.3	-43.9	-66.6	-78.3
SF2	-36.0	-42.3	-57.4	-67.5
SH6	-77.8	-91.5	-78.9	-92.7
SH7	-77.8	-91.5	-85.1	-100.0
SH9	-60.8	-71.4	-73.0	-85.7
SH8	-60.8	-71.4	-79.5	-93.4
SH1	-39.5	-46.4	-60.3	-69.8
SF1	-60.8	-71.4	-70.9	-83.3
SF3	-77.8	-91.5	-84.5	-99.3

* rabatement = scénario avec champ captant-scénario tendanciel

** SansCC = Sans Champ Captant (= scénario tendanciel)

*** CC10 = Champ captant à 10 Mm³/an

**** CC12 = Champ captant à 12 Mm³/an

Figure 60 : Comparaison des rabattements (différence entre scénario d'exploitation et scénario tendanciel) obtenus par les deux modèles et auxquels sont appliqués les termes correctifs

Approche analytique

L'évaluation du rabattement après 20 ans d'exploitation du champ captant à la fois à 10 et 12 Mm³/an a été réalisée à l'aide du logiciel TIGRE du BRGM (Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire) (Thiéry, 2011). Ce logiciel permet de calculer les influences mutuelles de multiples puits en pompage dans un aquifère considéré homogène, isotrope et infini/semi-infini, ou limité par une ou 4 limites rectilignes pouvant définir un domaine rectangulaire. Ces limites peuvent correspondre soit à des limites étanches soit à des limites d'alimentation à charge imposée. TIGRE calcule directement les rabattements aux dates choisies par l'utilisateur au moyen d'une méthode analytique ; la méthode de calcul repose sur l'utilisation de la formule de Theis et sur l'application du principe de superposition, ce qui revient à sommer algébriquement les rabattements en un point donné calculés aux différents débits de pompage successifs en chaque puits et leurs images par rapport aux limites.

• Paramètres introduits dans le logiciel TIGRE

Il est nécessaire de renseigner les paramètres suivants : position des limites, position des puits, caractéristiques des forages, et les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère. L'emprise du système choisie (Figure 61) tient compte à la fois de la présence de forages d'exploitation de l'Oligocène à proximité du champ captant et du modelé piézométrique de la nappe de l'Oligocène. Ainsi, les forages pouvant avoir un impact sur les rabattements des ouvrages du champ captant ont été intégrés. Deux limites ont été fixées sur le domaine : la limite ouest qui correspond à l'océan et la limite est qui se situe au niveau des charges élevées au droit de la ligne de partage des eaux. Ces deux limites sont considérées à charge constante sur toute la durée de la simulation.

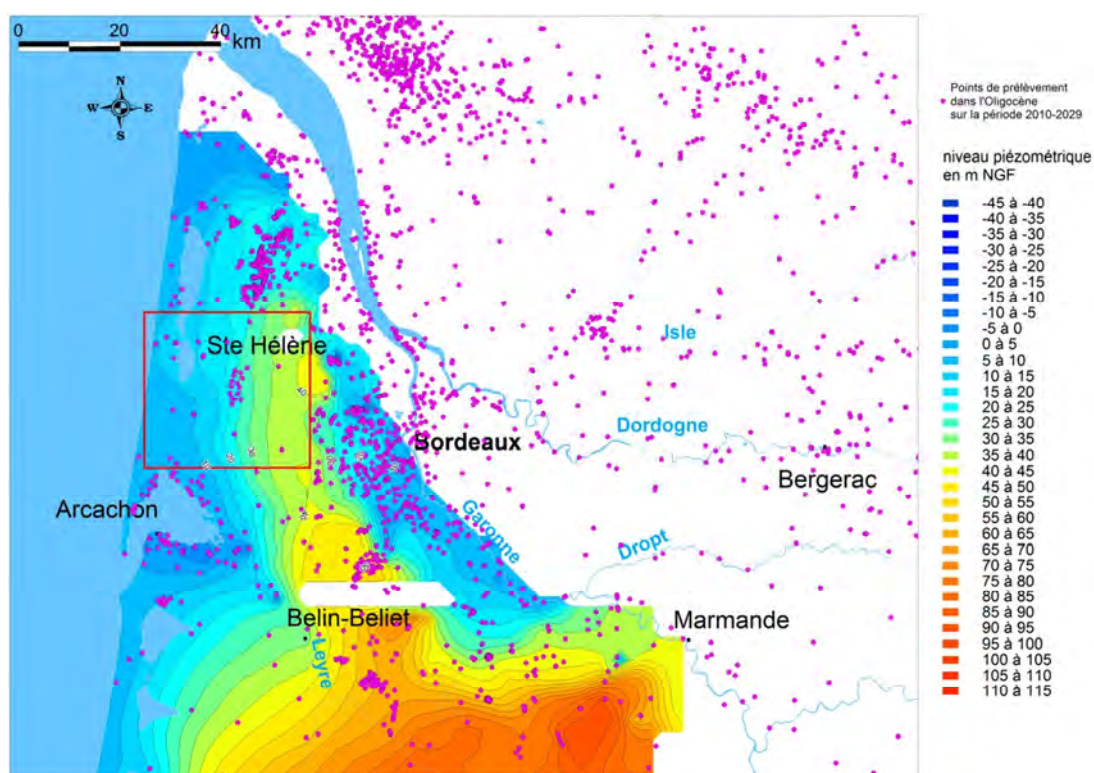


Figure 61 : Emprise du domaine modélisé avec le logiciel TIGRE

Pour chaque forage, il est nécessaire de définir sa position au sein du système, son rayon (fixé à 15 cm comme précédemment) et son débit de pompage (la simulation a été effectuée pour les deux scénarios d'exploitation).

Les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère proviennent de l'interprétation de pompages d'essai (Larroque, 2004), réalisés notamment au forage SP2 (08022X0009) situé au sein du champ captant. Les valeurs retenues sont de 3.10^{-5} m/s pour la perméabilité et de 3.10^{-4} pour le coefficient d'emmagasinement.

• Résultats

	Rabattelements* obtenus du modèle gigogne (maille de 100 m de côté)		TIGRE	
Forages	En 2029		En 2029	
	CC10*** - SansCC**	CC12**** - SansCC**	CC10	CC12
SH10	-74.6	-87.7	-79.4	-93.0
SH4	-69.9	-82.2	-79.6	-93.2
SH5	-79.8	-93.7	-80.7	-94.4
SH3	-65.3	-76.7	-72.6	-85.0
SH2	-67.4	-79.2	-77.2	-90.3
SH11	-66.6	-78.3	-75.7	-88.5
SF2	-57.4	-67.5	-66.7	-78.0
SH6	-78.9	-92.7	-83.0	-97.1
SH7	-85.1	-100.0	-82.7	-96.8
SH9	-73.0	-85.7	-80.1	-93.7
SH8	-79.5	-93.4	-82.9	-97.0
SH1	-60.3	-69.8	-69.6	-81.5
SF1	-70.9	-83.3	-77.5	-90.7
SF3	-84.5	-99.3	-84.7	-99.2

* rabatement = scénario avec champ captant-scénario tendanciel

** SansCC = Sans Champ Captant (= scénario tendanciel)

*** CC10 = Champ captant à 10 Mm³/an

**** CC12 = Champ captant à 12 Mm³/an

Figure 62 : Comparaison des rabattements obtenus par les approches numérique (gigogne) et analytique (TIGRE)

L'approche analytique corrobore les ordres de grandeur des rabattements obtenus par l'approche numérique (Figure 62). Les baisses piézométriques sont importantes, de l'ordre de 70 à 85 m au droit du champ captant pour une exploitation à 10 Mm³/an (le forage SF2, étant plus isolé que les autres, subit logiquement les rabattements les plus faibles). La baisse peut atteindre 80 à 100 m pour une exploitation de 12 Mm³/an.

Les rabattements calculés par la méthode analytique, bien qu'importants, n'entraînent pas de dénoyage de l'aquifère oligocène dans le secteur de Ste-Hélène.

4. Conclusion

Le travail de modélisation rend compte des impacts à l'horizon 2029 de la mise en service du champ captant de l'Oligocène dans diverses conditions d'exploitation (10 et 12 Mm³/an) et de recharge (recharges moyennes calculées sur les périodes 1980-2009 et 2000-2009) sur l'ensemble des aquifères tertiaires du bassin nord-aquitain

Afin d'évaluer au mieux le rôle des prélèvements futurs dans les rabattements générés en 2029, une comparaison de l'état piézométrique des différentes nappes a été réalisée sur la seule base des modifications des conditions de recharge introduites dans le modèle. Ainsi, deux scénarios climatiques ont été envisagés. Le premier s'appuie sur la recharge moyenne calculée sur la période 1980-2009, considérée comme favorable à l'alimentation du système. Le second tient compte de la poursuite des faibles conditions de recharge observées depuis 10 ans. On notera que ces deux scénarios sont basés sur un maintien des prélèvements à l'horizon 2029 et notamment sur celui de l'Éocène moyen alors même que la mise en place du champ captant est voué à alléger la pression sur cet aquifère.

Les résultats démontrent qu'avec une recharge favorable, les niveaux piézométriques de l'ensemble des nappes restent relativement stables sur la période 2010-2029, la poursuite des conditions de prélèvements actuels n'engendrerait qu'un déstockage des réservoirs éocènes (lié aux prélèvements) alors que les stocks du Miocène et de l'Oligocène seraient stables voire en légère augmentation. Dans le cas d'une recharge plus faible, l'ensemble du système subit un déstockage important.

De manière générale, le nouveau pôle de prélèvements génère des dépressions importantes avec une propagation sur plusieurs dizaines de kilomètres au sein du réservoir oligocène qui se répercute sur les aquifères qui l'encadrent.

En considérant des conditions climatiques favorables à la recharge du système (moyenne calculée sur les 30 dernières années), la mise en fonctionnement d'un champ captant à 10 Mm³/an a logiquement un impact plus important sur le réservoir oligocène. Cet impact est maximum au droit des mailles qui intègrent les forages d'exploitation avec des différences piézométriques entre les scénarios tendanciel et d'exploitation allant jusqu'à 68 m en 2029. La dépression générée dans l'Oligocène montre une forte dissymétrie, avec des abaissements plus marqués à l'ouest, la propagation étant limitée vers l'est par les charges élevées présentes au droit de la ligne de partage des eaux entre les écoulements orientés vers la Garonne et ceux se dirigeant vers l'océan. Pour une exploitation à 12 Mm³/an, l'impact devient plus important sur l'ensemble des nappes depuis le Plio-Quaternaire jusqu'à l'Éocène moyen. Il s'exprime à la fois par une augmentation des rabattements maximum (de l'ordre de 12 m dans l'aquifère oligocène et de 2 m pour le Miocène, les aquifères du Plio-Quaternaire et de l'Éocène étant moins influencés) mais également par une augmentation de l'extension de la dépression, celle-ci s'amplifiant principalement dans la direction du sud-ouest. On notera que dans ces conditions de recharge, la mise en exploitation du champ captant, quels que soient les volumes prélevés, est caractérisée

par une rapide stabilisation des niveaux piézométriques, après deux ans environ (Annexe 2). Ceci tient principalement à la bonne productivité de l'aquifère oligocène et à sa bonne réalimentation depuis les aquifères sus-jacents et notamment l'aquifère du Miocène (Aquitainien).

Dans des conditions de recharge plus défavorables (moyenne calculée sur les dix dernières années), la mise en fonctionnement d'un champ captant à 10 Mm³/an entraîne des abaissements piézométriques (différence entre les scénarios tendanciel et d'exploitation) du même ordre de grandeur que pour des conditions favorables. Toutefois, les niveaux piézométriques atteints sur l'ensemble des nappes sont inférieurs à ceux obtenus dans le précédent scénario climatique avec un minimum calculé pour l'aquifère de l'Oligocène de -44,7 mNGF contre -42,7 mNGF. La dépression, toujours dissymétrique, montre cependant une propagation plus importante vers l'est. Cette propagation est facilitée par les baisses piézométriques observée au droit de la ligne de partage des eaux située à l'est du champ captant engendrées par la diminution de recharge appliquée pour ces simulations.

Une exploitation à 12 Mm³/an, dans ces conditions de recharge, est le scénario ayant le plus d'impact sur le multicouche aquitain. Il induit, comme précédemment, un rabattement maximum supplémentaire de près de 12 m par rapport au scénario d'exploitation à 10 Mm³/an pour l'aquifère oligocène et une augmentation générale de l'extension de la dépression. L'ensemble des aquifères est soumis, dans ces conditions de recharge hors influence du champ captant, à une baisse continue des niveaux piézométriques qui semble se poursuivre au-delà de 2029 sur la base des observations réalisées dans la simulation sans champ captant.

Au final, la mise en exploitation d'un parc d'ouvrages sur le secteur de Sainte-Hélène à 10 et 12 Mm³/an dans les deux conditions de recharge choisies montre un impact significatif sur l'ensemble des nappes du multicouche depuis le Plio-Quaternaire jusqu'à l'Éocène moyen, le scénario à 12 Mm³/an ayant logiquement le plus d'influence. Cependant, la dynamique générale du système est différente puisque dans des conditions de recharge favorables, les niveaux piézométriques montrent une stabilité au bout de 2 ans de mise en service du champ captant tandis que dans des conditions plus sévères, les niveaux piézométriques montrent une baisse continue liée principalement à la baisse de recharge introduite dans le système et qui se poursuit au-delà de 2029. Pour l'aquifère oligocène, siège des abaissements piézométriques les plus importants, le champ captant a une influence importante sur les ouvrages situés sur la façade atlantique mais ne montre pas d'impact sur les niveaux piézométriques des ouvrages de la CUB et notamment les sources du Thil et de Gamarde à Saint-Médard-en-Jalles. Compte-tenu du niveau de représentation du modèle, il n'est pas possible de vérifier l'impact éventuel de l'exploitation du champ captant sur les étangs de Lacanau et d'Hourtin ou encore la présence d'un éventuel biseau salé dans la nappe du Plio-quaternaire. Néanmoins, les faibles rabattements calculés par le modèle dans le Plio-quaternaire au droit de ces zones laissent supposer que l'impact serait très limité.

Par ailleurs, les simulations réalisées à l'échelle régionale dans le Modèle Nord-Aquitain ne montrent pas de dénoyage du réservoir oligocène. En raison des limites de

précision du modèle, l'éventualité d'un dénoyage local ne pouvait être écarté aux droit des puits en raison des interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation (notamment dans la partie Nord où l'aquifère est moins profond). Aussi, deux approches complémentaires ont été menées afin de préciser les rabattements calculés. Elles s'appuient à la fois sur une discrétisation à un maillage plus fin (à 100 m de côté) au droit du champ captant par l'intermédiaire d'un gigogne et sur une méthode analytique de calcul d'interférence de puits (logiciel TIGRE). Ces deux approches ont été menées pour les deux conditions d'exploitation (10 Mm³/an et 12 Mm³/an) dans les conditions de recharge défavorables (recharge moyenne calculée sur les 10 dernières années), à l'origine des rabattements les plus importants. Les résultats montrent des rabattements du même ordre de grandeur pour les deux approches mais qui restent logiquement plus importants pour une exploitation à 12 Mm³/an. Les niveaux piézométriques atteints au final n'induisent pas de dénoyage local du réservoir oligocène. Toutefois, les calculs réalisés ne prennent pas en compte les pertes de charges quadratiques liées à la circulation du fluide à l'interface puits/aquifère et à l'intérieur du puits.

5. Bibliographie

Amraoui N., Bichot F., Platel J.P., Seguin J.J. (1998) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 2 - Evaluation des ressources. Ajout des couches du Santonien-Turonien, du Cénomanién et du Jurassique moyen et supérieur au modèle nord aquitain. BRGM/RR-40110-FR.

Amraoui N., Bichot F., Seguin J.J., Platel J.P., Sourisseau B. (1999) - Restructuration du modèle nord aquitain de gestion des nappes. Réalisation de 6 simulations pour le Schéma de Gestion des Eaux du département de la Gironde. BRGM/RR-40224-FR.

Braneyre M. (1993) - Modèle conceptuel sommaire. Multicouche aquitain, BRGM/RR-37322-F.

Braneyre M., Chigot D., Lambert M., Moreau C.F., Sourisseau B., Platel J.P., Dubreuilh J., Gaaloul N. (1993) - Modélisation mathématique multicouche des trois aquifères exploités du bassin sédimentaire nord-aquitain (Oligocène - Éocène - Crétacé) - BRGM/RR-37361-FR.

Braneyre M., Lambert M., Sourisseau B. (1994) - Rapport de synthèse du modèle régional multicouche du Bassin Nord-aquitain. Calage en régime transitoire et simulations - BRGM/RR-38006-FR.

Castany G., Margat J. (1977) – Dictionnaire français d'hydrogéologie – BRGM, 249 p.

Gomez E., Pédrón N., Buscarlet E. (2010a) - 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.

Gomez E., Saltel M., Pédrón N. (2010b) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain - Module 4 - Année 1 - Convention 2008-2013. BRGM/RP-57810-FR.

Larroque F. (2004) - Gestion globale d'un système aquifère complexe, Application à l'ensemble aquifère multicouche médocain. Université Michel de Montaigne – Bordeaux 3.

Larroque F., Dupuy A. (2004) - Apports de la méthode sismique réflexion haute résolution à l'identification des structures profondes des formations tertiaires en Médoc (Gironde, France) : implications hydrogéologiques. Comptes Rendus Géosciences, Volume 336, Pages 1111-1120

Nadaud H., Martin G. (2006) - Recherche de ressources nouvelles pour l'alimentation en eau potable dans l'aquifère de l'Oligocène dans les environs de SAINT-HELENE - Compte rendu des études 2000-2006. .

Pédron N., Seguin J.J., Capdeville J.P. (2003) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Développements et maintenance du Modèle Nord Aquitain de gestion des nappes - Module 4 - Année 1. BRGM/RP-52602-FR.

Pédron N., Platel J.P., Lopez B. (2005) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Développements et maintenance du Modèle Nord Aquitain de gestion des nappes - Modules 4 - Année 2 - Rapport final - BRGM/RP-53659-FR.

Pédron N., Lopez B. (2006) - Actualisation du modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes. Période 2001 - 2003. Rapport final - BRGM/RP-54220-FR.

Pédron N., Platel J.P., Bourguine B. (2006) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes – Module 4 – Année 3 – BRGM/RP-55242-FR.

Pédron N., Platel J.P., Bourguine B., Loiseau J.B. (2008) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Année 4 - Module 4 - Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - RP-56614-FR.

Pédron N., Akar A., Gomez E. (2009) - Simulation d'impact d'un champ captant dans l'aquifère Oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène (33) à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – BRGM/RC-57035-FR.

Saltel M., Pédron N., Platel J.P., Bourguine B., Gutierrez T. (2011) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine -Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes – Module 1 – Année 2 – BRGM/RP-59 959-FR.

