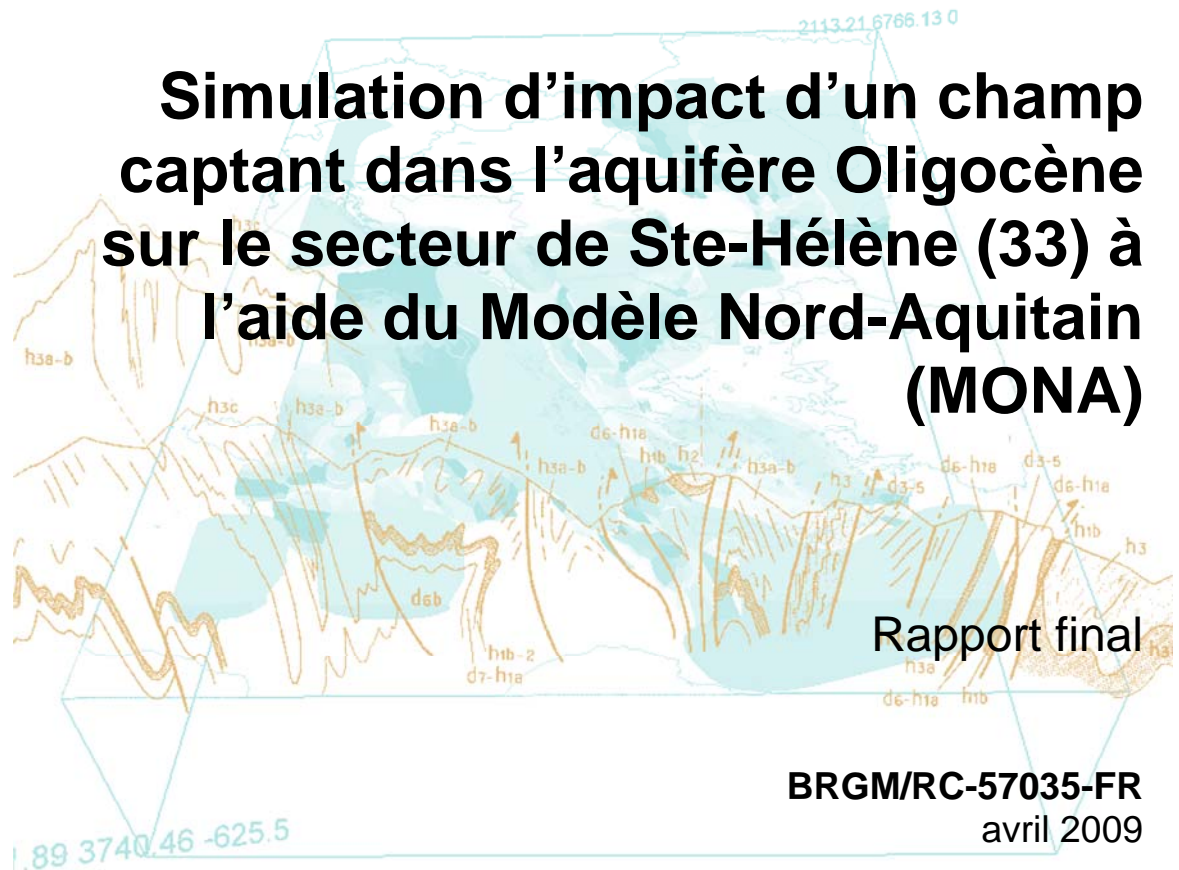




Simulation d'impact d'un champ captant dans l'aquifère Oligocène sur le secteur de Ste-Hélène (33) à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA)



BRGM/RC-57035-FR
avril 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)

Rapport final

BRGM/RC-57035-FR
avril 2009

N. Pédron

Avec la collaboration de **A. Abou Akar** et **E. Gomez**

Vérificateurs :

Original signé par :

JJ. SEGUIN

Approbateur :

Original signé par :

Ph. DUTARTRE

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



Avertissement

Ce rapport est adressé en recommandé avec accusé de réception en communication exclusive au demandeur Maître d'Ouvrage le SMEGREG en 2 exemplaires conformément aux termes du contrat.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers, qui ne soit pas de son fait, et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots clés : modélisation hydrodynamique, modèle nord-aquitain, simulation, Oligocène, Saint-Hélène, champ captant.

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

N. Pédron, A. Abou Akar, E. Gomez (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, 36 pages, 11 figures, 6 annexes.

Synthèse

Le travail présenté dans ce rapport est réalisé dans le cadre d'une demande du SMEGREG (Syndicat Mixte d'Etudes pour la Gestion de la Ressources en Eau de la Gironde). Il vise à simuler, à l'aide du Modèle hydrodynamique régional Nord-Aquitain (MONA), l'impact à moyen terme (10 ans) d'un champ captant de grande ampleur à l'Oligocène sur les communes de Sainte-Hélène (33) et de Saumos (33).

Le SMEGREG souhaite que les limites d'utilisation du modèle soient précisées notamment concernant les points suivants :

- passage éventuel de la nappe de l'Oligocène de l'état captif à l'état libre à l'ouest de la CUB,
- impact sur les sources oligocènes et miocènes de l'ouest de la CUB,
- impact à long terme, mettant en jeu des phénomènes de drainance non observés actuellement.

A l'issue du travail de modélisation réalisé, l'impact global de la mise en service du champ captant dans l'Oligocène apparaît relativement modéré compte tenu de l'importance des prélèvements qui sont envisagés (5 millions de m³/an). Cette modération tient principalement à la bonne productivité de l'aquifère Oligocène et à sa bonne réalimentation depuis les aquifères sus-jacents et notamment l'aquifère Miocène (Aquitainien).

Il n'en demeure pas moins que ce nouveau pôle de prélèvement 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.

La plupart des ouvrages oligocènes de la zone littorale voit leur piézométrie impactée de quelques dizaines de centimètres. En revanche, le champ captant n'a que peu d'influence sur la piézométrie à l'est et donc sur les ouvrages de la CUB dont les sources de St-Médard-en-Jalles (Thil, Gamarde).

Les résultats ne montrent pas de dénoyage du réservoir oligocène à l'échelle régionale. En revanche, les limites de précision du modèle ne permettent pas d'écarter l'hypothèse d'un dénoyage local aux abords des points de captage (notamment dans la partie Nord où l'aquifère est moins profond) qui serait lié aux interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation.

La mise en service du champ captant à l'Oligocène conduit localement à une amplification conséquente des flux de drainance descendants depuis l'aquifère Miocène. Ce dernier participe alors de manière non négligeable aux volumes prélevés.

Les flux de drainance depuis l'Eocène deviennent localement ascendants aux abords immédiats du champ captant.

Il faut également noter que les conditions de recharge et de prélèvements retenus pour les scénarios tendanciel et d'exploitation n'induisent pas de déstockage important de la nappe de l'Oligocène comme le montrent les niveaux piézométriques qui sont stables voire remontent dans certains secteurs. Il faut toutefois relativiser ces résultats car les simulations ont été réalisées avec des conditions de recharge plutôt favorables (reconduction d'une année moyenne sur 10 ans). L'enchaînement de plusieurs années sèches pourrait engendrer des rabattements et des baisses piézométriques plus importants que ceux calculés dans le cadre de cette étude.

Compte tenu de ces éléments, un test sur la sensibilité du modèle à la recharge (en particulier une réduction) permettrait de disposer d'éléments complémentaires notamment pour apprécier le comportement de la structure piézométrique à l'est du champ captant. Une analyse de sensibilité supplémentaire sur les paramètres hydrodynamique (sans détériorer la qualité du calage) permettrait de conforter les résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Le Modèle Nord-Aquitain	9
2.1. GENERALITES.....	9
2.1.1. Extension du modèle.....	10
2.1.2. Fonctionnement	11
2.1.3. Domaine et limites techniques d'utilisation.....	11
2.2. GEOMETRIE DE L'AQUIFERE OLIGOCENE DANS LE SECTEUR DE STE-HELENE	12
2.3. MISE A JOUR DES DONNEES SPATIO-TEMPORELLES.....	14
2.3.1. Prélèvements	14
2.3.2. Données météorologiques	15
2.4. PIEZOMETRES D'OBSERVATION.....	17
2.5. REAJUSTEMENT LOCAL DU CALAGE	21
3. Simulations	23
3.1. SCENARIOS.....	23
3.1.1. Tendancier.....	23
3.1.2. Exploitation : Hypothèses de production du champ captant	23
3.2. RESULTATS.....	24
3.2.1. Piézométrie	24
3.2.2. Flux de drainance verticaux	30
4. Conclusion	33
5. Références bibliographiques	35

Liste des figures

Figure 1 : Secteur de Sainte-Hélène avec le champ captant prévisionnel (points rouges) et les points d'observation (points verts)	8
Figure 2 : Carte indicative des perméabilités de l'éponte Oligocène / Miocène du Modèle Nord-Aquitain	14
Figure 3 : Evolution des prélèvements dans l'aquifère Oligocène (1972 -2007).....	15
Figure 4 : Répartition spatiale des prélèvements miocènes et oligocènes de l'année 2007 sur la zone d'étude.	16
Figure 5 : Localisation des points d'observations de la piézométrie utilisés pour contrôler l'impact du champ captant.....	19
Figure 6 : Carte indicative des perméabilités de la couche Oligocène après réajustement local du calage.....	21
Figure 7 : Miocène (Aquitainien) : Piézométrie calculée - année 2017.....	25
Figure 8 : Evolution des rabattements calculés dans l'oligocène après 1 an et 10 ans d'exploitation du champ captant.....	27
Figure 9 : Oligocène - Piézométrie calculée – année 2017.....	28
Figure 10 : Eocène moyen : Piézométrie calculée – année 2017.....	30
Figure 11 : Flux de drainance verticaux entre l'Oligocène et les aquifères encadrants (Miocène et Eocène) après 10 ans d'exploitation	32

Liste des annexes

Annexe 1 Courrier de sollicitation du SMEGREG et annexe technique.....	37
Annexe 2 Nomenclature des versions du MONA.....	41
Annexe 3 Cartographies actualisées du toit et de l'épaisseur de l'Oligocène.....	47
Annexe 4 Chroniques piézométriques restituées par le modèle.....	51
Annexe 5 Rabattements calculés par le modèle	71
Annexe 6 Flux de drainance verticaux calculés par le modèle	75

1. Introduction

Le 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.

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 Ressources 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'Eocène 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'Eocène.

Après plusieurs années d'études, des forages de reconnaissance et d'exploitation relatifs aux aquifères captifs ont été réalisés dans le Médoc. 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 (annexe 1). Il vise à simuler, à l'aide du Modèle hydrodynamique régional Nord-Aquitain (MONA), l'impact à moyen terme (10 ans) de ce champ captant prévisionnel sur la ressource.

Il s'appuie sur les résultats des études récentes réalisées par le SMEGREG (rapports GéoAquitaine et EGID). Le champ captant projeté est représenté en rouge sur la figure 1. Les points d'observation sur lesquels le SMEGREG souhaite voir l'impact du champ captant sont représentés en vert sur cette même carte.

Le SMEGREG souhaite que les limites d'utilisation du modèle soient précisées notamment concernant les points suivants :

- passage éventuel de la nappe de l'Oligocène de l'état captif à l'état libre à l'ouest de la CUB,
- impact sur les sources oligocènes et miocènes de l'ouest de la CUB,
- impact à long terme, mettant en jeu des phénomènes de drainance non observés actuellement.

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)

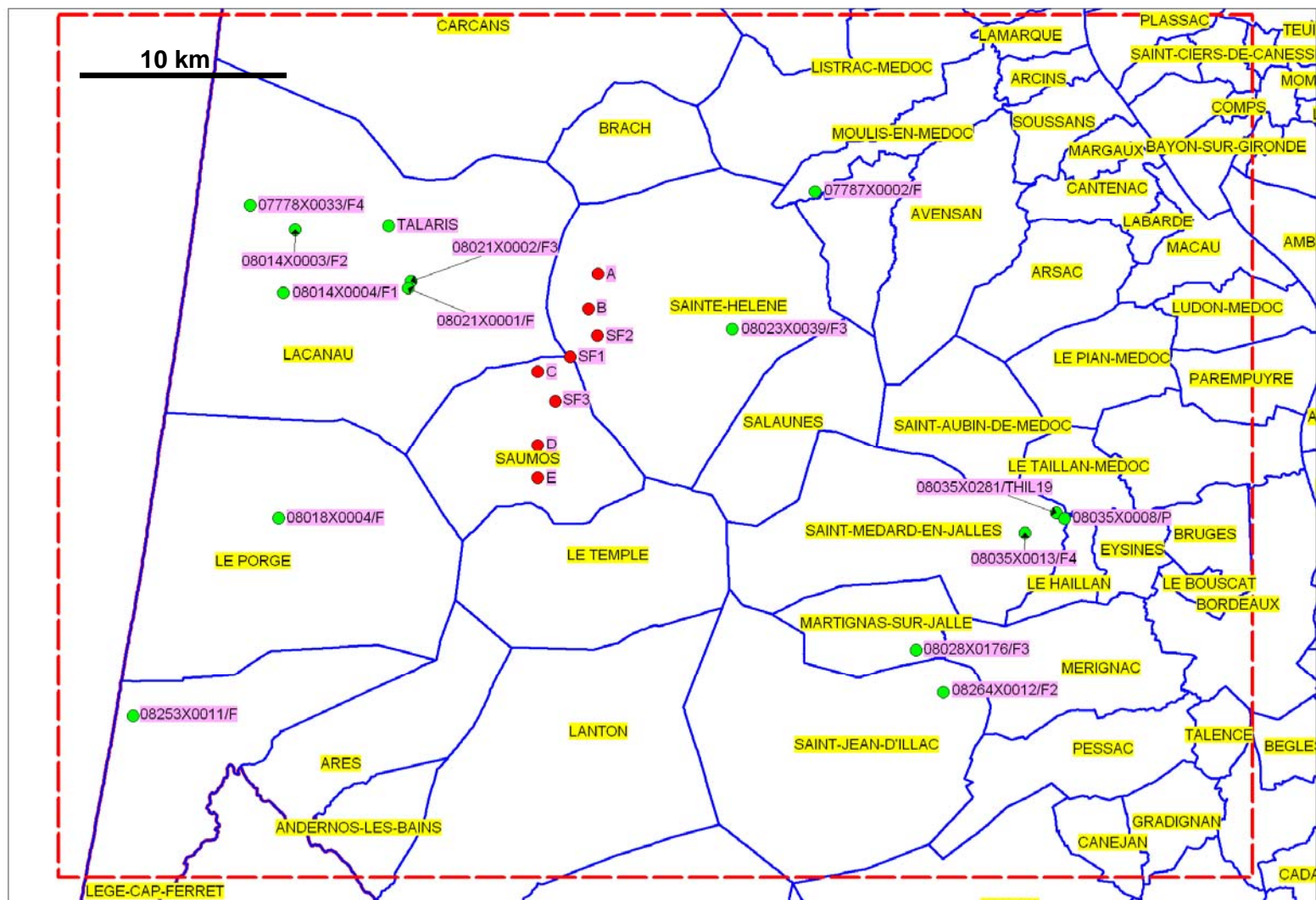


Figure 1 : Secteur de Sainte-Hélène avec le champ captant prévisionnel (points rouges) et les points d'observation (points verts)

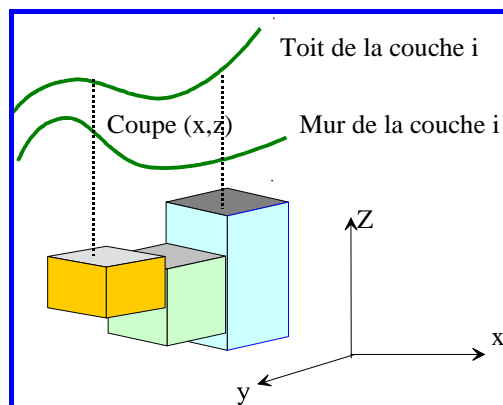
2. Le Modèle Nord-Aquitain

2.1. GENERALITES

Le modèle Nord-Aquitain V3.1 est décrit de manière détaillée dans les rapports des années 1 et 2 de la convention « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine 2002-2006 » se rapportant au module 4 dédié aux développements du modèle (Pédron et *al.*, 2003, 2005). La nomenclature relative à la numérotation des versions du modèle est exposée en annexe 2.

La version du modèle utilisée pour réaliser le travail exposé dans ce rapport est la V3.1-2007p (cf. chapitre 2.3).

Le modèle hydrodynamique Nord-Aquitain (**MONA V3.1-2007p**) s'appuie sur le logiciel de modélisation **MARTHE (Modélisation d'Aquifères par maillage Rectangulaire en Régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements)** développé par le BRGM (actuellement version 7.0b de février 2009). Il est de type multicouche, bâti suivant un schéma aux différences finies : chaque couche aquifère est discrétisée en mailles parallélépipédiques dont la face supérieure correspond au toit de la formation considérée et la face inférieure au mur de cette formation (schéma ci-dessous).



Il est constitué de mailles carrées de 2 km de côté (35 000 mailles de calcul au total).

Les épontes ne figurent pas explicitement en tant que couches de calcul (modèle « quasi-3D »). Les charges hydrauliques n'y sont pas calculées¹. Des échanges verticaux entre couches aquifères peuvent néanmoins avoir lieu au travers des épontes. Ils sont calculés par le modèle.

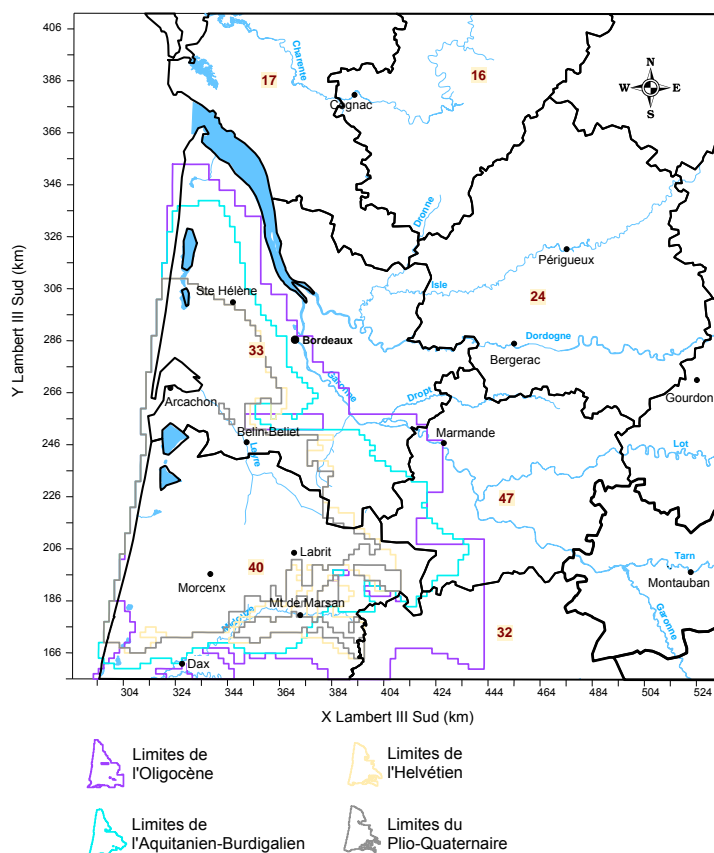
¹ Dans un modèle quasi 3D, les termes de stockage-destockage des épontes ne sont pas pris en compte (le coefficient d'emmagasinement dans les épontes n'est donc pas nécessaire).

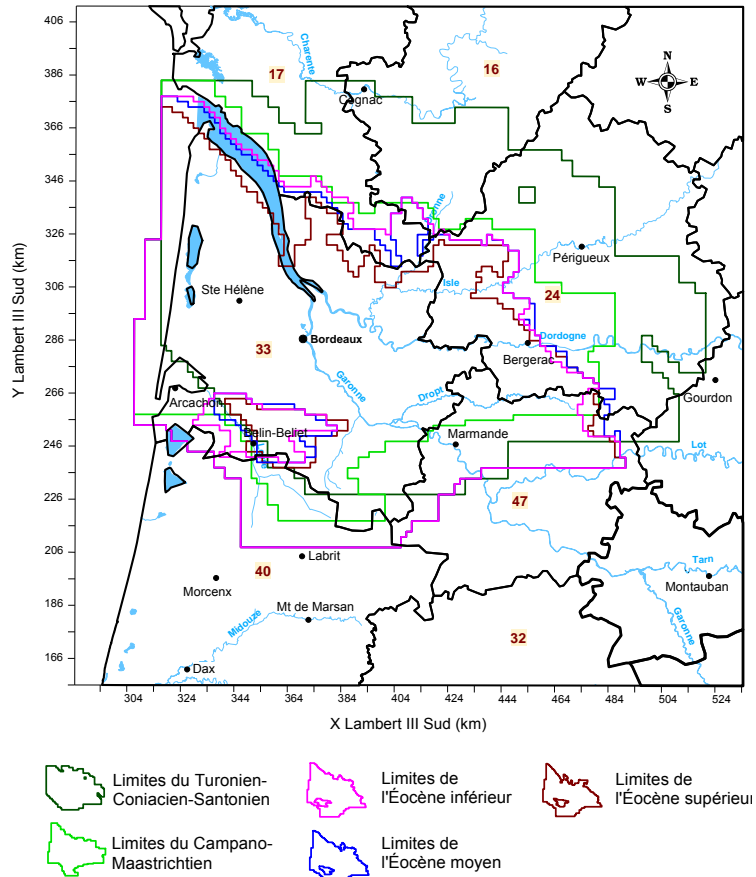
2.1.1. Extension du modèle

Il simule les écoulements au sein de 9 couches aquifères et les échanges entre ces couches au travers de chacune des épontes ("semi-perméables") qui les séparent. Les niveaux aquifères pris en compte sont :

- le Plio-Quaternaire,
- l'Helvétien,
- l'Aquitanien-Burdigalien,
- l'Oligocène,
- l'Eocène supérieur,
- l'Eocène moyen,
- l'Eocène inférieur,
- le Campano-Maastrichtien,
- le Turonien-Coniacien-Santonien.

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





2.1.2. Fonctionnement

Le modèle fonctionne en régime transitoire sur la période 1973-2007 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 et partielle en 2009) 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. A ce titre, il peut être utilisé pour simuler des scénarios d'exploitation (d'une certaine ampleur) de ces ressources et des tendances à long terme, en particulier pour les aquifères de l'Oligocène, de l'Eocène et du Crétacé supérieur pour lesquels il a été développé.

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 dans un département comme la Gironde, le modèle Nord-Aquitain a pu bénéficier d'une construction et d'un calage robuste. Robustesse accrue par les nombreux développements qui se sont succédés, par la longue période sur laquelle a été réalisée le calage (1972-1996) et par la validation qui s'effectue depuis (1996-2007) 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.....).

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 (5 Millions de m³/an) et que l'objectif est d'évaluer son impact à l'échelle régionale. De plus, les informations géologiques et hydrogéologiques récentes acquises sur le secteur vont permettre 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 secteur du Médoc reste peu exploitée et donc peu renseignée, les résultats seront donc assortis de limites d'interprétation.

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 en 2005 (Pédron et *al.*, 2005 - BRGM/RP-53659-FR) à partir des nouvelles données issues des forages réalisés par le SMEGREG dans le cadre des recherches de substitution.

Elles 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 cartes de toit et d'épaisseur de l'aquifère Oligocène illustrant les modifications apportées à la géométrie du modèle sont reportées en annexe 2.

Le rapport de GéoAquitaine (Mai 2006) et la thèse de F. Larroque (2004) résultants des différentes investigations réalisées par le SMEGREG dans le secteur de Sainte-Hélène ont été consultés. Ils n'ont pas apporté d'éléments complémentaires nécessitant de réviser davantage la géométrie du modèle régional.

Une concertation réalisée avec F. Larroque a par ailleurs 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 considérant que la continuité hydraulique prévaut). Les travaux récents menés sur ce secteur (Larroque, 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 (GéoAquitaine, 2004) réalisés au nord de la faille de Carcans n'ont pas permis d'identifier d'éponte marquée entre le Miocène et l'Oligocène dans le secteur nord. 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 (Larroque, 2004).

Le modèle Nord-Aquitain prend en compte une éponte de faible épaisseur entre le Miocène et l'Oligocène dans cette zone. Celle-ci a permis d'obtenir un calage satisfaisant sur les ouvrages miocènes et oligocènes de Saumos (08026X0001 et 08026X0034) et de Ste-Hélène (08023X0001 et 08023X0039). La valeur de perméabilité de cette éponte au droit du secteur BP1 (Au nord du champ captant projeté) reste cependant assez élevée ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s) (cf. figure 2). Le modèle est donc assez fidèle à la configuration géométrique observée même si la prise en compte de cette éponte pourrait, potentiellement, conduire à sous-évaluer localement la propagation d'influence du champ captant dans le Miocène dans le compartiment nord.

Les valeurs de perméabilités de l'éponte entre l'Oligocène et le Miocène au droit du champ captant s'établissent entre $8 \cdot 10^{-10}$ m/s et $1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

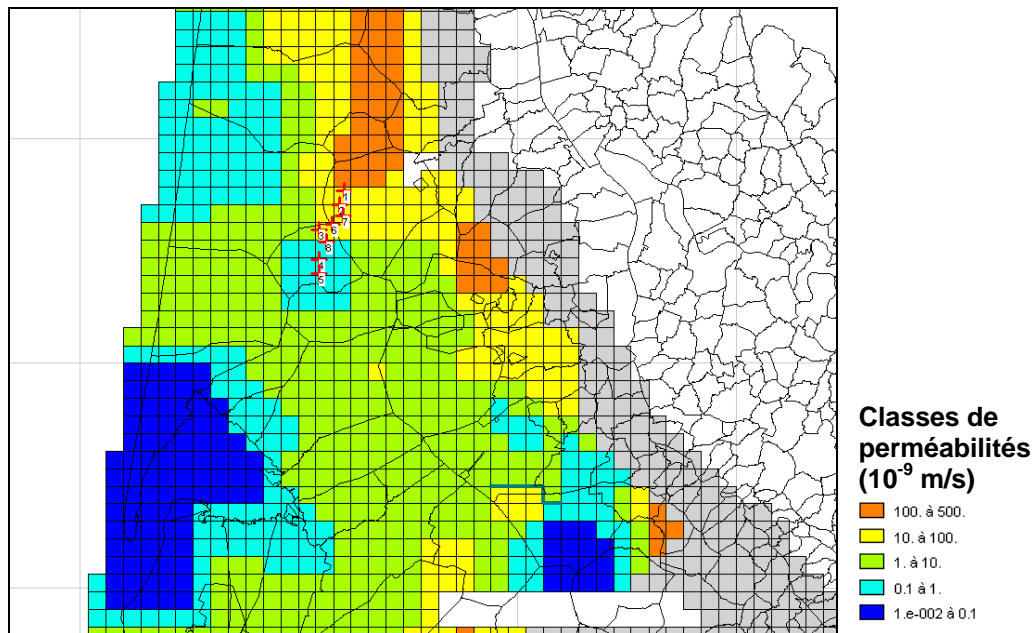


Figure 2 : Carte indicative des perméabilités de l'éponte Oligocène / Miocène du Modèle Nord-Aquitain

2.3. MISE A JOUR DES DONNEES SPATIO-TEMPORELLES

2.3.1. Prélèvements

Le modèle MONA V3.1-2006p dispose de données de prélèvements actualisées sur la période 2004-2006 pour les couches de l'Eocène et du Crétacé. Dans les autres couches (Oligocène et Miocène), un report des prélèvements de l'année 2003 est effectué.

