

Document public



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

Développements et maintenance du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Module 4 – Année 3 -

Rapport final

BRGM/RP-55242-FR
décembre 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2005-EAU-C08

N. Pédron, JP. Platel, B. Bourguine



Prefecture de la région Aquitaine
Secrétariat général pour les affaires régionales



Direction Régionale de l'Environnement
AQUITAINE



Vérificateurs :

Original signé par :

JJ. SEGUIN

Approbateur :

Original signé par :

P. DUTARTRE

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



Mots clés : modélisation hydrodynamique, calage, Bassin Nord-Aquitain, Helvétien, Burdigalien-Aquitainien, Oligocène, Eocène supérieur, Eocène moyen, Eocène inférieur, Campano-Maastrichtien, Turonien, Coniacien-Santonien.

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

N. Pédron, JP. Platel, B. Bourguine (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, 56 pages, 24 figures, 3 annexes.

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude est réalisée dans le cadre de l'année 3 de la convention "Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine" signée entre l'État, la Région Aquitaine et le BRGM pour la période 2002-2006 avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et de l'Europe (fonds FEDER). Elle correspond au module 4 de cette convention qui en compte six.

Ce travail s'inscrit dans le prolongement des travaux de modélisation des aquifères de la région Aquitaine engagés par le Service Géologique Régional (SGR) depuis près de 15 ans en particulier dans le cadre de la précédente convention régionale (1996-2001). Ces actions ont pour but d'élaborer des outils d'aide à la décision destinés à définir au mieux les stratégies d'exploitation des ressources souterraines de la région.

Depuis 1993, le BRGM dispose d'un modèle régional de gestion de la ressource, le Modèle Nord-Aquitain. Celui-ci couvre la totalité du département de la Gironde, le sud de la Charente et de la Charente Maritime, les trois-quarts sud-ouest de la Dordogne, le nord et l'ouest du Lot-et-Garonne et une grande partie des Landes. Cet outil permet aujourd'hui de simuler les écoulements au sein de neuf couches aquifères ainsi que les échanges entre elles au travers de chacune des épontes qui les séparent. Les niveaux aquifères pris en compte sont : le Plio-Quaternaire, le Miocène (Helvétien et Burdigalien-Aquitainien), l'Oligocène, l'Eocène (inférieur, moyen et supérieur individualisés), le Campano-Maastrichtien et le Turonien-Coniacien-Santonien.

Le présent module a pour objectif le développement du Modèle Nord-Aquitain pour obtenir une plus grande finesse de représentation des aquifères et mieux traiter ainsi les problèmes posés à une échelle plus locale : ceux soulevés par le SAGE "Nappes profondes de Gironde", mais aussi ceux qui émergent dans les départements voisins de Lot-et-Garonne et de la Dordogne.

A l'issue du travail mené au cours de cette troisième année d'étude, un modèle numérique multicouche géologique détaillé du Turonien, du Coniacien-Santonien, du Campano-Maastrichtien et des épontes qui les séparent a été élaboré et intégré au modèle régional Nord-Aquitain.

La couche du Campano-Maastrichtien devait initialement être simplement actualisée. Toutefois, les imprécisions (notamment à cause de la non prise en compte des failles) de la géométrie de la couche dans le maillage initial (5 km), celles induites lors des interpolations en année 1 de la convention régionale et les importantes modifications à prendre en compte dans le secteur sud Gironde suite aux forages de reconnaissance réalisés récemment, ont conduit à choisir de re-modéliser complètement cette couche plutôt que d'actualiser localement les données. Ce choix a notablement augmenté le temps de travail mais il était le seul à garantir une intégration optimale des dernières données géologiques tout en assurant une parfaite cohérence avec les deux couches sous-jacentes à modéliser (Coniacien-Santonien et Turonien).

Le modèle Nord-Aquitain comprend désormais 10 couches (**MONA V3.2**) discrétisées au pas de 2 km. Cette version sera opérationnelle à l'issue de la phase de calage qui se déroulera en année 4.

Le travail d'affectation des prélèvements à chacune des deux couches du Turonien et du Coniacien-Santonien, prévu cette année, n'a été réalisé que partiellement. L'inventaire des ouvrages et des prélèvements mené sur ces aquifères dans le cadre de l'étude sur les perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord, exploité dans le cadre de ce module, n'est pas encore totalement finalisé. L'introduction des prélèvements dans le modèle sera effectuée avant la phase de calage. Le rapport de l'année 4 rendra compte du travail finalisé.

Tous les paramètres de calage (paramètres hydrodynamiques, données spatio-temporelles de recharge et conditions aux limites : échanges nappe-rivière, flux nuls ou imposés, charges imposées) nécessaires au bon fonctionnement des trois nouvelles couches du modèle hydrodynamique ont été intégrés en se basant sur les données des anciennes couches du Campano-Maastrichtien et du Turonien-Coniacien-Santonien. Ils seront ajustés au moment de la phase de calage.

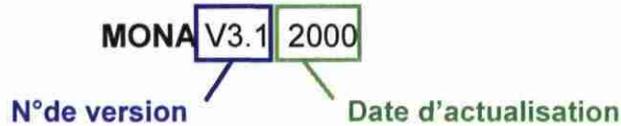
Enfin, le calage des couches éocènes et oligocène du modèle a été affiné dans les quelques secteurs où la restitution pouvait encore être optimisée. Quelques chroniques piézométriques restent mal reproduites dans l'Oligocène et l'Eocène moyen du fait de la taille des mailles (2 km) et du pas de temps utilisé (annuel) qui sont tels en raison de la vocation de gestion régionale du modèle Nord-Aquitain. Ces options contraignent le modèle dans les quelques secteurs où les nappes modélisées sont libres ou semi-captives et où les interactions avec le réseau hydrographique superficiel sont importantes.

Préambule

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 de gestion de la ressource a beaucoup évolué et les versions se sont succédées. Cela a conduit le BRGM à réfléchir à la mise en place d'une codification 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 **MO**dèle 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 codification 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 (Rapports BRGM R 37322 BOR AQI 93, R 37361 AQI SP 93 et R 38006 SGN SP 94) 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 Prélévable 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 dans le cadre de l'actuelle convention régionale « Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine ». Au cours de l'année 1 (Rapport BRGM/RP-52602-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 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'Eocène 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, Helvétien, Aquitaniens-Burdigaliens, Oligocène, Eocène supérieur, Eocène moyen, Eocène inférieur, Campano-Maastrichtien, et l'ensemble Turonien-Coniacien-Santonien.

Cette version du modèle a été actualisée en 2005 (Rapport BRGM/RP-54220-FR Actualisation du modèle nord-Aquitain de gestion des aquifères) avec les données de la période 2001-2003 (**MONA V3.1-2003**). C'est la version opérationnelle la plus récente.

Le présent rapport rend compte des travaux effectués au cours de l'année 3 sur les couches du Crétacé supérieur : subdivision de la couche du Turonien-Coniacien-Santonien en deux couches distinctes (Turonien et Coniacien-Santonien) et actualisation de la géométrie du Campano-Maastrichtien qui permettront d'amener le modèle en version **MONA V3.2**. Celle-ci ne sera opérationnelle qu'après réalisation du calage des 2 nouvelles couches et le réajustement du calage du Campano-Maastrichtien prévus en année 4 de la convention régionale.