Saltel M. (2012) – Simulation d'impact d'un champ captant d'une capacité de 10 millions de m³ par an dans l'aquifère oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène (33) à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) –BRGM/RP-60822-FR.

Sauty J.P. (1973) – Note technique BRGMIEAU n°28 du 16/01/1973 .

Seguin J.J. (1999) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde. Actualisation du modèle nord-aquitain de gestion des nappes. Période 1997-1998. BRGM/RR-40760-FR.

Seguin J.J. (1999) - Restructuration du modèle nord-aquitain de gestion des nappes. Correction du biais de calage du modèle. R40711.

Seguin J.J. (2002) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Actualisation du modèle nord-aquitain. Période 1999-2000. BRGM/RP-51758-FR.

Thiéry D. (1990) - Logiciel MARTHE Modélisation d'Aquifère par maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Écoulements - R-32210.

Thiéry D. (2006) - Didacticiel du pré-processeur WinMarthe v4.0 - Rapport final - BRGM/RP -54652-FR.

Thiéry D. (2010) - Didacticiel du code de calcul Marthe v7.0 - Votre premier modèle - BRGM/RP-58632-FR.

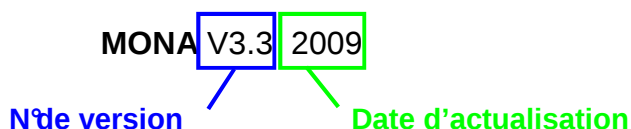
Annexe 1

Nomenclature des versions du MONA

Depuis près de 20 ans, le SGR Aquitaine développe des outils régionaux de gestion de la ressource en eaux souterraines. Le plus ancien et le plus abouti de ces outils est le Modèle Nord-Aquitain qui simule les écoulements au sein des grands aquifères captifs du nord du Bassin aquitain.

Au cours des différents développements qui se sont enchaînés notamment dans le cadre des deux conventions « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine », ce modèle régional d'aide à la gestion de la ressource a beaucoup évolué et les versions se sont succédé. Cela a amené le BRGM à réfléchir à la mise en place d'une nomenclature pour désigner ces différentes versions et ainsi permettre à ses partenaires et clients de pouvoir facilement identifier les versions en cours d'utilisation (notamment dans le cadre d'études ponctuelles) et les évolutions apportées au modèle.

Il a donc été décidé de désigner le **MOD**èle **Nord–Aquitain** par **MONA** et d'y adjoindre systématiquement le numéro de version du modèle et son année d'actualisation (dernière date pour laquelle tous les paramètres (recharge, prélèvements, piézométrie) du modèle sont mis à jour). Cette nouvelle nomenclature est illustrée par l'exemple ci-dessous :



De façon à resituer la numérotation actuelle dans son contexte historique, celles des anciennes versions du modèle (qui pour certaines n'existent plus) ont été reconstituées de façon rétrospective. Pour cela, un bref historique a été établi et est présenté ci-dessous.

Historique du Modèle Nord-Aquitain

MONA V1

Elaboration d'un 1er modèle régional à mailles carrées de 5 km de côté au début des années 90 [(Braneyre, 1993) ; (Braneyre, et al., 1993) ; (Braneyre, et al., 1994)] fonctionnant en régime transitoire sur la période 1972-1992 et simulant les écoulements au sein de 4 couches aquifères : Mio-Plio-Quaternaire (à potentiels imposés), Oligocène, Éocène et Campano-Maastrichtien.

En 1996, L'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la Communauté Urbaine de Bordeaux et le Conseil Général de la Gironde ont décidé la mise en place d'un schéma directeur de gestion des ressources en eau de la Gironde, proposant des solutions alternatives permettant de limiter les prélèvements dans l'Éocène. Les partenaires ci-dessus ont demandé au BRGM d'utiliser le **MONA V1** pour tester les différentes solutions proposées par les cabinets d'étude du schéma. En 1998, une expertise du modèle réalisée à la demande de l'Agence de l'Eau a montré qu'il devait être amélioré pour arriver à un niveau de représentativité du milieu souterrain suffisant pour fonder des décisions d'investissements lourds, nécessaires pour mettre en œuvre les solutions du

schéma. La prise en compte des différentes recommandations de l'expertise a permis de faire évoluer le modèle et d'aboutir à la version 2 décrite ci-dessous.

MONA V2

Version du modèle au pas de 5 km fonctionnant en régime transitoire sur la période 1972-1996 (**MONA V2-1996**) et simulant les écoulements au sein de 5 couches aquifères : Mio-Plio-Quaternaire (à potentiels imposés), Oligocène, Éocène, Campano-Maastrichtien, Turonien-Coniacien-Santonien (Amraoui, et al., 1999).

Cette version du modèle a été par la suite actualisée à deux reprises :

- en 1999 (Seguin, 1999b) avec les données 1997 et 1998 (**MONA V2-1998**). Cette version du modèle a permis de reprendre les simulations du Schéma Directeur de Gestion des Ressources en Eau de la Gironde pour tester différents scénarios d'exploitation des nappes et de réduction des prélèvements dans l'Éocène.
- en 2001 (Seguin, 2002) avec les données 1999 et 2000 (**MONA V2-2000**). Le modèle ainsi actualisé a été utilisé dans le cadre du SAGE "Nappes profondes de Gironde" pour simuler différents scénarios d'économie d'eau, aider à la définition des VMPO (Volumes Maximum Prélevables Objectifs) pour chacune des nappes visées par le SAGE, et proposer des indicateurs de l'état de la ressource.

Parallèlement, à la demande de la MISE de Gironde, des simulations ponctuelles ont été réalisées pour fonder les autorisations d'implantation et de prélèvements d'une dizaine d'ouvrages devant solliciter des nappes visées par le SAGE « Nappes Profondes ».

MONA V2B : Il existe une version du modèle 5 km fonctionnant en régime permanent avec 7 couches (+Cénomanien et Jurassique) développé au cours de l'année 2 de la convention « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine 1996-2001 ».

MONA V3

Développements réalisés dans le cadre de la convention régionale « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine » 2002-2006. Au cours de l'année 1 (Pédron, et al., 2003b), les améliorations suivantes ont été apportées :

- Passage du modèle à mailles carrées de 5 km de côté (MONA V2-2000) à une version 2 km avec adjonction de l'Aquitainien-Burdigalien, du Langhien-Serravallien (Helvétien) et du Plio-Quaternaire en remplacement de l'ancienne couche Mio-Plio-Quaternaire à potentiels imposés (MONA V3-2000).
- Subdivision de l'Éocène en 3 couches distinctes et réajustement de la géométrie de l'Oligocène (MONA V3.1-2000).

Au cours de l'année 2, la finalisation de la géométrie de l'Oligocène a été réalisée et le calage des trois couches de l'Éocène et celle de l'Oligocène effectuées.

La version **MONA V3.1** du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes intègre donc 9 couches : Plio-Quaternaire, Langhien-Serravallien (Helvétien), Aquitanien-Burdigalien, Oligocène, Éocène supérieur, Éocène moyen, Éocène inférieur, Campano-Maastrichtien, et l'ensemble Turonien-Coniacien-Santonien.

Cette version du modèle a été actualisée en 2005 (Pédron, et al., 2006) avec les données de la période 2001-2003 (**MONA V3.1-2003**), puis partiellement en 2007 (uniquement les 3 couches de l'Éocène et du Campano-Maastrichtien) sur la période 2004-2006 (**MONA V3.1-2006p**) pour les besoins de l'étude sur l'évaluation des ressources dans le Bergeracois (Pédron, et al., 2008).

Au cours de l'année 3 (Pédron, et al., 2006), les travaux réalisés ont permis la subdivision de la couche du Turonien-Coniacien-Santonien en deux couches distinctes (Turonien et Coniacien-Santonien) et l'actualisation de la géométrie du Campano-Maastrichtien (**MONA V3.2**).

L'année 4 (Pédron, et al., 2008) a été consacrée à la réalisation d'un modèle géologique régional des couches du Cénomaniens et du Jurassique (Bajocien, Bathonien-Callovio-Oxfordien, Kimméridgien et Tithonien) et à l'intégration de ces couches dans le modèle hydrodynamique pour aboutir à une version **MONA V3.3**.

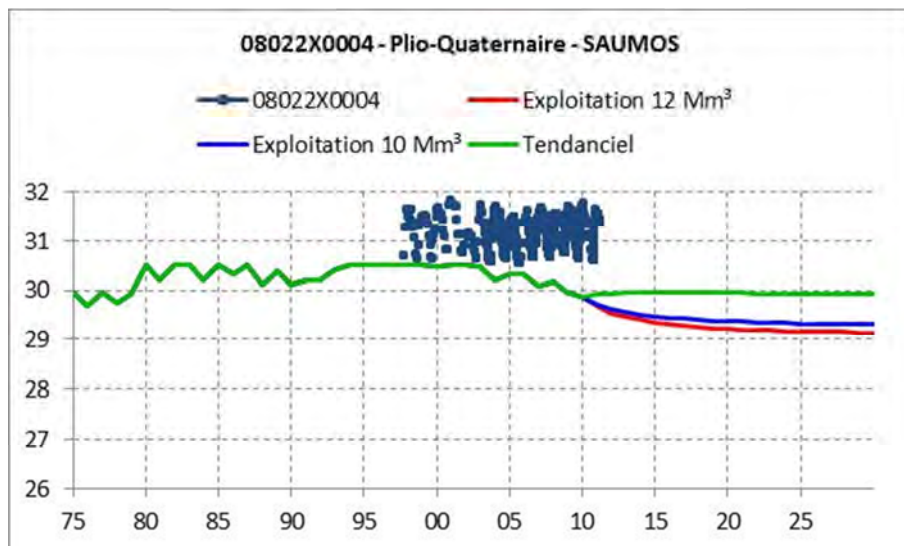
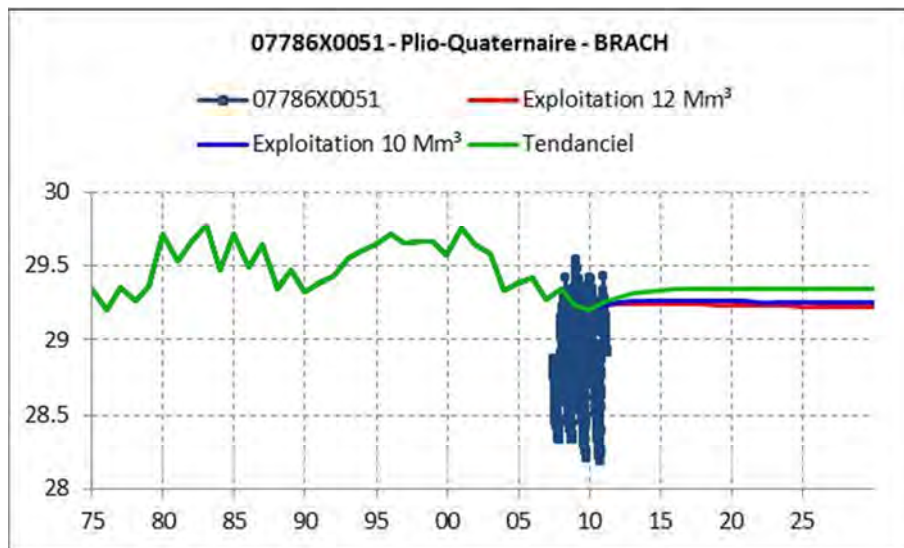
La version V3.3b correspond principalement à des ajustements de la loi de recharge de la nappe du Plio-Quaternaire et à une meilleure prise en compte du comportement des réservoirs autour de la structure de Villagrains-Landiras suite aux études récentes réalisées dans le secteur (Saltel, 2008).

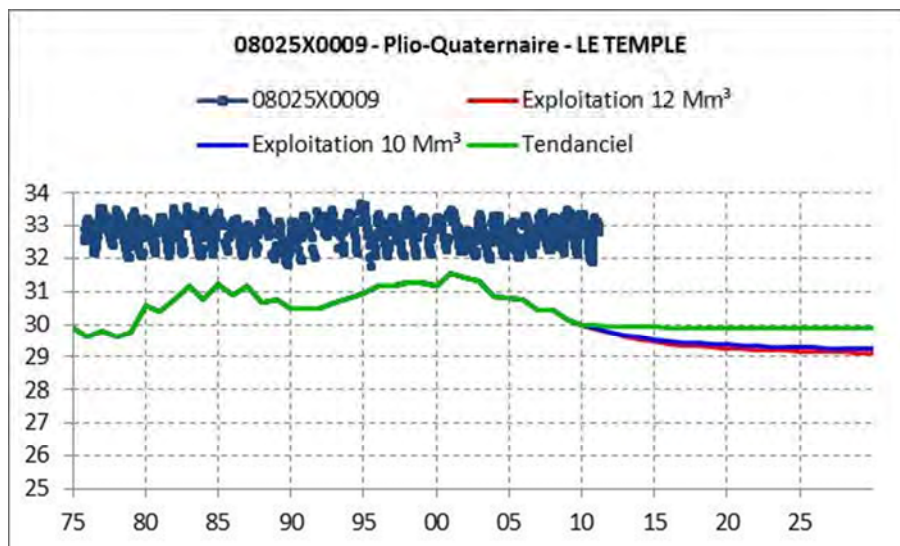
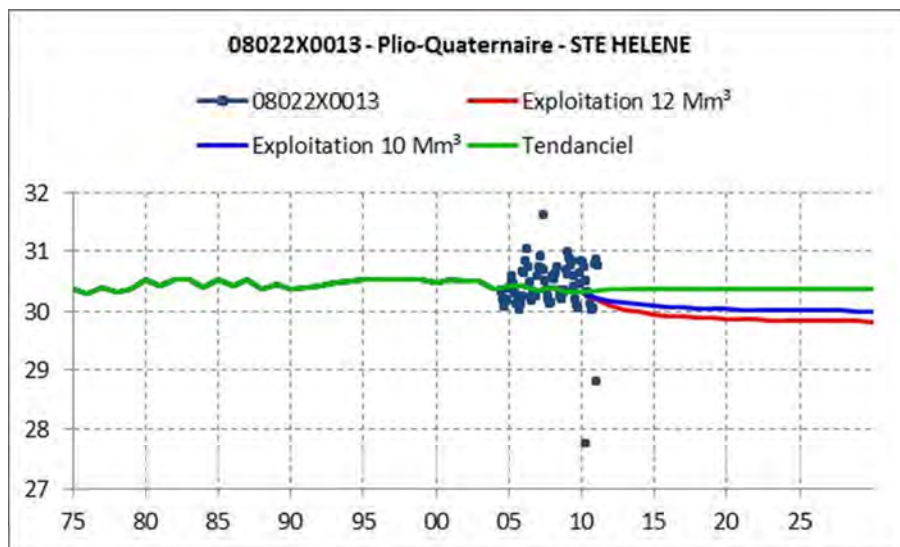
Annexe 2

Chroniques piézométriques restituées par le modèle pour des exploitations à 10 et 12 millions de m³/ an, avec des conditions de recharge favorables (moyenne calculée des 30 dernières années)

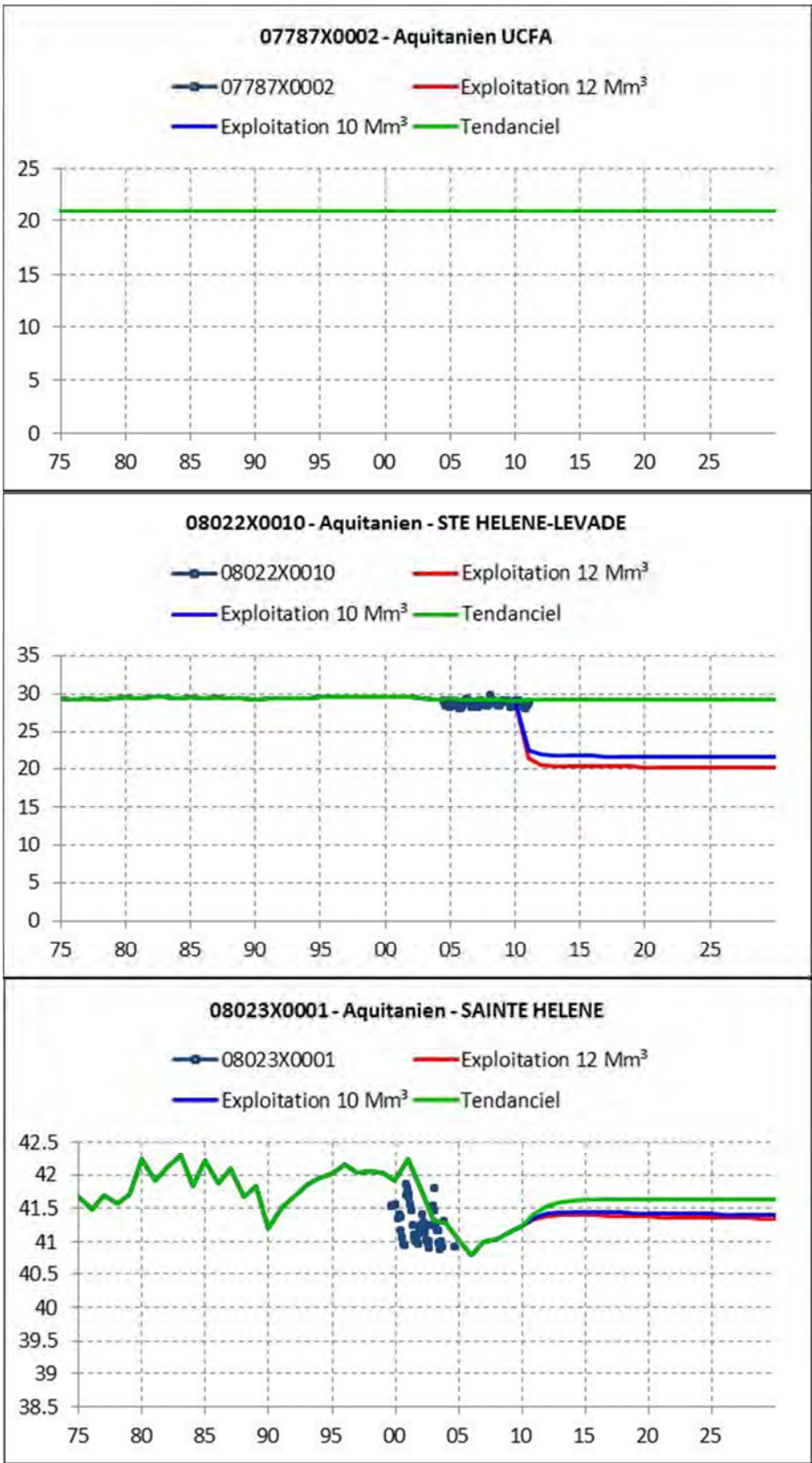
Les graphiques correspondent à l'évolution du niveau piézométrique (en mNGF) en fonction du temps (de 1975 à 2029)