Afin de disposer de la version du modèle la plus à jour possible pour les simulations, une mise à jour des prélèvements a été réalisée sur la période 2004-2006 pour les couches du Miocène et de l'Oligocène. En complément, les prélèvements de l'année 2007, recueillis dans le cadre de l'étude « gestion des nappes en Gironde » (Corbier et al., 2008), ont été mis à jour dans les couches de l'Oligocène et de l'Aquitaniens-Burdigalien. Pour toutes les autres couches, les prélèvements 2006 sont reportés. Cette version du modèle a été appelée **MONA V3.1-2007p** (p pour partielle sur l'année 2007) et utilisée pour la réalisation des simulations présentées dans ce rapport.

Une vérification systématique a été réalisée pour chaque couche et chaque pas de temps par comparaison entre les valeurs de prélèvements introduites dans le modèle et les bilans fournis en sortie par le modèle.

A titre d'illustration, l'évolution des prélèvements de l'Oligocène introduits dans le modèle est présentée figure 3. Les prélèvements de l'année 2007 s'établissent, sur

l'ensemble de la nappe, à environ 71 Millions de m³ dont près de 69 Millions en Gironde.

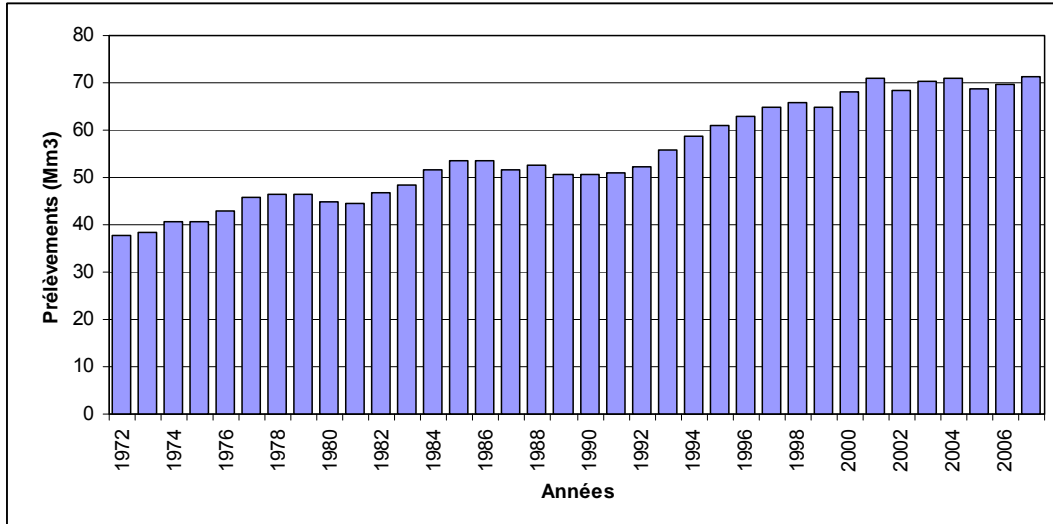


Figure 3 : Evolution des prélèvements dans l'aquifère Oligocène (1972 -2007)

La figure 4 permet de visualiser la répartition spatiale des prélèvements dans le Miocène (Aquitaniens-Burdigaliens, MNA-AQUI) et l'Oligocène (MNA-OLIGNP) sur la zone d'étude pour l'année 2007.

2.3.2. Données météorologiques

Les données météorologiques (Pluies et ETP) 2007 de la station de Mérignac (dont dépendent les mailles de recharge de l'Oligocène girondin) ont été récupérées auprès de MétéoFrance. Elles permettent de calculer la recharge introduite dans le modèle à partir de la loi empirique suivante (Pédron et al, 2005 – BRGM/RP53659-FR) :

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

$R_{z,k}$: valeur de recharge de l'année k affectée à la zone météorologique z,

$\overline{R_z}$: valeur de recharge du régime permanent pour la zone météorologique z,

$P_{eff}(k)$: pluie efficace de l'année k calculée pour la station météorologique considérée,

$\overline{P_{eff}}$: pluie efficace moyenne calculée sur la période 1972-2000 pour la station météo considérée.

Pour les mailles de recharge dépendant d'autres stations météorologiques, la recharge 2006 a été reportée en 2007.

2.4. PIEZOMETRES D'OBSERVATION

Les 15 points d'observations retenus par le SMEGREG pour contrôler l'impact du champ captant sur la piézométrie de l'aquifère Oligocène sont reportés sur la figure 5.

Les données piézométriques afférentes ont été récupérées dans la Banque de Données sur les Eaux Souterraines (BDES) gérée par le BRGM et complétées avec les informations ponctuelles recueillies dans la littérature (GéoAquitaine 2004 et Larroque, 2004).

Parmi ces ouvrages, plusieurs ne constituent pas des piézomètres de calage du modèle régional. Les chroniques piézométriques additionnelles ainsi obtenues permettent de vérifier la qualité du calage (annexe 4.2).

En revanche, les points de Lacanau/Talaris (07778X0037/F5), Lacanau/Moutchic (08014X0003/F2), Saint-Médard-en-Jalles/Gamarde (08035X0008/P) et Saint-Médard-en-Jalles/Thil (08035X0281/THIL19) ne disposent pas de mesures piézométriques. Les chroniques restituées par le modèle au droit de ces ouvrages ne seront donc pas contraintes par des observations.

Sur le forage de Lège Cap-Ferret/Camping (08253X011/F) (annexe 4.2), on note que seules deux mesures piézométriques ont pu être récupérées et présentent un décalage de près de 4 m avec la piézométrie simulée par le modèle. Il existe une incertitude importante sur la qualité de ces observations (conditions de réalisation des mesures, pas de nivellement ni d'indication sur le repère de mesure). Ces données sont reportées sur la chronique à titre indicatif mais ne préjuge en rien de la qualité du calage au droit de ce point.

L'ouvrage de l'Union Coopérative Forestière d'Aquitaine (07787X002/F) sur la commune de Castelnau-de-Médoc ne pourra pas faire l'objet d'un contrôle de la piézométrie restituée par le modèle. En effet, le secteur constitue une zone de lacune correspondant à la retombée de l'anticlinal de Blaye-Listrac. La lacune reconnue dans ce secteur occupant une grande partie de la maille, le choix a été fait d'y supprimer l'aquifère oligocène.

La liste initiale des piézomètres d'observation a été complétée par les ouvrages utilisés pour le calage des couches de l'Aquitaniens-Burdigalien, l'Oligocène et l'Eocène (moyen et supérieur) du modèle régional. Ils disposent de chroniques souvent étoffées permettant d'obtenir les niveaux, la tendance et les amplitudes de variations de la piézométrie. 3 chroniques au Miocène, 11 à l'Oligocène et 9 à l'Eocène moyen ont ainsi été ajoutées aux points d'observation du SMEGREG (figure 5).

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 pouvant être situés dans une même maille, mais les

paramètres hydrodynamiques restent néanmoins des paramètres moyens affectés par maille.

Enfin, les piézomètres SP1, SP2 et SP3 réalisés par le SMEGREG ont été intégrés. Bien que suivis en continu depuis 2003 seulement, ce triplet permet d'avoir le niveau des nappes du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène sur une verticale. Ces éléments ont permis un réajustement local du calage du modèle dans ce secteur.

2.5. REAJUSTEMENT LOCAL DU CALAGE

Les forages de reconnaissance SP1, SP2 et SP3 ont été réalisés en 2002 et font l'objet d'un suivi piézométrique depuis 2003. Le calage du modèle régional ayant été réalisé sur la période 1972-1996 et validé sur la période 1997-2003, ces chroniques ne faisaient pas partie des références de calage du modèle bien qu'il n'existe aucun autre ouvrage d'intérêt à l'Oligocène dans le secteur (les ouvrages les plus proches sont ceux de Saumos (08026X0034/F2) et de Sainte-Hélène (08023X0039/F3).

La comparaison entre les observations et les niveaux simulés par le modèle au droit de ces forages a permis de constater que la restitution du MONA était correcte dans le Miocène (SP3) et l'Eocène moyen (SP1) mais présentait un décalage d'environ 2 m dans l'Oligocène (SP2). Un réajustement local du calage a donc été entrepris pour prendre en compte aussi fidèlement que possible la piézométrie du secteur sans dénaturer la restitution piézométrique obtenue sur les autres points de calage.

Les modifications dans le modèle n'ont porté que sur la perméabilité de la couche Oligocène dans les secteurs de Sainte-Hélène, Saumos et Lacanau. Une carte indicative des perméabilités restituées est présentée ci-dessous (figure 6). Toutes les chroniques piézométriques observées et simulées sont reportées en annexe 4.2.

Les valeurs de perméabilités des autres couches, des épontes et les coefficients d'emmagasinement sont restés inchangés.

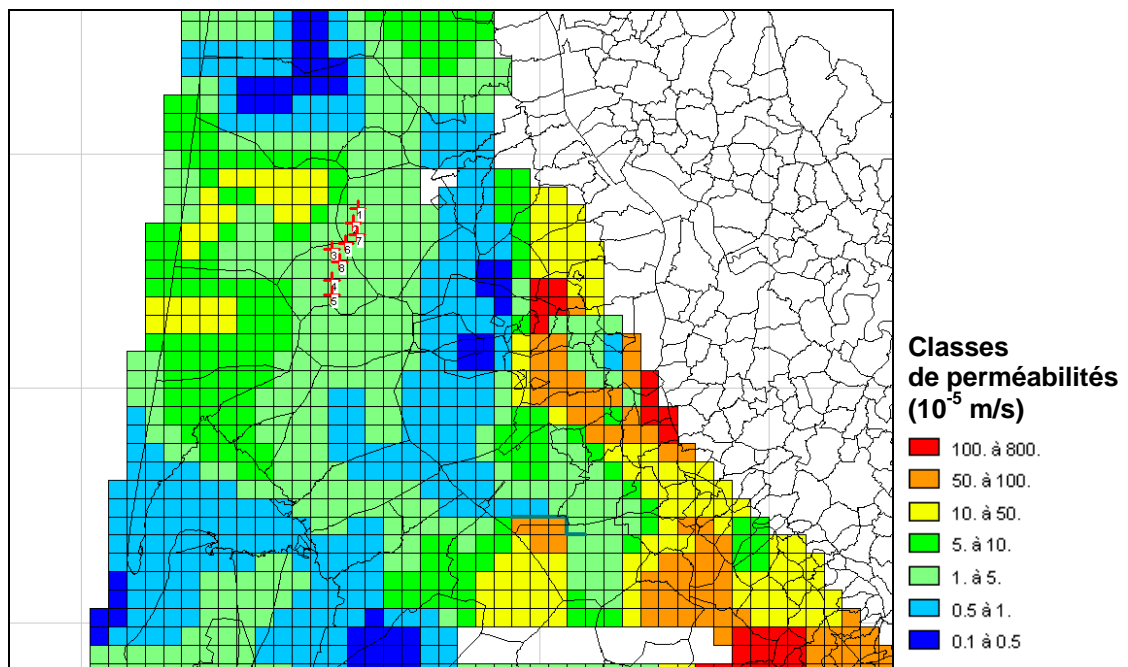


Figure 6 : Carte indicative des perméabilités de la couche Oligocène après réajustement local du calage

Les perméabilités intégrées dans le modèle au droit du champ captant (1.10^{-5} m/s) sont du même ordre de grandeur que celles calculées à partir des pompages d'essai réalisés sur les forages SF1 et SF2 (6.10^{-5} m/s - GéoAquitaine, 2004). Il en est de même pour les coefficients d'emmagasinement de l'ordre de 1 à 5.10^{-4} .

Les zones de perméabilités maximales (figure 6) sont localisées aux abords des zones d'affleurements de l'aquifère à l'est. C'est le cas à proximité des sources de Saint-Médard-en-Jalles (Thil, Gamarde) où des perméabilités élevées sont nécessaires à la restitution des flux et de la piézométrie.

Les simulations ponctuelles réalisées avec le Modèle Nord-Aquitain permettent souvent d'améliorer localement le calage et donc la représentativité de l'outil. Les modifications apportées dans le cadre de cette étude seront répercutées dans les versions du Modèle Nord-aquitain plus récentes.

3. Simulations

3.1. SCENARIOS

Les données spatio-temporelles du modèle MONA V3.1-2007p sont actualisées pour les 9 couches jusque fin 2006. Pour l'année 2007, seules les données de prélèvements du Miocène et de l'Oligocène sont mises à jour (report 2006 dans les autres couches). Cette dernière a donc été considérée comme une année de simulation. Les scénarios tendanciel et d'exploitation sont simulés sur 10 ans sur la période 2007-2017.

3.1.1. Tendanciel

Le scénario tendanciel a 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. Il est élaboré en considérant la poursuite des prélèvements de l'année 2007 à un niveau constant dans toutes les couches jusqu'en 2017.

Les pluies efficaces prises en compte sur la période 2008-2017 sont celles de l'année 1974 qui correspond à une année moyenne (Peff. Mérignac 1974 pour une RU de 100 mm = 365 mm) très proche des pluies efficaces moyennes calculées à la station de Mérignac (1972-2000 – RU 100 mm = 363 mm).

3.1.2. Exploitation : Hypothèses de production du champ captant

Le scénario d'exploitation reprend les mêmes hypothèses que le scénario tendanciel mais introduit les prélèvements correspondant à la mise en service du champ captant de Sainte-Hélène. La répartition des 8 forages d'exploitation constituant le champ captant est précisée sur les figures 1 et 5. Les coordonnées prévisionnelles des forages sont indiquées ci-après :

	X L2E (m)	YL2E (m)
A	339580	2003855
B	339126	2002227
C	336778	1999339
D	336795	1995945
E	336778	1994420
SF1	338286	2000023
SF2	339559	2001006
SF3	337600	1997976

Le champ captant est prévu pour produire 5 millions de m³/an (annexe 1). Ce volume est ramené à un débit fictif continu de 13 698 m³/j réparti de façon homogène sur les 8 forages d'exploitation (1712 m³/j sur chaque ouvrage soit 625 300 m³/an) et introduit dans le modèle. Le débit est considéré comme constant et reporté sur la période 2007-2017.

3.2. RESULTATS

3.2.1. Piézométrie

L'impact du champ captant sur la piézométrie des aquifères de l'Aquitaniens-Burdigalien, l'Oligocène et l'Eocène (supérieur et moyen) 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 2.4). Celles-ci permettent de voir 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 4.

Remarque : les rabattements simulés sur les piézomètres SP1 (Eocène moyen), SP2 (Oligocène) et SP3 (Aquitaniens-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 y sont calculés sont représentatifs de l'ensemble de la maille soit 4 km². Ils 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 1 an et 10 ans d'exploitation déduites des cartes piézométriques issues du scénario d'exploitation et du scénario tendanciel (état de référence). Les cartes représentant les rabattements calculés par le modèle dans les couches du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène sont reportées en annexe 5. La carte comparative des rabattements après 1 an et 10 ans d'exploitation dans l'Oligocène est présentée figure 7. Seules les variations de charges ayant engendré un rabattement supérieur à 5 cm sont considérées comme significatives.

L'examen des cartes (annexe 5) et des chroniques piézométriques (annexe 4) permet de voir que la mise en service du champ captant induit des baisses piézométriques et une propagation rapide de la dépression dès la première année d'exploitation dans l'Oligocène mais aussi dans les aquifères « encadrant » (Miocène et Eocène). Ces phénomènes tendent à se stabiliser après quelques années et les cartes de rabattements après 10 ans d'exploitation (annexe 5.2) correspondent à des états pseudo-stabilisés (dans les conditions d'application du modèle et des hypothèses retenues) dans les nappes du Miocène et de l'Oligocène.

Si l'impact global de la mise en service du champ captant dans l'Oligocène apparaît relativement modéré, il est bien d'ampleur régionale avec une propagation de la dépression sur plusieurs dizaines de kilomètres au sein du réservoir et un impact non négligeable sur les aquifères qui l'encadrent.

Il faut également noter que les conditions de recharge et de prélèvements retenus pour les scénarios tendanciel et d'exploitation n'induisent pas de déstockage important de la nappe de l'Oligocène comme le montrent les niveaux piézométriques qui sont stables voire remontent dans certains secteurs. Il faut toutefois relativiser ces résultats car les simulations ont été réalisées avec des conditions de recharge plutôt favorables (reconduction d'une année moyenne sur 10 ans). L'enchaînement de plusieurs années sèches pourrait engendrer des rabattements et des baisses piézométriques plus importants que ceux calculés ici.

Aquifère miocène

L'impact de l'exploitation de l'aquifère oligocène sur celui du miocène (Aquitainien) apparaît modéré. La carte des rabattements après 10 ans d'exploitation (annexe 5.2) indique que les baisses au droit du champ seraient comprises entre 2,5 m et 5,5 m.

La dépression apparaît nettement dissymétrique avec une propagation plus marquée vers l'ouest. Le rabattement calculé est d'environ 1 m à 8 km à l'ouest du champ captant alors que cette même valeur est obtenue à une distance de 4 km vers l'est. Des perméabilités plus faibles introduites dans le modèle au nord-ouest du champ captant limitent le développement du cône dans cette direction.

La bonne réalimentation de cet aquifère depuis le Plio-quatenaire et ses propriétés hydrodynamiques restreignent l'abaissement des niveaux piézométriques et la propagation de la dépression à quelques kilomètres autour du champ captant. La structure piézométrique haute à l'est (figure 7) joue le rôle de limite d'alimentation ce qui réduit l'influence du champ dans cette direction. Les chroniques piézométriques calculées au droit du forage de Sainte-Hélène (08023X0001) (annexe 4.1) confirment ce point avec un rabattement d'une dizaine de centimètres au bout de 10 ans.

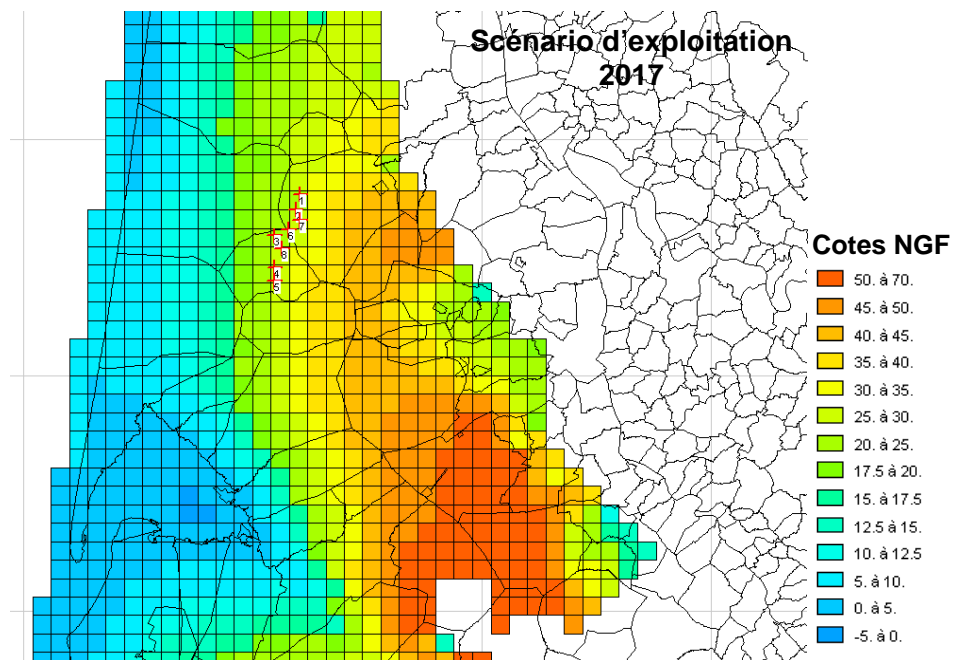


Figure 7 : Miocène (Aquitainien) : Piézométrie calculée - année 2017

Aquifère oligocène

Les rabattements les plus importants sont logiquement observés dans l'Oligocène (figure 8 et annexe 5) où le champ captant est implanté. L'impact est maximum dans les mailles au droit des forages d'exploitation avec des abaissements piézométriques de l'ordre de 15 à 25 m.

A une dizaine de kilomètres, les rabattements calculés par le modèle deviennent inférieurs à 1 m. Ils sont encore de 0,25 m à 15 km à l'ouest du champ captant.

Comme dans le Miocène, on note une forte dissymétrie de la dépression qui engendre des rabattements plus marqués à l'ouest. Ainsi, l'impact est sensible sur tous les ouvrages de la façade atlantique avec à Lacanau (annexe 4.2) une baisse calculée d'environ 1,5 m sur les ouvrages communaux (08021X0001/F et 08021X0002/F3) et de 0,25 m au lieu-dit Océan (08013X001/F4). Des baisses de 0,25 m à Carcans (07778X0002/F) et de 0,50 m au Porge (08018X004/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 4.2) apparaissent légèrement impactés. 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 rôle hydraulique des failles du secteur (notamment 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 d'une structure piézométrique haute (figure 9) conjuguée à des transmissivités élevées traduit une bonne réalimentation du réservoir qui limite l'extension de la dépression dans cette direction.

A l'échelle de travail, 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 (cf. 3.2.2).

L'influence sur les forages situés à l'est et au sud-est se trouve ainsi réduite comme en témoignent les rabattements calculés au droit des forages de Saint-Hélène (08023X0039/F3), de Saint-Aubin-de-Médoc (08024X0019/F2) et de Saint-Médard-en-Jalles (08024X0050/F) (Annexe 4.2).

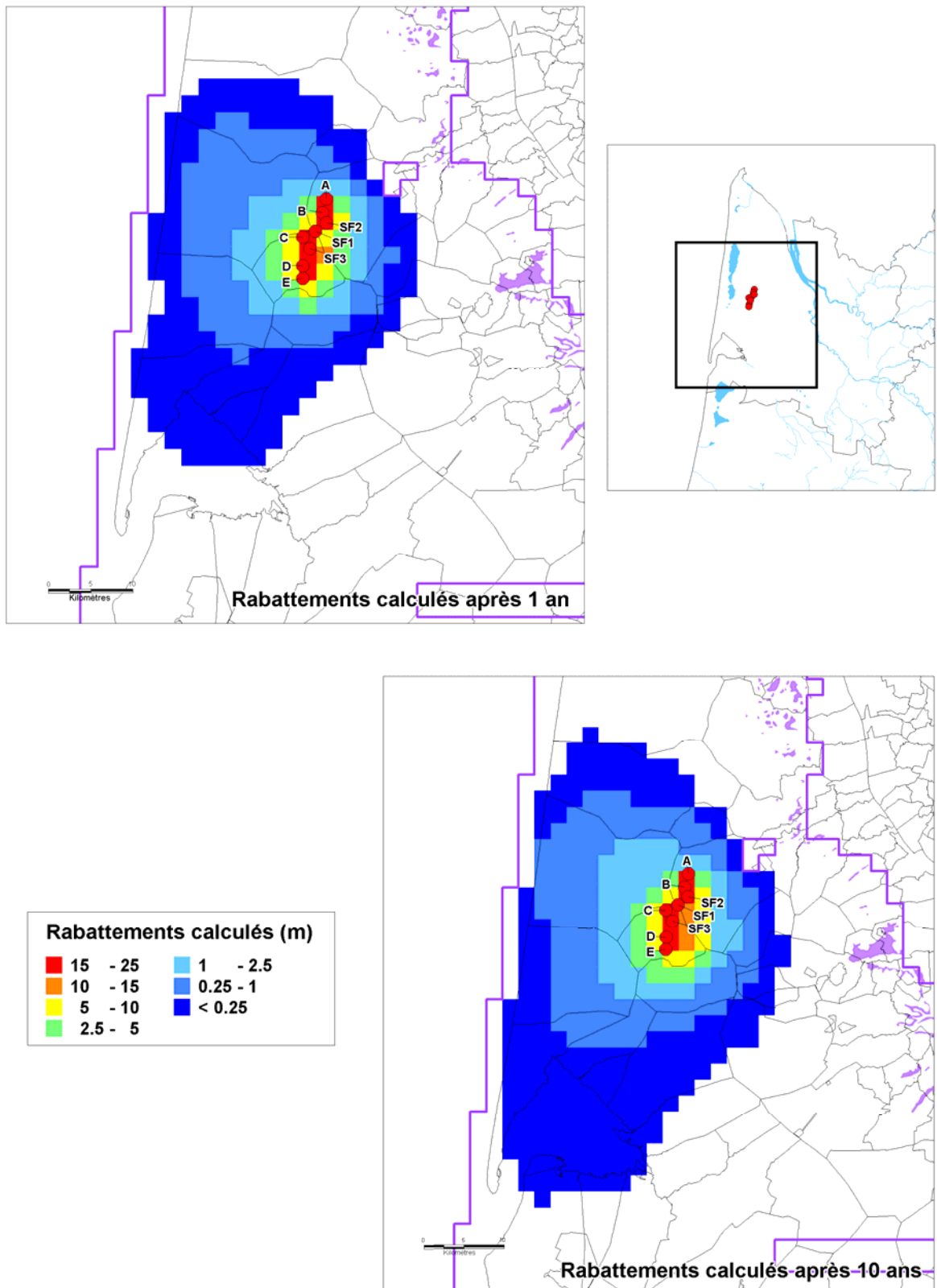


Figure 8 : Evolution des rabattements calculés dans l'oligocène après 1 an et 10 ans d'exploitation du champ captant

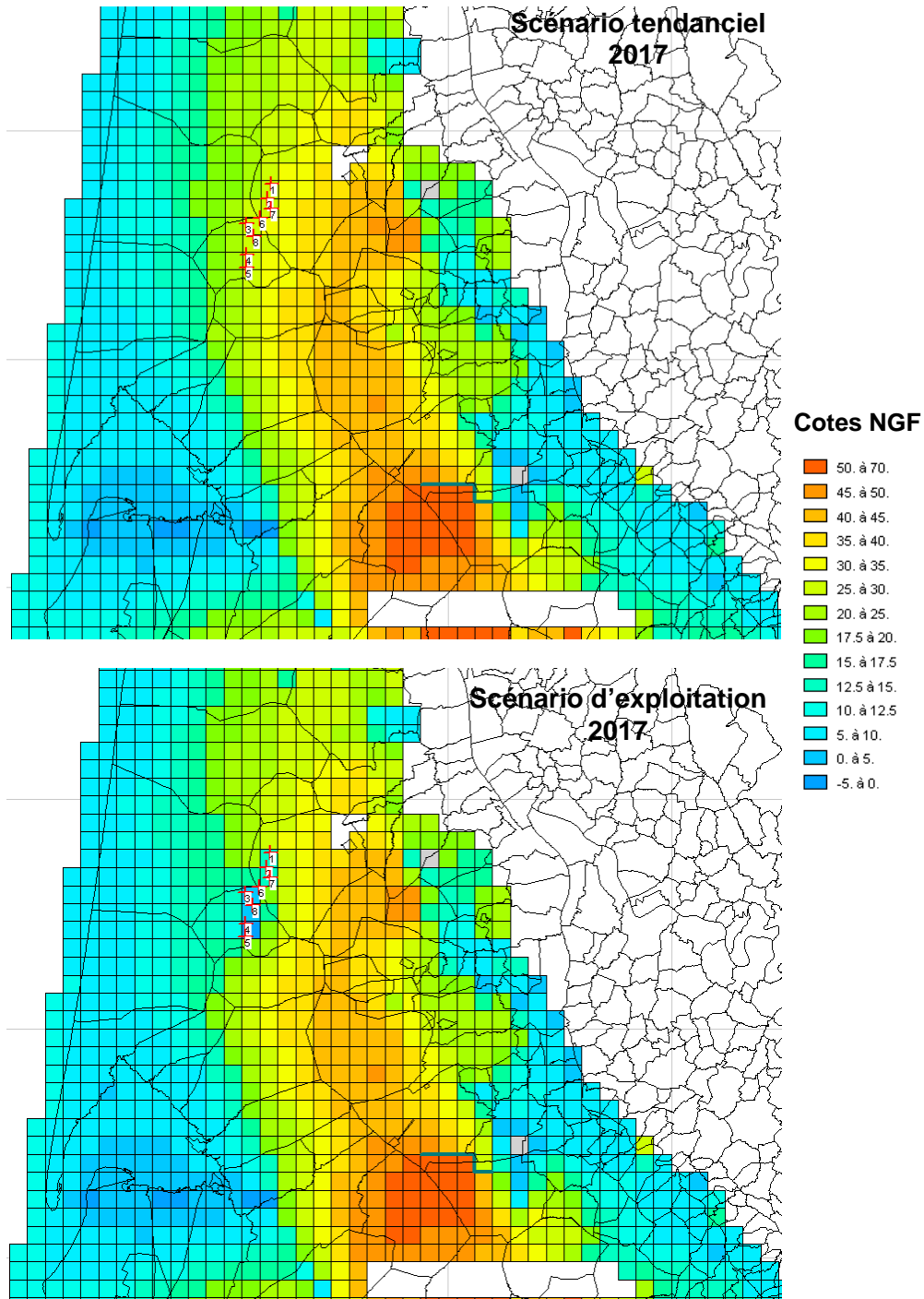


Figure 9 : Oligocène - Piézométrie calculée – année 2017

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.