Sommaire

1. Introduction	13
2. Géologie et hydrogéologie des aquifères du Crétacé supérieur	15
2.1. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL.....	15
2.1.1. Le Bassin aquitain	15
2.1.2. Contexte géologique au Crétacé Supérieur	15
2.2. AQUIFERE DU TURONIEN	17
2.2.1. Description géologique générale.....	17
2.2.2. Extension et géométrie de l'aquifère	18
2.2.3. Faciès	21
2.3. EPONTE TURONIEN / CONIACIEN	21
2.3.1. Description géologique	21
2.3.2. Extension et géométrie de l'éponte	22
2.3.3. Faciès	24
2.4. AQUIFERE DU CONIACIEN-SANTONIEN	24
2.4.1. Géologie	24
2.4.2. Extension et géométrie de l'aquifère	24
2.4.3. Faciès	26
2.5. AQUIFERE DU CAMPANIEN SUPERIEUR - MAASTRICHTIEN	27
2.5.1. Géologie	27
2.5.2. Extension et géométrie de l'aquifère	29
2.5.3. Faciès	32
3. Modélisation des aquifères du Crétacé supérieur.....	33
3.1. ACTUALISATION DU CAMPANO-MAASTRICHTIEN.....	33
3.1.1. Réajustement des limites	33
3.1.2. Informations géologiques récentes sur le secteur sud Gironde	36

3.2. CONSTRUCTION DU MODELE GEOLOGIQUE DU CRETACE SUPERIEUR	36
3.2.1. Constitution de la base de données	36
3.2.2. Elaboration du modèle	38
3.3. AFFECTATION DES PRELEVEMENTS DANS LE TURONIEN ET LE CONIACIEN-SANTONIEN.....	45
4. Affinage du calage des couches de l'Oligocène et de l'Eocène	47
4.1. RAPPEL.....	47
4.2. DEMARCHE DE CALAGE.....	47
4.3. OLIGOCENE	48
4.3.1. Zone littorale	48
4.3.2. Secteur bordelais en bordure de Garonne	49
4.4. EOCENE	51
4.4.1. Zone médocaine	51
5. Conclusion.....	53
6. Références bibliographiques	55

Liste des figures

Figure 1 : Bloc-diagramme illustrant la situation paléogéographique de l'Aquitaine au Crétacé supérieur.....	16
Figure 2 : Localisation des affleurements du Turonien susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère.....	18
Figure 3 : Carte de l'épaisseur de l'aquifère Turonien.....	20
Figure 4 : Epaisseur de l'éponte (EPTU) entre le Turonien et le Coniacien.....	23
Figure 5 : Localisation des affleurements du Coniacien-Santonien susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère.....	25
Figure 6 : Epaisseur de l'aquifère Coniacien-Santonien.....	27
Figure 7 : Epaisseur de l'éponte (EPCS) entre le Coniacien-Santonien et le Campano- Maastrichtien	28
Figure 8 : Localisation des affleurements susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère.....	30

Figure 9 : Epaisseur de l'aquifère Campano-Maastrichtien	31
Figure 10 : Illustration de la plus grande précision de représentation des limites avec un maillage plus fin	34
Figure 11 : Comparaison entre les limites actualisées de l'aquifère Campano-Maastrichtien (MONA V3.2) et celles de la version MONA V3.1	35
Figure 12 : Illustration de la base de données "Secondaire" sous Access®	37
Figure 13 : Illustration du SIG "Modèle TURO-COST-CAMP" sous MapInfo	38
Figure 14 : Limites d'extension des formations aquifères modélisées.....	39
Figure 15 : Pile stratigraphie des formations modélisées	41
Figure 16 : contrôle de cohérence du modèle à l'aide de coupes	42
Figure 17 : Exemple de coupe verticale réalisée dans la géométrie du modèle.....	43
Figure 18 : Exemple de visualisation 3D du modèle géologique final.....	44
Figure 19 : Exemple de coupe verticale de contrôle réalisée à l'aide du logiciel Marthe	44
Figure 20 : Evolution des prélèvements dans le Turronien et le Coniacien-Santonien de 1972 à 2003	46
Figure 21 : Procédure de calage	48
Figure 22 : Résultats du calage de l'Oligocène dans la zone littorale sur les chroniques mal restituées après optimisation	49
Figure 23 : Résultats du calage de l'Oligocène dans le secteur bordelais sur les chroniques mal restituées après optimisation.....	50
Figure 24 : Résultats du calage de l'Eocène dans le secteur médocain sur les chroniques mal restituées après optimisation.....	52

Liste des annexes

Annexe 1 : Géométrie des aquifères du Turonien, du Coniacien-Santonien et du Campano-Maastrichtien

Annexe 2 : Coupes verticales dans la géométrie du modèle géologique numérique (GDM)

Annexe 3 : Vues 3D dans le modèle géologique numérique

1. Introduction

Cette étude est réalisée dans le cadre de l'année 3 de la convention "Gestion des eaux souterraines en région Aquitaine" signée entre l'État, la Région Aquitaine et le BRGM pour la période 2002-2006 avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et de l'Europe (fonds FEDER). Elle s'inscrit dans le prolongement des travaux de modélisation des aquifères de la région Aquitaine engagés par le Service Géologique Régional (SGR) depuis près de 15 ans pour élaborer des outils d'aide à la décision destinés à définir au mieux les stratégies d'exploitation des ressources souterraines de la région.

Certaines nappes sont en effet très sollicitées et parfois en situation de déséquilibre avec des prélèvements excédant leur possibilité de renouvellement. Elles requièrent donc une gestion stricte afin d'en préserver la productivité sur le long terme.

Depuis 1993 le SGR Aquitaine dispose d'un modèle régional de gestion de la ressource, le Modèle Nord-Aquitain. Celui-ci couvre la totalité du département de la Gironde, le sud de la Charente et de la Charente Maritime, les trois-quarts sud-ouest de la Dordogne, le nord et l'ouest du Lot-et-Garonne et une grande partie des Landes. Cet outil permet aujourd'hui de simuler les écoulements au sein de 9 couches aquifères ainsi que les échanges entre elles au travers de chacune des épontes qui les séparent. Les niveaux aquifères pris en compte sont le Plio-Quaternaire, l'Helvétien, l'Aquitain-Burdigalien, l'Oligocène, l'Éocène (inférieur, moyen et supérieur), le Campano-Maastrichtien, le Turonien-Coniacien-Santonien.

L'objectif du présent module est de développer le Modèle Nord-Aquitain pour obtenir une plus grande finesse de représentation des aquifères et mieux traiter ainsi les problèmes posés à une échelle plus locale, en particulier ceux soulevés par le SAGE "Nappes profondes de Gironde", mais aussi ceux qui émergent dans les départements voisins de Lot-et-Garonne et de la Dordogne.

Le travail mené au cours de la première année d'étude de ce module (Rapport BRGM/RP-52602-FR, 2003) a permis d'affiner le Modèle Nord-Aquitain en passant d'une maille carrée de 5 km de côté à une discrétisation au pas de 2 km.

Un modèle numérique géologique complet et actualisé de l'Eocène a été réalisé et intégré aux modèles géologiques du Miocène (développé au cours des années 4 et 5 du précédent CPER et intégrant la couche Oligocène) et du Campano-Maastrichtien/Turonien-Coniacien-Santonien. La cohérence de l'ensemble ainsi constitué a été vérifiée par des coupes systématiques et des représentations 3D.

Au cours de l'année 2 (Rapport BRGM/RP-53659-FR, 2005), la mise à jour de la géométrie de la couche Oligocène à partir de données géologiques récentes et de

celles acquises en 2000 (rapport BRGM/RP-50468-FR) a permis de finaliser le modèle numérique hydrogéologique Nord-Aquitain dans sa version **MONA V3.1**¹.