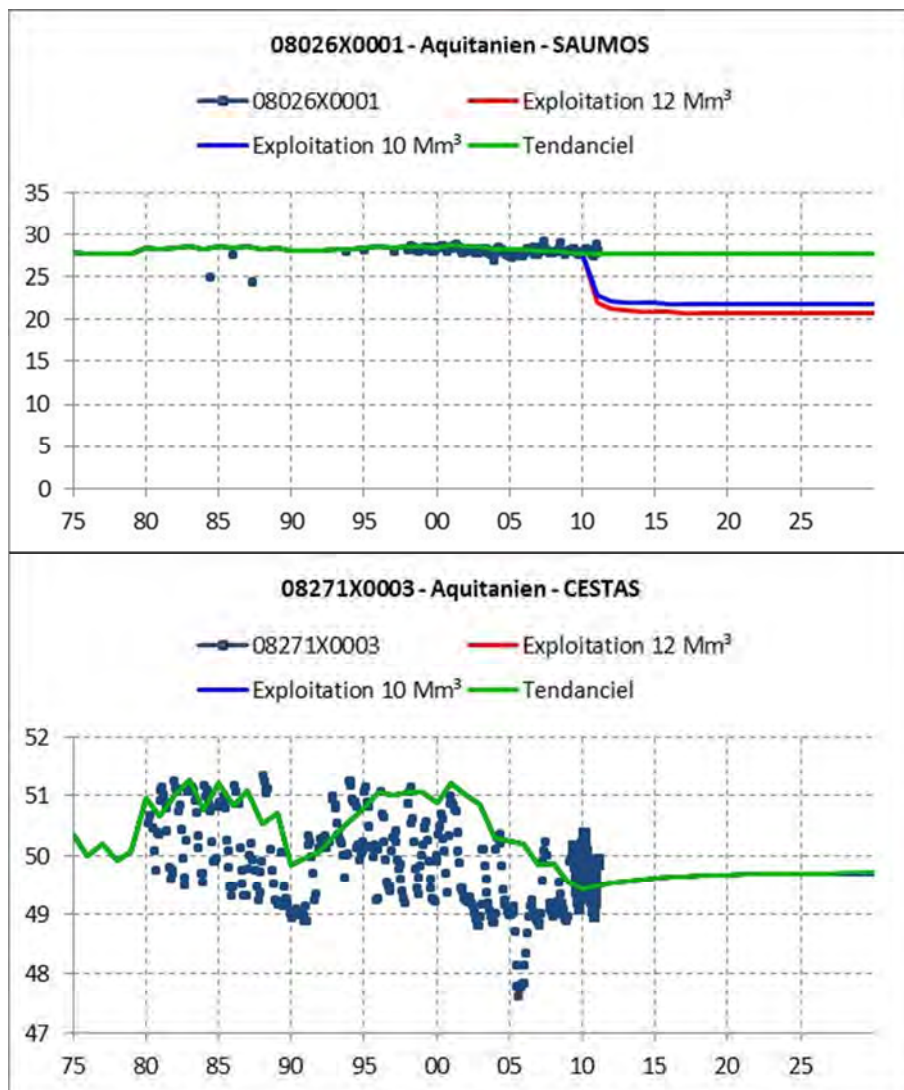
Nappe du Plio-quaternaire



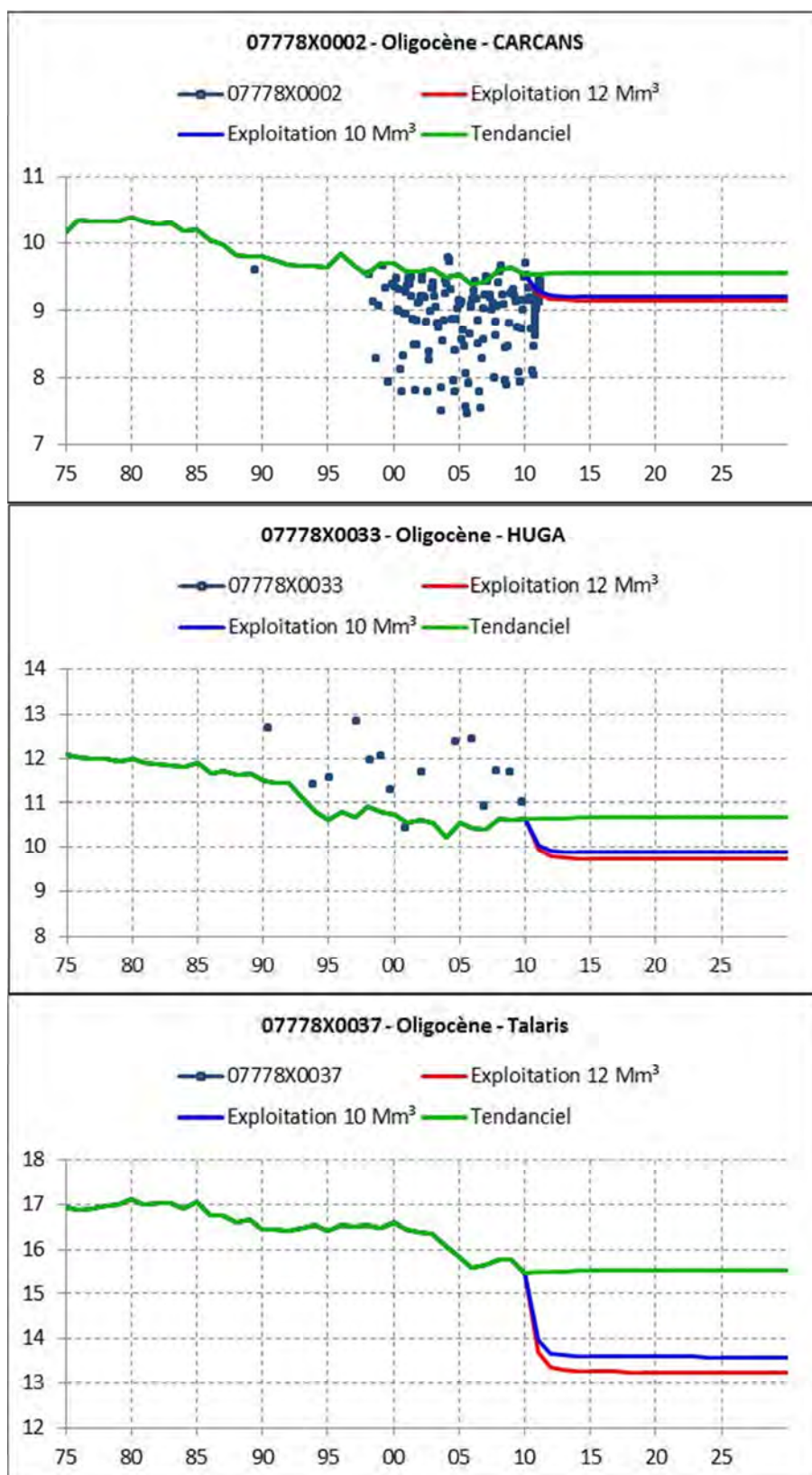


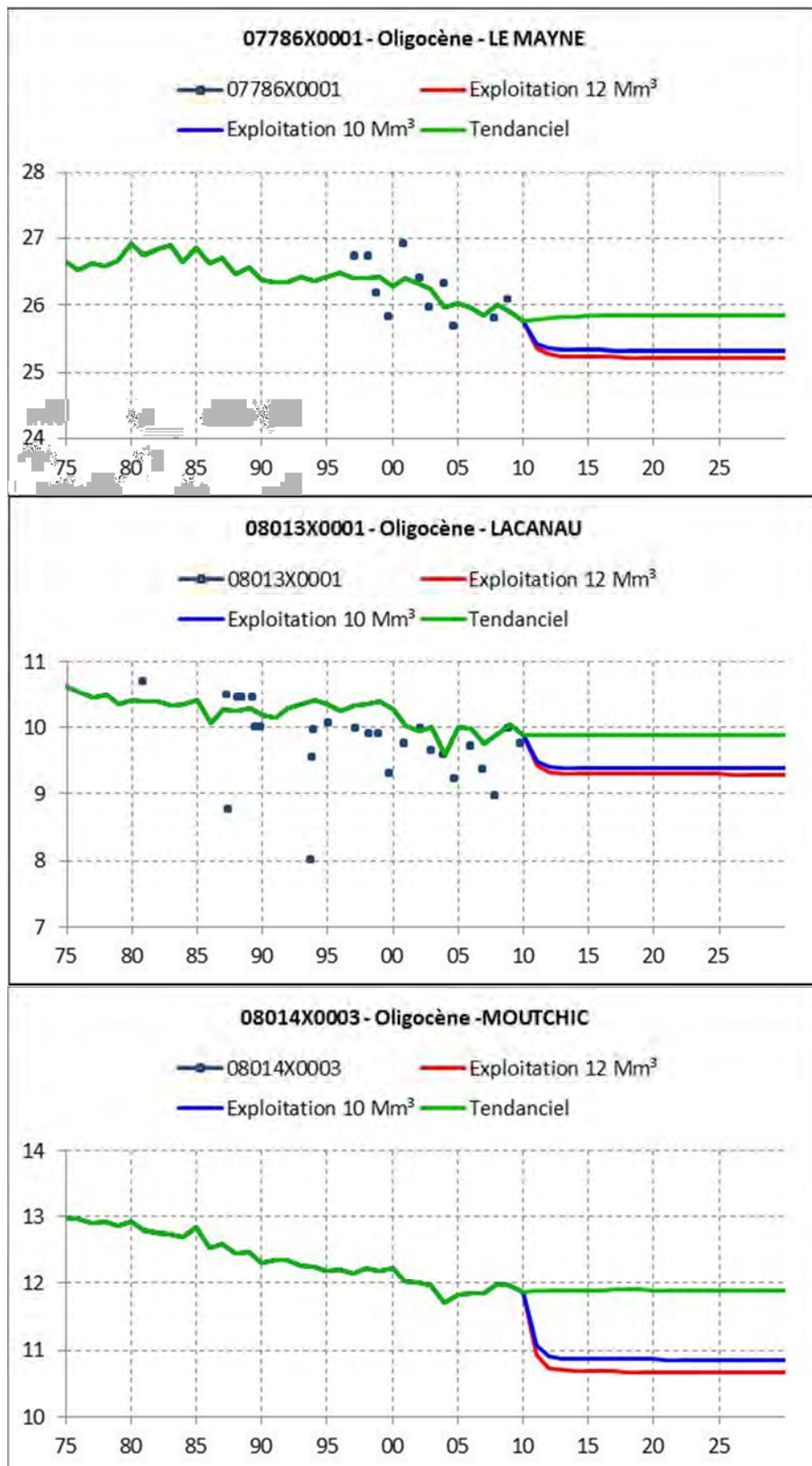
Nappe de L'Aquitainien

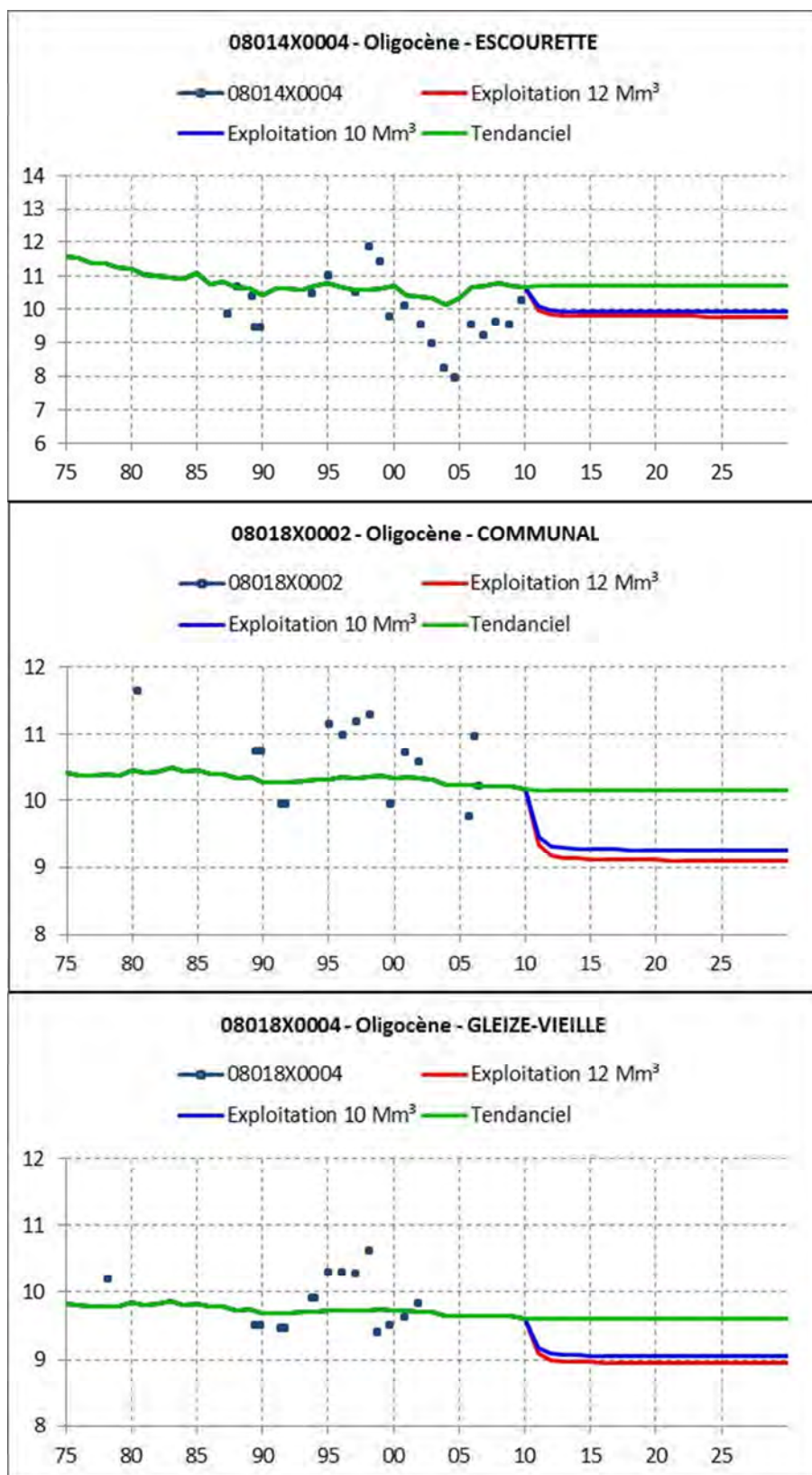


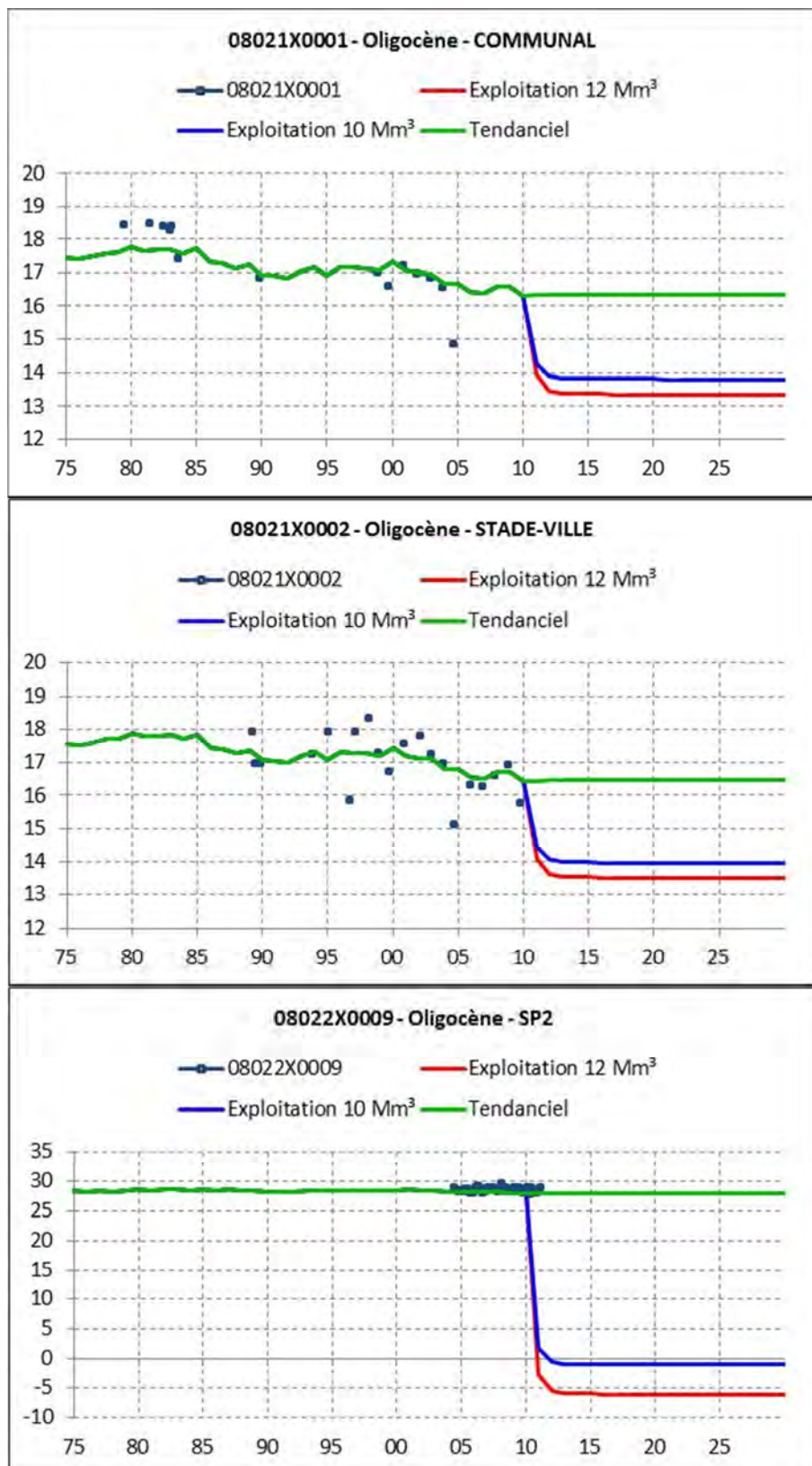


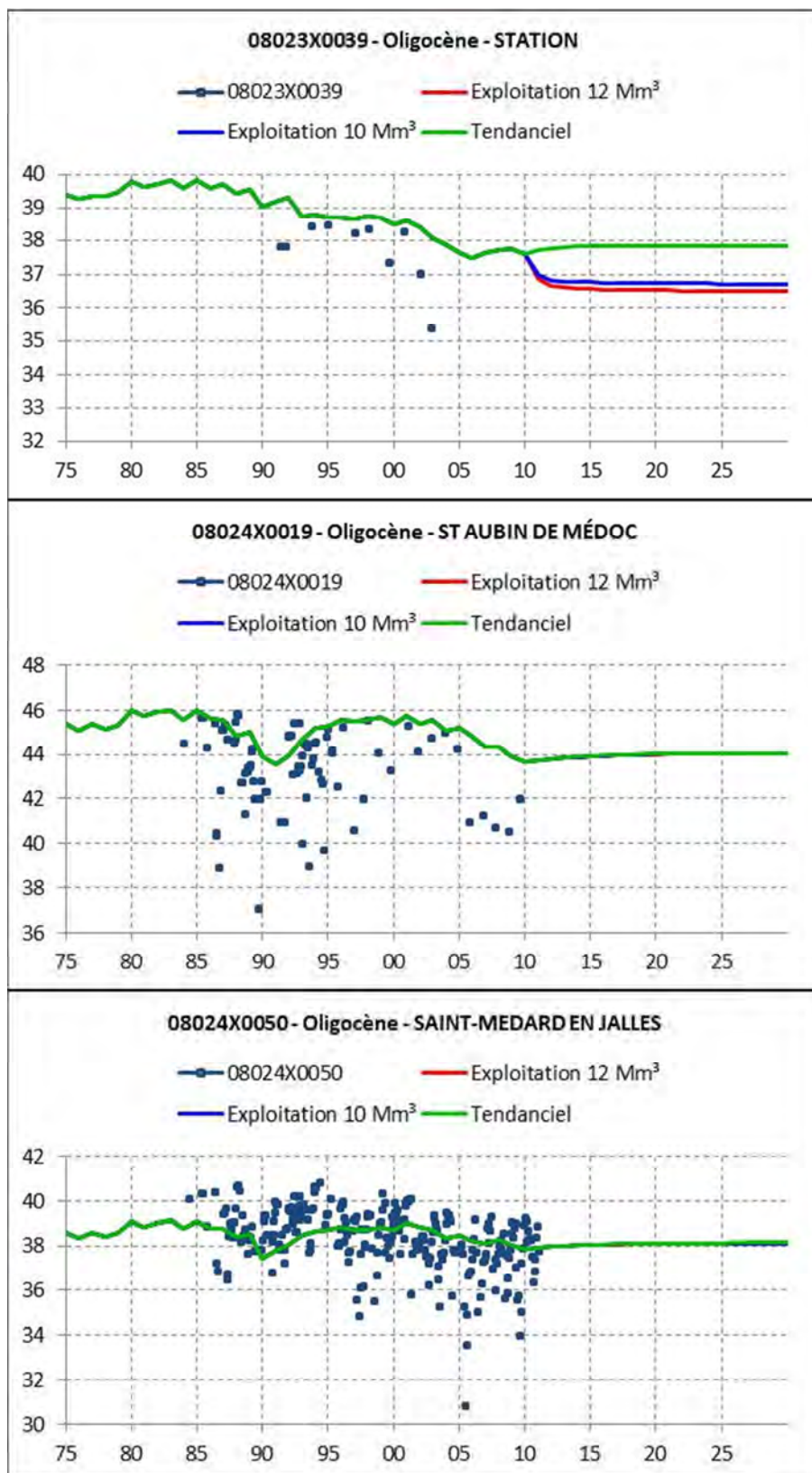