La comparaison des niveaux piézométriques issus du scénario tendanciel à l'horizon 2017 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 d'écarter l'hypothèse d'un dénoyage local aux abords du champ captant (notamment dans la partie Nord où l'aquifère est moins profond) qui serait lié aux interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation.

Aquifère Eocène supérieur

Cet aquifère présente des caractéristiques hydrodynamiques très médiocres sur le secteur d'étude (valeurs de perméabilités de $5 \cdot 10^{-7}$ à $1 \cdot 10^{-6}$ 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'Eocène situé en dessous (cf. Eocène moyen).

Les rabattements calculés seraient de l'ordre d'une dizaine de mètres au droit du champ captant (annexe 5.2). 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 composé pour l'essentiel de calcaires marneux.

Aquifère Eocène moyen

L'aquifère de l'Eocène moyen apparaît impacté de façon non négligeable même si cela reste modéré. Le rabattement calculé est de l'ordre de 1,5 à 2 m au bout de 10 ans (annexe 5.2) 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 10 années d'exploitation, le rayon moyen de la dépression est de l'ordre de 25 kilomètres. Cette distance se réduit à 6-8 km si on considère les secteurs où le rabattement calculé est supérieur à 1 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 (figure 10).

En effet, les flux de drainances verticaux descendants sont beaucoup moins conséquents que dans les couches de l'Oligocène et du Miocène (cf. chapitre 3.2.2) ce qui ne limite pas l'extension de la dépression vers l'est. Quelques ouvrages de la zone centre de l'Eocène moyen montrent d'ailleurs une très légère baisse des niveaux piézométriques (St-Jean-d'Illac – 08264X0004/F1 ou Mérignac - 08271X0213/F3).

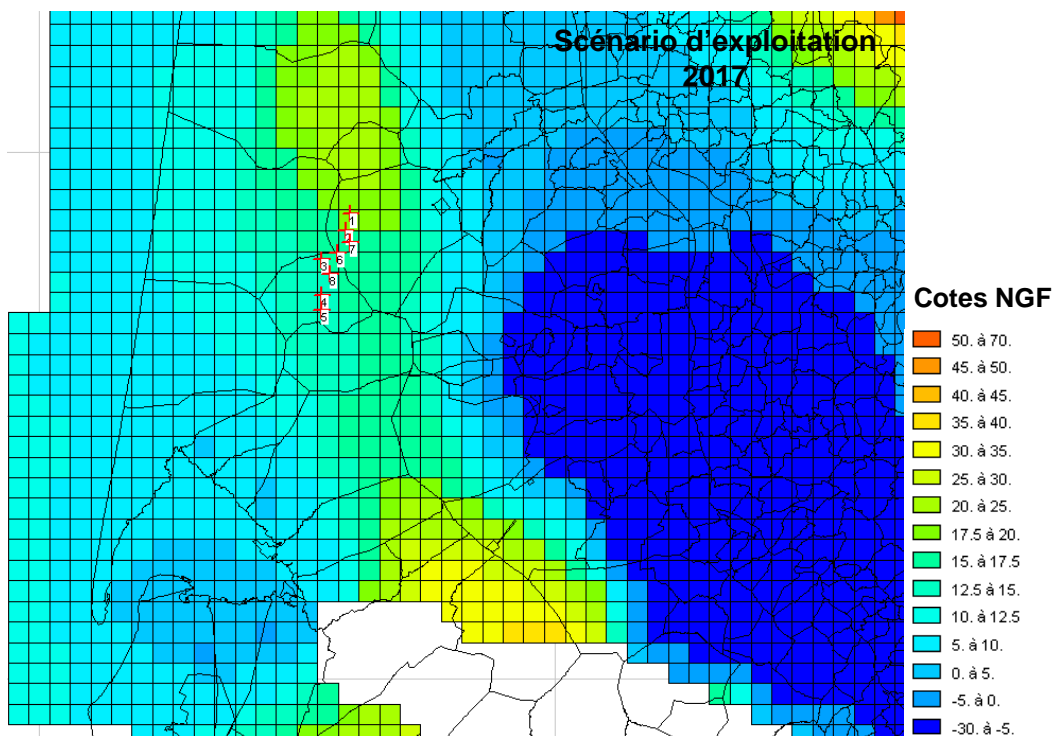


Figure 10 : Eocène moyen : Piézométrie calculée – année 2017

3.2.2. Flux de drainance verticaux

Les nappes captives présentent au droit de la zone médocaine (Miocène, Oligocène et Eocène) sont principalement réalimentées par drainances verticales descendantes depuis la nappe du Plio-quaternaire qui joue un rôle de « château d'eau ». Les nappes du Miocène et de l'Oligocène sont les plus sensibles à ce phénomène comme en témoigne leur piézométrie largement influencée par les variations climatiques saisonnières.

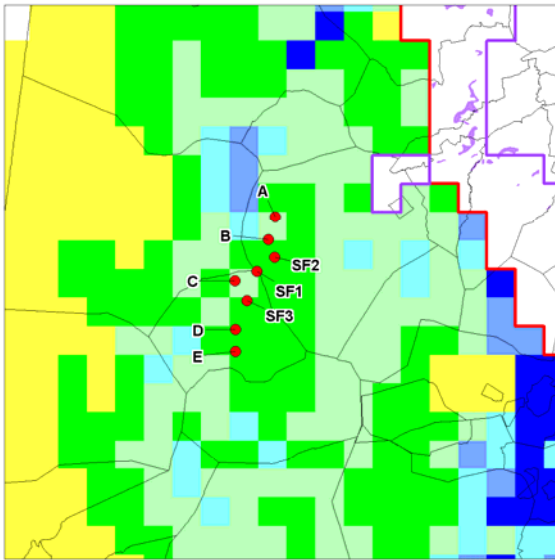
Cette influence s'estompe au fur et à mesure que les aquifères s'enfoncent vers l'ouest où leur captivité s'affirme. Les flux de drainance ont alors tendance à s'inverser et à devenir ascendants (annexe 6.1).

La carte de l'annexe 6.1 présente les flux de drainance verticaux calculés par le modèle régional à l'horizon 2017 pour le scénario tendanciel. Cette carte ne fournit que des ordres de grandeurs dans la mesure où des incertitudes demeurent sur les paramètres hydrodynamiques des épontes. Elle permet néanmoins de confirmer que les échanges se font majoritairement du Plio-quatenaire vers les nappes sous-jacentes et que les flux diminuent progressivement sur la verticale.

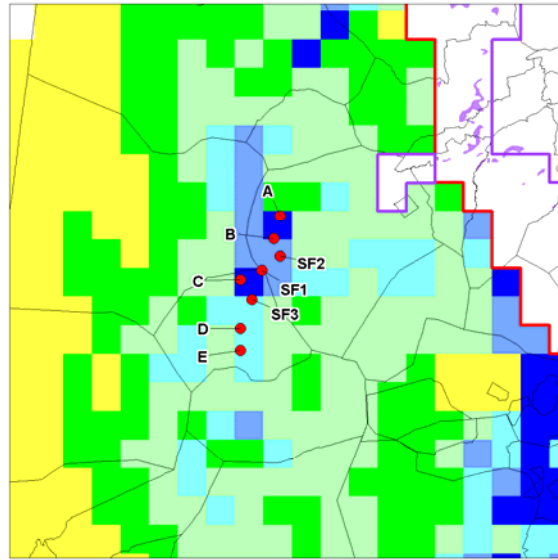
A l'est du champ captant, dans le secteur considéré comme une structure piézométrique haute, les flux verticaux descendants dans chaque maille depuis l'aquifère sus-jacent sont de l'ordre de 250 à 500 m³/j dans l'Helvétien, de 100 à 500 m³/j dans l'Aquitainien, de 50 à 250 m³/j dans l'Oligocène et de 10 à 150 m³/j dans l'Eocène (annexe 6.1).

Le fonctionnement du système multicouche Nord-Aquitain est donc, au moins pour les couches les moins profondes, largement influencé par ces flux verticaux. Une succession de plusieurs années sèches induiraient vraisemblablement des rabattements plus importants notamment dans le Miocène et l'Oligocène.

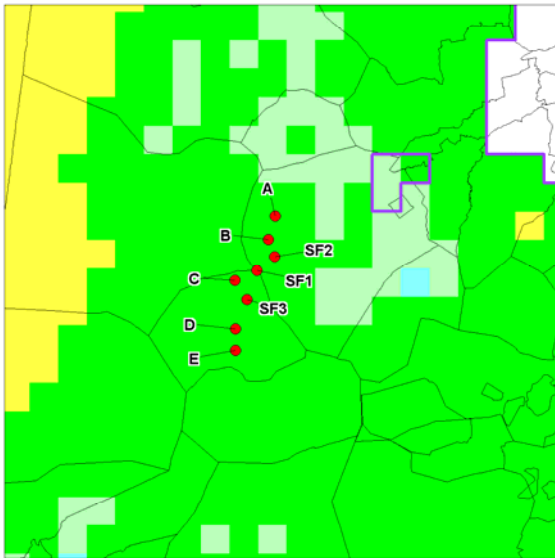
La mise en service du champ captant à l'Oligocène (figure 11 et annexe 6.2) conduit localement à une amplification conséquente des flux de drainance descendants depuis l'aquifère Miocène. Ce dernier participerait ainsi de manière non négligeable aux volumes prélevés. Il entraîne également une inversion des flux depuis l'Eocène qui deviennent ascendants, même si les ordres de grandeurs restent faibles (de quelques m³/j à quelques dizaines de m³/j par maille), aux abords immédiats du champ captant.



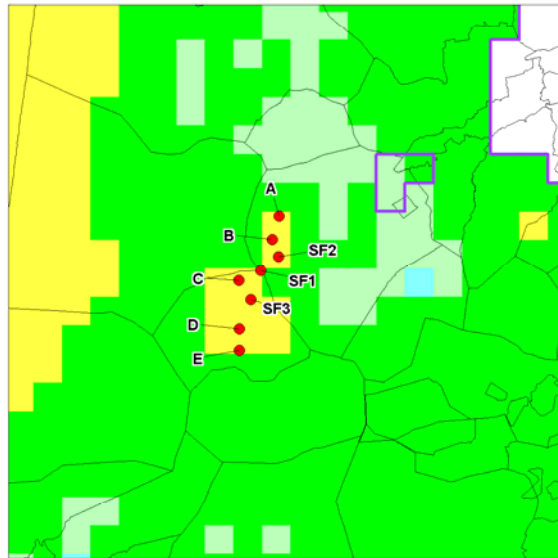
Oligocène - Scénario tendanciel



Oligocène - Champ captant en service



Eocène supérieur - Scénario tendanciel



Eocène supérieur - Champ captant en service

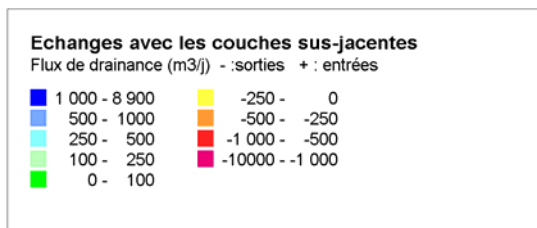


Figure 11 : Flux de drainance verticaux entre l'Oligocène et les aquifères « encadrant » (Miocène et Eocène) après 10 ans d'exploitation

4. Conclusion

A l'issue du travail de modélisation réalisé, l'impact global de la mise en service du champ captant dans l'Oligocène apparaît relativement modéré compte tenu de l'importance des prélèvements qui sont envisagés (5 millions de m³/an). Cette modération tient principalement à la bonne productivité de l'aquifère Oligocène et à sa bonne réalimentation depuis les aquifères sus-jacents et notamment l'aquifère Miocène (Aquitainien).

Il n'en demeure pas moins que ce nouveau pôle de prélèvement 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.

La plupart des ouvrages oligocènes de la zone littorale voit leur piézométrie impactée de quelques dizaines de centimètres. En revanche, le champ captant n'a que peu d'influence sur la piézométrie à l'est et donc sur les ouvrages de la CUB dont les sources de St-Médard-en-Jalles (Thil, Gamarde).

Les résultats ne montrent pas de dénoyage du réservoir oligocène à l'échelle régionale. En revanche, les limites de précision du modèle ne permettent pas d'écarter l'hypothèse d'un dénoyage local aux abords des points de captage (notamment dans la partie Nord où l'aquifère est moins profond) qui serait lié aux interférences entre les forages d'exploitation et/ou leur régime d'exploitation.

Dans la zone médocaine, le fonctionnement du système multicouche Nord-Aquitain apparaît, au moins pour les aquifères les moins profonds, largement influencé par les flux de drainance verticaux. La mise en service du champ captant à l'Oligocène conduit localement à une amplification conséquente des flux de drainance descendants depuis l'aquifère Miocène. Ce dernier participe alors de manière non négligeable aux volumes prélevés. Les flux de drainance depuis l'Eocène deviennent localement ascendants aux abords immédiats du champ captant. Les débits ainsi générés restent faibles de l'ordre de quelques m³/j à quelques dizaines de m³/j par maille.

Il faut également noter que les conditions de recharge et de prélèvements retenus pour les scénarios tendanciel et d'exploitation n'induisent pas de déstockage important de la nappe de l'Oligocène comme le montrent les niveaux piézométriques qui sont stables voire remontent dans certains secteurs. Il faut toutefois relativiser ces résultats car les simulations ont été réalisées avec des conditions de recharge plutôt favorables (reconduction d'une année moyenne sur 10 ans). L'enchaînement de plusieurs années sèches pourrait engendrer des rabattements et des baisses piézométriques plus importants que ceux calculés dans le cadre de cette étude.

Compte tenu de ces éléments, un test sur la sensibilité du modèle à la recharge (en particulier une réduction) permettrait de disposer d'éléments complémentaires

notamment pour apprécier le comportement de la structure piézométrique à l'est du champ captant. Une analyse de sensibilité supplémentaire sur les paramètres hydrodynamique (sans détériorer la qualité du calage) permettrait de conforter les résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

5. Références bibliographiques

Bichot F., Seguin JJ. (2000)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 4 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Recueil et synthèse des données. Rapport BRGM/RP 50466,

Corbier P., Abou Akar A., Mazurier C., Platel J.P. avec la collaboration de Caperan F., Grabenstaetter L. et Fondin A. (2007)

Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraines en Gironde - Etat des connaissances à fin 2006. BRGM/RP-55893-FR, 328 p., 77 illustrations.

EGID (2001)

Etablissement des conditions de gisement (limites et exutoires potentiels) des aquifères tertiaires du médoc. Rapport final d'exécution des travaux, 41 p.

EGID (2002)

Piezométrie et hydrodynamisme des systèmes aquifères tertiaires médocains. Rapport final d'exécution des travaux, 35 p.

EGID - A. Dupuy, F. Larroque (2005)

Modélisation hydrodynamique des nappes tertiaires du Médoc : Test des hypothèses géologiques et impacts potentiels sur la ressource. Rapport final d'exécution des travaux.

GEOAQUITAINE (2004)

Recherche de ressources nouvelles pour l'alimentation en eau potable dans l'aquifère de l'Oligocène dans les environs de Sainte Hélène - Note de synthèse des phases 1 à 5.

Larroque F. (2004)

Gestion globale d'un système aquifère complexe. Application à l'ensemble aquifère multicouche médocain. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux 3, 253 p.

Pédron N., Seguin JJ., Bichot F. (2001)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 5 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Calage du modèle et simulations. Rapport RP-51176, (2 volumes).

Pédron N., Seguin JJ., Capdeville JP. (2003)

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine – Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Module 4 – Année 1. Rapport BRGM/RP-52602-FR, 56 pages, 25 figures, 5 tableaux, 7 annexes.

Pédron N., Mauroux B. (2006)

Actualisation du modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes – Période 2001-2003.
Rapport final BRGM/RP-54220-FR, 26 p., 1 ann.

Pédron N., Platel JP., Lopez B. (2005)

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine – Développements et maintenance
du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Module 4 – Année 2.
Rapport BRGM/RP-53659-FR, 96 pages, 43 figures, 8 tableaux, 8 annexes.

Platel J.-P., Schnebelen N., Le Nindre YM-M., Sourisseau B. (2000)

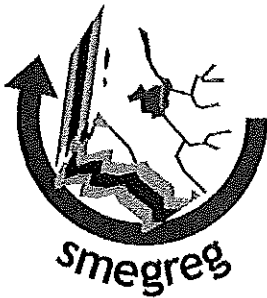
Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 4. Opération sectorielle : protection
de la nappe de l'Oligocène en région bordelaise. Synthèse des connaissances
géologiques. Etat des connaissances hydrogéologiques. Rapport BRGM RP-50468,

Seguin JJ. (2002)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine - Actualisation du Modèle Nord-Aquitain.
Période 1999-2000.
Rapport BRGM/RP-51758-FR

Annexe 1

Courrier de sollicitation du SMEGREG et annexe technique



Réf. : BdG/JP 2008-0306

COPIE

GR Aquitaine	11677
Courrier arrivé le:	11/06/08
A suivre par:	
Copie pour inf.:	N F
N° de projet:	à ouvrir PDIO8AQIO1
à suivre par:	

↓
Devis à faire

BRGM SGR Aquitaine
Monsieur le Directeur
Parc technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci

33600 PESSAC

Objet : Réalisation de simulations de prélèvement dans le modèle Nord Aquitain

Monsieur le Directeur,

J'ai le plaisir de vous passer commande d'une simulation dans le modèle mathématique nord aquitain relative à la mise en service d'un camp captant à l'Oligocène dans les environs de Ste Hélène pour un montant de 5 000 € TTC. Le scénario à simuler et les points d'observation à prendre en compte sont précisés dans le document annexé à ce courrier.

Pour le montant de 5 000 € TTC, les prestations commandées comprennent une simulation simple précédée de l'intégration des données nouvelles produites pour le SMEGREG dans le cadre des études de faisabilité de ce projet et figurant dans le rapport de GEOAQUITAINE de mai 2006 et le rapport de modélisation de l'EGID (MM. Larroque et Dupuy) de 2006. Ces documents sont bien entendu à votre disposition si vous n'en disposez pas par ailleurs.

J'attire votre attention sur le fait qu'il est important que le rapport qui nous sera remis précise les limites d'utilisation du modèle, en particulier sur les points suivants :

- passage libre -captif à l'ouest de la CUB ;
- impact sur les sources oligocènes et miocènes de l'ouest de la CUB ;
- impact à long terme, mettant en jeu des phénomènes de drainance non observés actuellement.

Enfin, je vous précise que nous souhaiterions pouvoir disposer des résultats de ce travail pour la fin du mois de septembre 2008 au plus tard.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Bordeaux, le 13 mai 2008

Le Directeur

Bruno de GRISSAC

ANNEXE AU COURRIER 2008-0306

Points de prélèvements constituant le champ captant à l'Oligocène :

BSS	X	Y
A	339580	2003855
B	339126	2002227
C	336778	1999339
D	336795	1995945
E	336778	1994420
SF1	338286	2000023
SF2	339559	2001006
SF3	337600	1997976

Points d'observation :

BSS	X	Y	Lieu dit
08035X0281/THIL19	360738	1992809	THIL-R19
08035X0013/F4	359286	1991892	GAJAC
08018X0004/F	324841	1992577	GLEIZE-VIEILLE
08253X0011/F	318109	1983456	CAMPING
08014X0004/F1	325062	2002981	ESCOURETTE
08021X0002/F3	330945	2003529	STADE-VILLE
08021X0001/F	330805	2003189	COMMUNAL
08014X0003/F2	325608	2005901	MOUTCHIC
07778X0033/F4	323510	2007055	HUGA
08023X0039/F3	345777	2001300	STATION
07787X0002/F	349600	2007685	U C F A
08035X0008/P	361118	1992549	GAMARDE
08028X0176/F3	354264	1986508	GABACHOT - FORAGE N° 3
08264X0012/F2	355521	1984552	BOULAC - F2-
TALARIS	329920	2006067	TALARIS

Production à simuler pour le champ captant :

Par forage :

- moyenne (20h/j) : 115 m³/h, 2300 m³/j, 840 000 m³/an
- maximale (20h/j) : 150 m³/h, 3000 m³/j

Pour le champ captant :

moyenne (20 h/j) : 690 m³/h, 13800 m³/j et 5 000 000 m³/an.

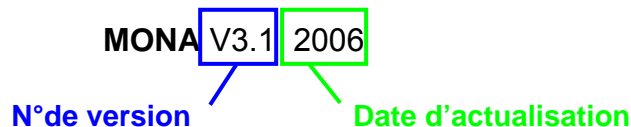
Annexe 2

Nomenclature des versions du MONA

Depuis près de 15 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 succédées. 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 1^{er} modèle régional à mailles carrées de 5 km de côté au début des années 90 (Braneyre *et al.*, 1993) 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, Eocène 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'Eocène. 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, Eocène, Campano-Maastrichtien, Turonien-Coniacien-Santonien (Rapport BRGM R-40224, 1999).

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

- en 1999 (Rapport BRGM R-40760) 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 (Rapport BRGM/RP-51758-FR) 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 (+Cénomaniens et Jurassique) développé au cours de l'année 2 de la convention « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine 1996-2001 ». Cette version est actuellement la seule intégrant les couches profondes du Cénomaniens et du Jurassique.

MONA V3 :

Développements réalisés sur 4 années dans le cadre de la convention régionale « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine 2002-2006 » :

Au cours de l'année 1 (Rapport BRGM/RP-52602-FR) et de l'année 2 (Rapport BRGM/RP-53659-FR), 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'Aquitaniens-Burdigaliens, de l'Helvétien et du Plio-Quaternaire en remplacement de l'ancienne couche Mio-Plio-Quaternaire à potentiels imposés (**MONA V3-2000**).

- Subdivision de l'Eocène en 3 couches distinctes, réajustement de la géométrie de l'Oligocène et calage des 4 couches (**MONA V3.1-2000**).

Cette version du modèle a été actualisée en 2005 (Rapport BRGM/RP-54220-FR) avec les données 2001, 2002 et 2003 (**MONA V3.1-2003**), puis partiellement en 2007 (uniquement les trois couches de l'Eocène et du Campano-Maastrichtien) sur la période 2004-2006 (**MONA V3.1-2006p**) pour les besoins de l'étude sur l'évaluation des ressources en eau de l'Eocène dans le Bergeracois (rapport BRGM/RP-56301-FR).

Au cours de l'année 3 (rapport BRGM/RP-55242-FR), 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**).

Au cours de l'année 4, les travaux effectués (Rapport BRGM/RP- 56614-FR, 2008) ont permis la réalisation d'un modèle géologique régional des couches du Cénomaniens et du Jurassique (Bajocien, Bathonien-Callové-Oxfordien, Kimmeridgien et Tithonien).