Les données de prélèvements des trois couches éocènes ont été récupérées et réaffectées à chacune des formations. Un référentiel hydrogéologique simplifié de l'Eocène a été constitué de façon à assurer la cohérence des affectations à l'échelle du réservoir.

Le calage des trois couches de l'Eocène et celle de l'Oligocène a été effectué sur deux cartes piézométriques de référence (Oligocène et Eocène moyen) et 112 chroniques. Il a permis de bien reproduire la très grande majorité des chroniques piézométriques en phase, en amplitude, en pente et en niveau. Une évaluation statistique du calage a montré qu'il n'y avait pas de biais significatifs sur les périodes considérées. De plus, l'analyse de l'écart type des écarts au cours du temps a indiqué que la précision du modèle ne se dégradait pas et tendait même à s'améliorer.

Parallèlement à cela, une première collecte des données disponibles pour la couche Jurassique a été engagée.

En année 3, les tâches suivantes, décrites dans ce rapport, ont été réalisées :

- dissociation de la couche du Turonien-Coniacien-Santonien en deux couches distinctes avec d'une part le réservoir Turonien et d'autre part l'ensemble Coniacien-Santonien,
- refonte de la géométrie de la couche du Campano-Maastrichtien à partir des données géologiques récentes, réajustements des limites et des zones d'affleurement liés au changement de discrétisation du maillage (de 5 km à 2 km),
- affectation partielle des données de prélèvements aux nouvelles couches du Turonien et du Coniacien-Santonien,
- affinage du calage des couches éocènes et oligocène du modèle dans quelques secteurs.

¹ Nomenclature pour la désignation des versions du Modèle Nord-Aquitain (cf. ci-après préambule)

2. Géologie et hydrogéologie des aquifères du Crétacé supérieur²

2.1. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL

2.1.1. Le Bassin aquitain

La plate-forme nord-aquitaine fait partie du bassin d'Aquitaine qui est ouvert sur l'océan atlantique et dont la formation a commencé au Permien, il y a 280 Ma environ. Les affleurements des terrains jurassiques et crétacés, en bordure de la Vendée et du Massif Central, témoignent des deux vastes transgressions marines qui se sont produites au Mésozoïque. Les formations géologiques à dominante calcaire qui en résultent ont une structuration relativement faible liée à une tectonique de couverture, à part quelques grands anticlinaux (structures de Jonzac, Villagrains, Roquefort-Créon) et des failles distensives majeures (Bordeaux et Nord-Arcachonnaise).

Mais plus au sud et en profondeur, l'architecture contrastée des terrains des parties centrale et méridionale du bassin traduit les conséquences de l'ouverture du golfe de Gascogne au Crétacé inférieur puis de l'orogénèse pyrénéenne pendant l'Eocène (enfouissement/comblement de profondes fosses, montée de diapirs salifères).

Les transgressions marines sont nettement moins amples au Cénozoïque : la continentalisation du bassin, commencée sur les bordures dès la fin du Crétacé, s'affirme au Miocène.

2.1.2. Contexte géologique au Crétacé Supérieur

Au Crétacé supérieur (entre -100 et -65 Ma), la plate-forme nord-aquitaine (figure 1), faiblement subsidente, est occupée par une mer peu à moyennement profonde à dépôts principalement carbonatés, qui est régulièrement envahie sur la bordure du Massif Central par une sédimentation sablo-argileuse alimentée par l'érosion de la chaîne hercynienne. Les formations réservoirs du Turonien, du Coniacien-Santonien et du Campanien supérieur-Maastrichtien s'étendent sur la majeure partie de la plate-forme nord-aquitaine.

La subsidence affecte surtout deux zones profondes ("sous-bassins") séparées par le "seuil des Landes", surélevée par la poussée des diapirs qui a commencé dès le Crétacé inférieur, période de forte régression de la mer n'ayant laissé que peu de dépôts dans le domaine de l'étude.

² Hors Cénomaniens

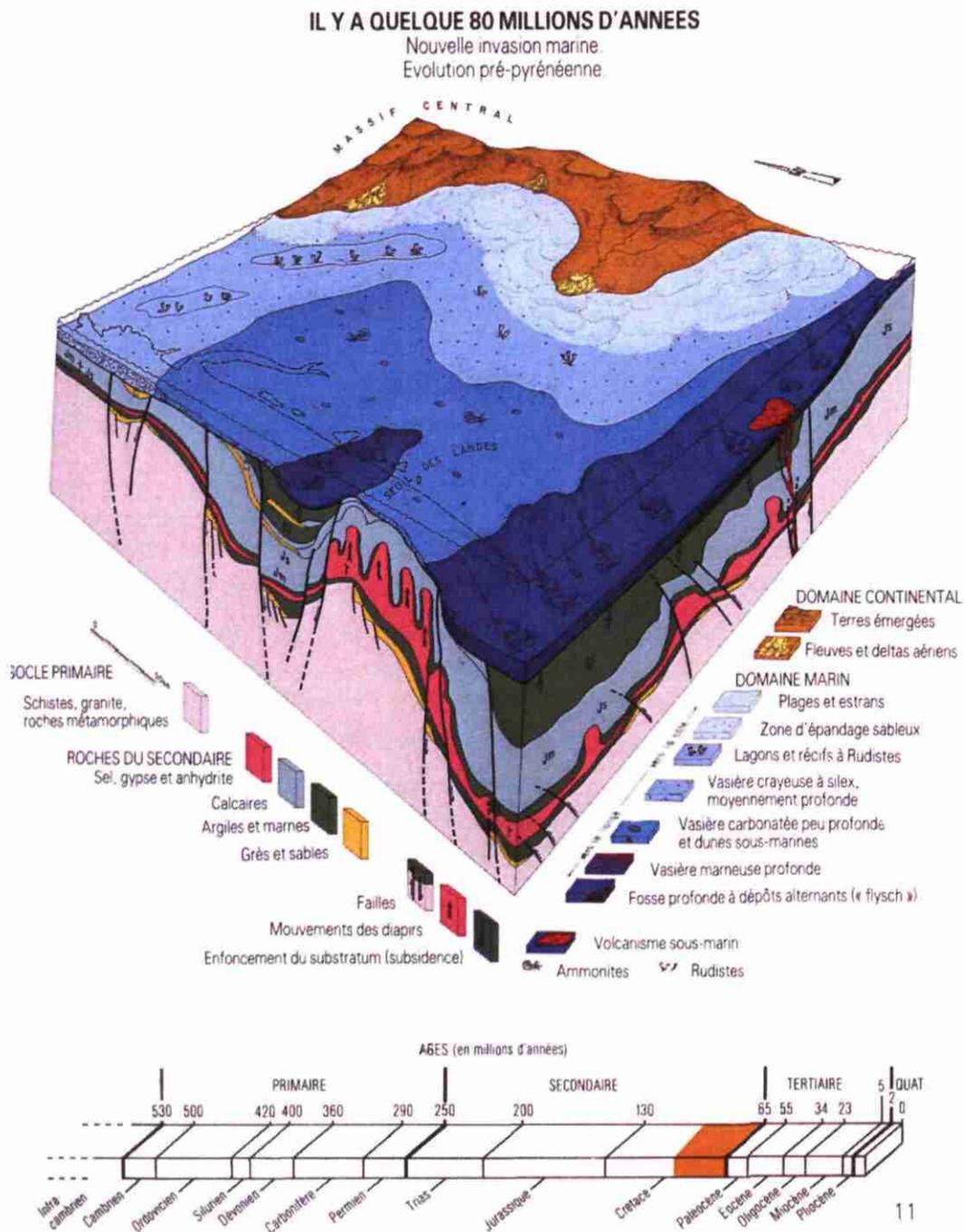


Figure 1 : Bloc-diagramme illustrant la situation paléogéographique de l'Aquitaine au Crétacé supérieur

Le sous-bassin septentrional (bassin de Parentis), correspondant à l'extrémité de la branche nord du golfe de Gascogne, limitée par de grandes failles normales, est comblé au Crétacé supérieur par des dépôts marneux totalement imperméables.