Nappe de L'Oligocène



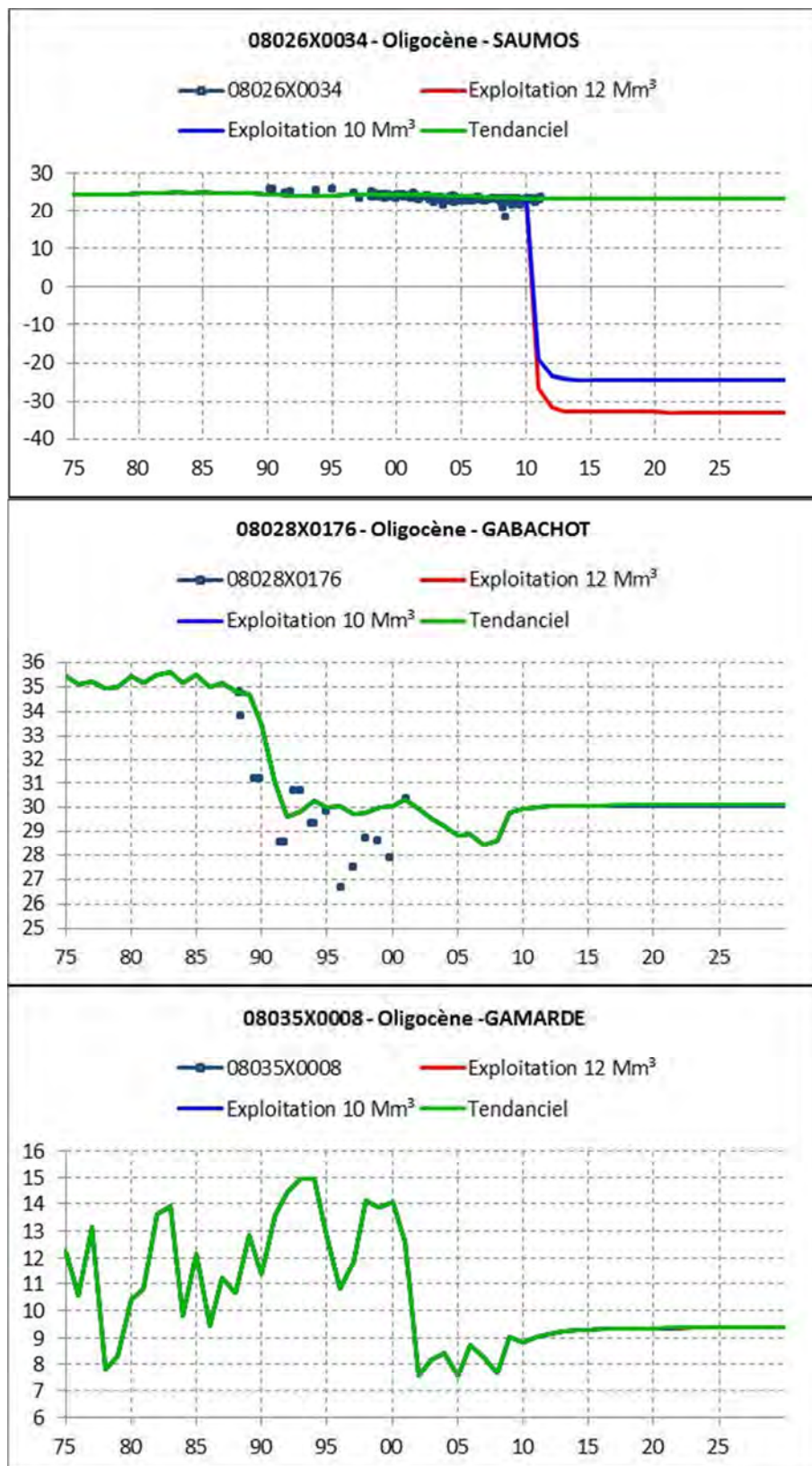


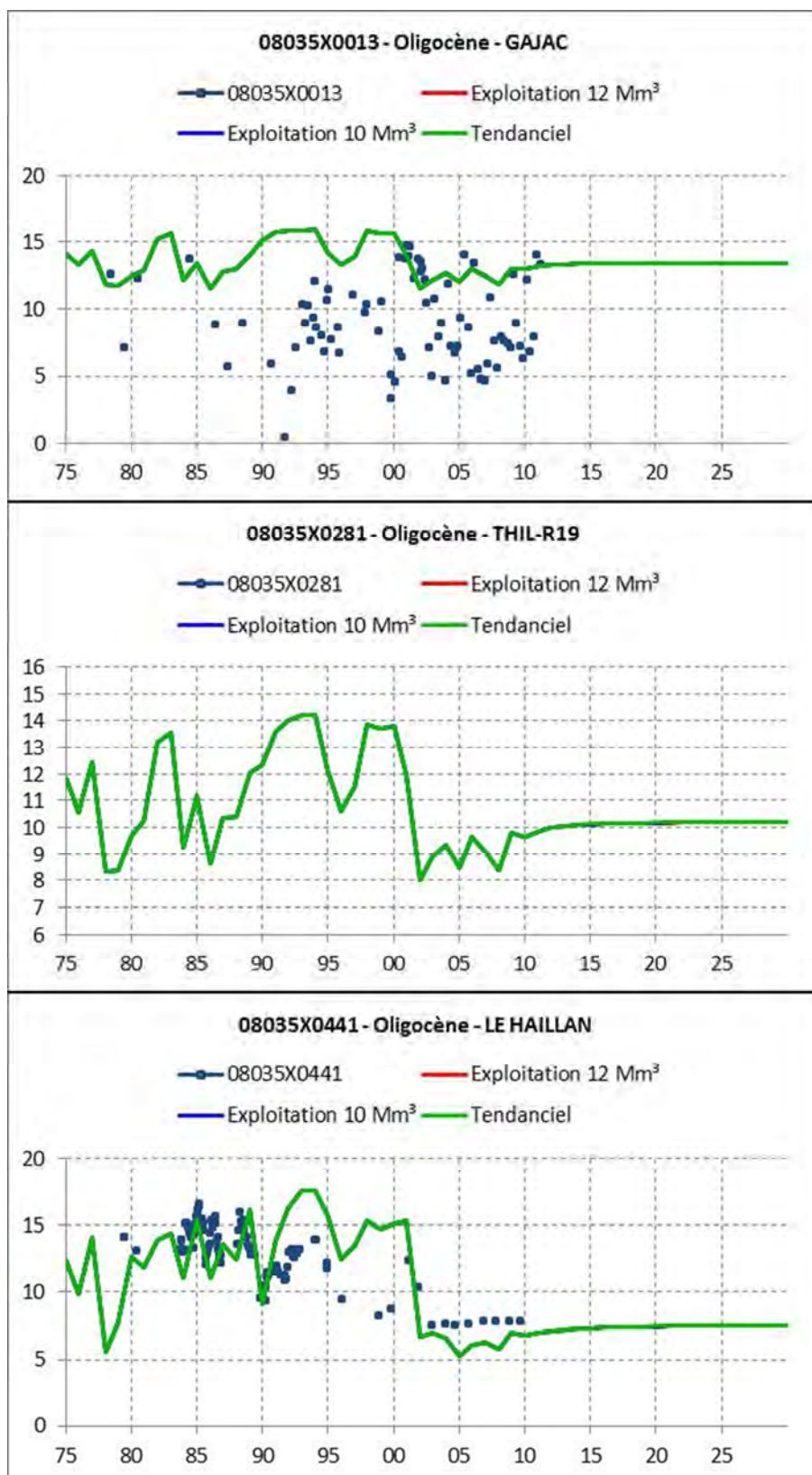


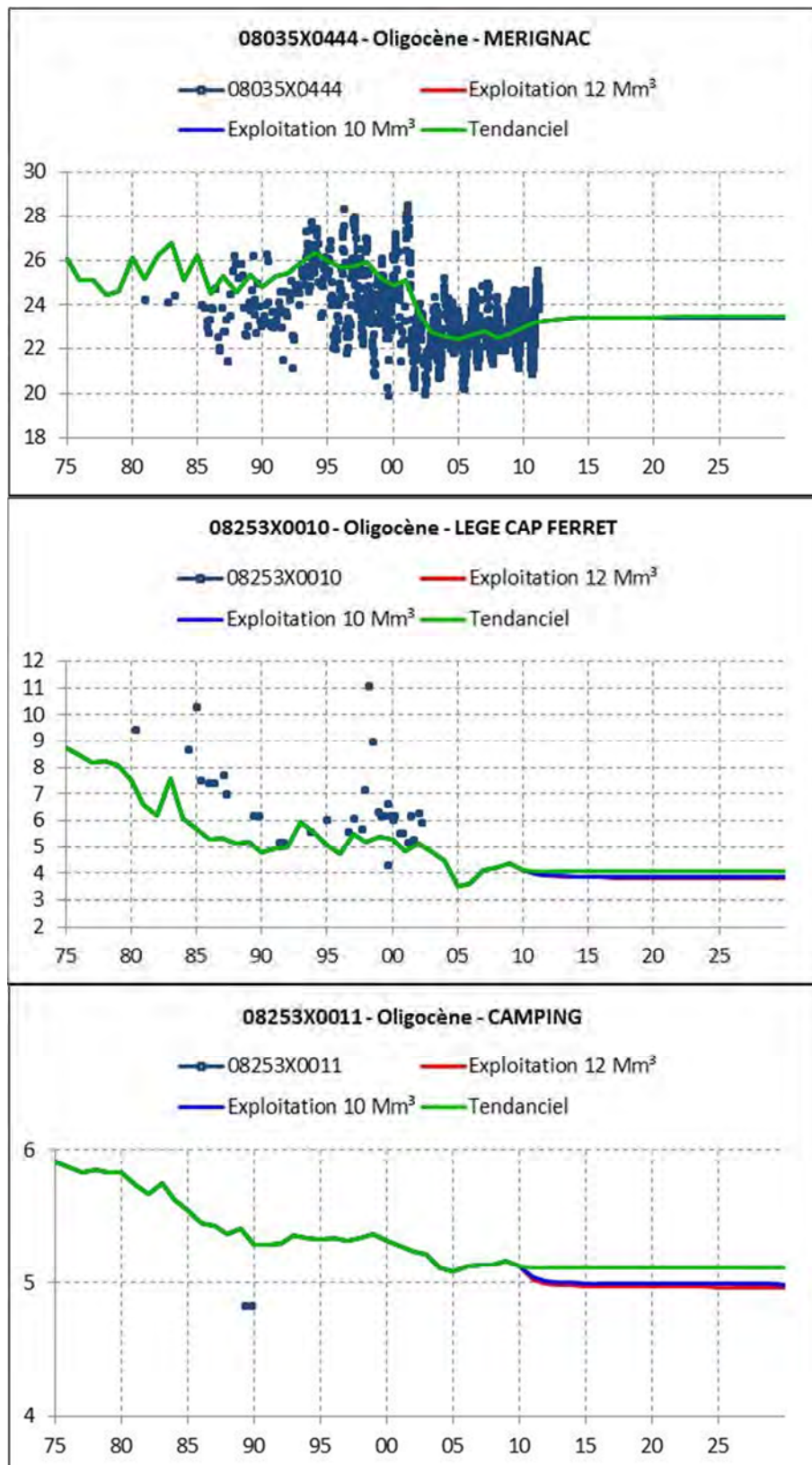


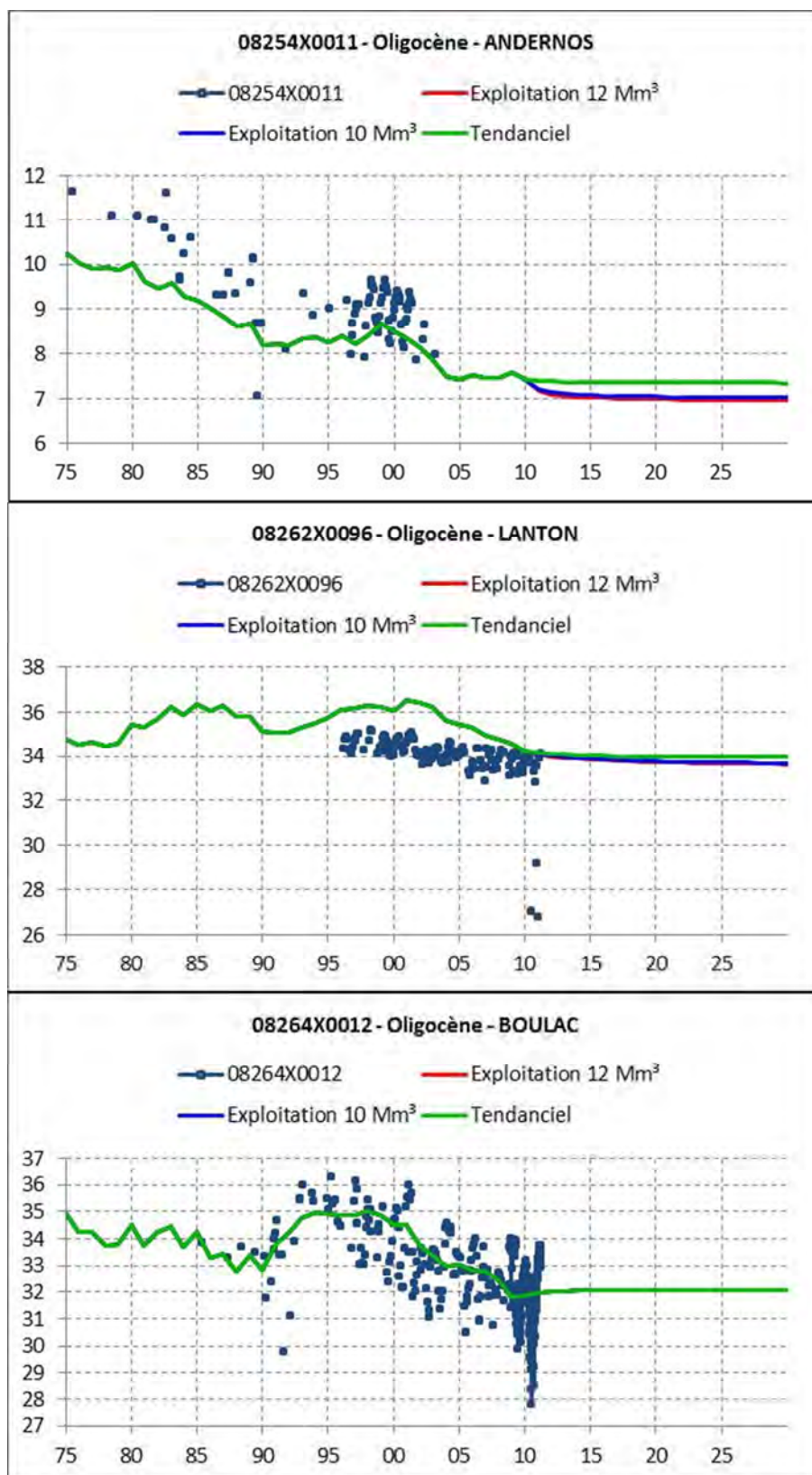


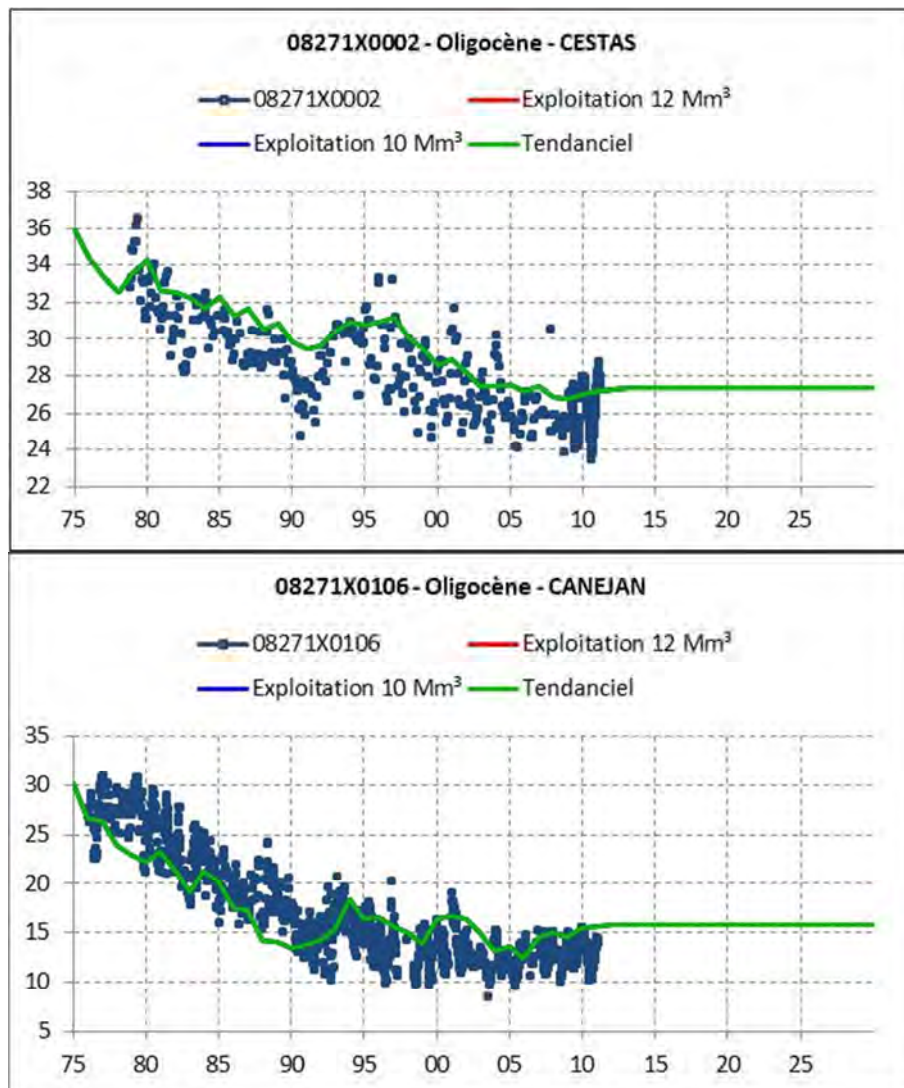
Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)