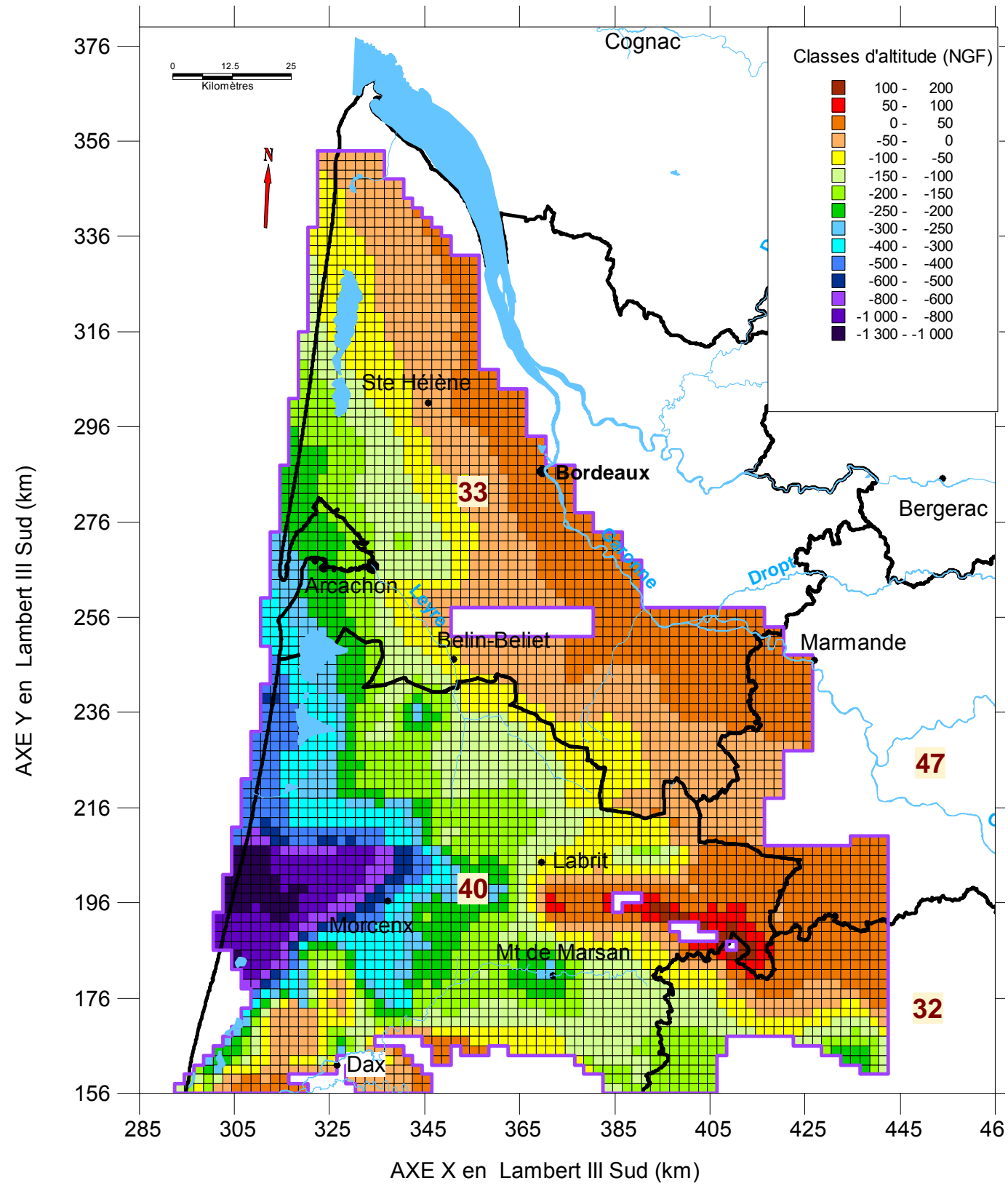
Développements réalisés dans le cadre de la convention régionale « Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine 2008-2012 » :

En année 1 (rapport à paraître), l'intégration de 5 nouvelles couches et le calage des 8 couches du Crétacé et du Jurassique doit permettre d'aboutir à la version **MONA V3.3**.

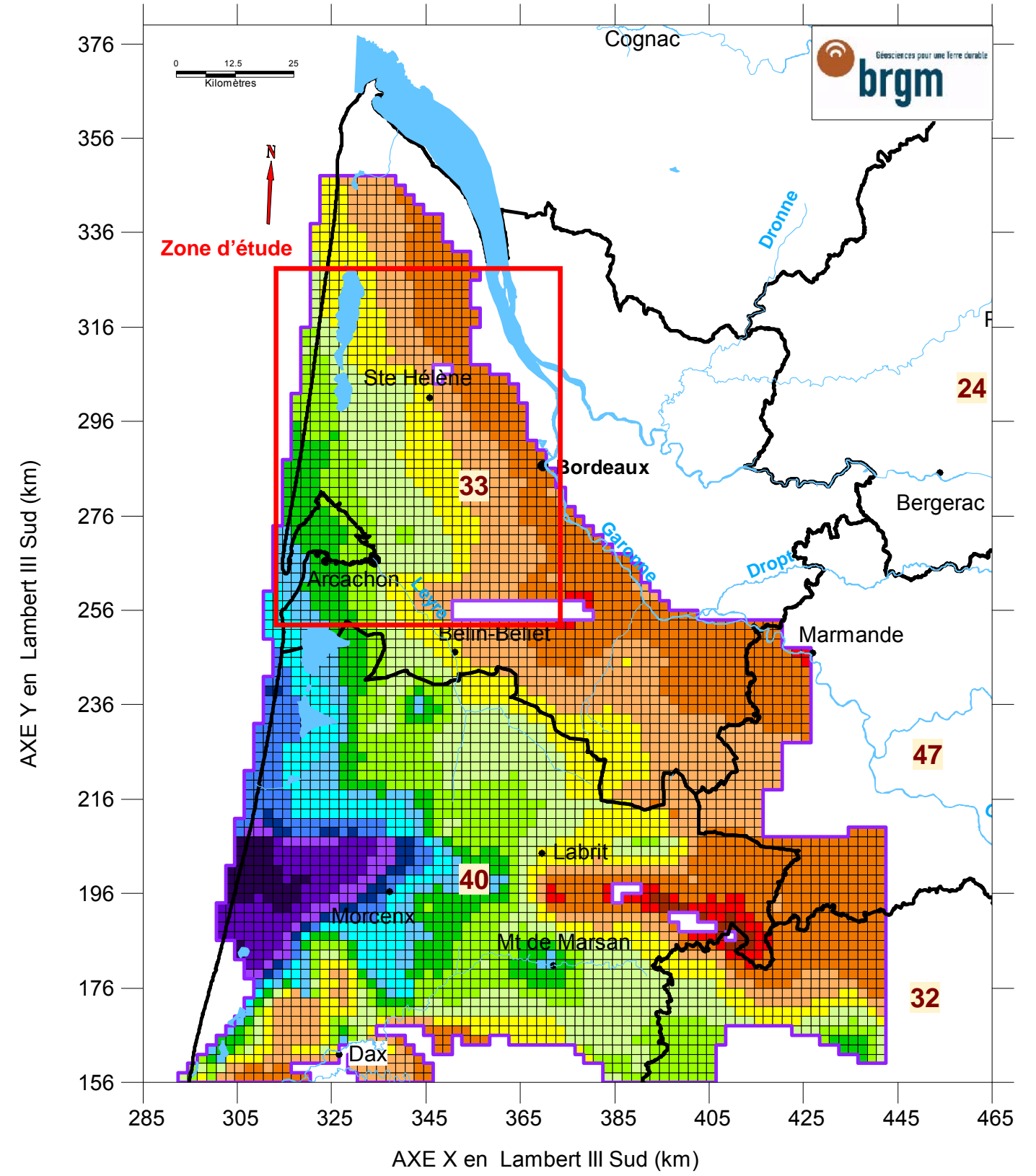
En attendant que le MONA V3.3 soit opérationnel, le MONA V3.1-2006p reste la version qui dispose de l'actualisation des données de prélèvements la plus récente. Cette version a été actualisée partiellement dans le cadre du présent travail et utilisée pour la réalisation des simulations (**MONA V3.1-2007p**).

Annexe 3

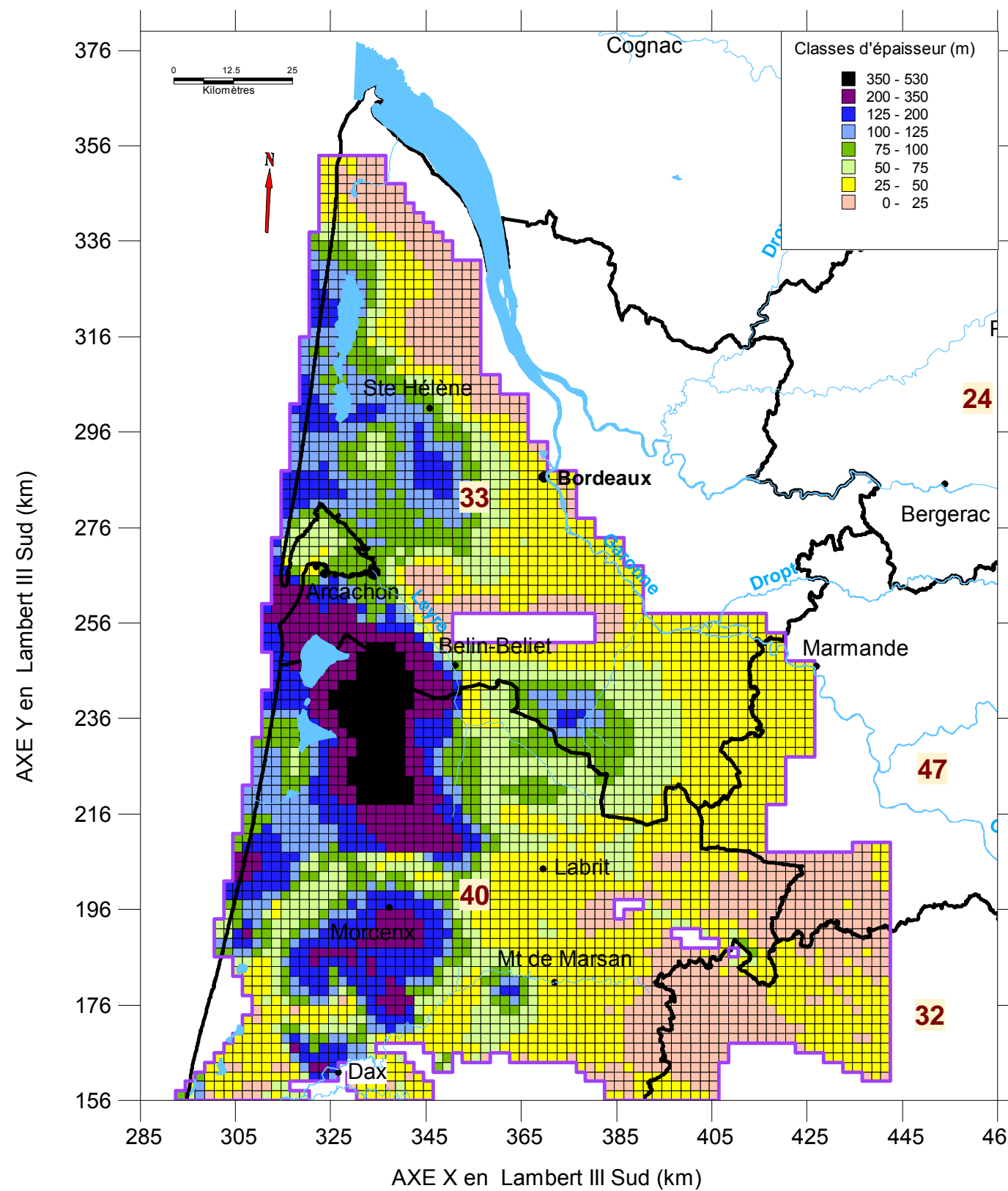
Cartographies actualisées du toit et de l'épaisseur de l'Oligocène



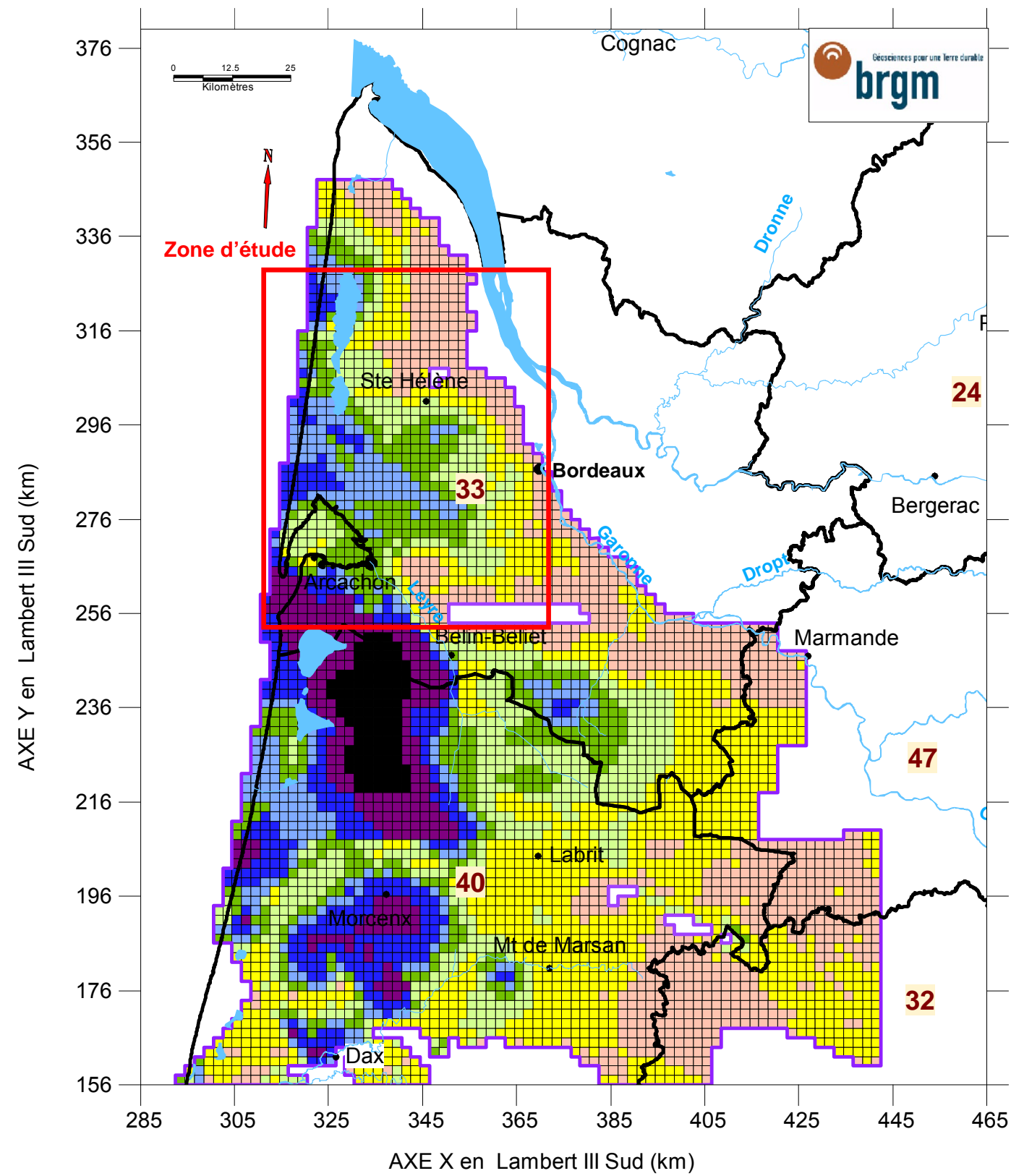
Toit de l'Oligocène avant les modifications



Toit de l'Oligocène après les réajustements (MONA V31-2000)



Epaisseur de l'Oligocène avant les modifications



Epaisseur de l'Oligocène après les réajustements (MONA V31-2000)

Annexe 4

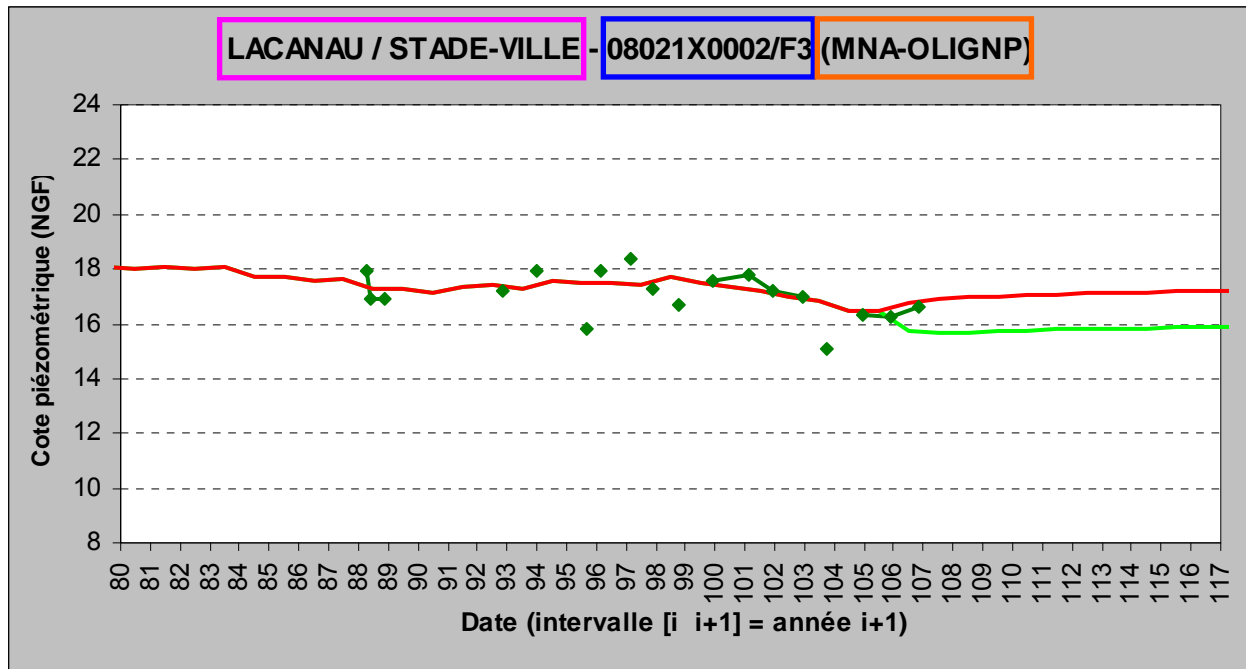
Chroniques piézométriques restituées par le modèle

3.1 Nappe du Miocène (Aquitaniens-Burdigaliens)

3.2 Nappe de l'Oligocène

3.3 Nappe de l'Eocène moyen

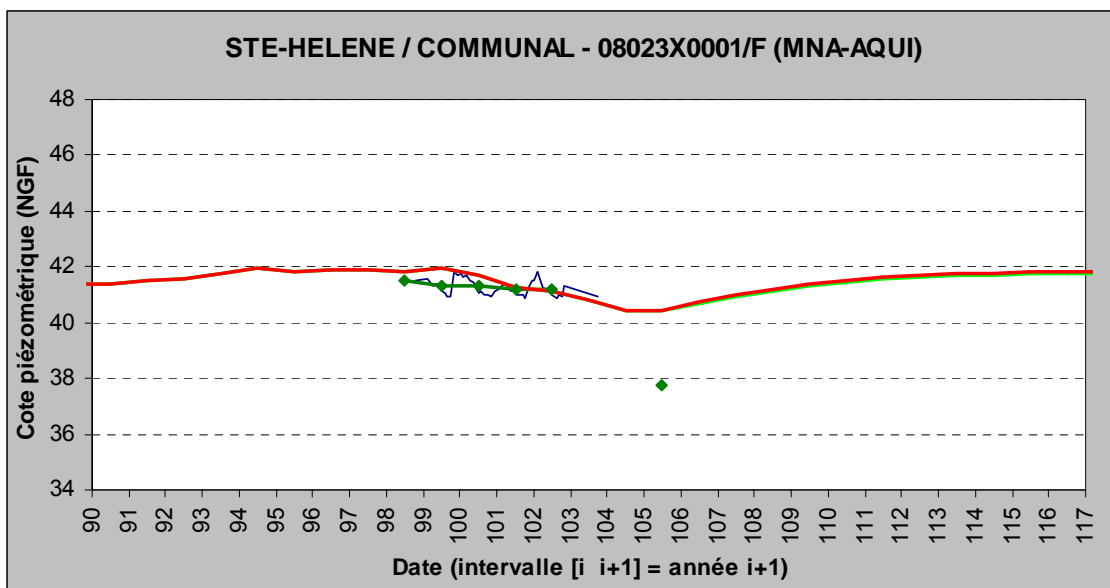
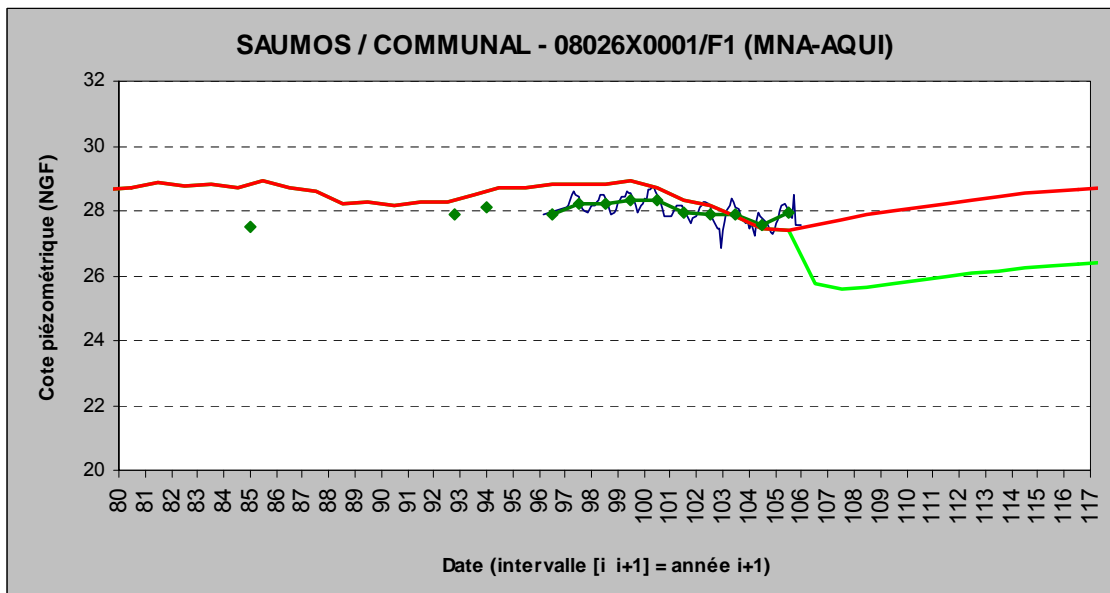
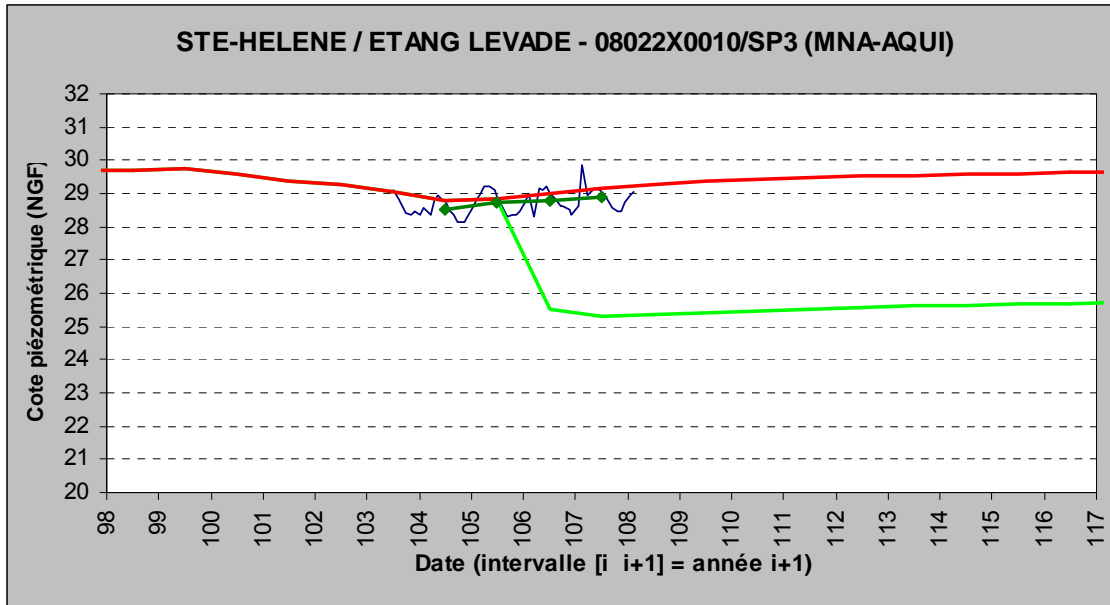
Légende :

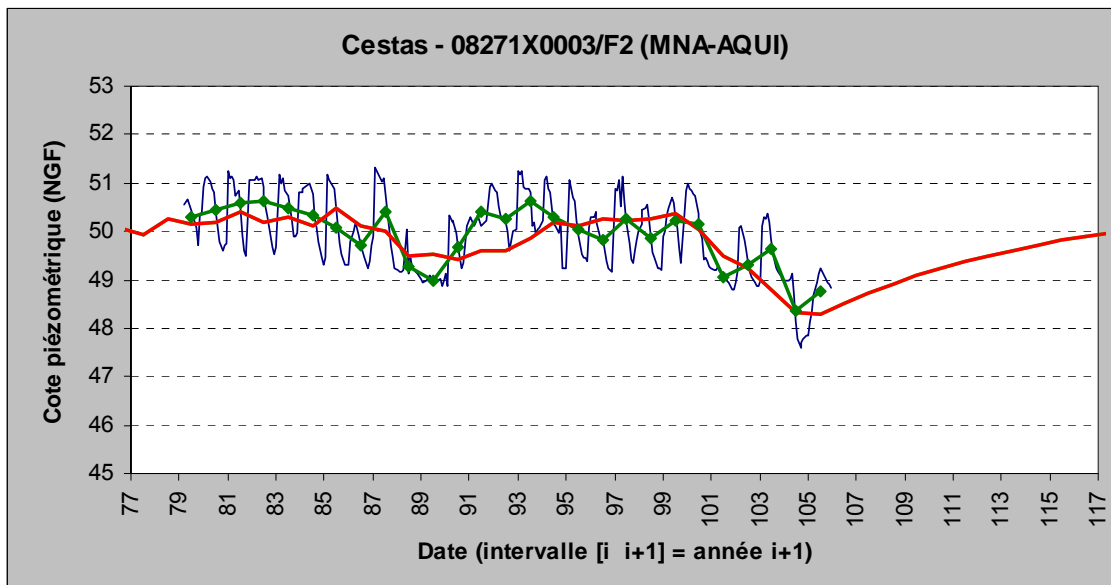


- Commune d'implantation de l'ouvrage et lieu-dit (ou nom de l'ouvrage)
- Indice national BSS de l'ouvrage
- Nappe(s) captée(s) par l'ouvrage
- Niveaux piézométriques observés
- ◆—◆ Moyennes annuelles des niveaux piézométriques observés (ou mesures ponctuelles lorsque les données ne sont pas en nombre suffisantes)
- Niveaux piézométriques annuels du scénario tendanciel simulés sur la période 1972-2017 par la version actuelle du **MOdèle Nord-Aquitain (MONA V3.1-2007p)**
- Niveaux piézométriques annuels du scénario d'exploitation simulés sur la période 1972-2017 par la version actuelle du **MOdèle Nord-Aquitain (MONA V3.1-2007p)**