De même, le sous-bassin méridional (bassin d'Adour-Mirande) formé par la coalescence des fossés du Crétacé inférieur tout le long des Pyrénées, est le siège d'une sédimentation de type flysch, sédiments marneux marins profonds comblant un vaste sillon orogénique affecté par la tectonique compressive qui commence dans le domaine pyrénéen.

2.2. AQUIFERE DU TURONIEN

2.2.1. Description géologique générale

A la suite de la transgression cénomaniennne qui succède à l'émersion du Crétacé inférieur, une phase marine de sédimentation de plate-forme carbonatée s'installe sur une grande partie de l'Aquitaine pendant le Turonien (*Formations de la Couronne, de Domme et de Villars*, surmontées par les *Formations d'Angoulême*, puis de *Bourg-des-Maisons*). Des variations latérales de faciès vont apparaître pendant cette période au sein de la plate-forme carbonatée en raison de nombreux épandages silicoclastiques sur sa bordure nord-orientale (*Périgord Noir - Formations de St-Cirq, de Sauveterre et de Ste-Mondane*).

La faible régression marine, amorcée durant le Turonien moyen, s'est amplifiée pendant le Turonien supérieur et a finalement permis des émerions localisées au sommet de l'étage avec des érosions ponctuelles scellées par des dépôts marneux lors du retour de la mer au Coniacien inférieur. Les faciès carbonatés fossilifères et aquifères du Turonien moyen à supérieur sont donc limités à la base par des faciès crayeux homogènes et compacts, consécutifs au maximum de la transgression, et dans certains secteurs par des faciès plus ou moins marneux à l'extrême base. Les niveaux supérieurs épais de plusieurs mètres de marnes sont localisés dans le Périgord Noir et au niveau des structures anticlinales majeures (émersion liée aux paléo-reliefs).

Le Turonien moyen à supérieur correspond donc à un aquifère d'une puissance de l'ordre de 30 à 60 m environ, voire inférieure dans les secteurs où l'émersion ante-coniacienne a entraîné des lacunes de dépôt et/ou des érosions. Les hétérogénéités latérales de faciès conditionnent de manière importante l'aquifère qui devient perméable dans les formations détritiques sableuses de l'Est de la plate-forme nord-aquitaine.

2.2.2. Extension et géométrie de l'aquifère

a) Extension

Les limites du réservoir turonien coïncident avec les zones d'affleurements en bordure d'érosion (figure 2).

Celles-ci s'étendent depuis l'Est du département de Lot-et-Garonne (secteur de *Fumel - Sauveterre*) jusqu'en Charente-Maritime (secteur de *Rochefort*) en passant par le nord-est de la Dordogne (secteurs de *Carlux, Montignac, La Chapelle-Faucher, Beaussac*) et la Charente (*Angoulême, Chateauneuf, Cognac*).

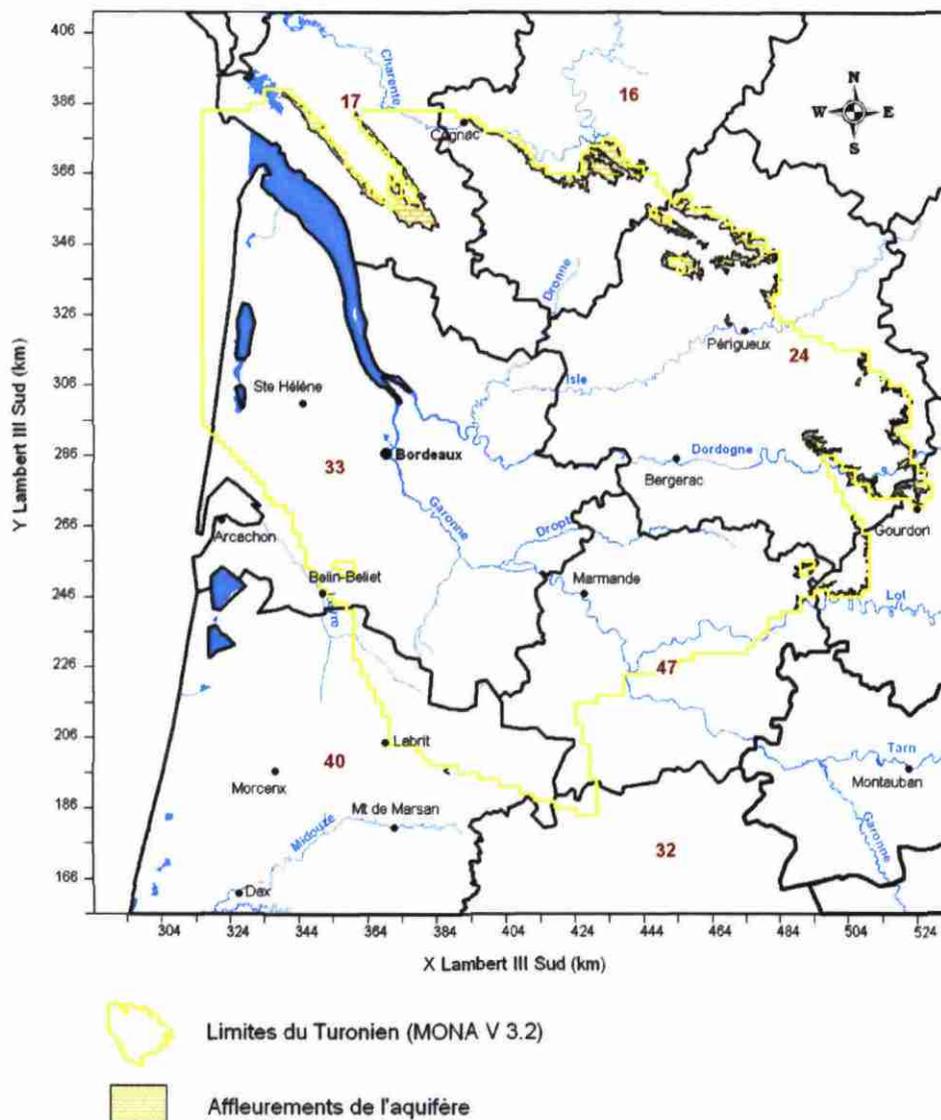


Figure 2 : Localisation des affleurements du Turonien susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère

Le réservoir réapparaît à l'affleurement au nord-est, au niveau des structures anticlinales de Saint-Cyprien, Périgueux, La-Tour-Blanche, Brantôme, Mareuil et au nord sur deux longues bandes d'affleurement entourant le vaste anticlinal de Jonzac (*Le Gua, Pons, Jonzac*). En dehors de ces zones, l'aquifère devient captif vers l'ouest.

Des communications hydrogéologiques peuvent exister avec la nappe du Coniacien en particulier dans la partie nord-ouest du département de la Dordogne et dans le sud des Charentes, c'est-à-dire en l'absence d'éponte imperméable marneuse au contact Coniacien - Turonien.