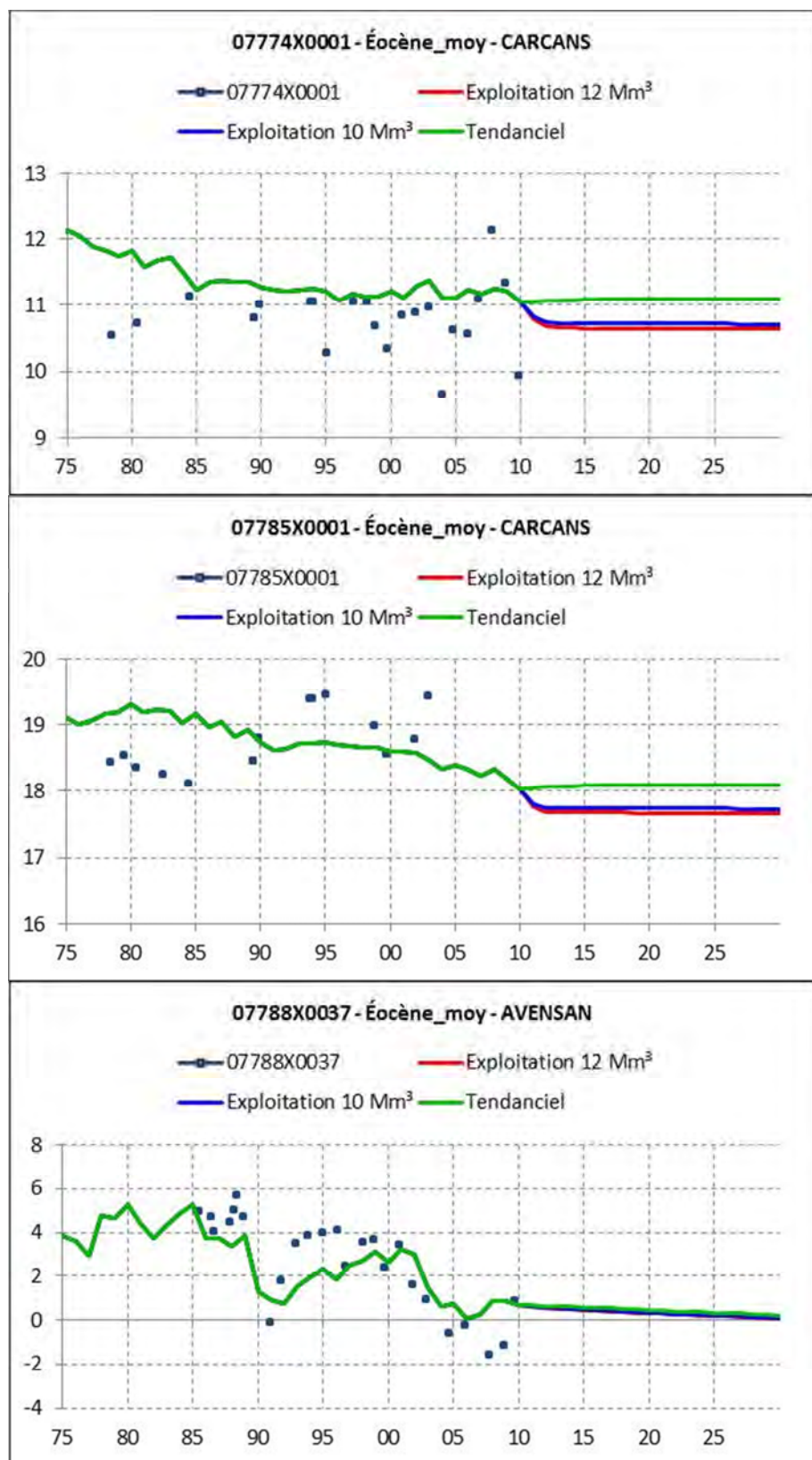


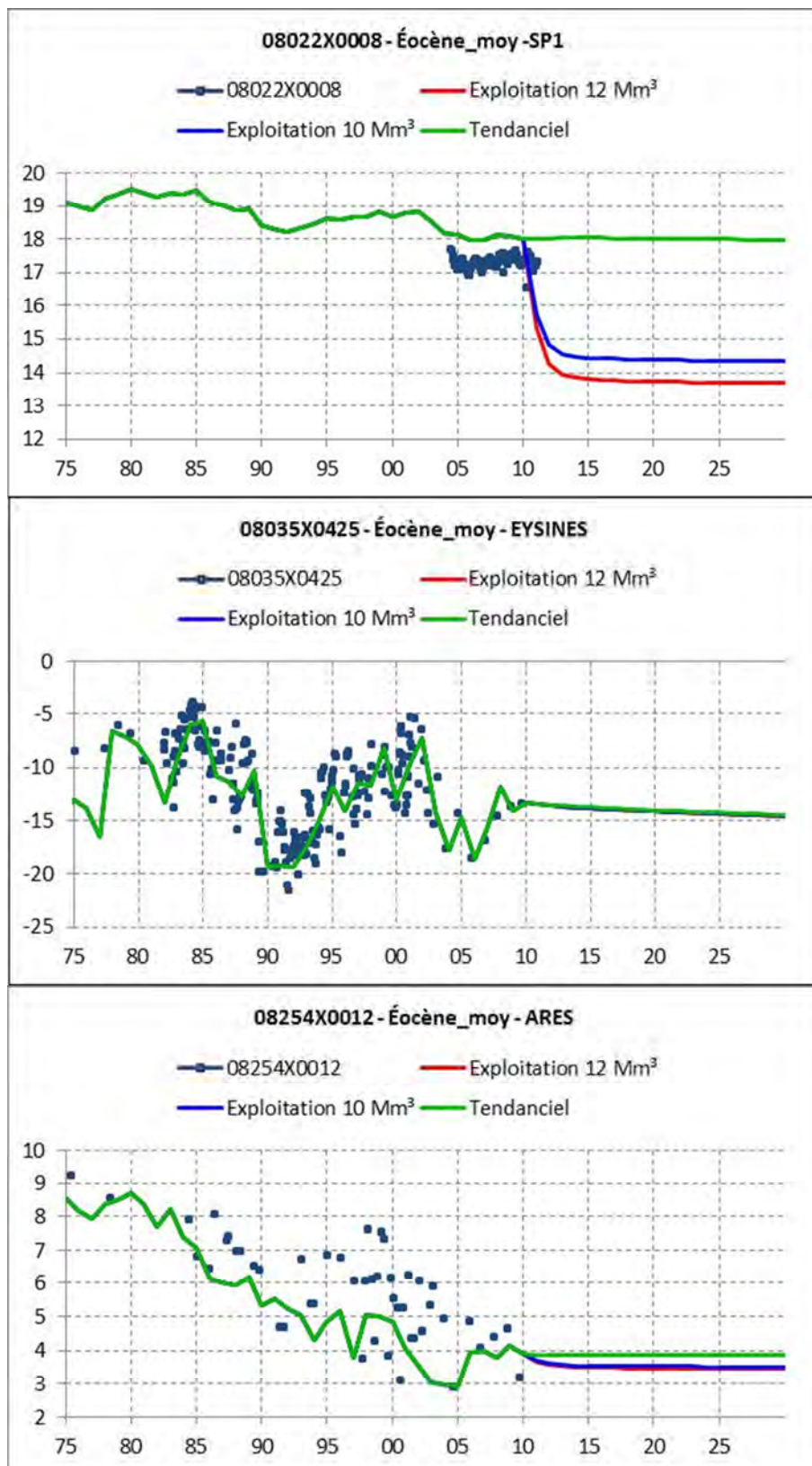


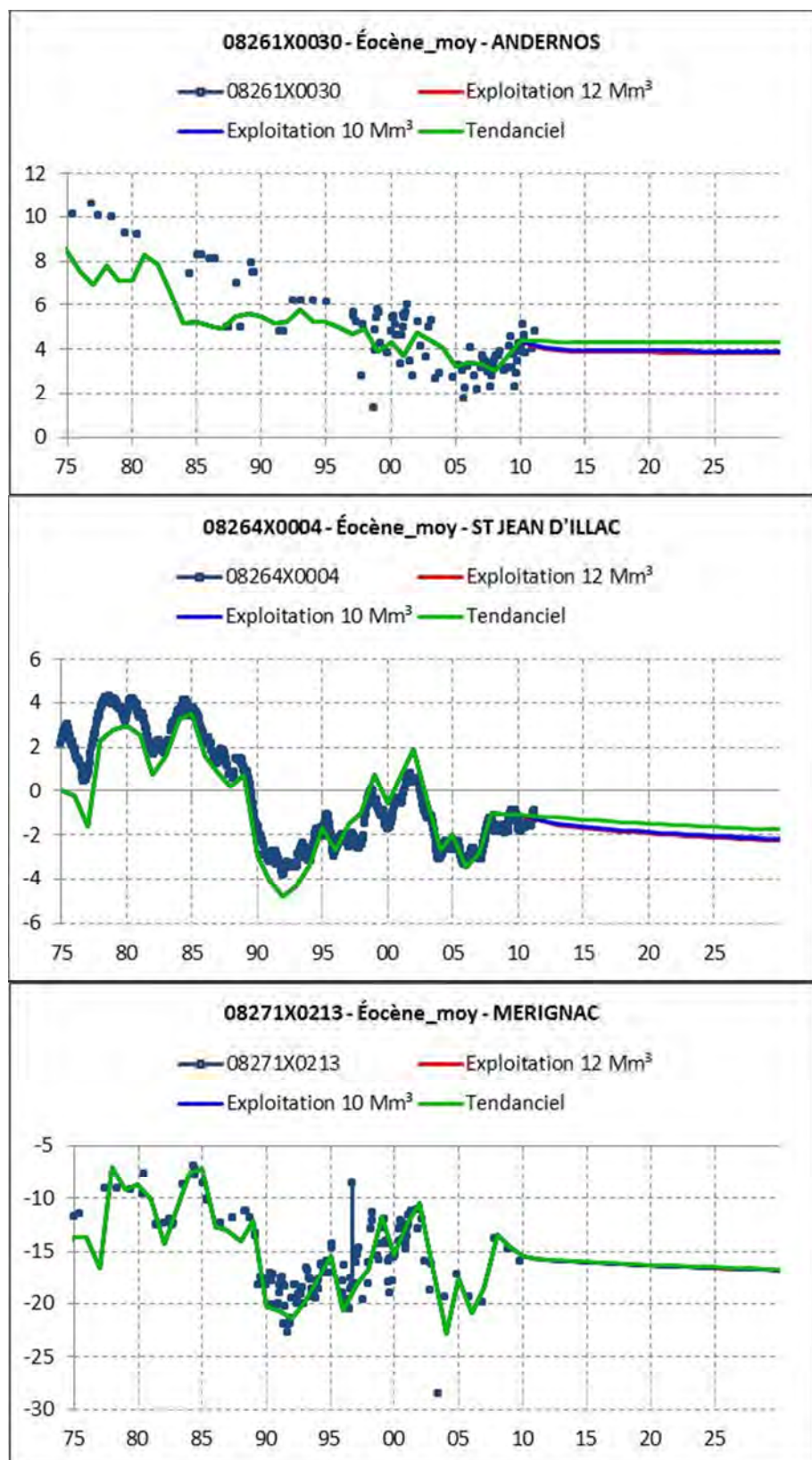




Nappe de L'Éocène moyen





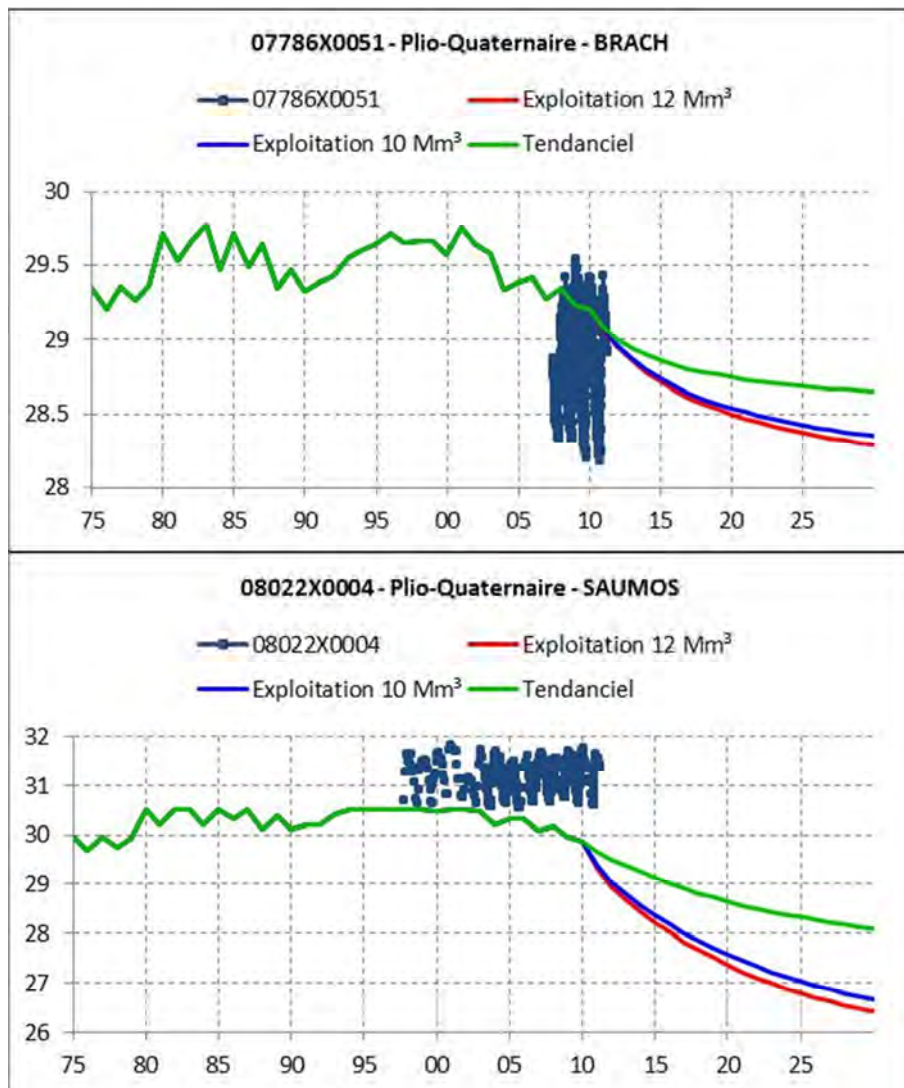


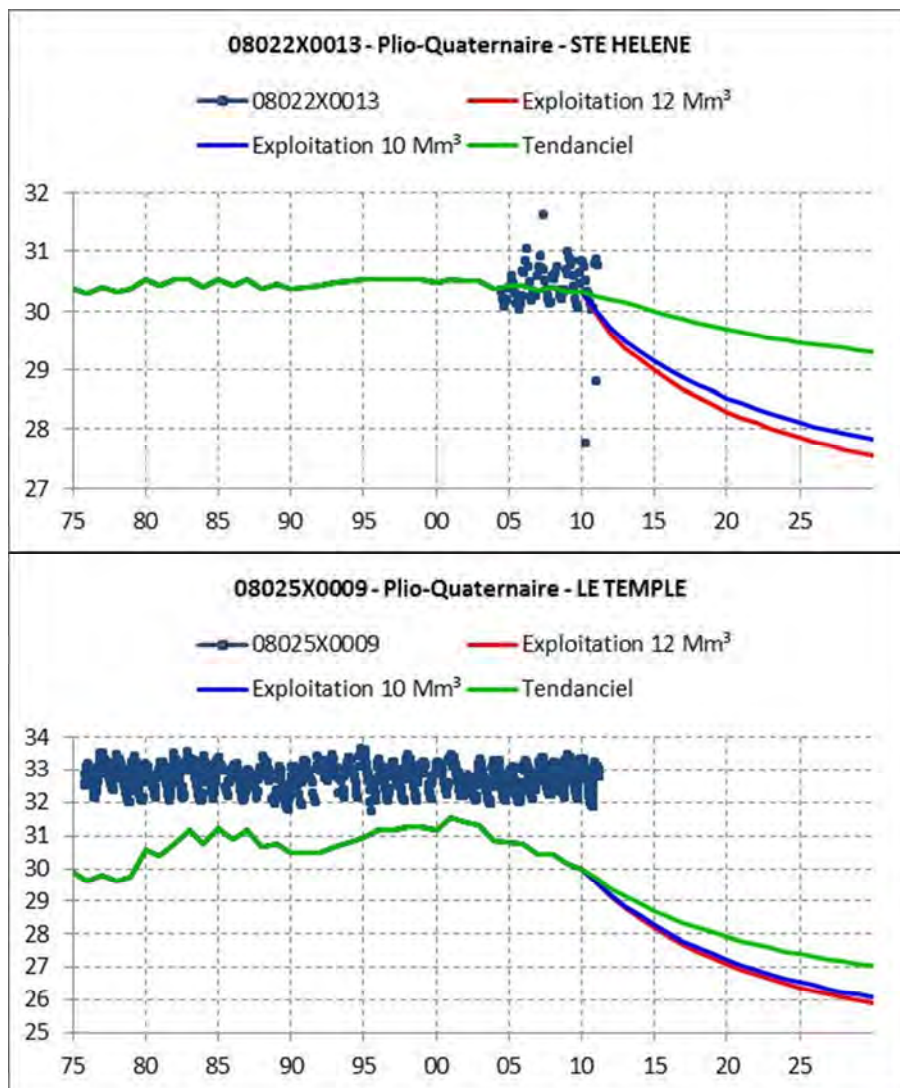
Annexe 3

Chroniques piézométriques restituées par le modèle pour des exploitations à 10 et 12 millions de m³/ an, avec des conditions de recharge défavorables (moyenne calculée des 10 dernières années)