Nappe du Miocène

MNA-AQUI

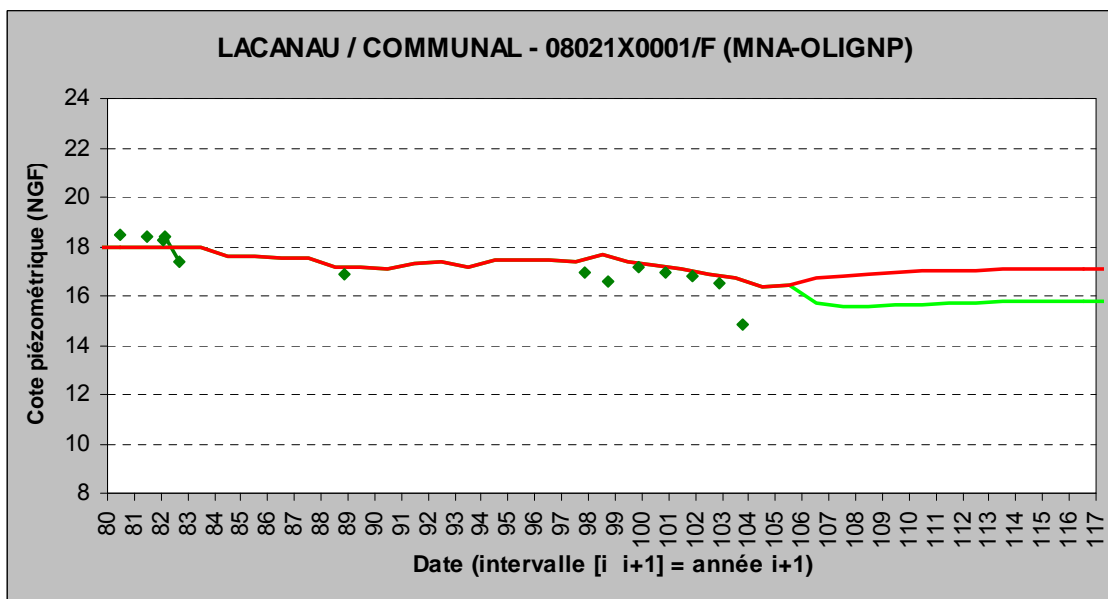
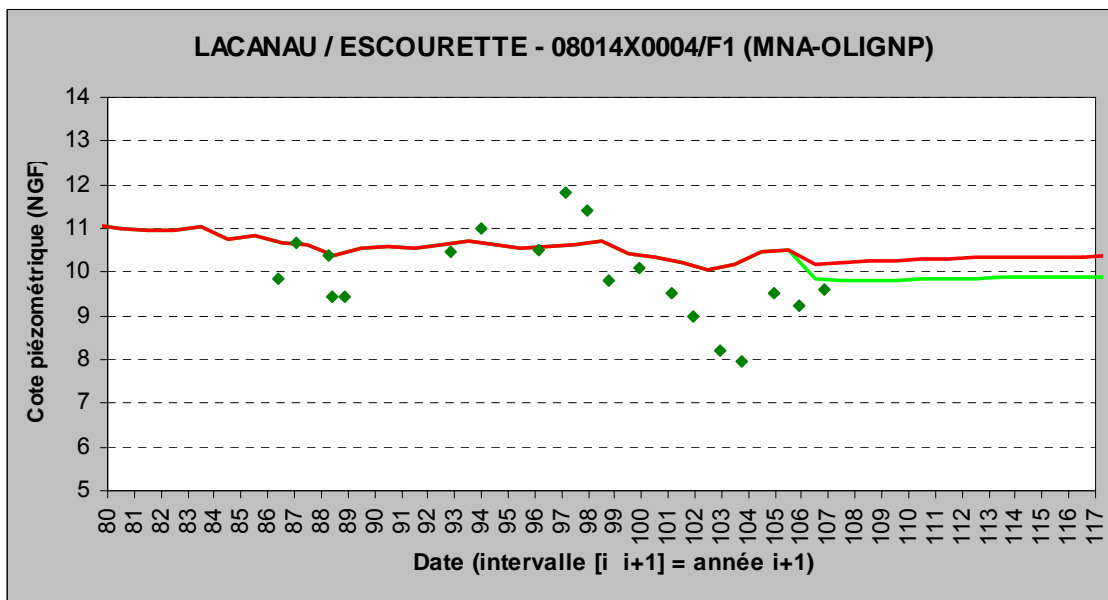
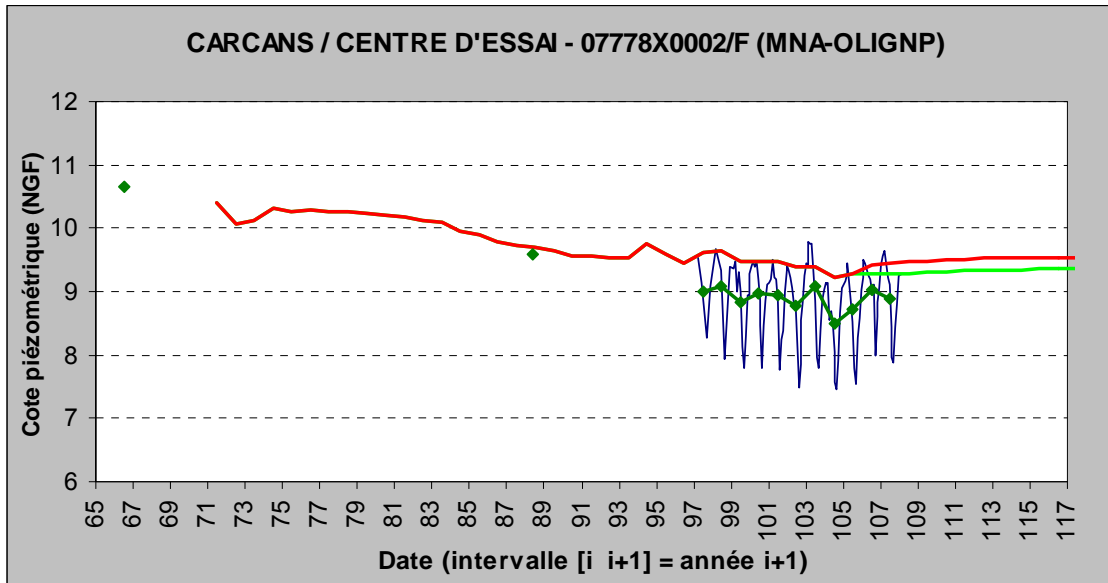


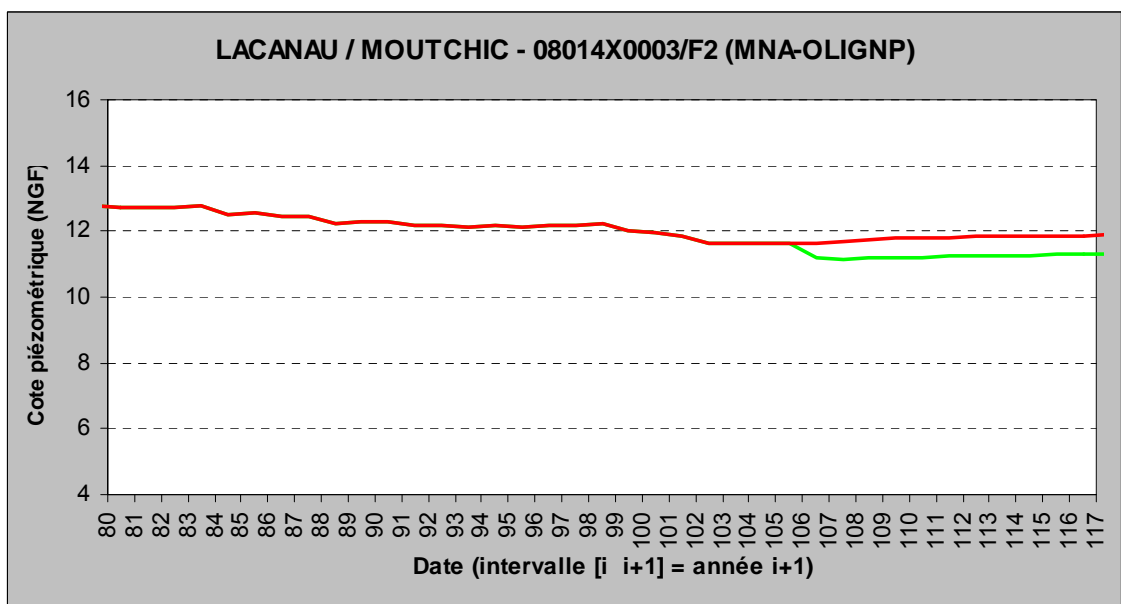
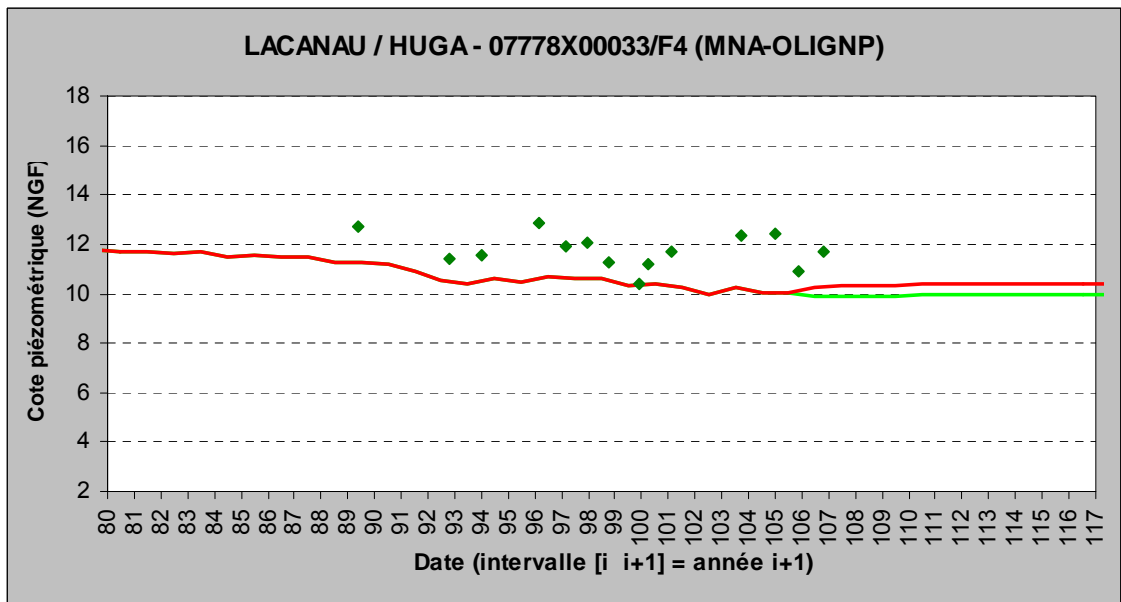
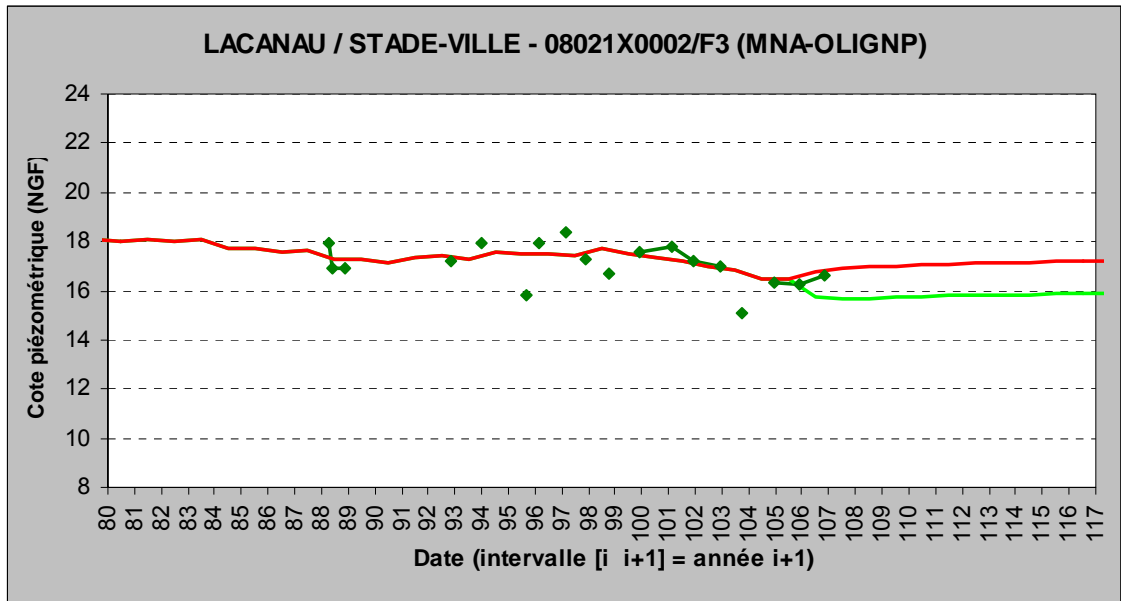


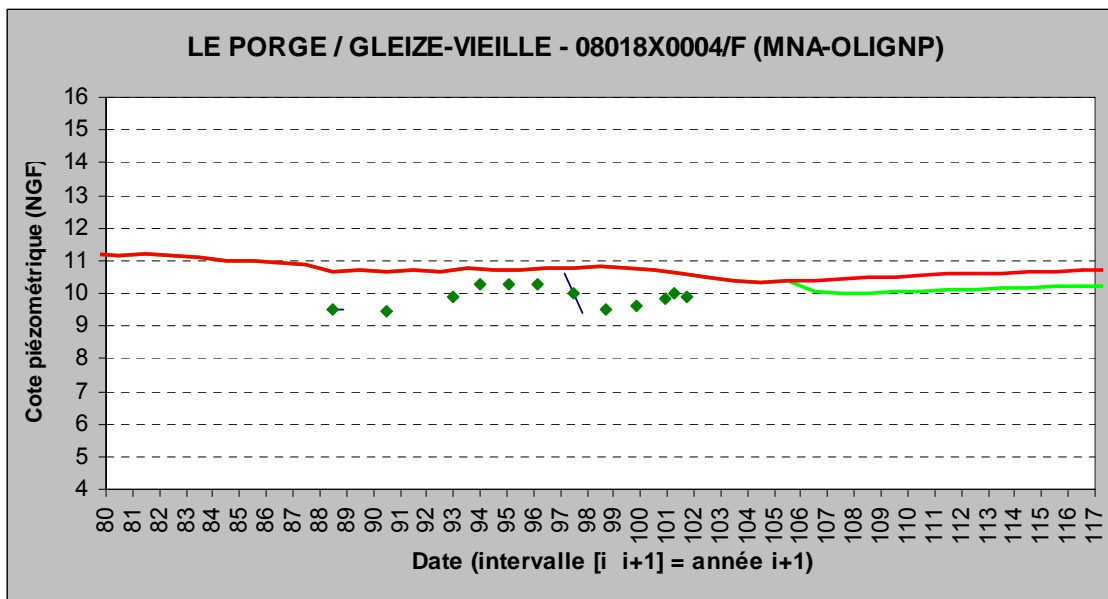
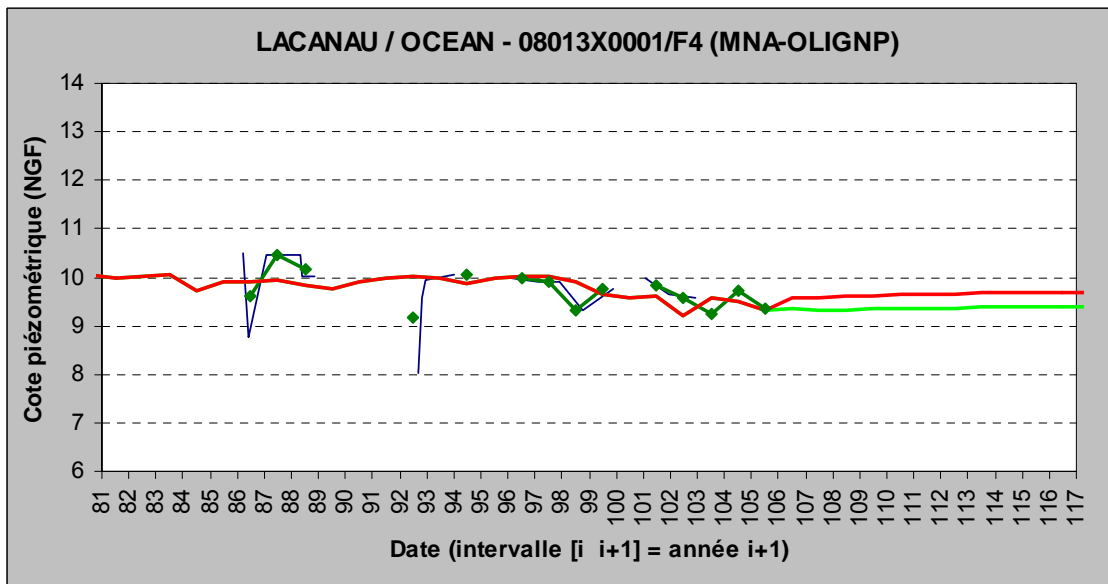
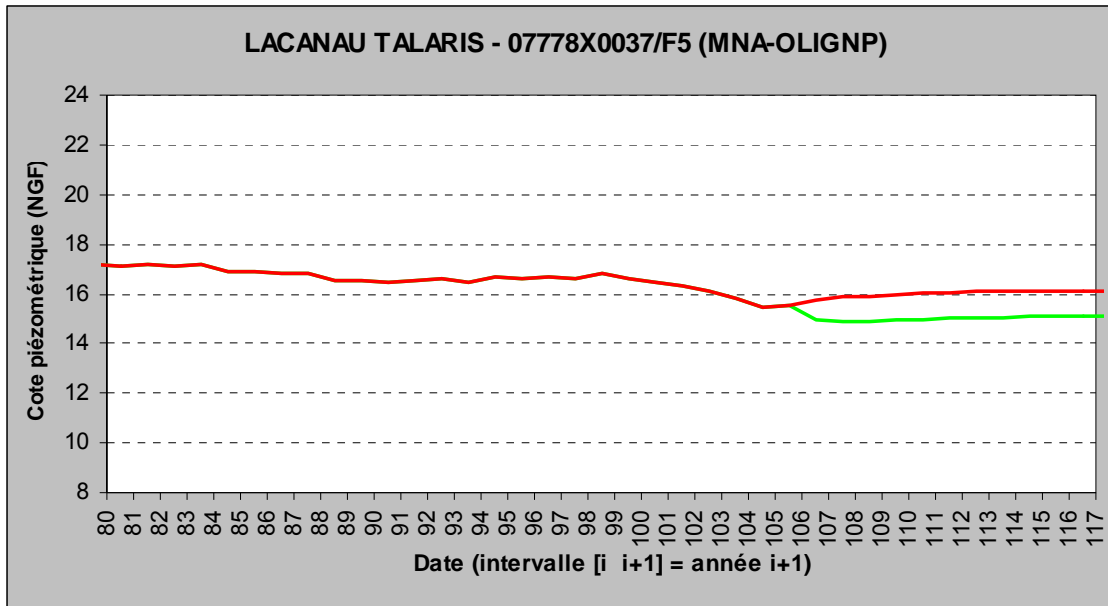
Nappe de l'Oligocène

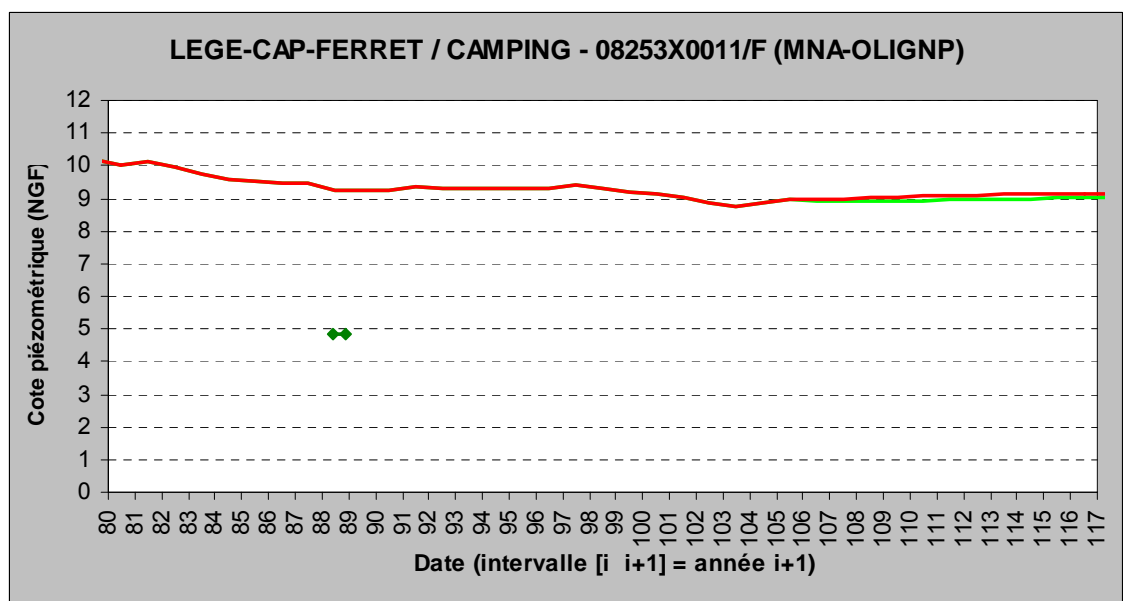
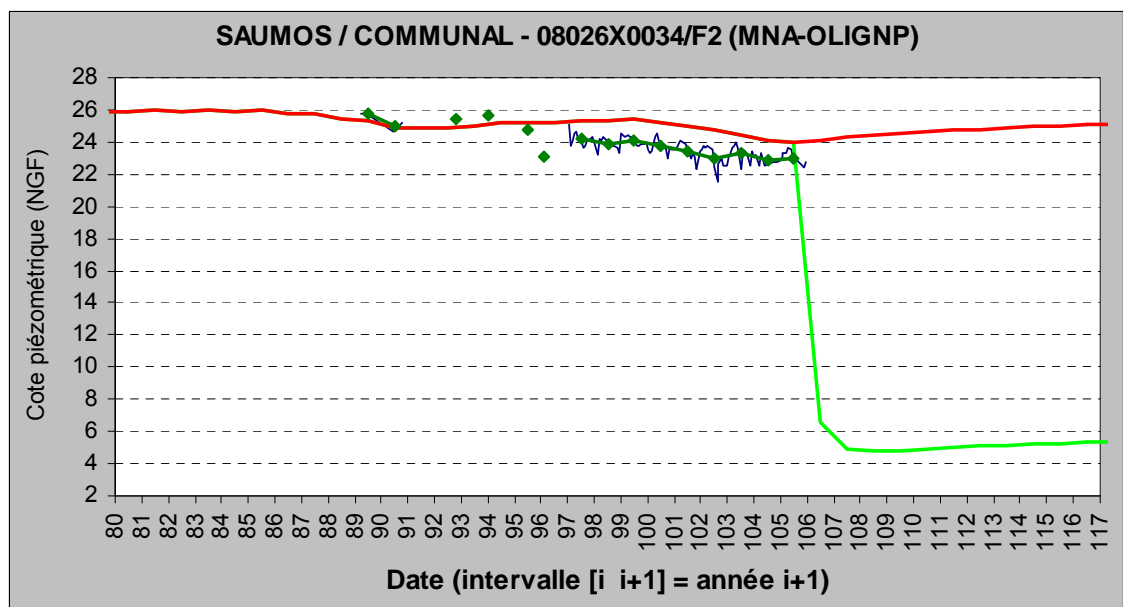
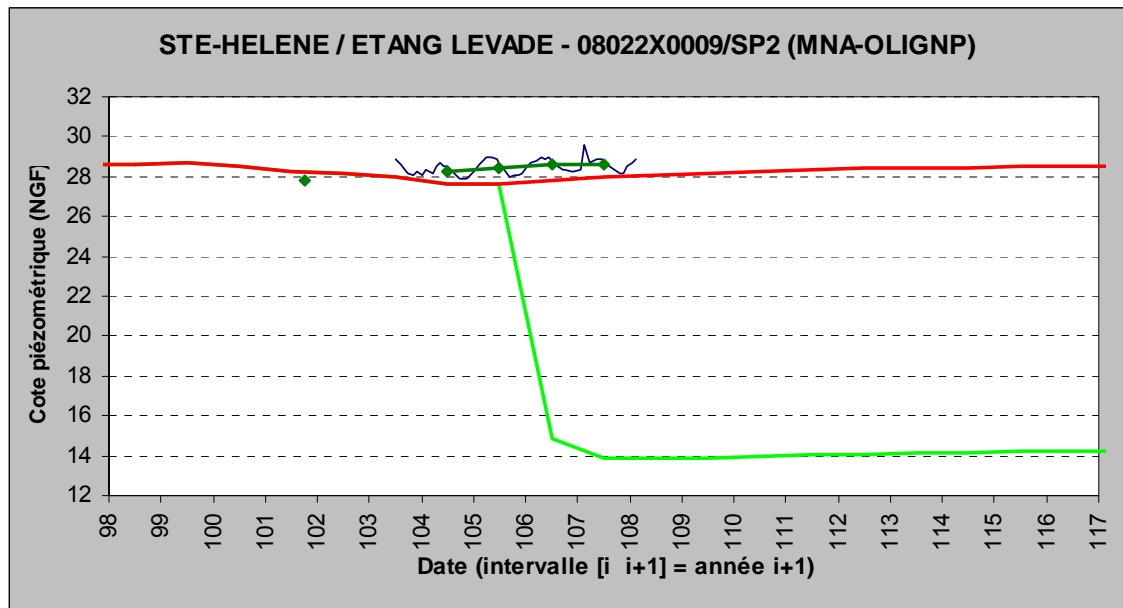
MNA-OLIGNP