Vers le Sud-Est et le Sud, la limite du Turonien suit approximativement, après réinterprétation fine des quelques sondages profonds, la vallée du Lot jusqu'à sa confluence, se poursuit vers le sud jusqu'à Mézin (où le modèle a été limité), puis se prolonge vers le nord-ouest jusque vers Labrit en longeant les anticlinaux de Créon d'Armagnac et Roquefort. Dans ce secteur, les données très éparses ne sont fournies que par les rares sondages d'exploration pétrolière et la limite a été tracée approximativement en remontant vers le nord dans le secteur de Sore, où elle devient plus fiable en repartant vers le nord-ouest par Mano, pour longer ensuite la vallée de L'Eyre, puis la cote nord-est du bassin d'Arcachon. Tous les terrains turoniens situés à l'ouest de cette limite depuis Labrit sont marneux et le réservoir captif est donc situé à l'est.

Cependant le récent forage de Saint-Magne-de-Belin (08515X0052/F1) situé au nord-est de Belin-Beliet (figure 2), profond de 315 m et réalisé en janvier 2007 par le SMEGREG a apporté des données fondamentales en confirmant les anciennes attributions, qui semblaient jusqu'alors douteuses, des vieux sondages de reconnaissance pétrolière Saint-Magne 1 et Beliet 1. Il existe donc bien une très importante lacune d'érosion de toute la partie supérieure de la série crétacée, les terrains du Miocène reposant directement sur les calcaires du Cénomaniens (avec peut-être des lambeaux de calcaires altérés du Turonien).

Le sommet principal de la structure anticlinale complexe de Villagrains-Landiras est donc situé à l'aplomb de ces sondages et non sur l'axe qui joint les affleurements de terrains campano-maastrichtiens affleurants dans les vallées du Gat-Mort et du Tursan.

b) Géométrie

La géométrie de l'aquifère dont l'enfoncement général s'effectue vers le Sud-Ouest, est fortement influencée par les anticlinaux et les structures synclinales qui les séparent, telle le vaste synclinal de Saintes-Barbezieux qui provoque un plus grand enfoncement du toit de l'aquifère sur leurs axes (cf. annexe 1.1). L'ensemble de ces structures conditionne l'importance relative de la fissuration des calcaires.

Le mur de l'aquifère atteint -500 NGF à partir d'une ligne passant par le Verdon, longeant l'estuaire et passant par La Roche-Chalais, Mussidan, Bergerac pour retourner vers le sud-ouest près de Issigeac, puis vers l'ouest par la Réole jusqu'à la Garonne près de Cadillac, pour rejoindre la faille de la Leyre près de Biganos.

La zone la plus profonde (> -800 NGF) de la plate-forme orientale est située entre Libourne et Sainte-Foy-la-Grande. Mais c'est à l'ouest de Bordeaux que le réservoir entièrement carbonaté est le plus profond (> -1000 NGF) : au Porge par exemple, le toit de l'aquifère est à -1182 NGF (sondage pétrolier 08025X0007/F). Il remonte jusqu'au sol de part et d'autre de l'anticlinal de Saint-Magne – Villagrains par biseau progressif d'érosion. Au sud de cette structure et jusqu'à celle de Roquefort où il affleure, le réservoir s'approfondit d'est en ouest jusqu'à plus de -900 NGF à l'ouest de Sore.

c) Puissance de l'aquifère

La puissance de l'aquifère est assez variable, de l'ordre de 40 à 60 m avec des secteurs pouvant dépasser 70 m dans le secteur de la Roche-Chalais, Chateaufort-sur-Charente et la vallée de la Beauronne au nord de Mussidan (figure 3).

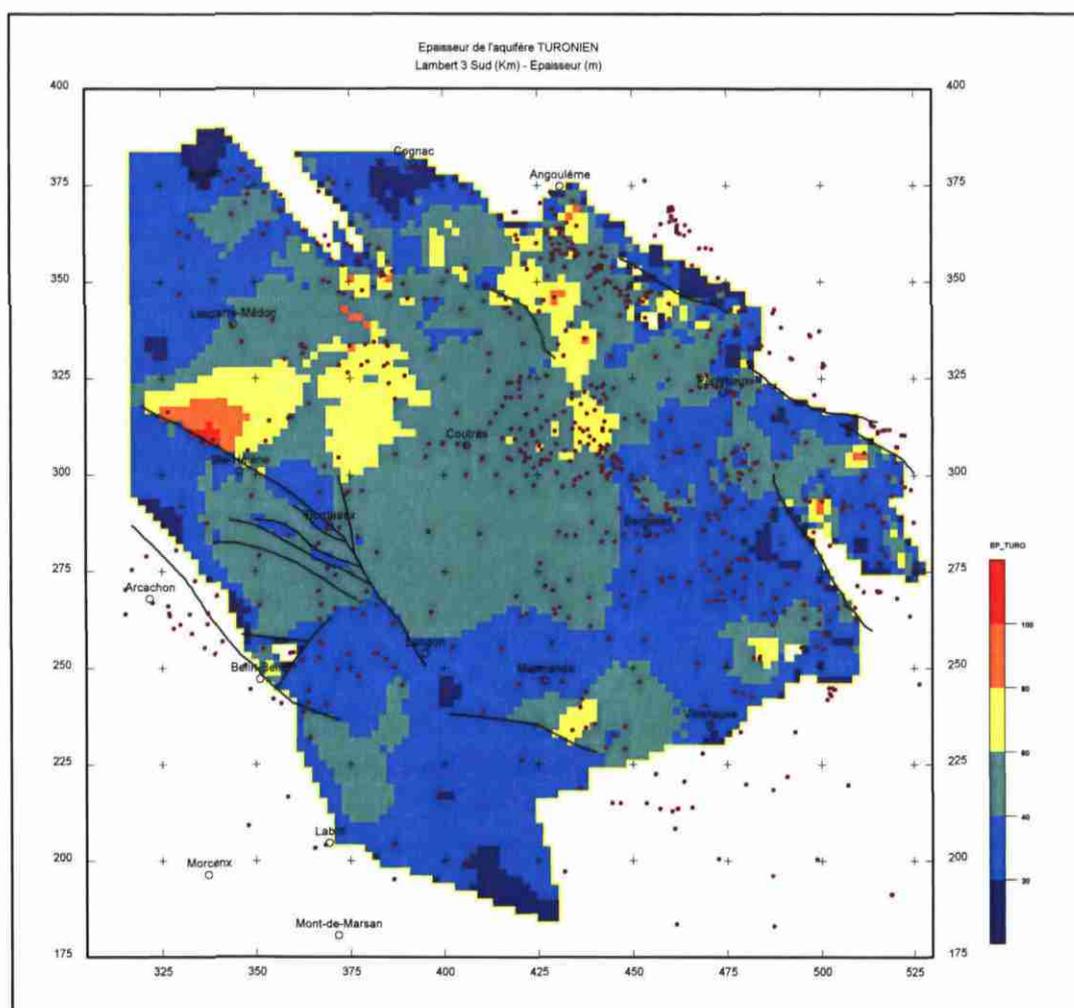


Figure 3 : Carte de l'épaisseur de l'aquifère Turonien

C'est également le cas dans le secteur sud du Médoc et le nord du département de la Gironde (Bourgeais) avec des puissances dépassant 70 m et atteignant 100 m environ entre Carcans et Brach. Les puissances reconnues, dans les sondages géothermiques qui le captent sous l'agglomération bordelaise et dans les sondages pétroliers, sont dans la moyenne des valeurs. Sauf à l'approche de l'anticlinal de Saint-Magne où la puissance du réservoir se réduit progressivement par érosion jusqu'à zéro.