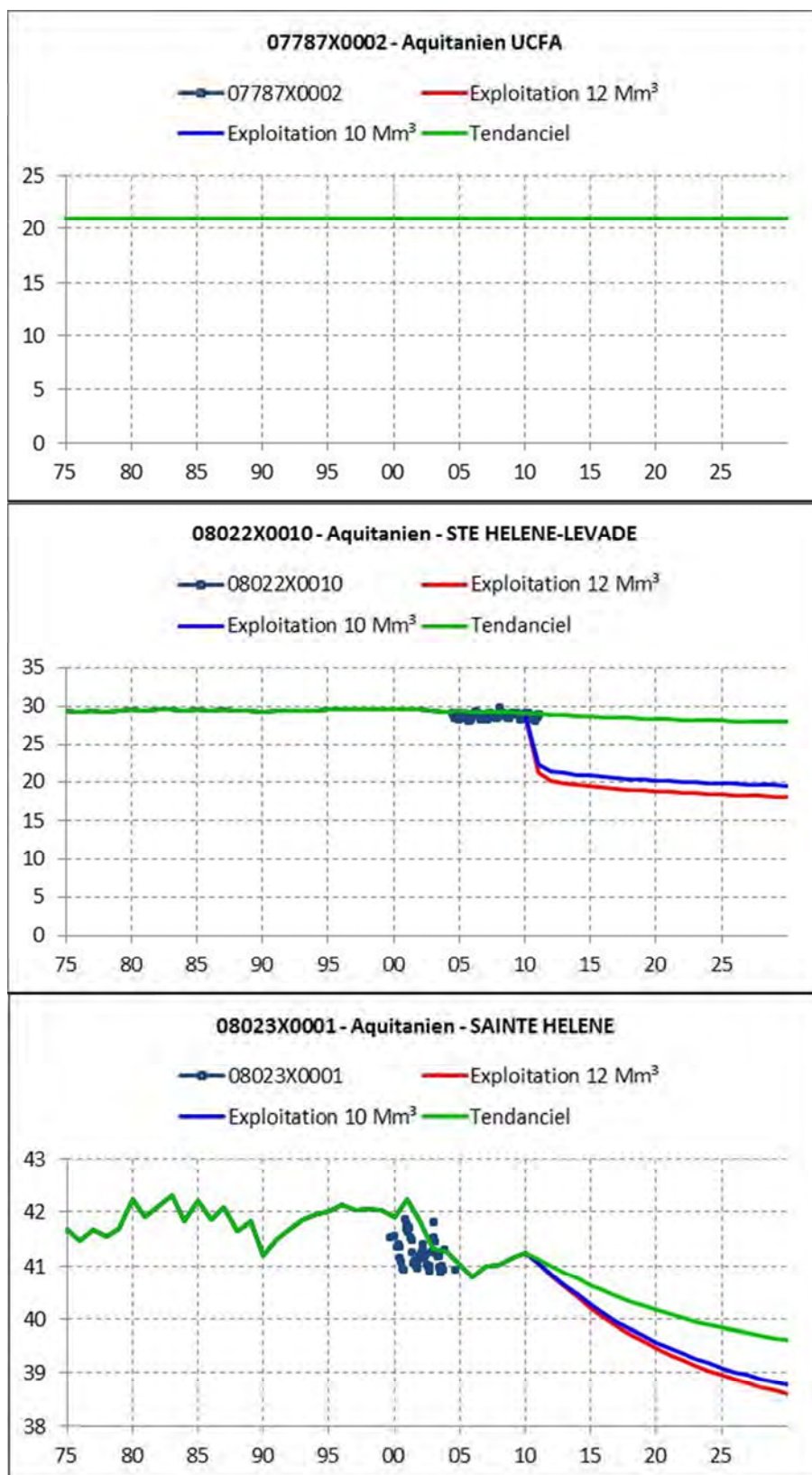
*Les graphiques correspondent à l'évolution du niveau piézométrique
(en mNGF) en fonction du temps (de 1975 à 2029)*