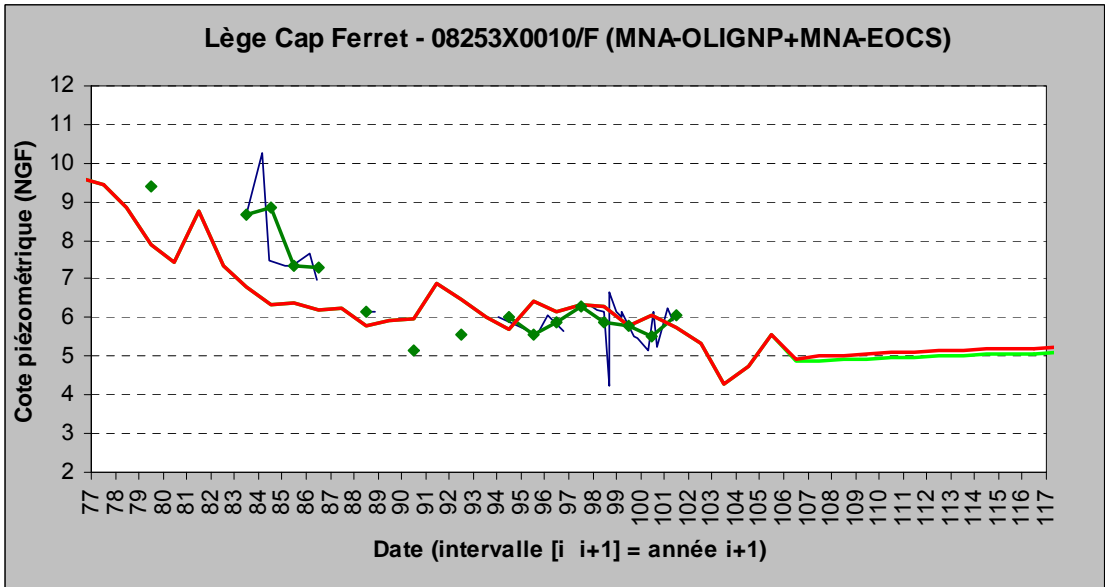
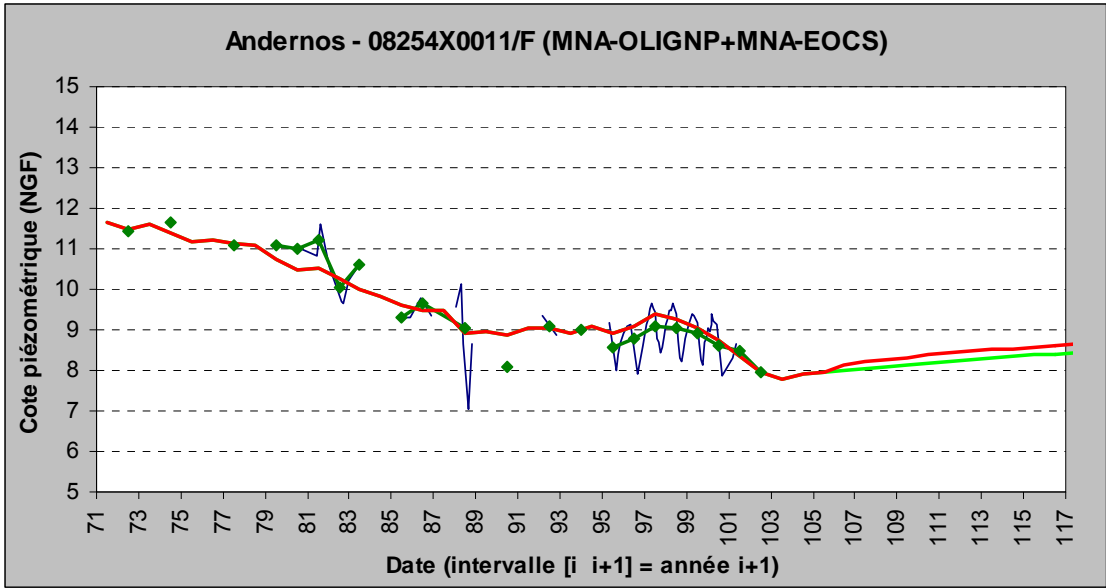
EST DU CHAMP CAPTANT



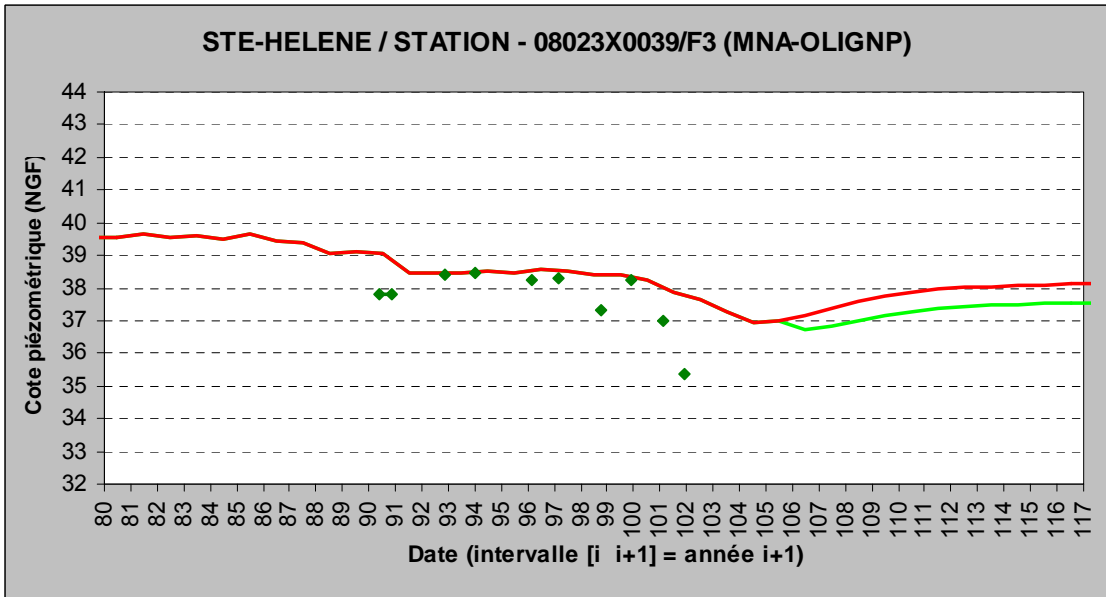


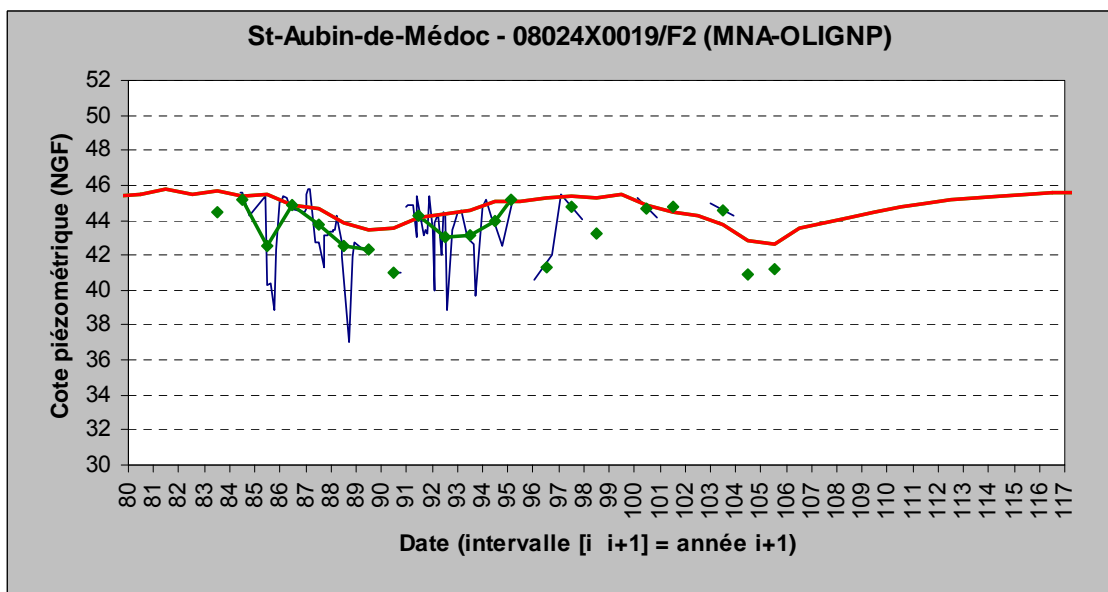
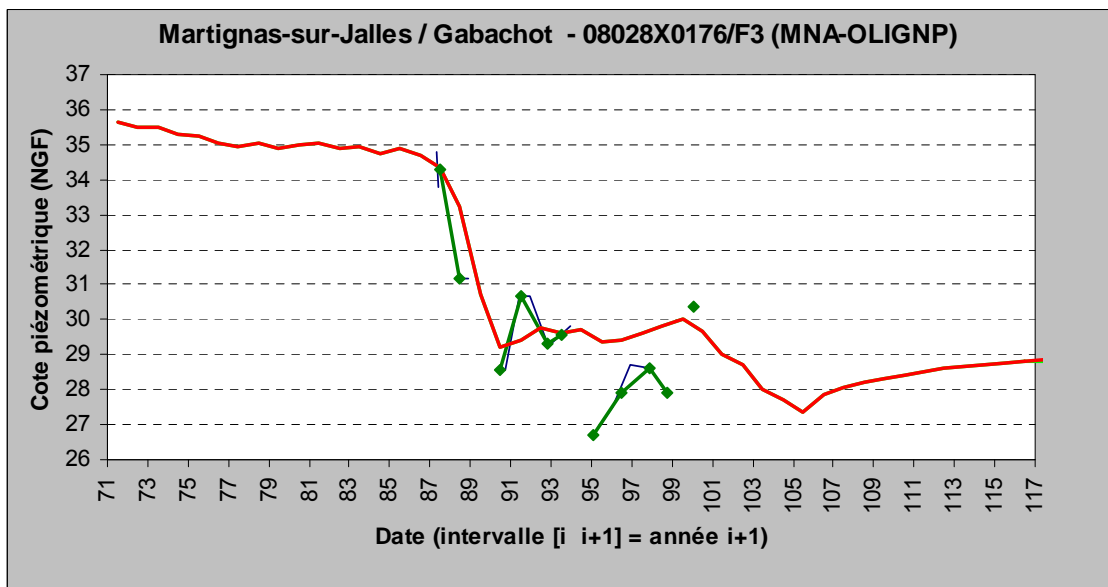
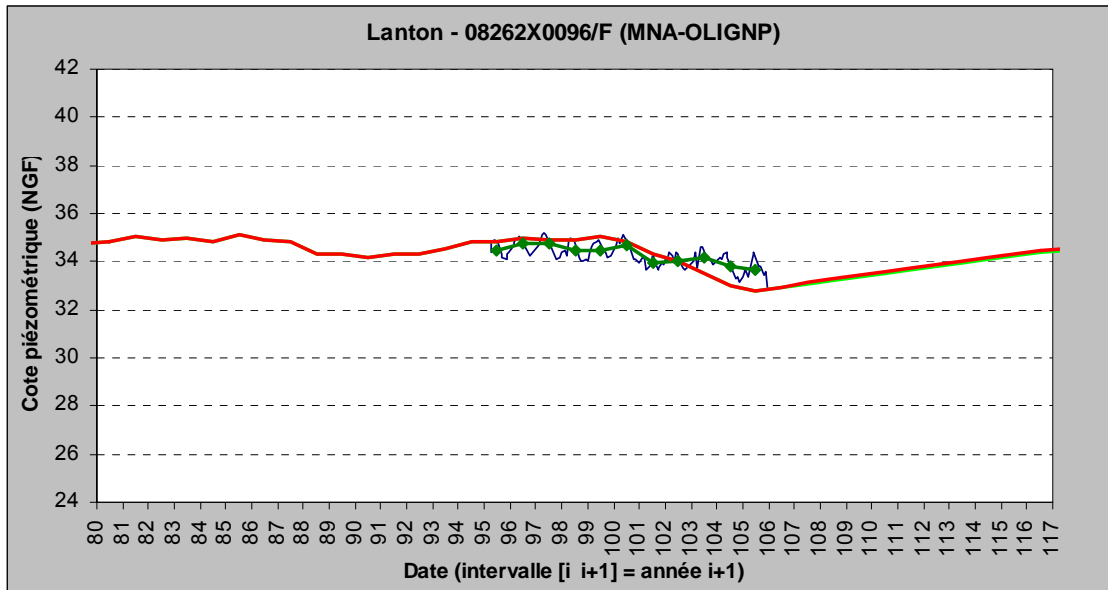




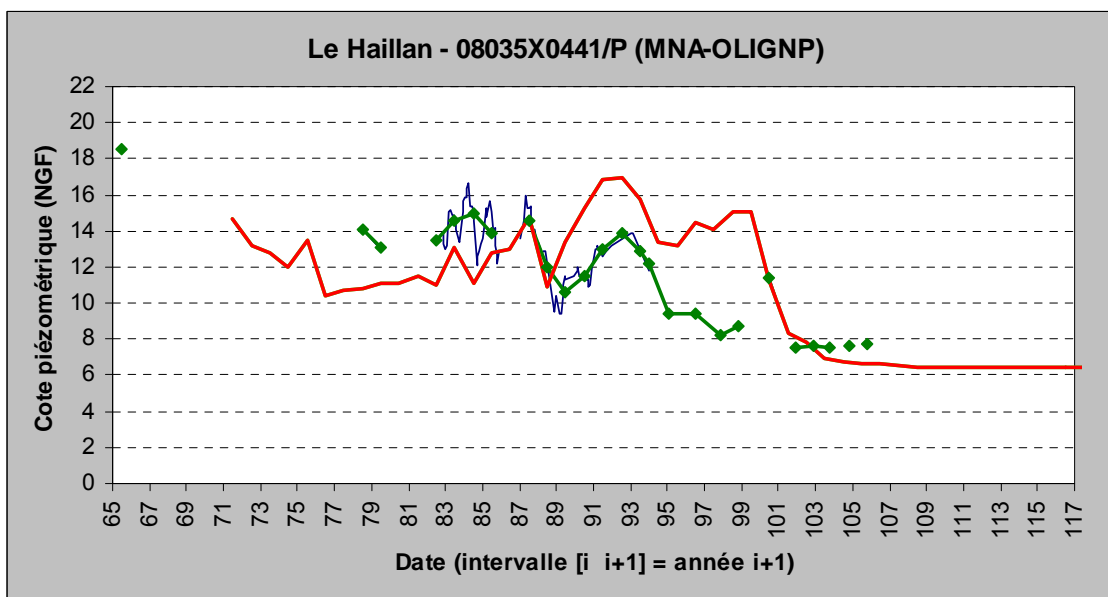
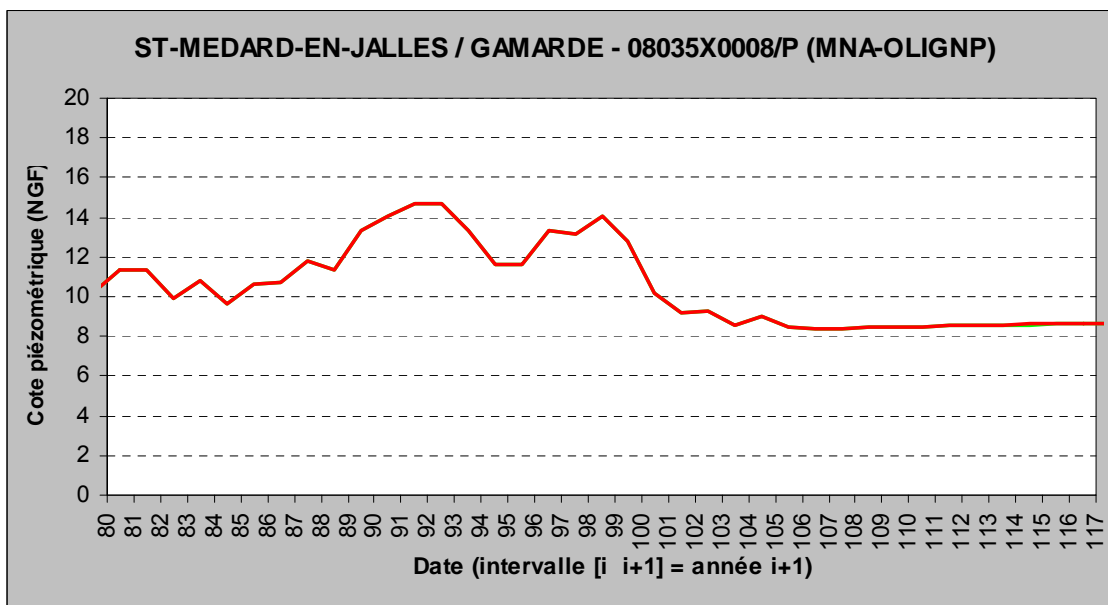
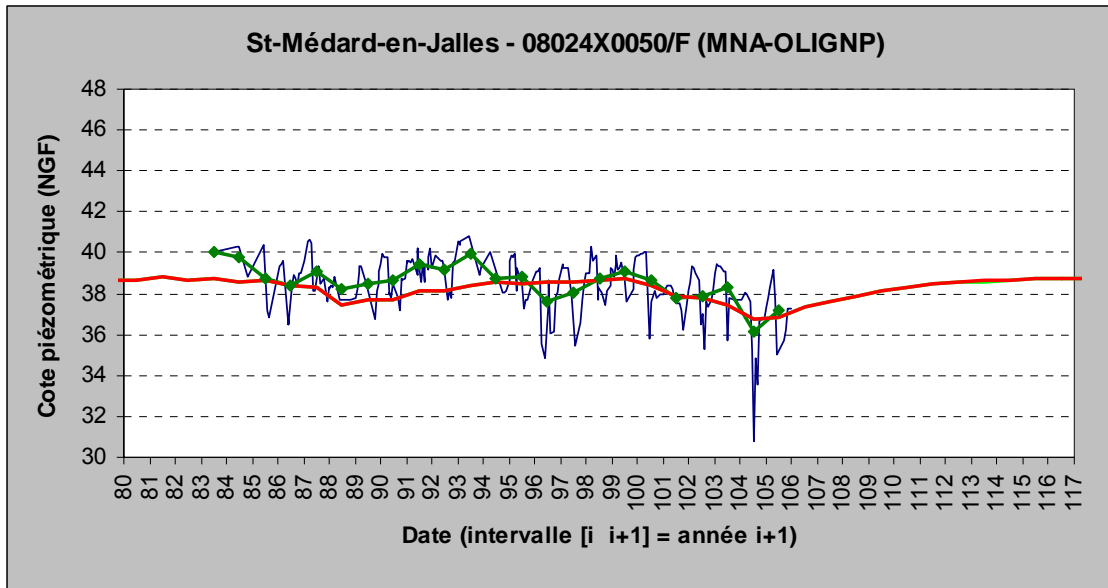


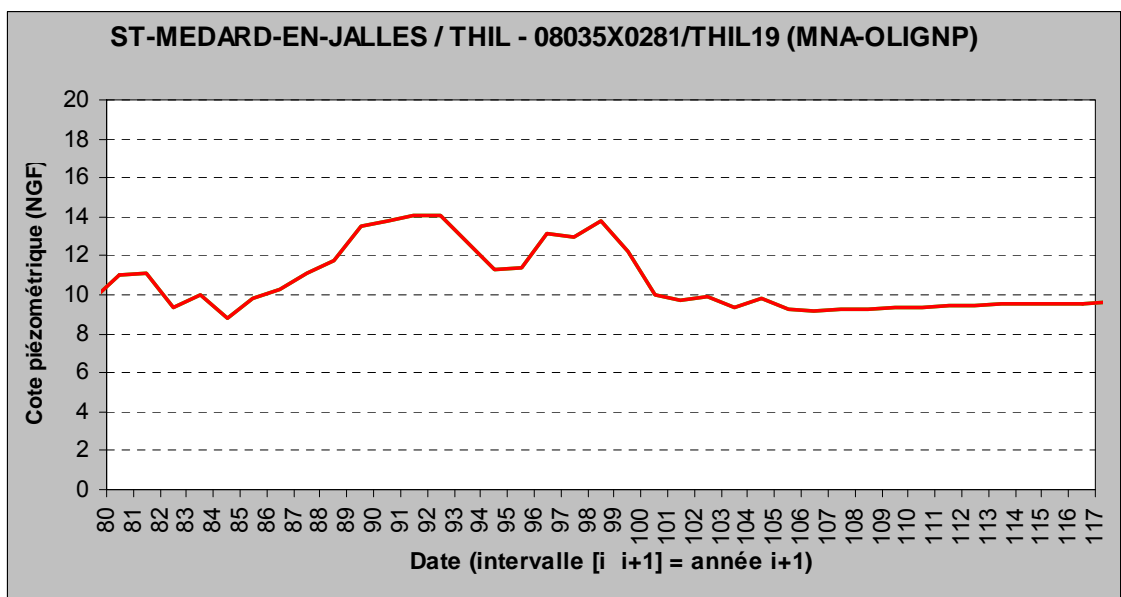
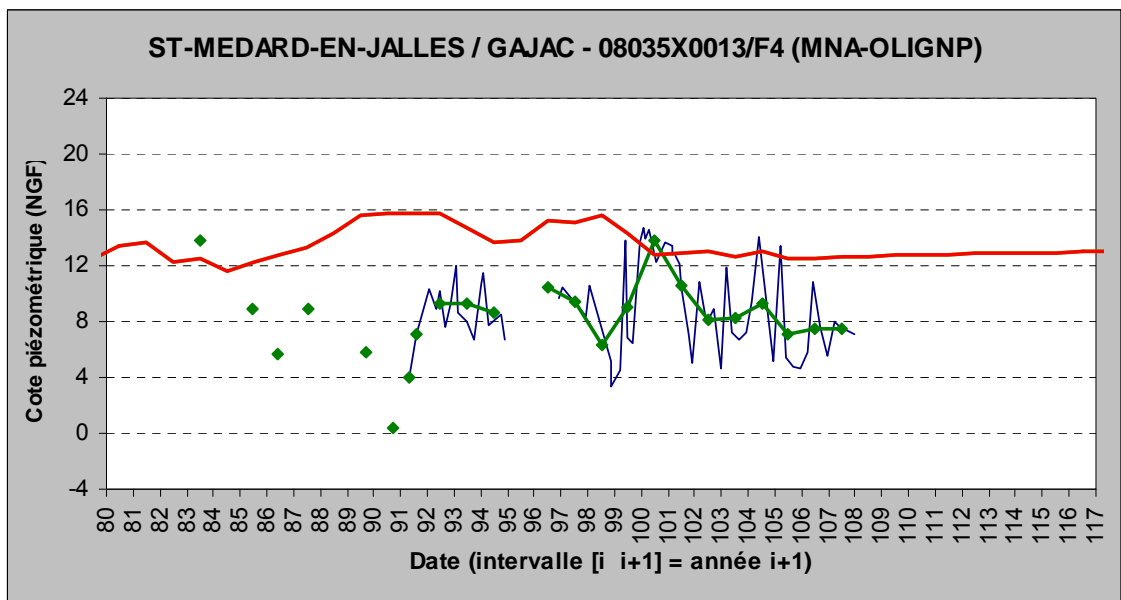
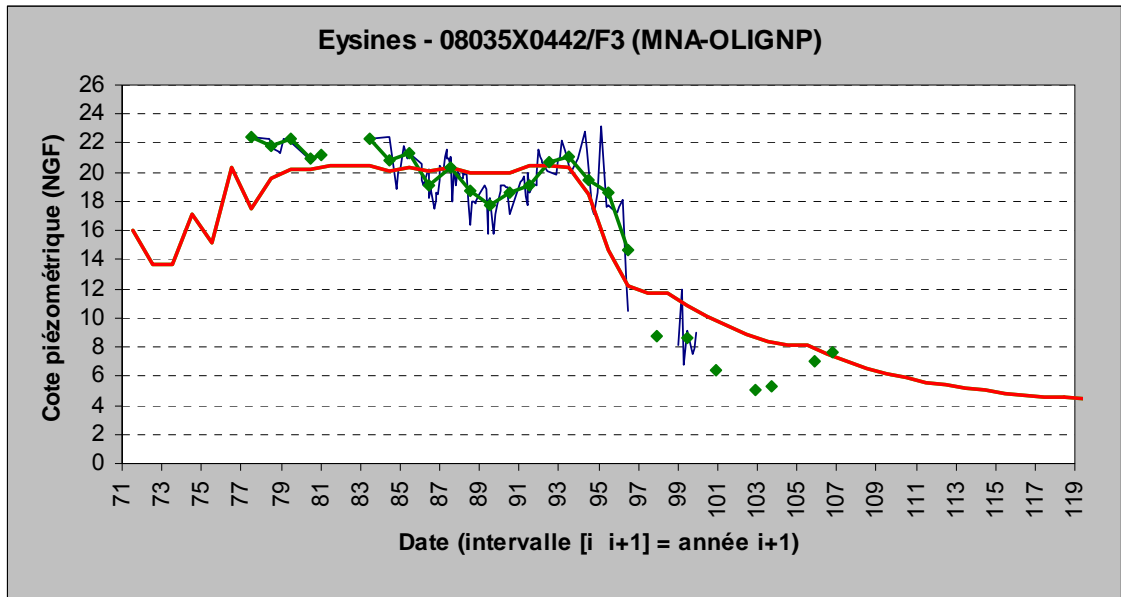
OUEST DU CHAMP CAPTANT