Par contre dans l'Est de la Dordogne et du Lot-et-Garonne (Périgord Noir et Bouriane), la puissance du réservoir turonien se réduit (40 m environ, voire moins) avec l'apparition des faciès silicoclastiques (Turonien supérieur).

2.2.3. Faciès

Au-dessus du Turonien inférieur constitué partout de calcaires crayeux surmontant des marnes dans le nord-ouest des Charentes, les faciès du réservoir sont à dominante calcaire : calcaires granulaires à microgranulaires en Charente-Maritime et le Sud-Charentes, calcaires crayeux (*Formation d'Angoulême*) surmontés par des calcaires micritiques (*Formation de Bourg-des-Maisons*) entre Angoulême, La Tour-Blanche et Périgueux.

Dans tout l'Est de la Dordogne et du Lot-et-Garonne (Périgord Noir et Bouriane), la puissance du réservoir se réduit alors que les faciès deviennent progressivement gréseux puis sableux vers l'est (*Formations de St-Cirq, de Sauveterre et de Ste-Mondane*). Ces formations gréso-sableuses présentent globalement des potentialités intéressantes compte tenu du développement de la porosité interstitielle et de la perméabilité de fissures.

2.3. EPONTE TURONIEN / CONIACIEN

Dans cette phase de développement sur le modèle nord-aquitain, une étude particulière a été faite sur l'éponte imperméable qui sépare les réservoirs du Turonien de celui du Coniacien, dans le cadre du découpage en deux entités de la couche "Turonien-Coniacien-Santonien" de l'ancienne version du modèle (MONA V2).

2.3.1. Description géologique

Cette éponte est partout formée de marnes grises plus ou moins calcaires. Dans le détail, il a été confirmé que la majeure partie de ces marnes appartient au Coniacien inférieur, mais que sa base peut localement être attribuée au Turonien supérieur (Platel, 1987, 1996). En effet, les faciès et les faunes ne laissent aucun doute sur cette répartition stratigraphique.

D'une part la grande régression fini-turonienne a entraîné l'extension de faciès argilo-marneux d'environnement lagunaire, dont les témoins sont bien visibles en Périgord Noir (Bonaguil, Campagne, par ex.) et plus sporadiquement vers le nord-ouest dans le sud-Charentes (Nanteuillet, par ex.) par suite de l'érosion ante-coniacienne plus forte

vers l'ouest de la plate-forme. On y trouve des rudistes parfois en abondance. L'épaisseur de ces marnes régressives n'est que de 2 à 7 m au maximum.

D'autre part la transgression du Coniacien inférieur réinstalle une sédimentation de plus en plus profonde à dominante de marnes gris-bleu glauconieuses à faune de céphalopodes, passant progressivement à des calcaires marneux à silex noirs. Un hard-ground souvent ferruginisé sépare les deux assises marneuses. Ces marnes coniaciennes sont surtout développées dans le sud de la plate-forme nord-aquitaine, alors qu'elles passent latéralement à des faciès grésos-sableux dans la partie nord.

2.3.2. Extension et géométrie de l'éponte

Dans la suite de ce chapitre, et bien sûr dans la géométrie du modèle, le terme "éponte" correspond donc au cumul des deux faciès marneux indifféremment, vu leur similitude de comportement imperméable (éponte EPTU du modèle géologique. Cf. Chapitre 3).

a) Extension

L'éponte reconnue par les affleurements et dans les sondages s'étend au sud d'une ligne est-ouest joignant le nord de Périgueux à l'ouest de Hourtin en passant par Mareuil, Ribérac, Servanches, Coutras, Saugon et Pauillac (figure 4). Dans ce domaine elle est continue et d'épaisseur assez importante.

Au Nord de ce domaine, les faciès gréseux plus ou moins calcaires ou sableux sont presque partout présents, ainsi que dans tout le secteur occidental du Médoc jusqu'au Porge. Ainsi, si l'on suit la description de certains forages, il semble que les faciès de la base du Coniacien soient moins imperméables dans ces endroits que dans les secteurs où l'éponte est bien identifiée (La Clotte, La Roche-Chalais par ex.) ; ils ont été intégrés au domaine réservoir du Coniacien.

A l'inverse quelques secteurs marneux ont toutefois été traversés dans des sondages à l'ouest de l'anticlinal de Jonzac : près de Meschers, de Mirambeau et au sud de Jonzac.

Vers le sud-ouest l'éponte a été limitée aux limites du bassin de Parentis (secteurs de Belin, Belhade, Labrit).

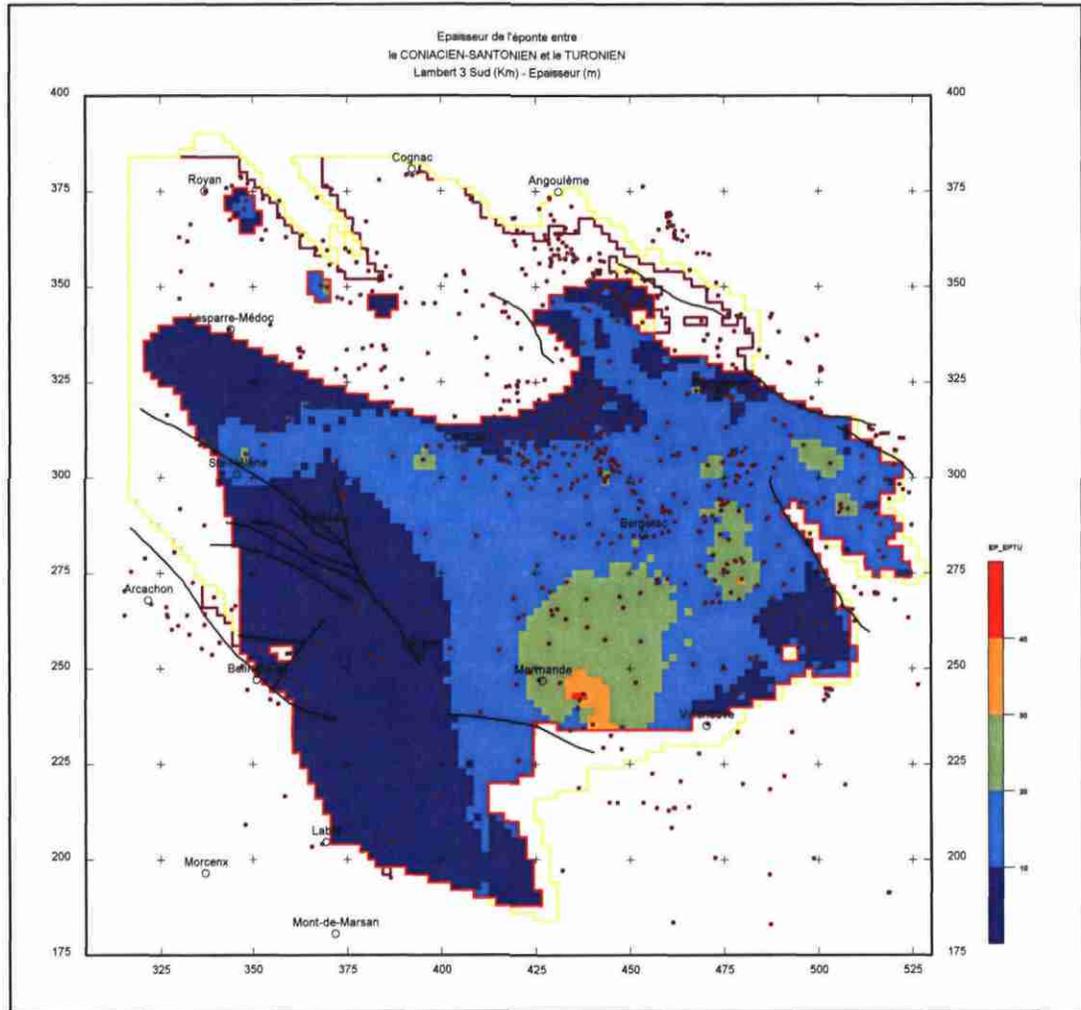


Figure 4 : Epaisseur de l'éponte (EPTU) entre le Turonien et le Coniacien

b) Puissance de l'éponte

Les marnes coniacio-turonienues ont une puissance assez variable de 20 m en moyenne ; elles peuvent se réduire dans le sud-est de la plate-forme à 7 / 10 m, en Périgord noir et Bouriane, ou augmenter pour atteindre 20 / 25 m entre Rouffignac et Montignac, entre Lalinde et Beaumont, dans le secteur de Bergerac, Duras, Castillonnes et même dépasser 30 m comme dans le nord de l'Agenais autour de Gontaud de Nogaret (entre les sondages pétroliers Caubon 101 et Clairac 1).