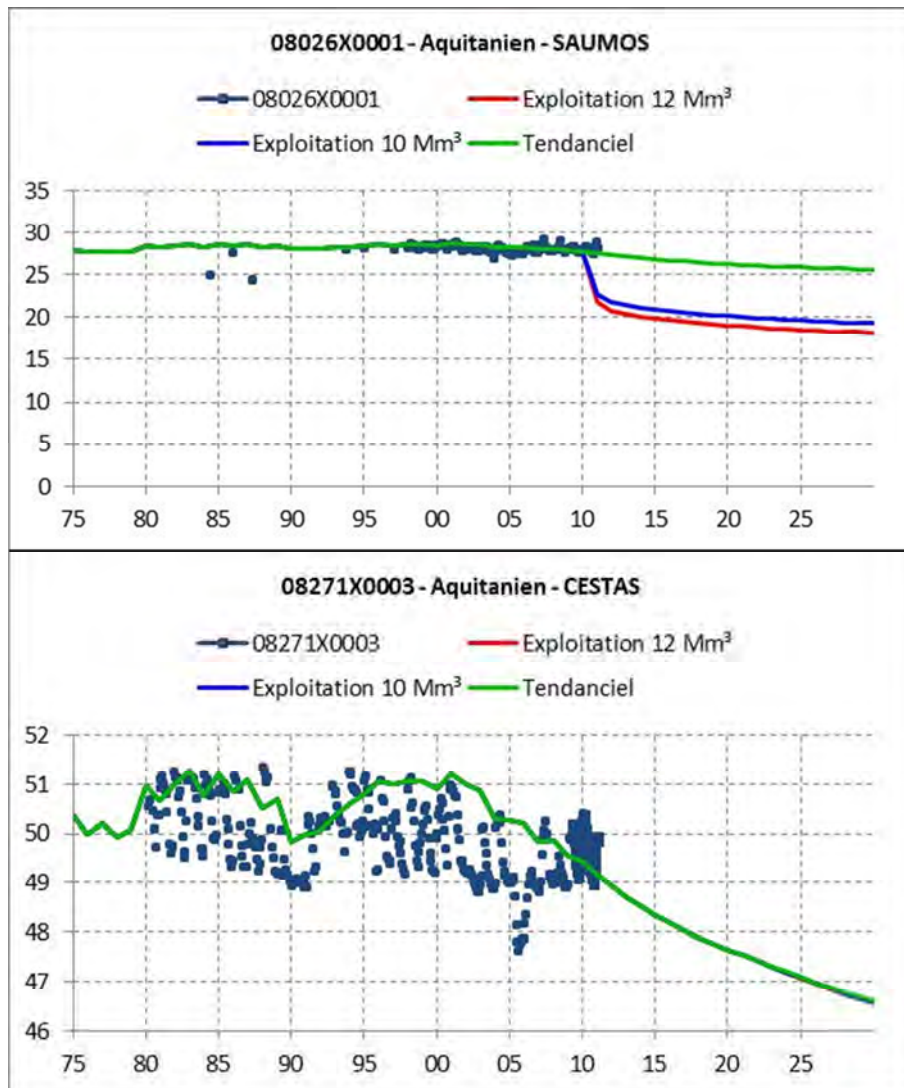
Nappe du Plio-quaternaire



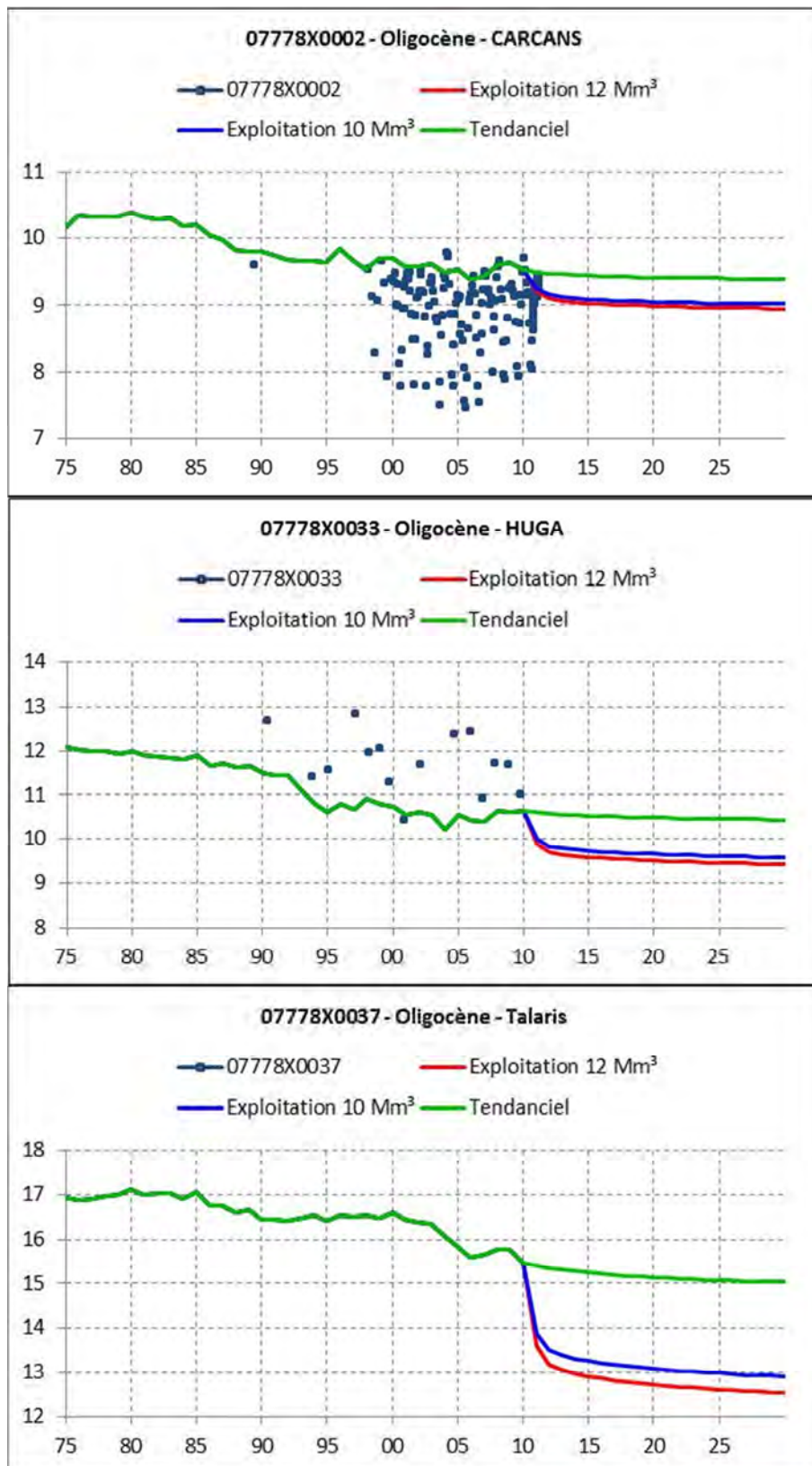


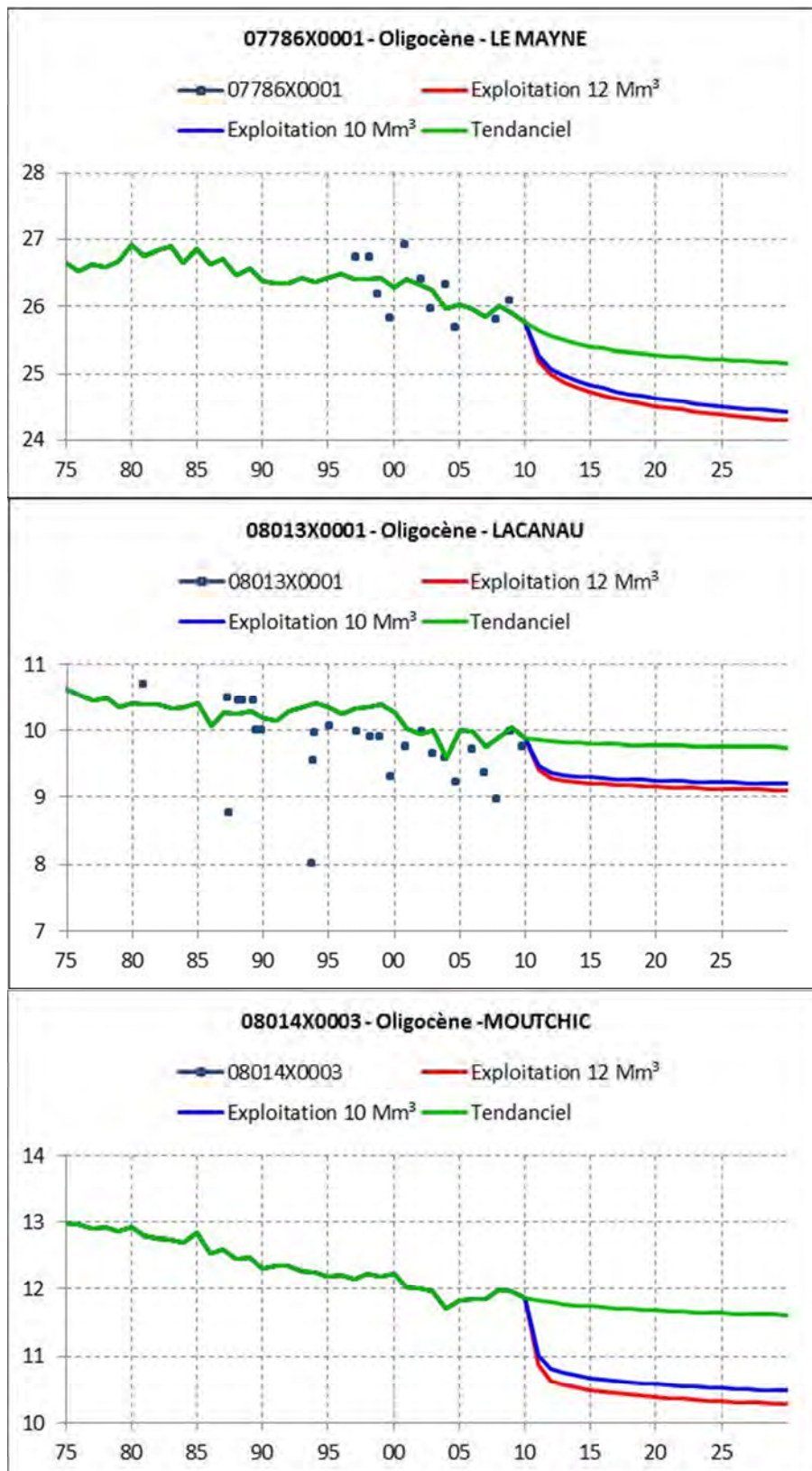
Nappe de L'Aquitainien

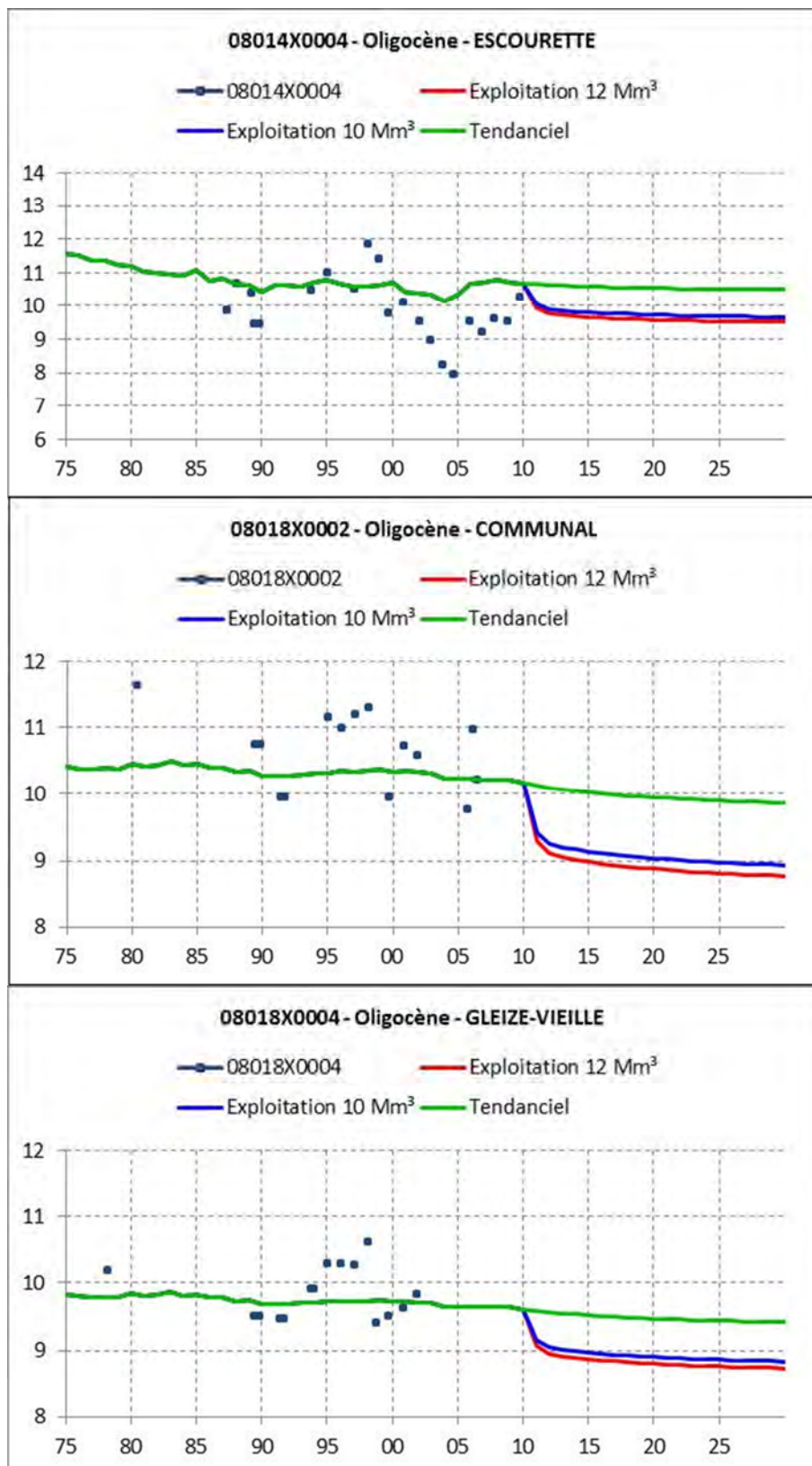


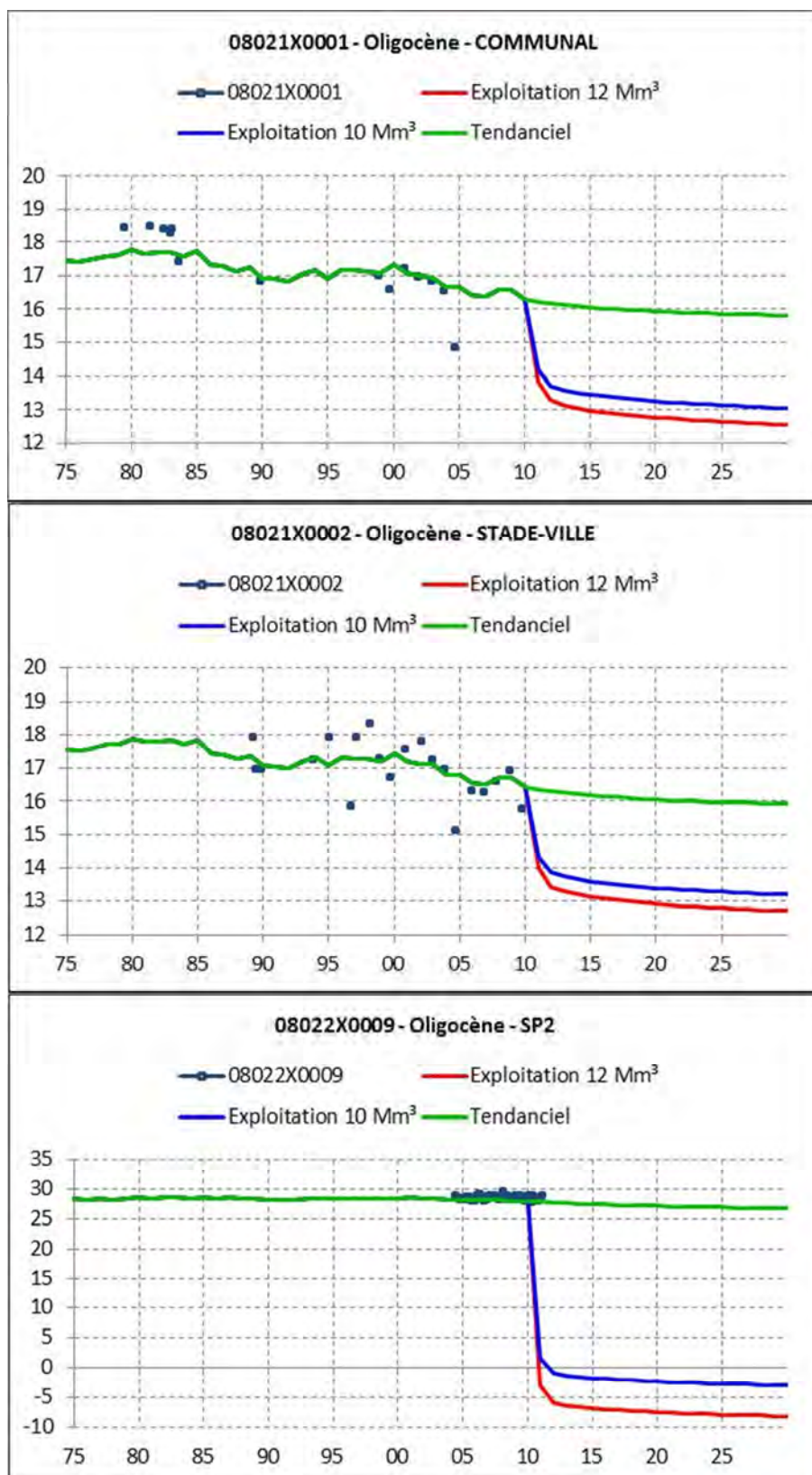


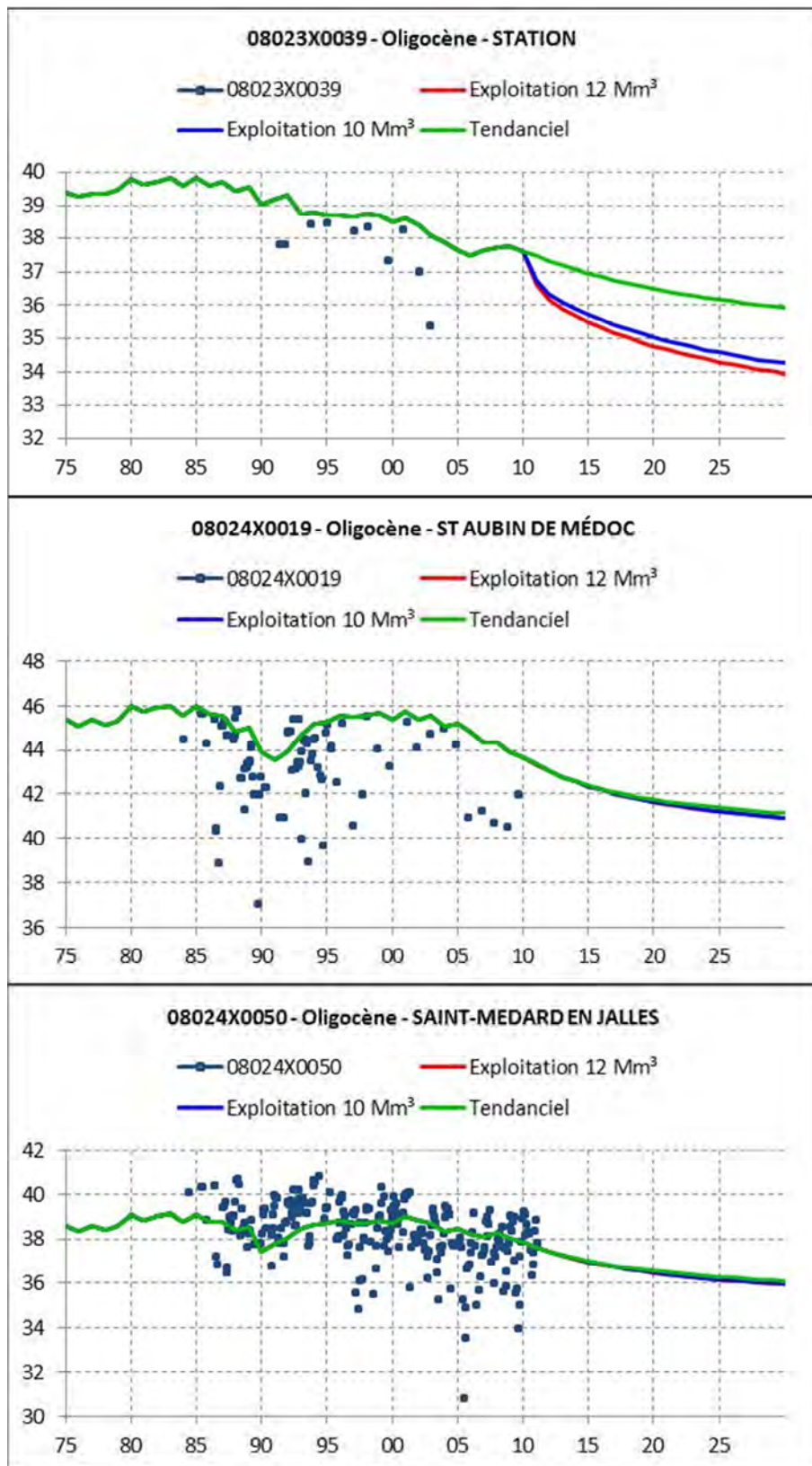
Nappe de L'Oligocène

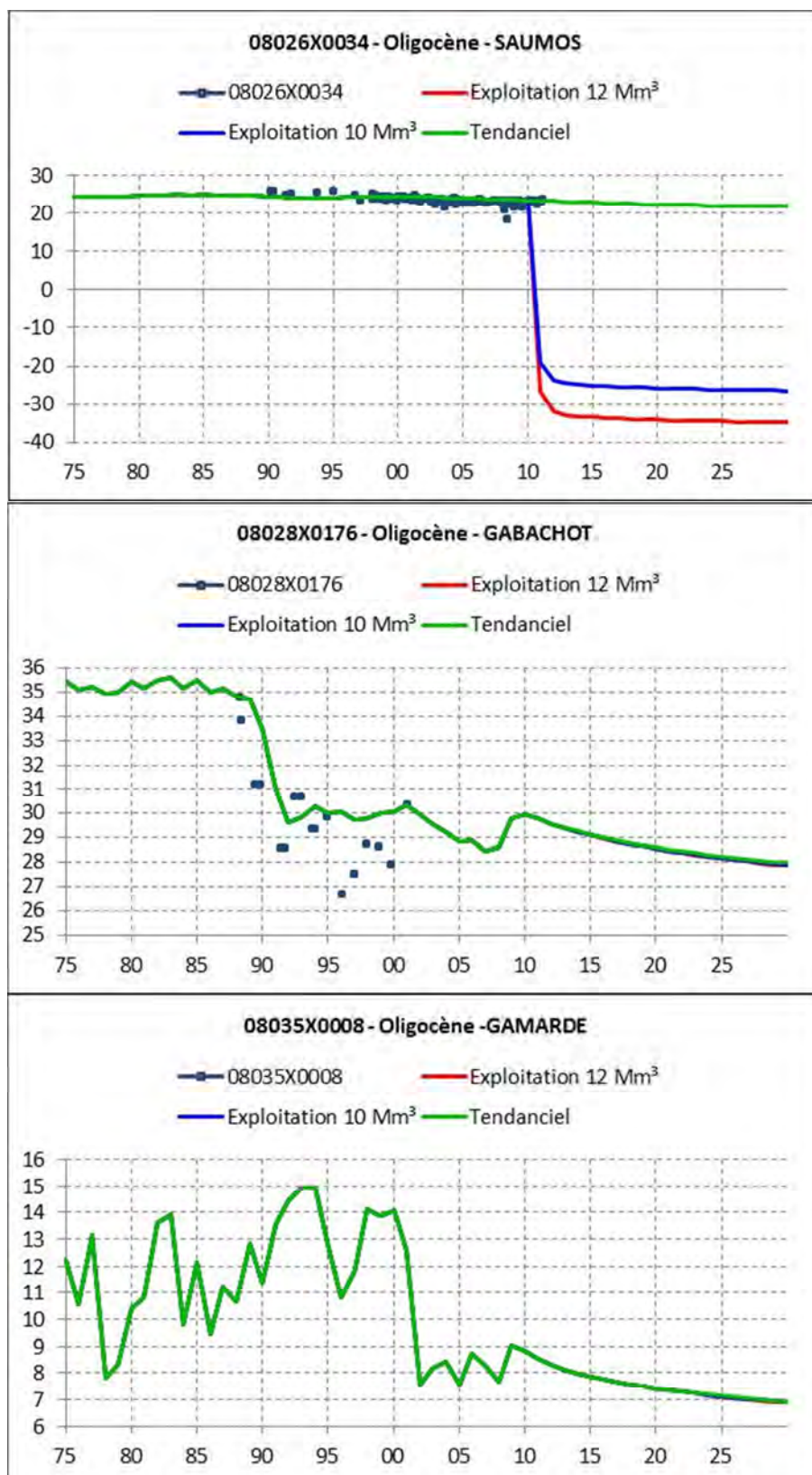


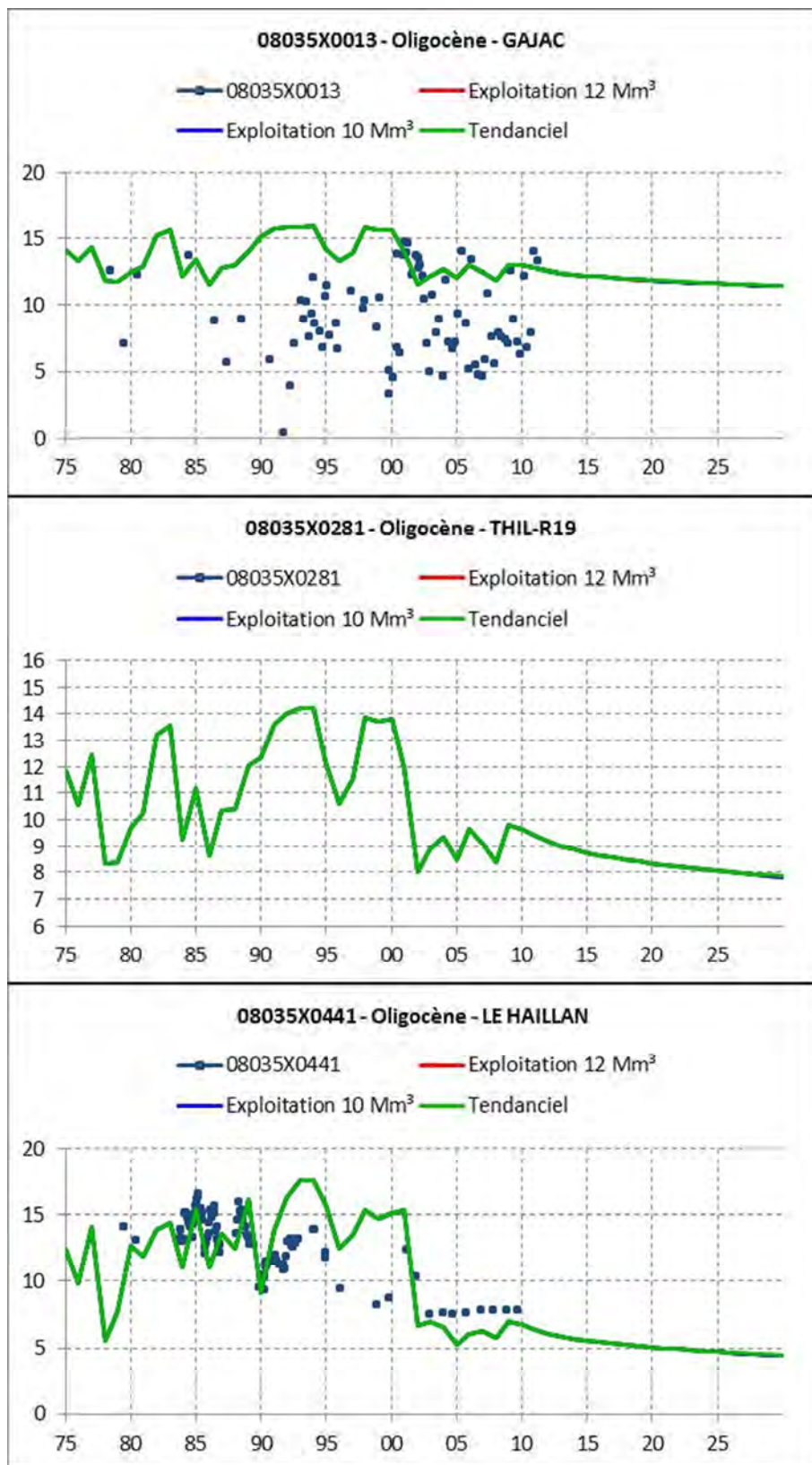


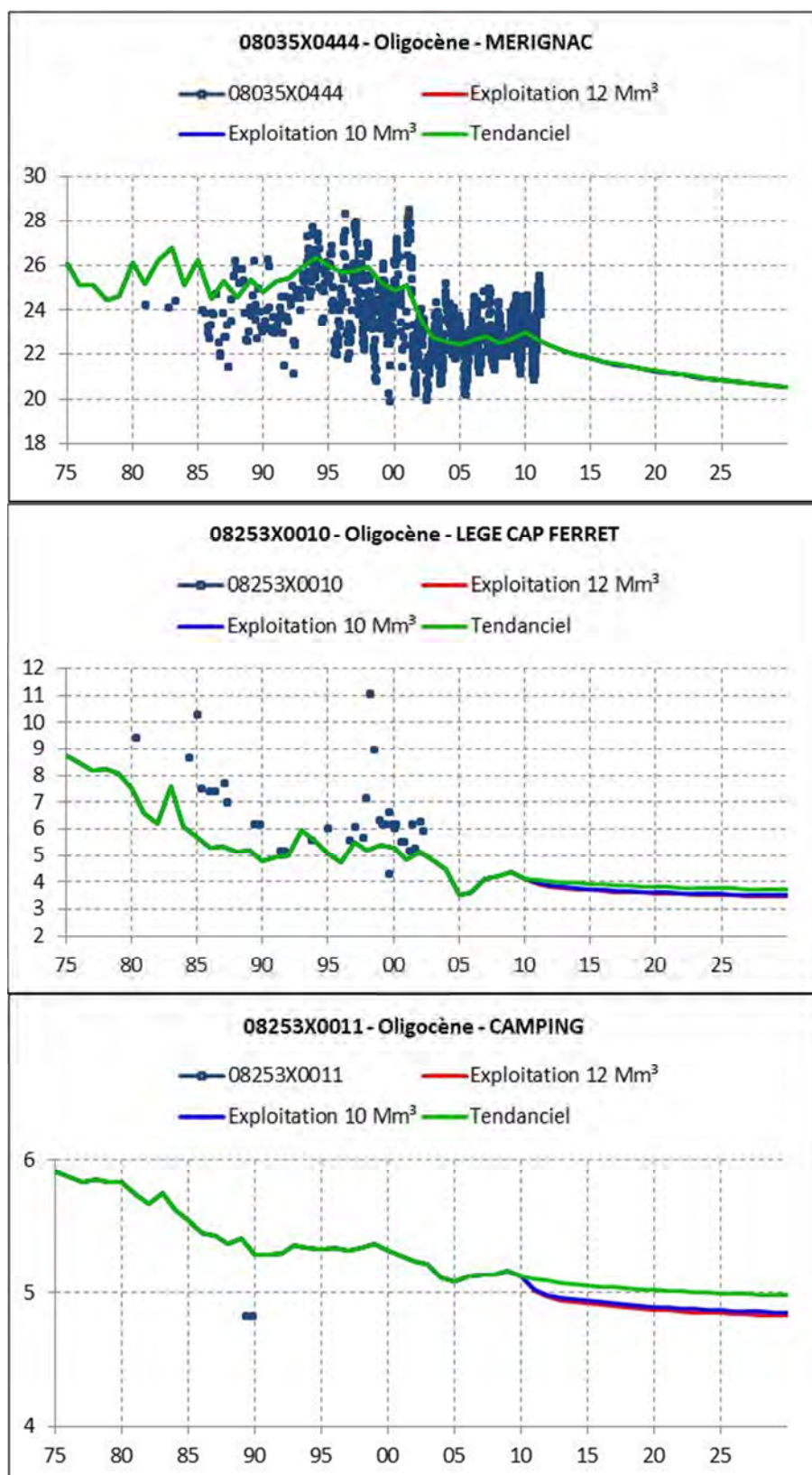




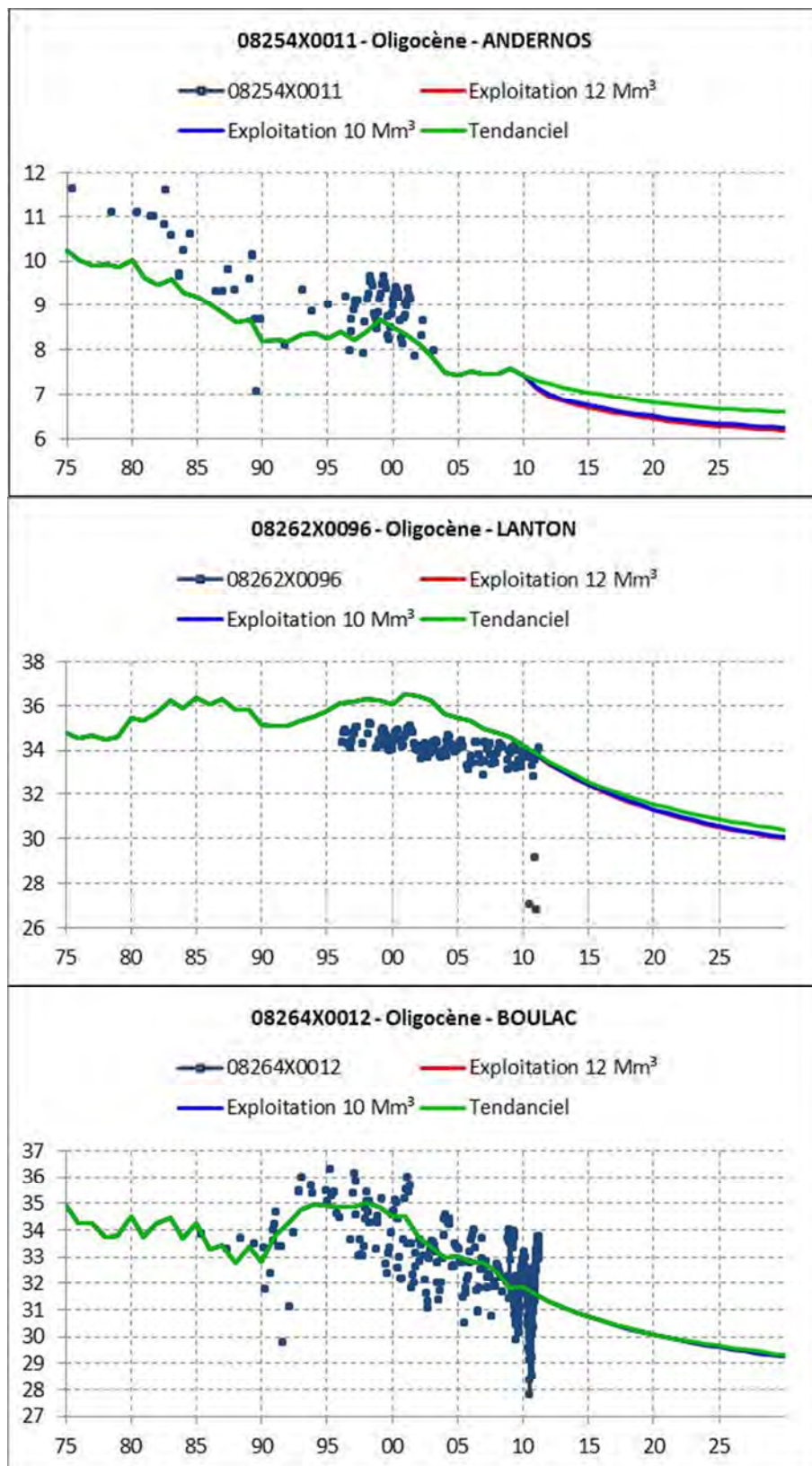