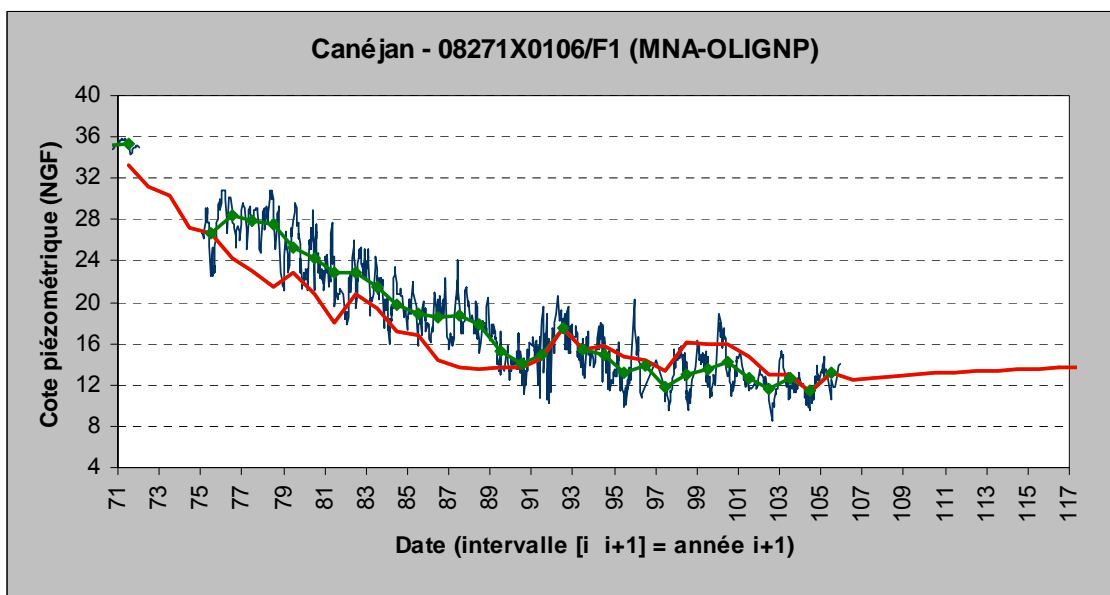
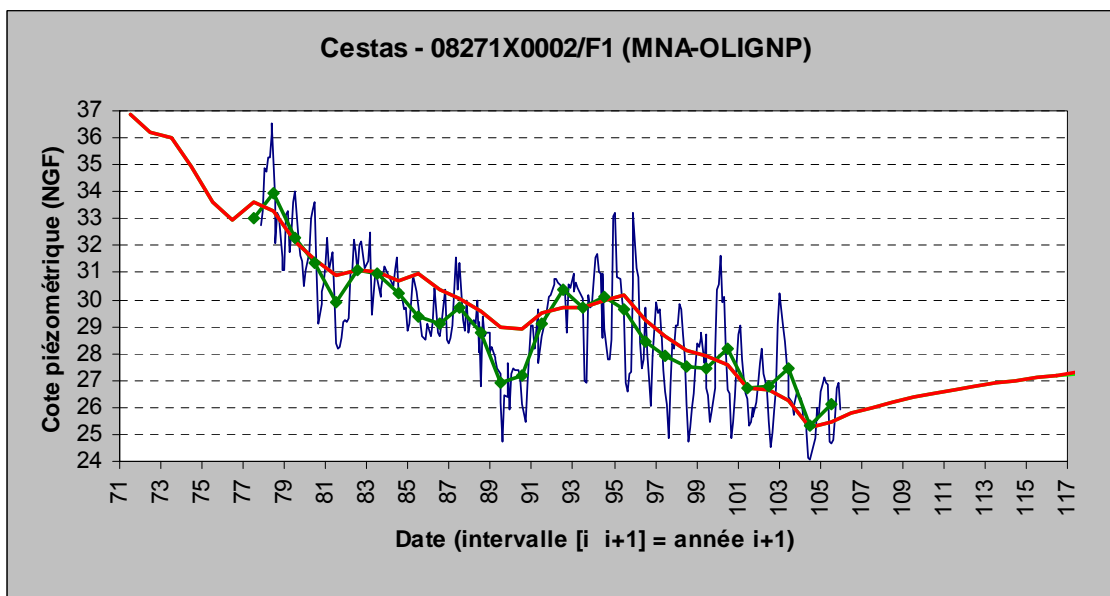
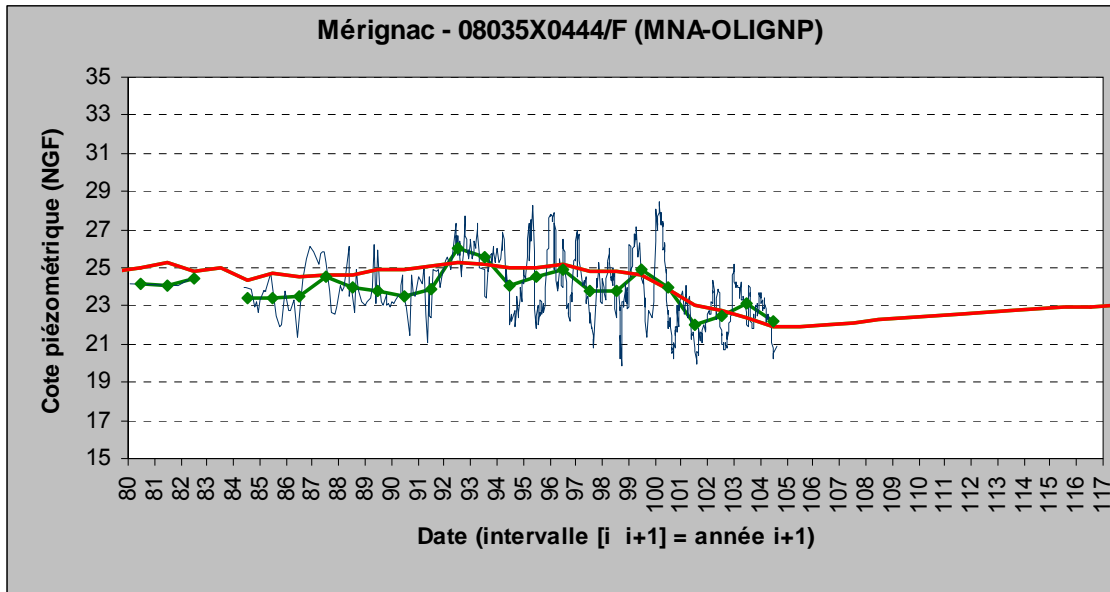




Simulation d'impact d'un champ captant dans l'aquifère oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène (33) à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA)

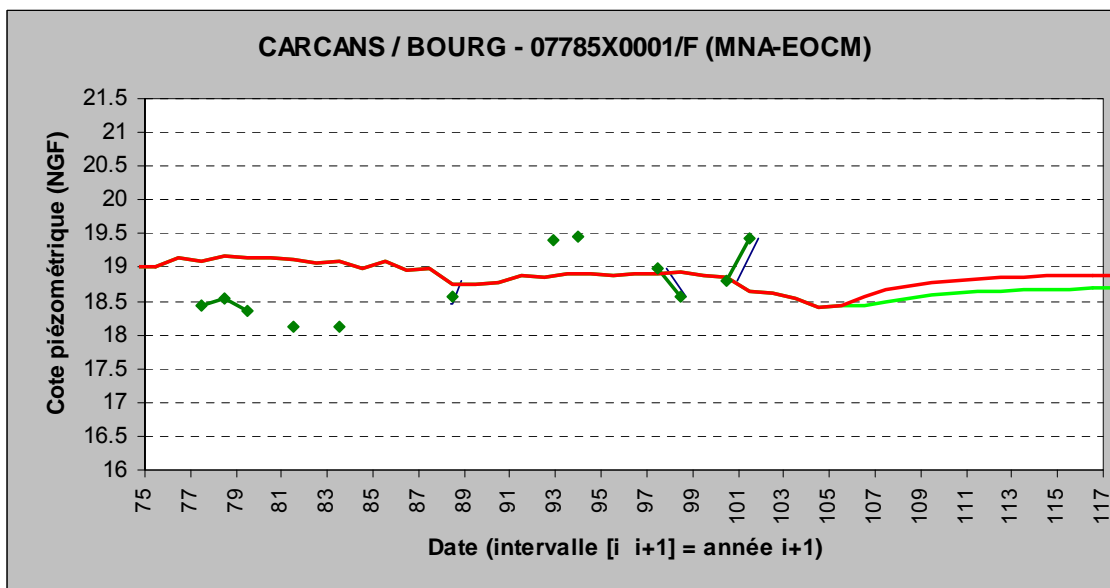
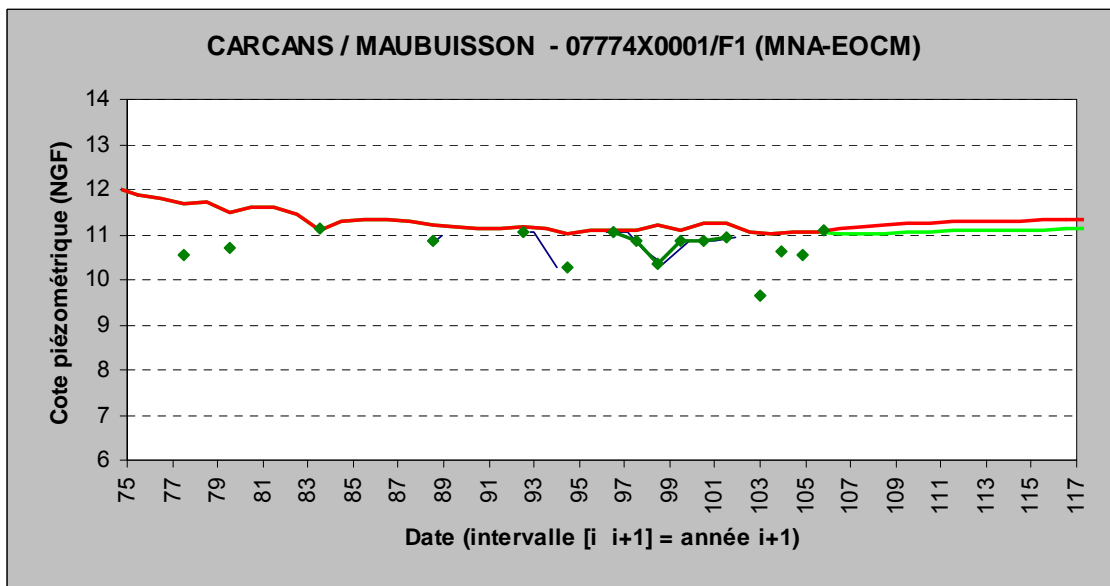
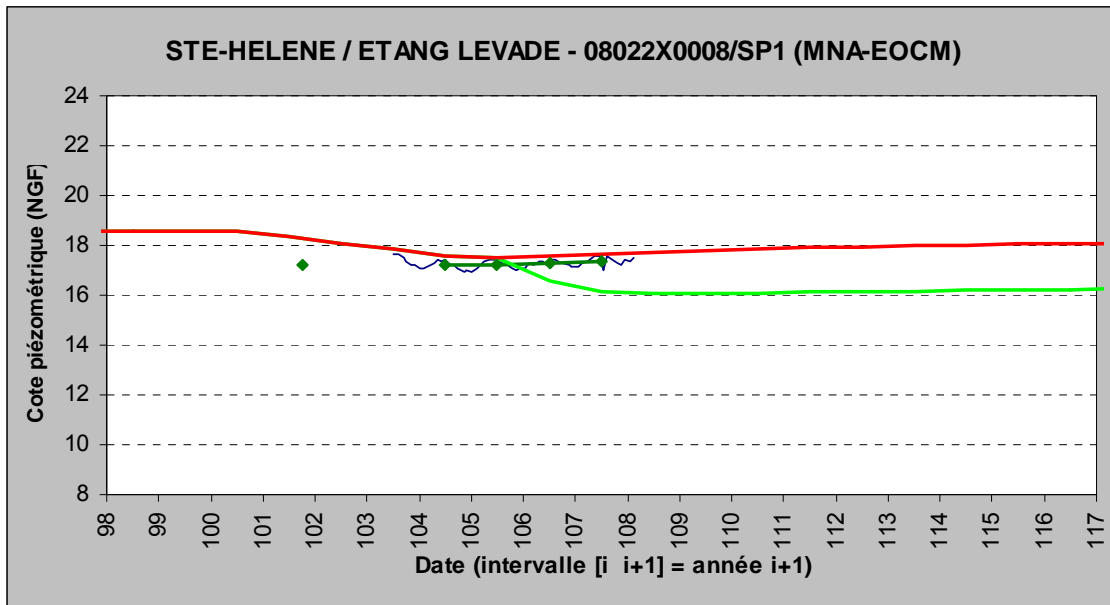


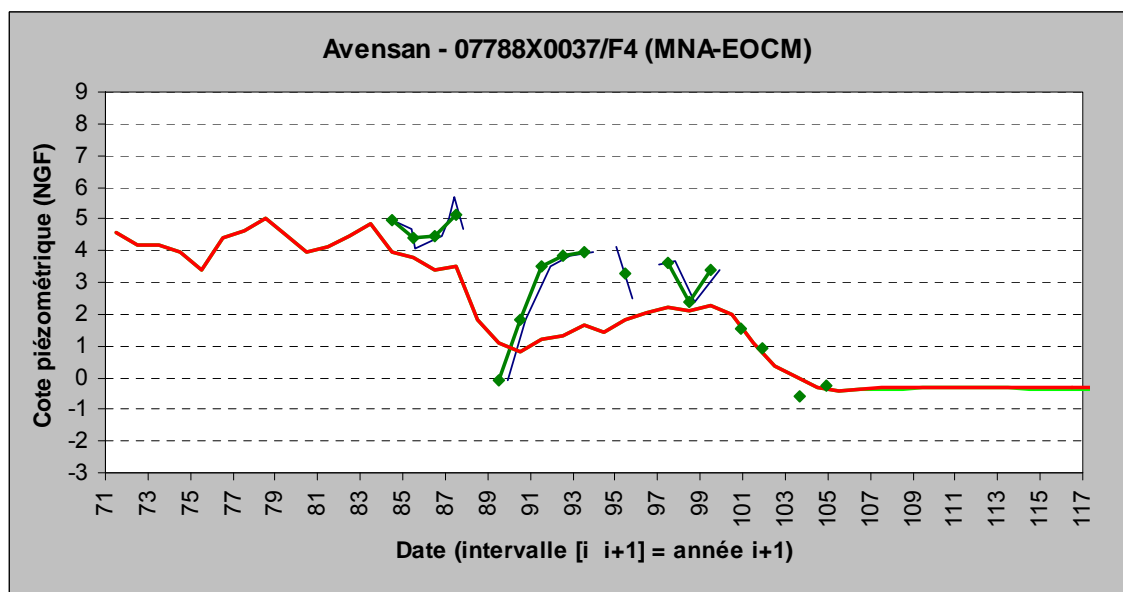
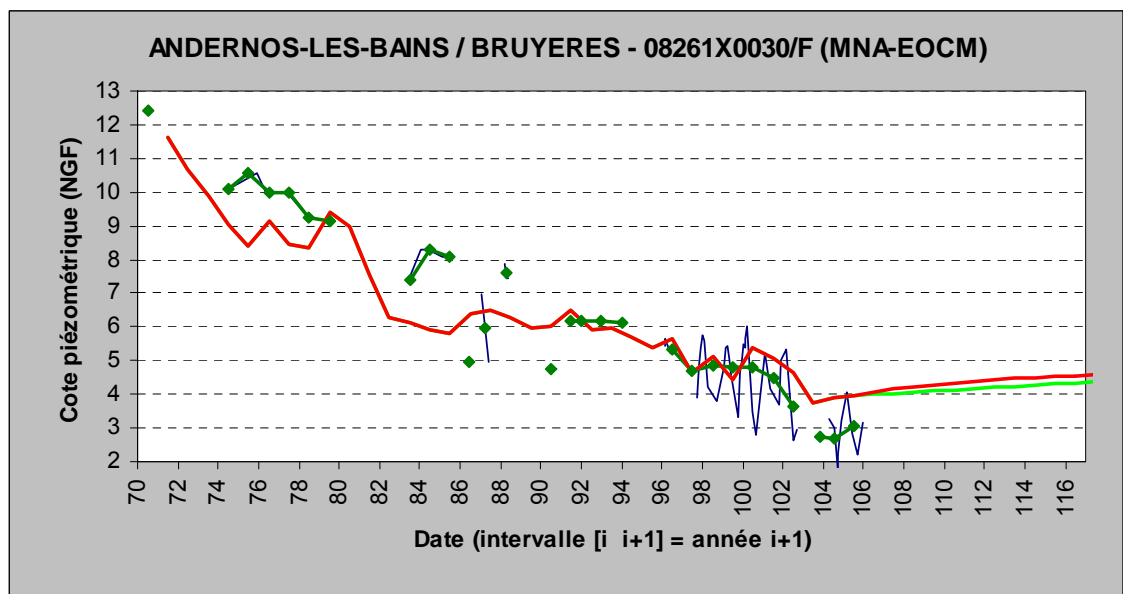
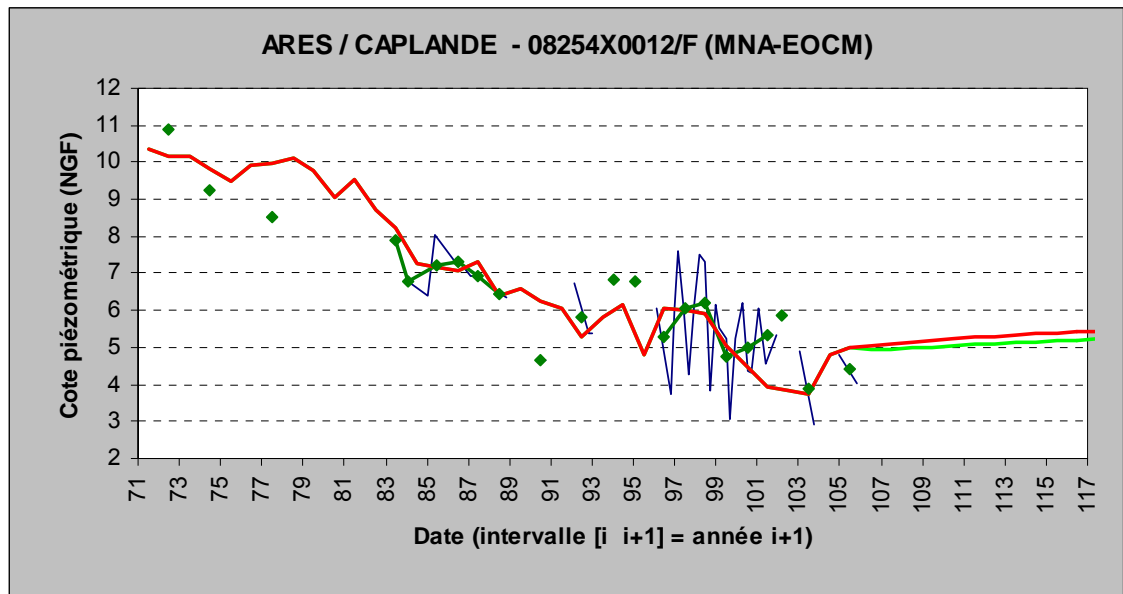


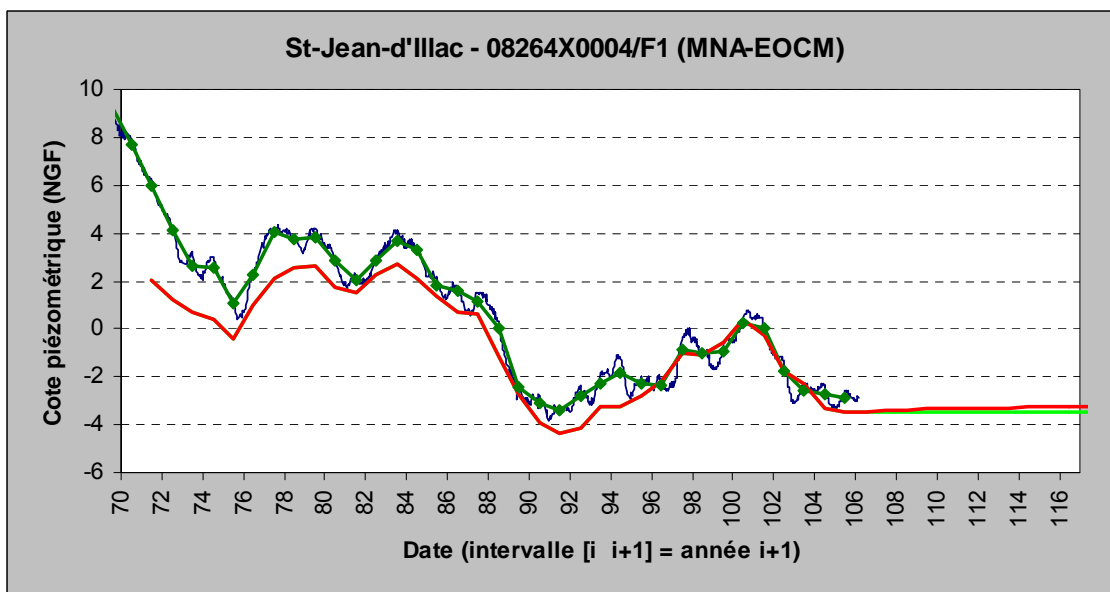
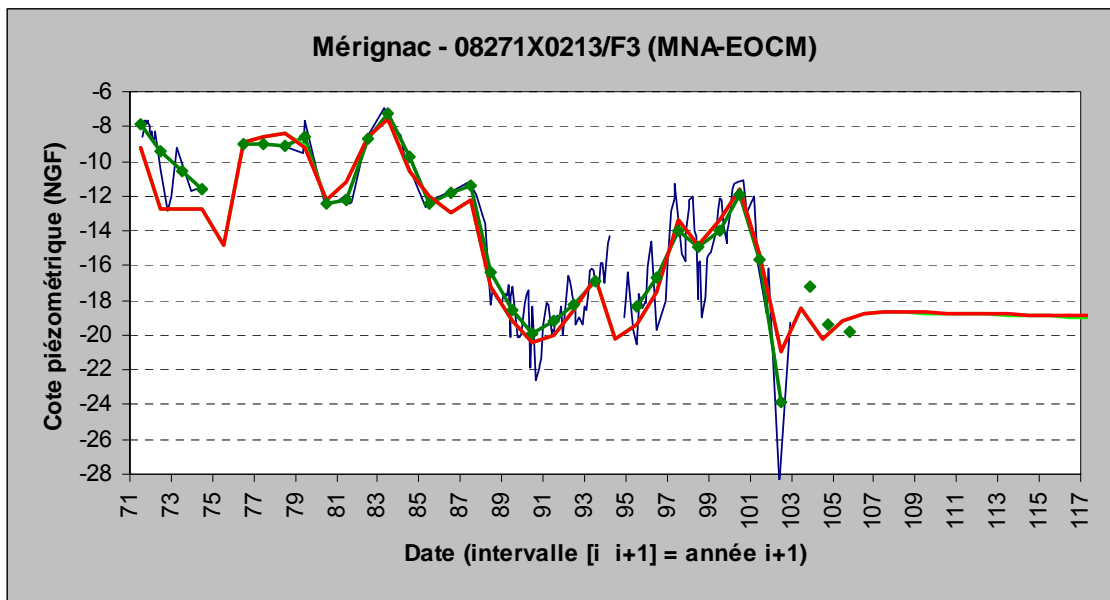
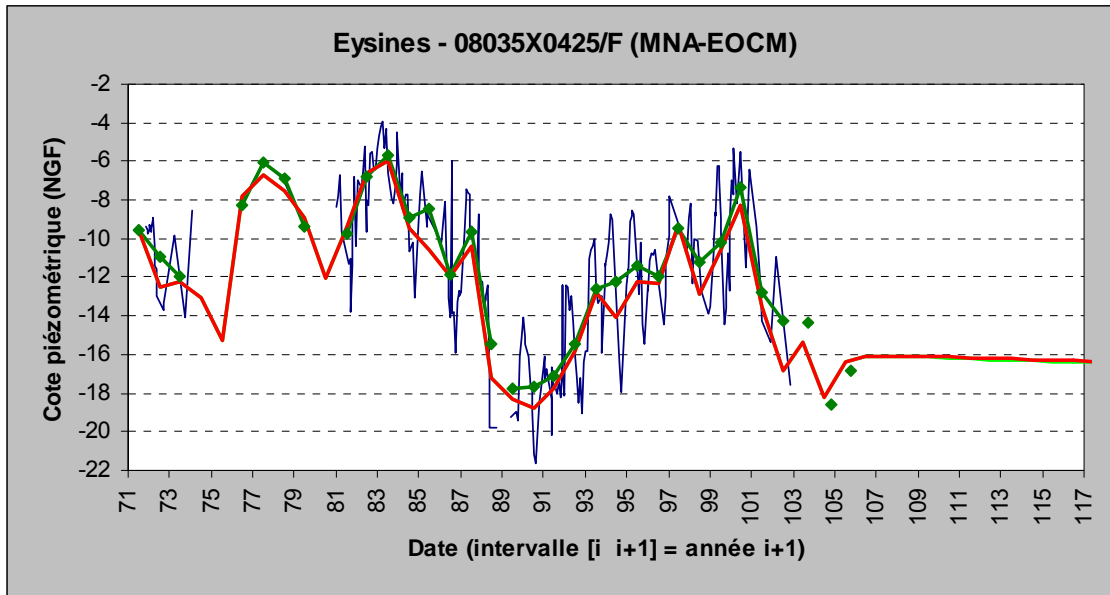