Dans tout le sud-ouest de la plate-forme, cette éponte est partout peu épaisse (moins de 6 m).

2.3.3. Faciès

Les terrains marneux plus ou moins carbonatés dans la partie supérieure de l'éponte sont partout présents dans le secteur délimité comme éponte, sauf dans le nord de l'emprise où des grès sont souvent intercalés dans le faciès marneux du Coniacien inférieur.

2.4. AQUIFERE DU CONIACIEN-SANTONIEN

2.4.1. Géologie

Au début du *Coniacien*, une nouvelle vaste transgression venant du Sud-Ouest s'avance sur toute cette région de l'Aquitaine, installant des milieux de dépôts de plate-forme moyenne, où prédomine la sédimentation d'abord sableuse puis nettement carbonatée (*Formations de Saint-Césaire, de Cognac, de Bourdeilles et de Périgueux*). Des apports de sables venant du Massif central donnent naissance à de puissantes formations de grès calcaires dans l'Est du département de la Dordogne (*Formation des Eyzies*).

Durant le *Santonien*, la montée de la mer se poursuit et les environnements de plate-forme distale se généralisent comme le montre l'extension des faciès crayeux à silex en Charentes et en Périgord Blanc (*Formations de Saintes et de Coutures*). Mais de fortes influences du continent sont attestées en Périgord Noir par des apports silicoclastiques venant de l'Est à plusieurs périodes, dont les témoins sont décelables vers l'Ouest jusqu'aux environs de Vergt et de Sainte-Marie de Chignac (*Formations de Boussitran et de St-Félix de Reilhac*) ; des formations de sables fins et de grès existent ainsi fréquemment dans tout le Sarladais atteignant des épaisseurs unitaires de plusieurs dizaines de mètres, ainsi qu'à la limite de la Charente et de la Dordogne (Nord de l'anticlinal de Mareuil - *Formation de Combiers*).

2.4.2. Extension et géométrie de l'aquifère

a) Extension

Les zones d'affleurement du réservoir coniacien traversent en diagonale le nord-est de la plate-forme depuis la Charente-Maritime dans des bandes d'affleurement parallèles à celles du Turonien, en passant par le secteur des anticlinaux de Mareuil et de la Tour-Blanche (La Rochebeaucourt - Lisle - Brantôme) jusqu'en Périgord Noir où, augmentée des zones d'affleurement du réservoir santonien, elles forment tous les plateaux disséqués du Sarladais, de part et d'autre de la vallée de la Vézère (figure 5). Ces terrains affleurent également au Sud de l'anticlinal de St-Cyprien jusqu'à la limite avec le Lot-et-Garonne. Vers le Sud-Ouest l'aquifère existe partout avec des faciès uniquement calcaires sous recouvrement imperméable du Campanien inférieur.

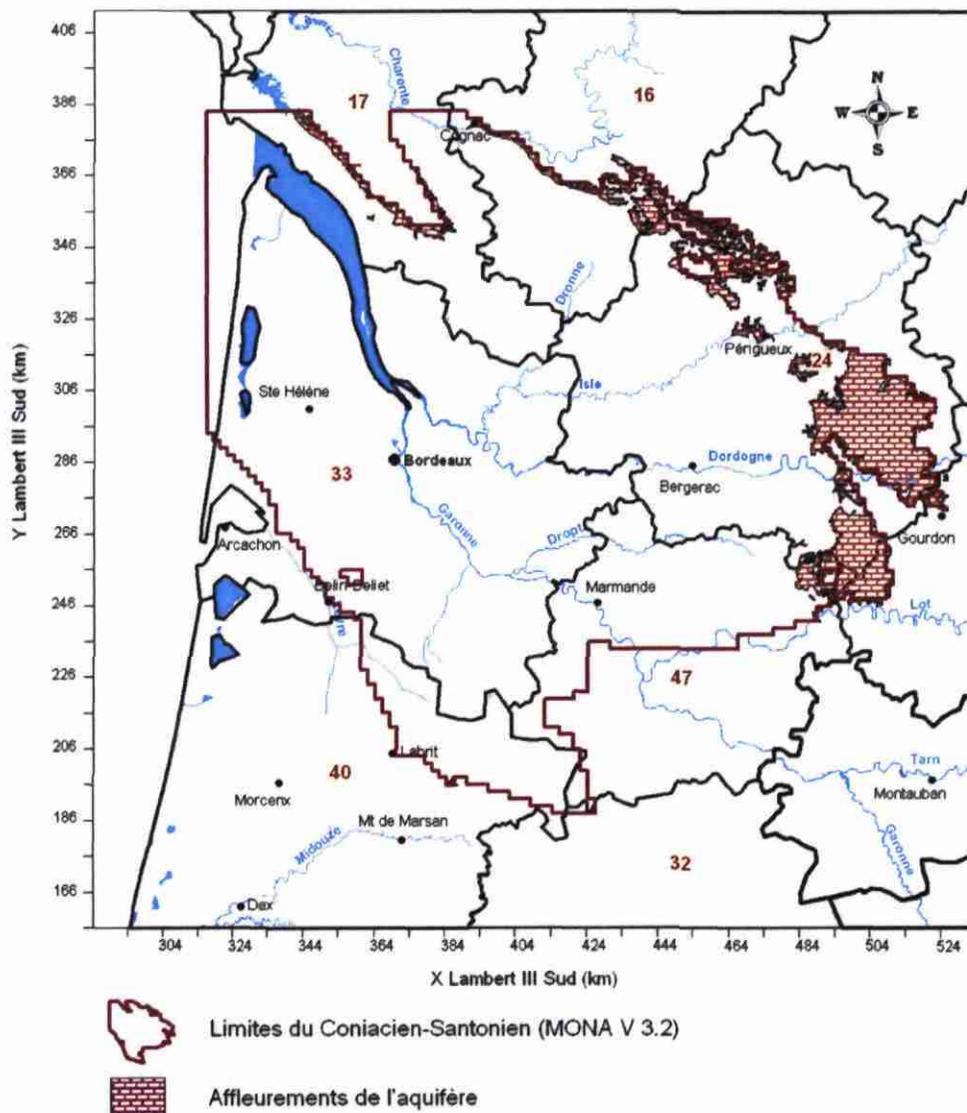


Figure 5 : Localisation des affleurements du Coniacien-Santonien susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère

Comme pour le Turonien, les données du récent forage de Saint-Magne-de-Belin (08515X0052/F1) prouvent la très importante lacune d'érosion de toute la partie supérieure de la série crétacée.