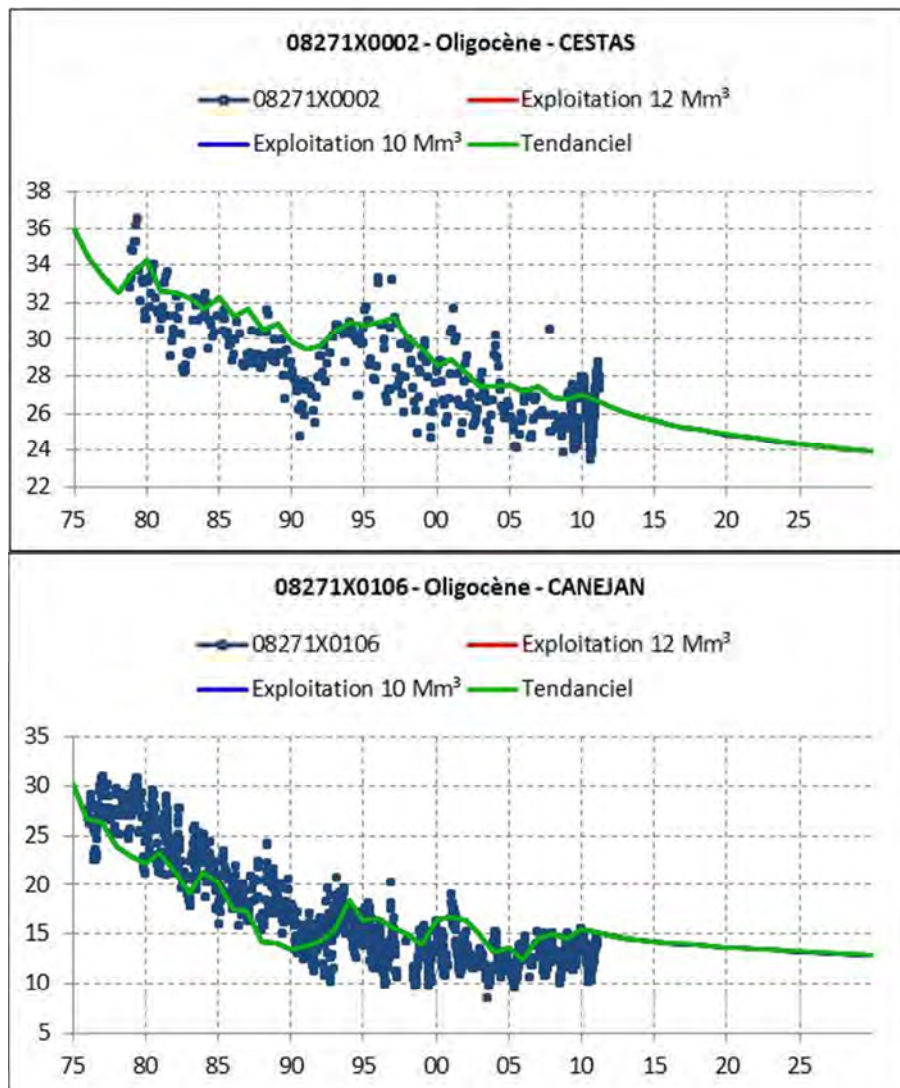




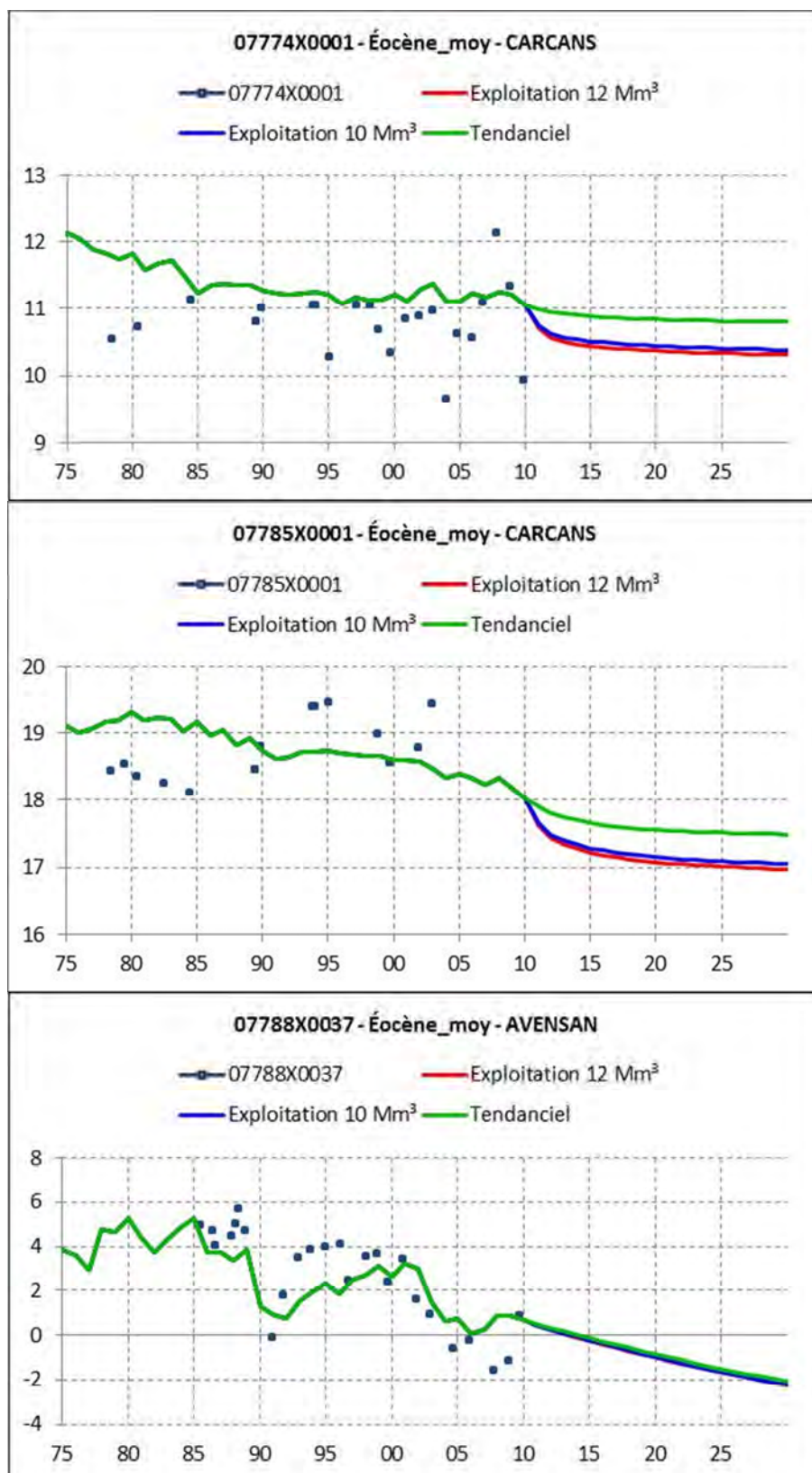


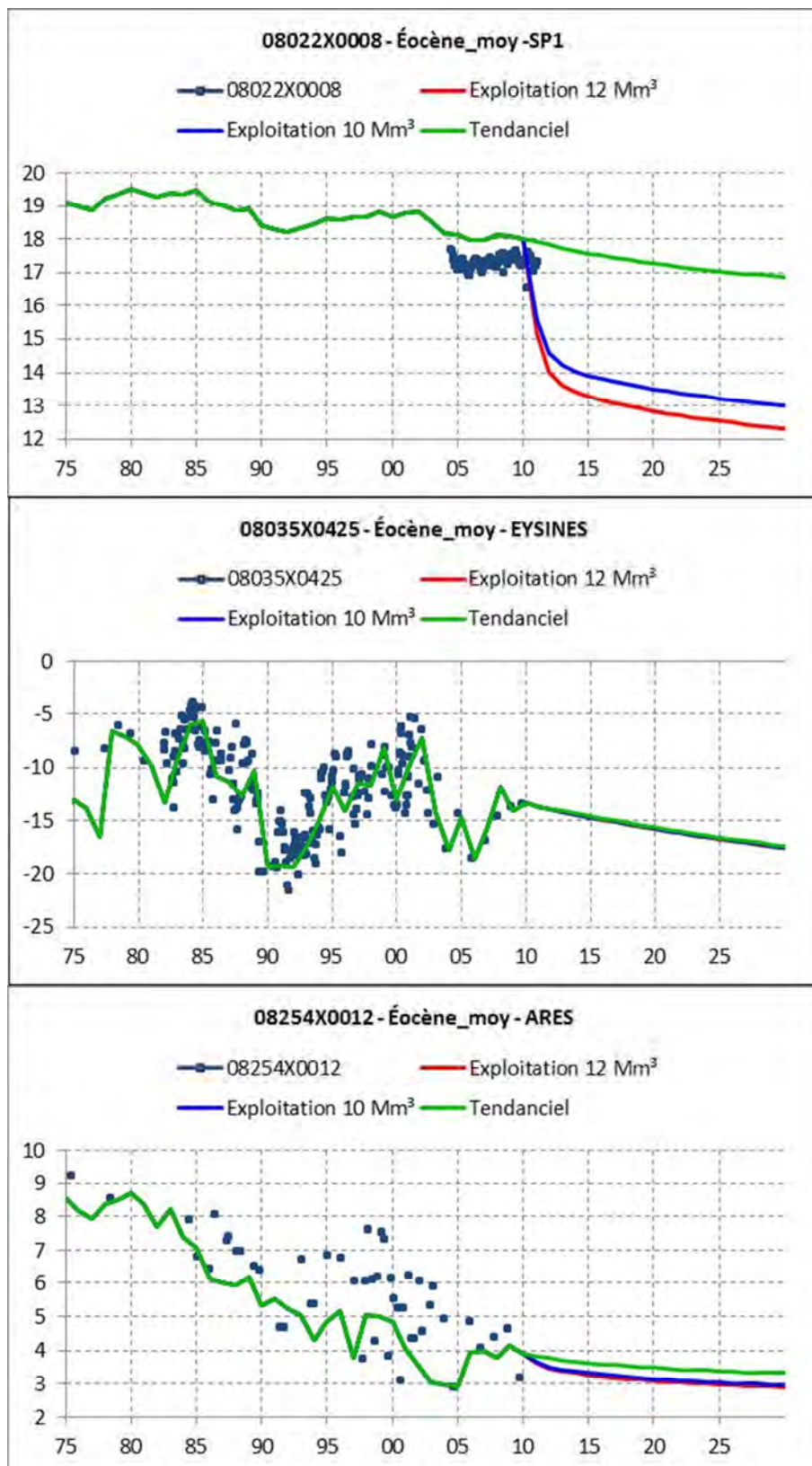
Simulations d'impacts d'un champ captant d'une capacité de 10 et 12 millions de m³ dans l'Oligocène à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA) – Sainte-Hélène (33)

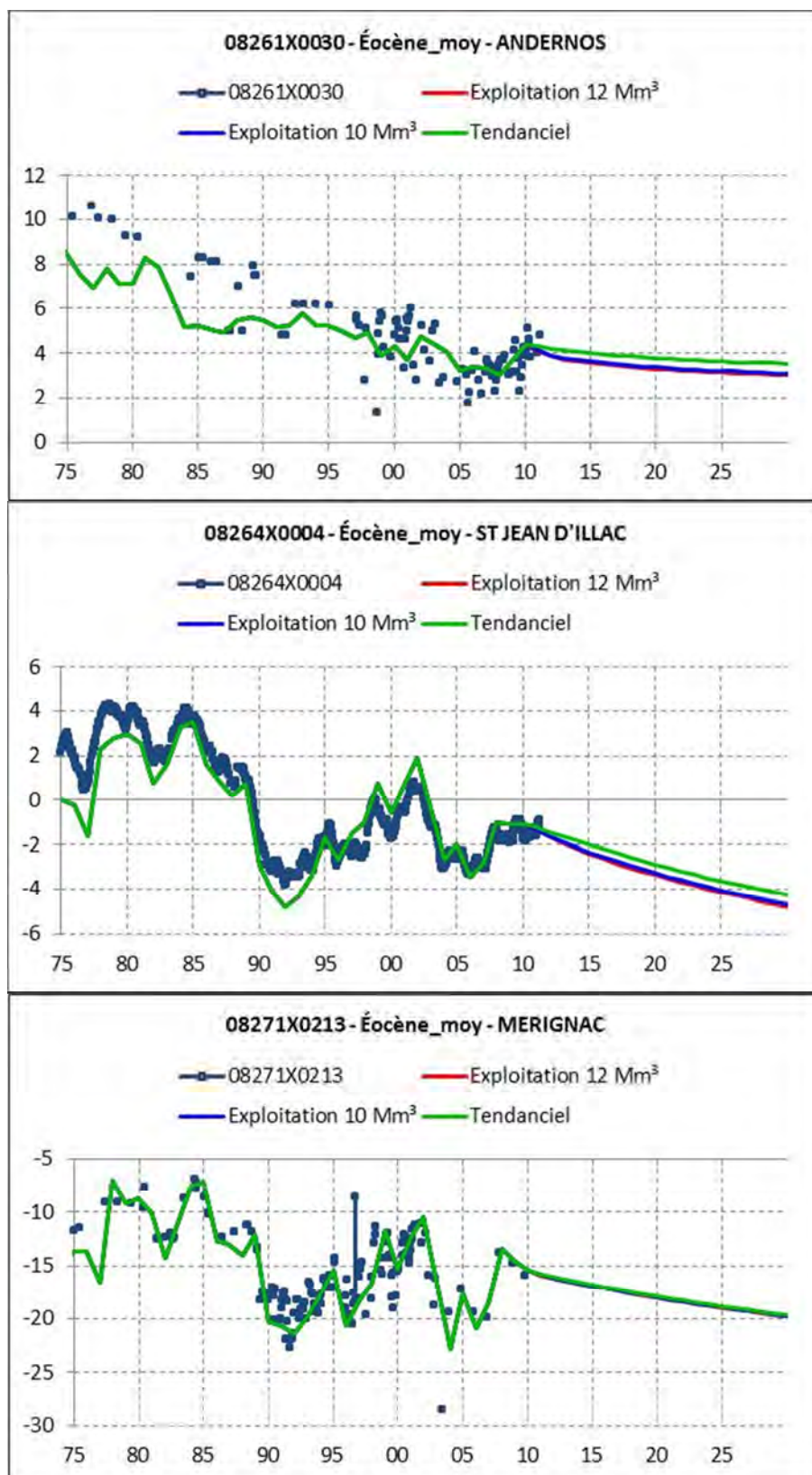




Nappe de L'Éocène moyen









Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Aquitaine

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