Nappe de l'Eocène Moyen

MNA-EOCM

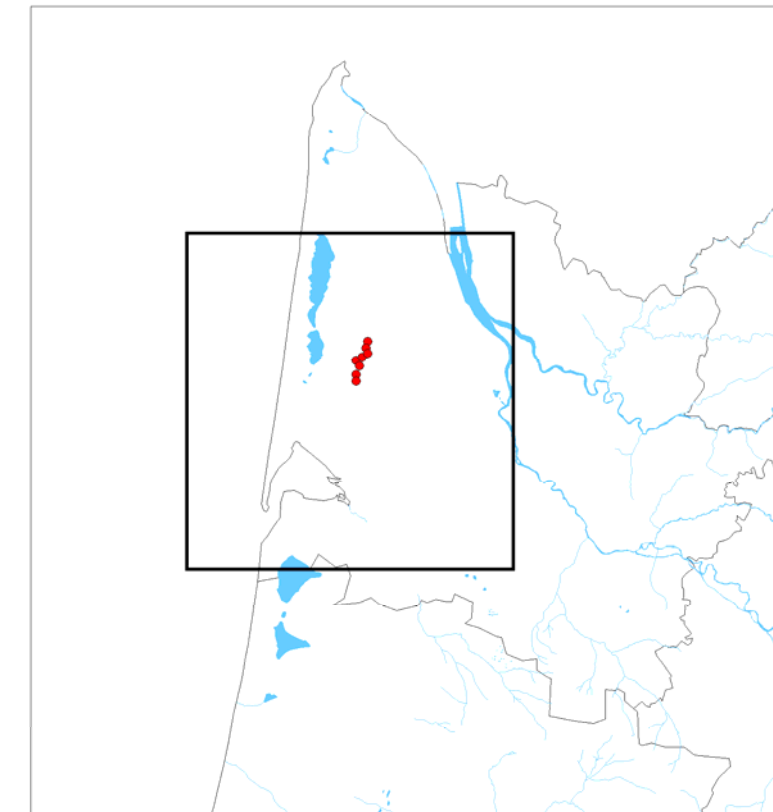
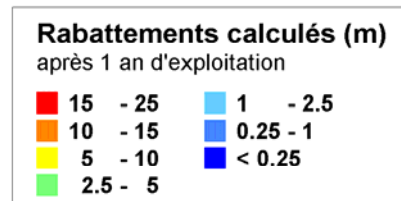
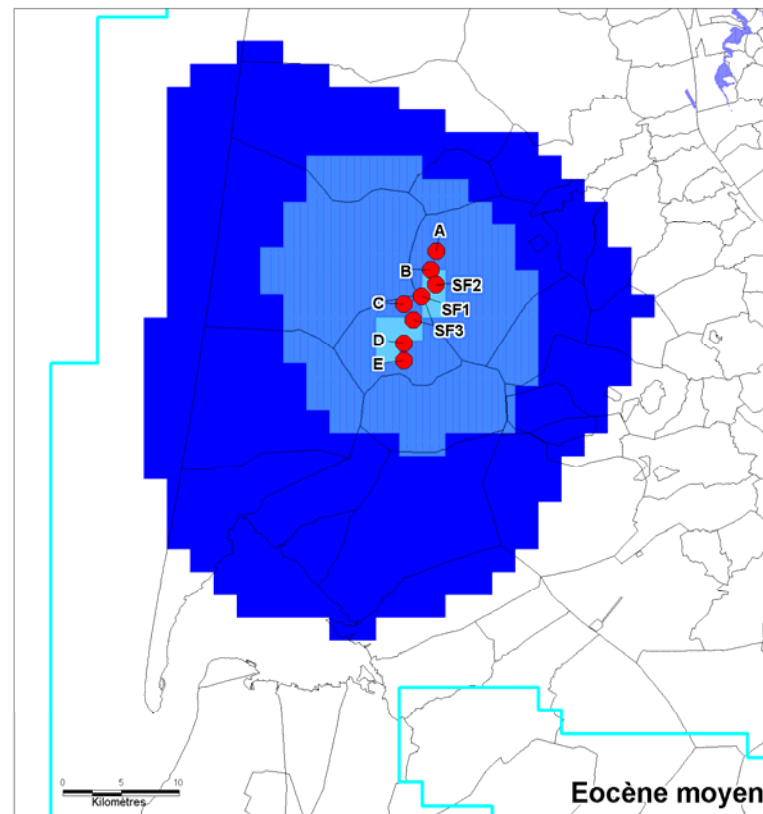
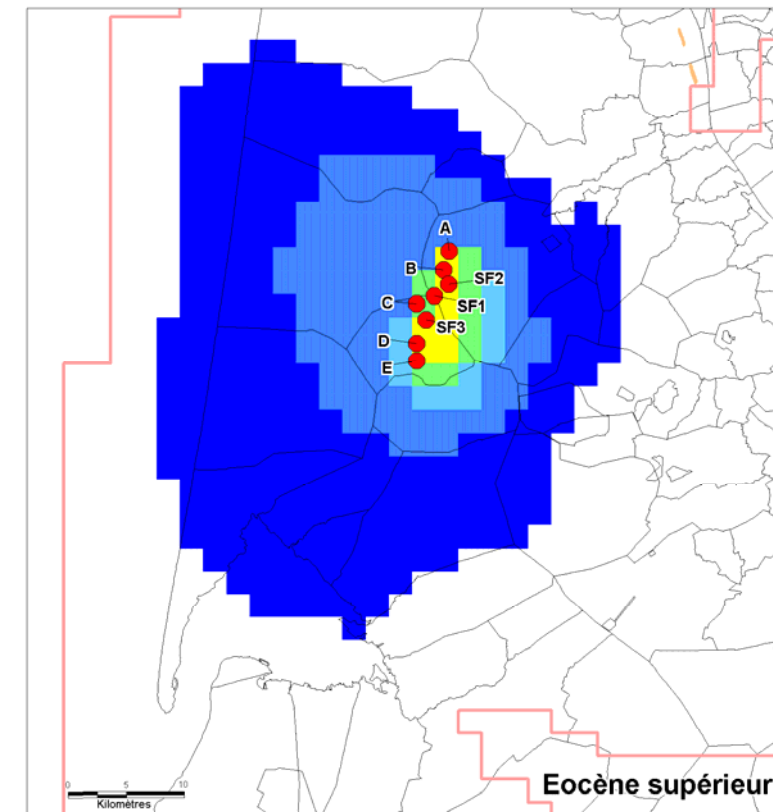
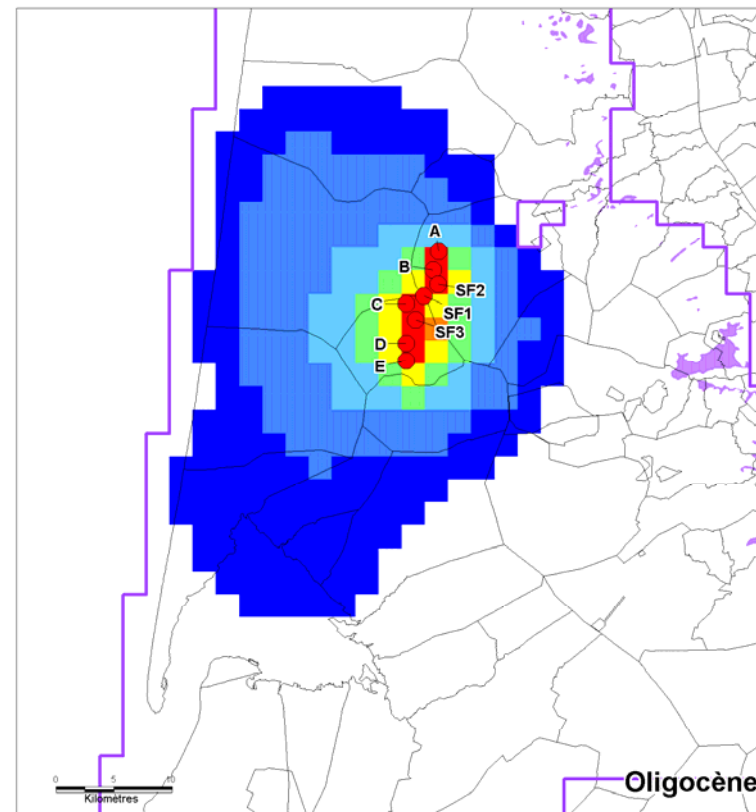
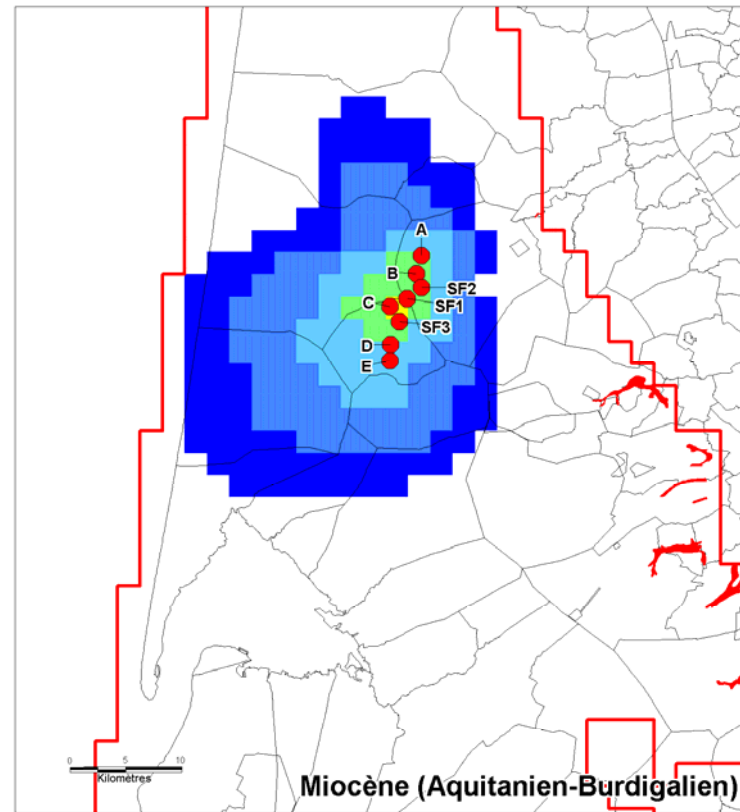






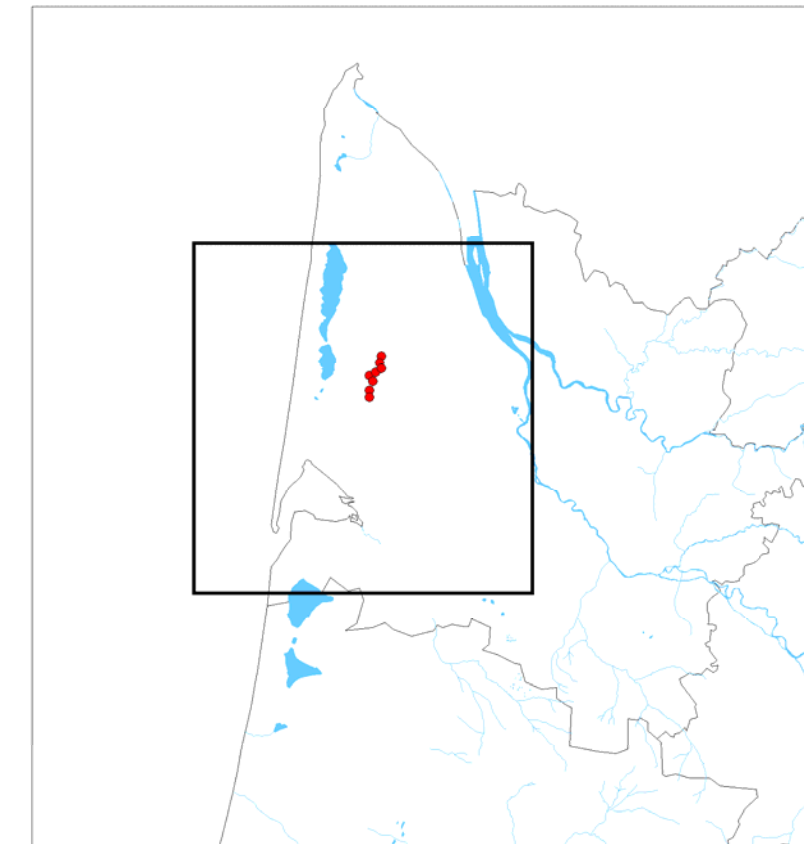
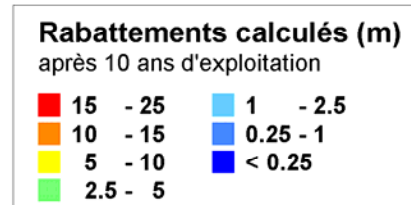
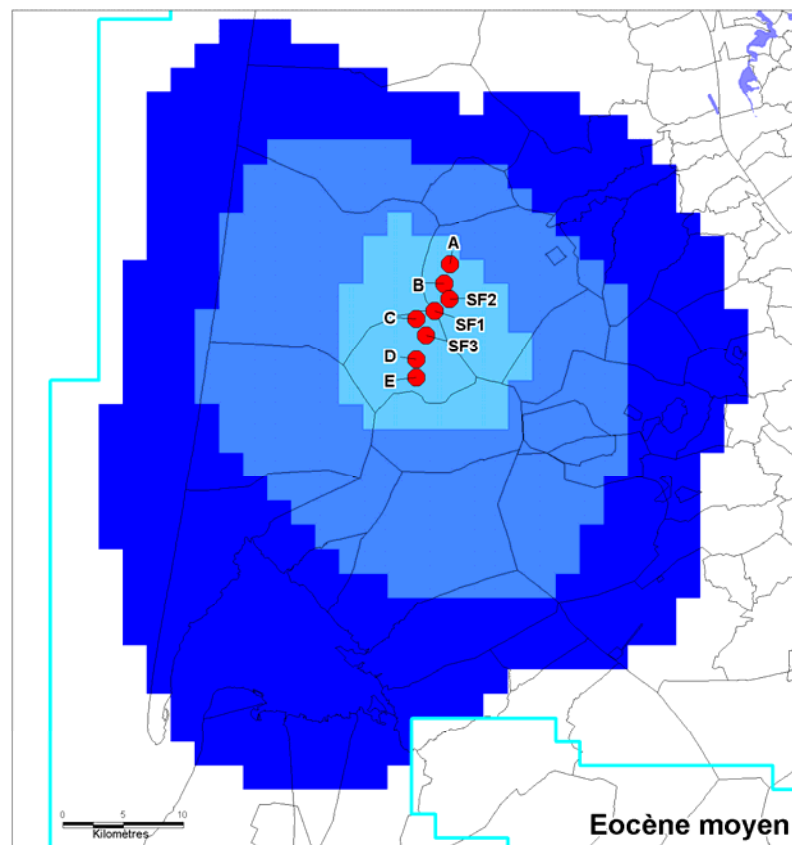
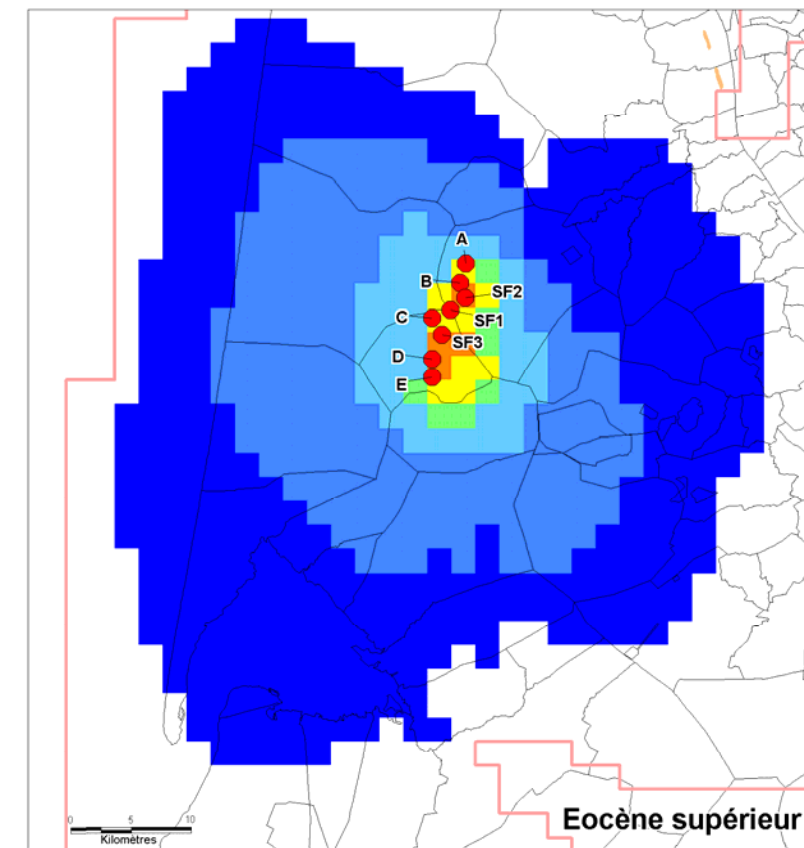
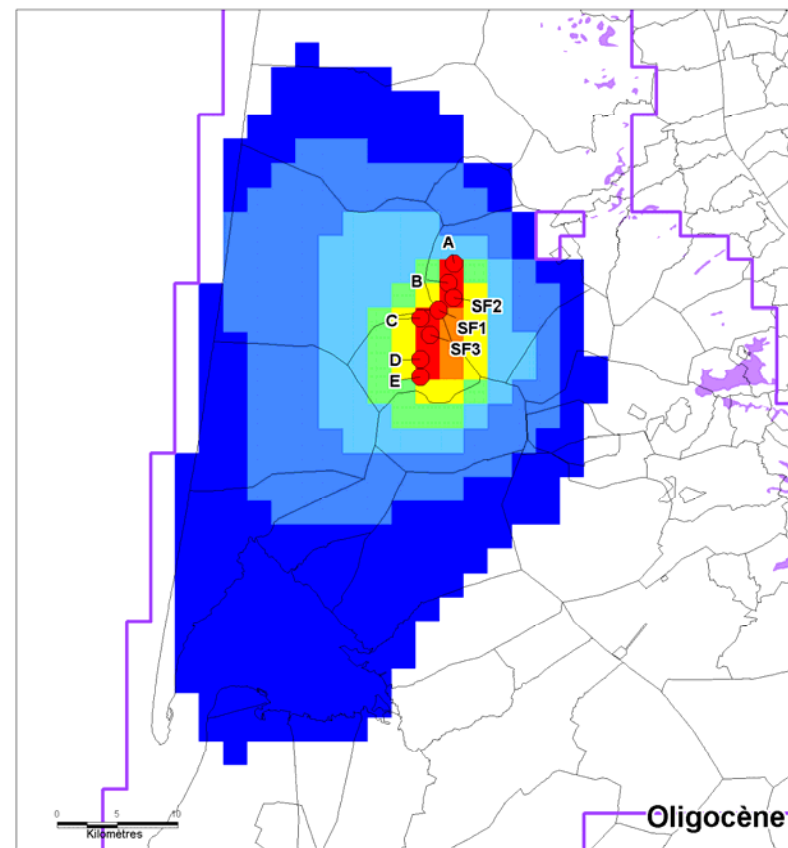
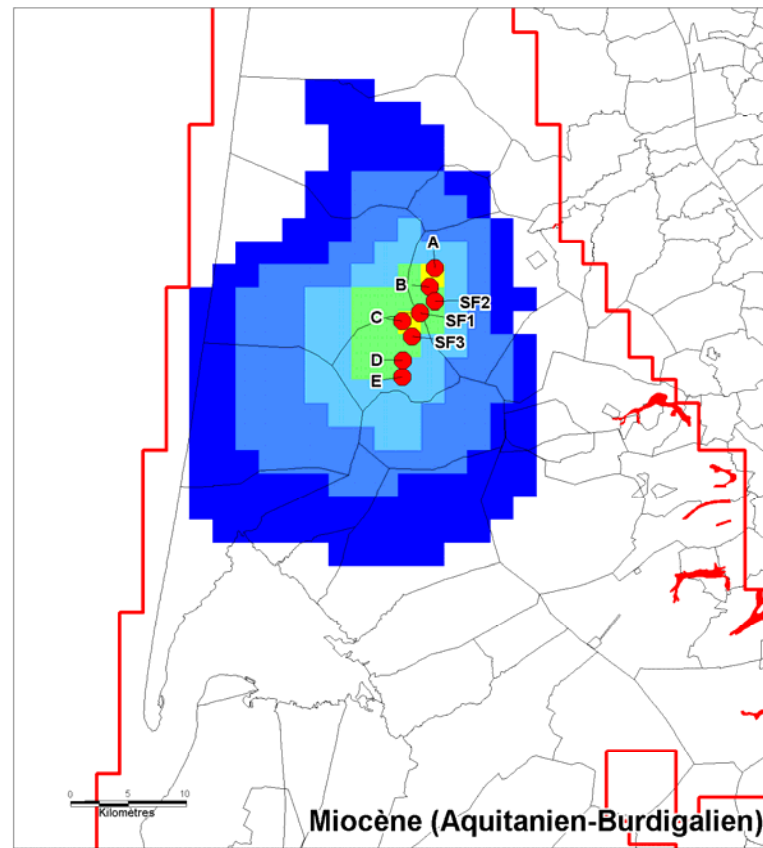
Annexe 5

Rabattements calculés par le modèle



Rabattements calculés par le modèle dans les couches du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène après 1 an d'exploitation

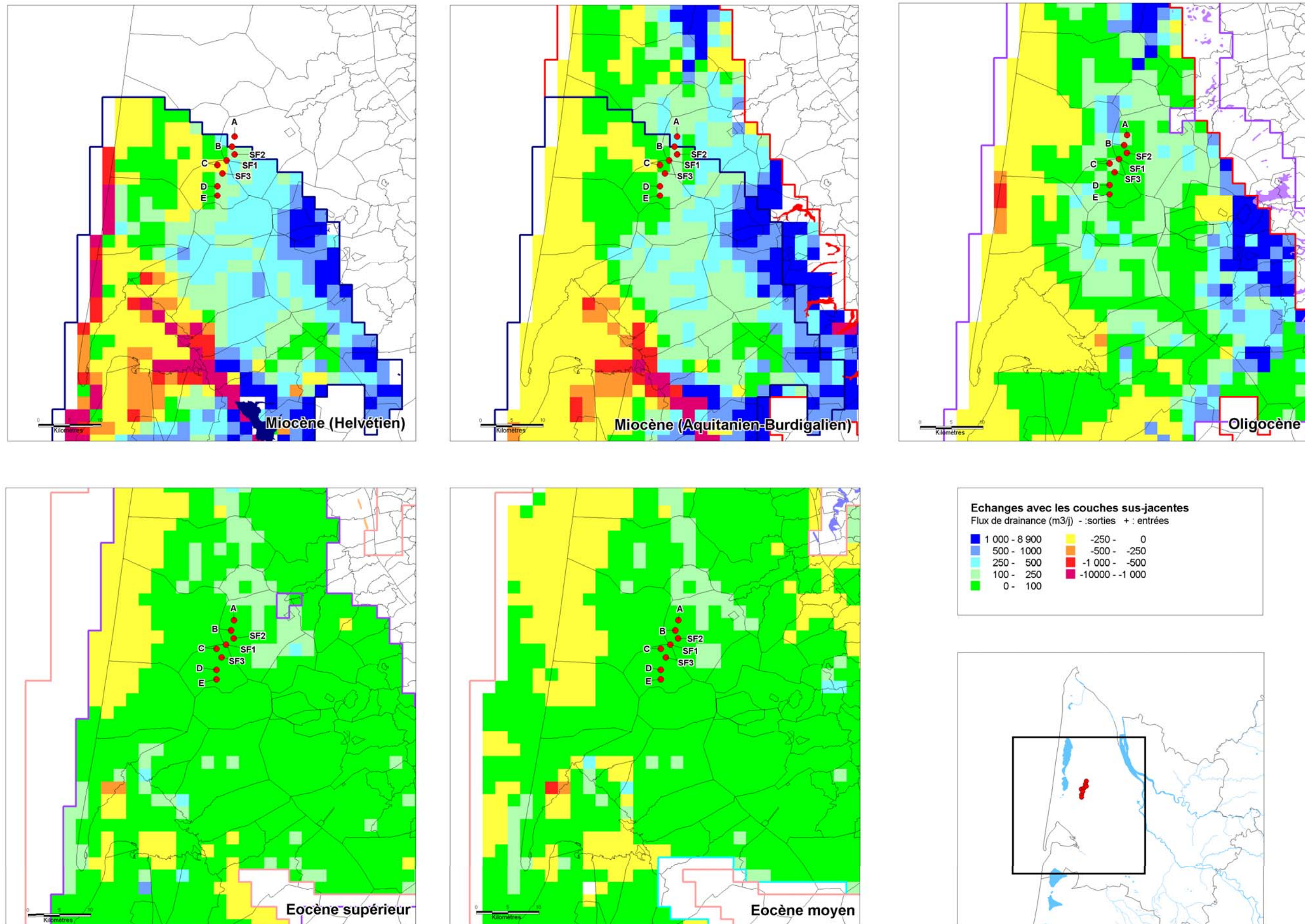
Simulation d'impact d'un champ captant dans l'aquifère oligocène sur le secteur de Sainte-Hélène (33)
à l'aide du Modèle Nord-Aquitain (MONA)



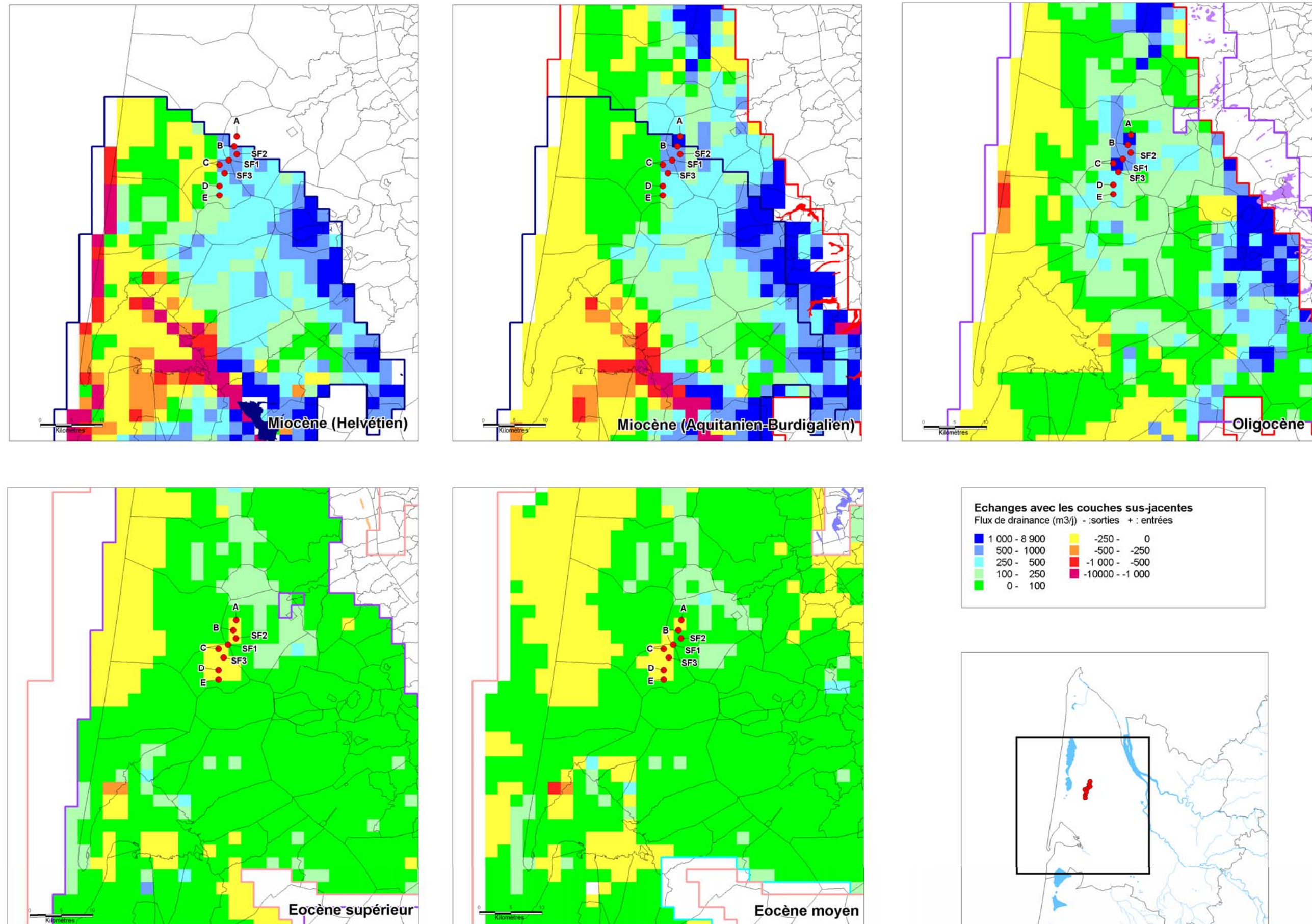
Rabattements calculés par le modèle dans les couches du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène après 10 ans d'exploitation

Annexe 6

Flux de drainance verticaux calculés par le modèle



Carte indicative des flux de drainage verticaux entre les aquifères – année 2017 – scénario tendanciel



Carte indicative des flux de drainance verticaux entre les aquifères – année 2017 – scénario d'exploitation

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

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