Vers l'ouest le réservoir disparaît par passage latéral aux faciès marneux profonds du bassin de Parentis, le long de la faille de la Leyre jusque vers Mano et Labrit.

b) Géométrie

La forme générale du réservoir suit celle du Turonien avec la zone la plus profonde de la plate-forme allongée le long d'un axe déprimé est-ouest allant de Bergerac jusqu'au Nord du bassin d'Arcachon (cf. annexe 1.2). Par enfoncement général le toit du réservoir le plus élevé, qui se situe autour de +150/180 NGF à proximité de l'anticlinal de La Tour-Blanche, plonge rapidement vers -250 NGF au Sud de Ribérac et au Nord de Bergerac pour dépasser -700 NGF sous le Landais et le secteur de Vélines - Lamothe-Montravel. Les plus grandes profondeurs sont situées autour du Porge (-1 100 NGF).

Dans toute la moitié nord-occidentale de l'emprise du modèle, l'aquifère ne correspond seulement qu'à la partie inférieure du système (calcaires bioclastiques du Coniacien moyen et grès et sables du Coniacien inférieur) ; mais à l'Est d'une ligne approximative Thenon - Vergt - Issigeac et surtout en Périgord Noir plusieurs niveaux réservoirs se superposent : calcaires du Coniacien moyen-supérieur, grès calcaires et sables du Santonien inférieur et du Santonien supérieur.

c) Puissance de l'aquifère

La puissance totale de cet aquifère multicouche est donc très variable (figure 6), comprise entre 30 et 50 m dans les Charentes et le Nord-Ouest du département de la Dordogne (Coniacien seul) pour s'épaissir à plus de 250 m en Périgord Noir (Coniacien, Santonien inférieur et parfois Santonien supérieur).

Alors que la puissance du réservoir coniacien peut dépasser 100 m entre Carcans et Le Porge, dans le secteur de Bordeaux et l'Entre-Deux-Mers, il n'est souvent épais que de 10 / 20 m.

Dans le Sud du modèle la puissance du réservoir varie de 120 m environ vers Casteljalous à moins de 20 m au nord de Créon d'Armagnac.

2.4.3. Faciès

Les terrains coniaciens et santoniens représentent un aquifère complexe avec variations verticales et latérales de faciès, qui se développe à la fois dans des calcaires granulaires à porosité de fissures et conduits karstiques et dans des assises grésosableuses à porosité interstitielle, souvent séparées par des formations crayeuses ou marneuses.

Dans les Charentes et le Nord-Ouest du département de la Dordogne, ainsi qu'à l'ouest de la Gironde, la nappe coniacienne est en communication avec celle du Turonien, alors qu'au Sud de Périgueux, en Périgord Noir et en Bergeracois, elle en est séparée par les marnes du sommet du Turonien et celles du Coniacien inférieur (éponte EPTU. Cf. chapitre 3).

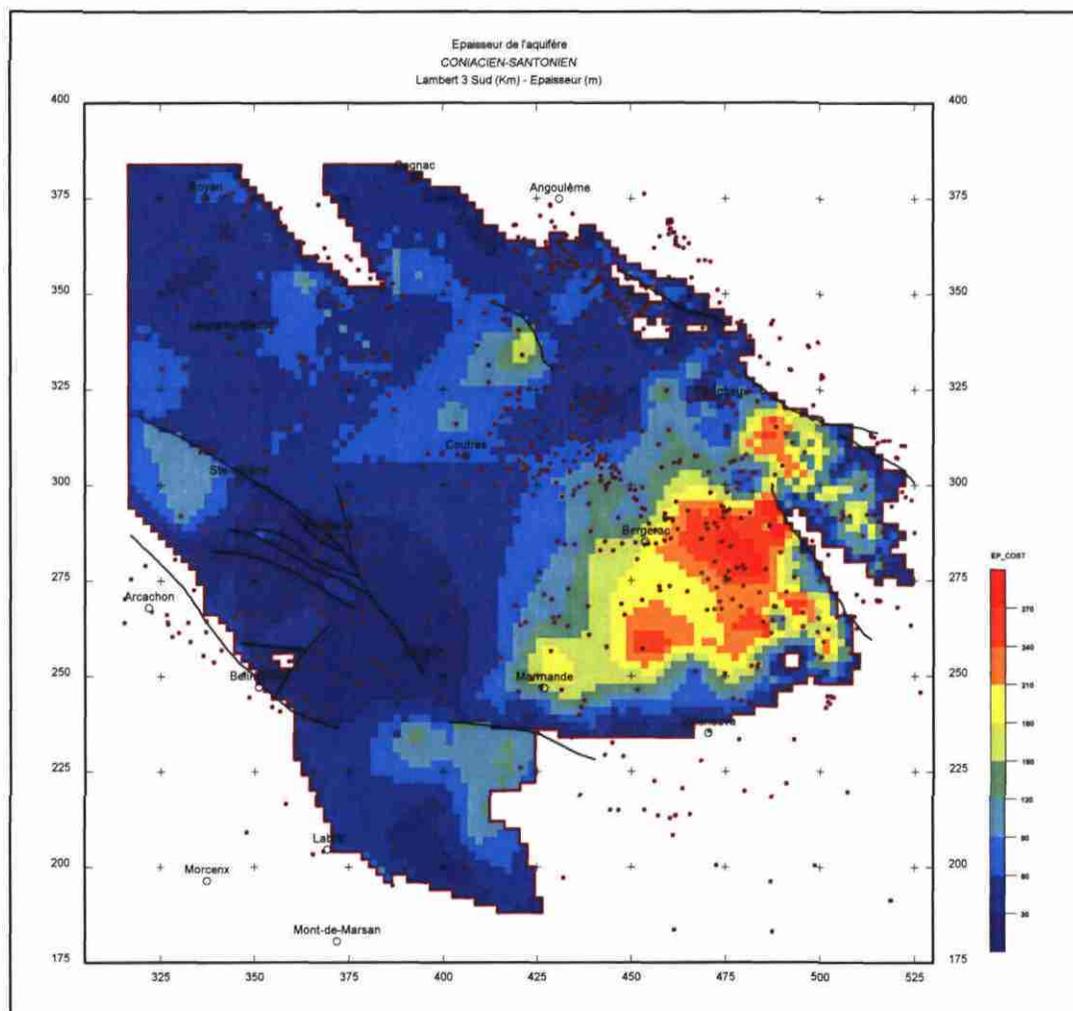


Figure 6 : Epaisseur de l'aquifère Coniacien-Santonien

2.5. AQUIFERE DU CAMPANIEN SUPERIEUR - MAASTRICHTIEN

2.5.1. Géologie

Après la transgression majeure du Campanien inférieur, la mer du Crétacé abandonne progressivement le nord du Bassin aquitain, en conséquence de la forte chute eustatique fini-crétacée et du soulèvement de la plate-forme nord-aquitaine résultant du début de la compression pyrénéenne. Les faciès auparavant distaux crayo-marneux correspondant à des terrains compacts et imperméables, partout présents (éponte EPCS dont la puissance est généralement comprise entre 200 et 380 m, sauf dans le sud où elle se réduit à 50 / 100 m en moyenne. Cf. figure 7) font place au Campanien supérieur à une sédimentation proximale de calcaires bioclastiques ocre vers l'Ouest (*Formations d'Aubeterre, de Mussidan et de Maurens*) et de calcaires gréseux jaunes

plus ou moins massifs vers l'Est en Périgord Noir (*Formations de Lalinde et de Couze*).

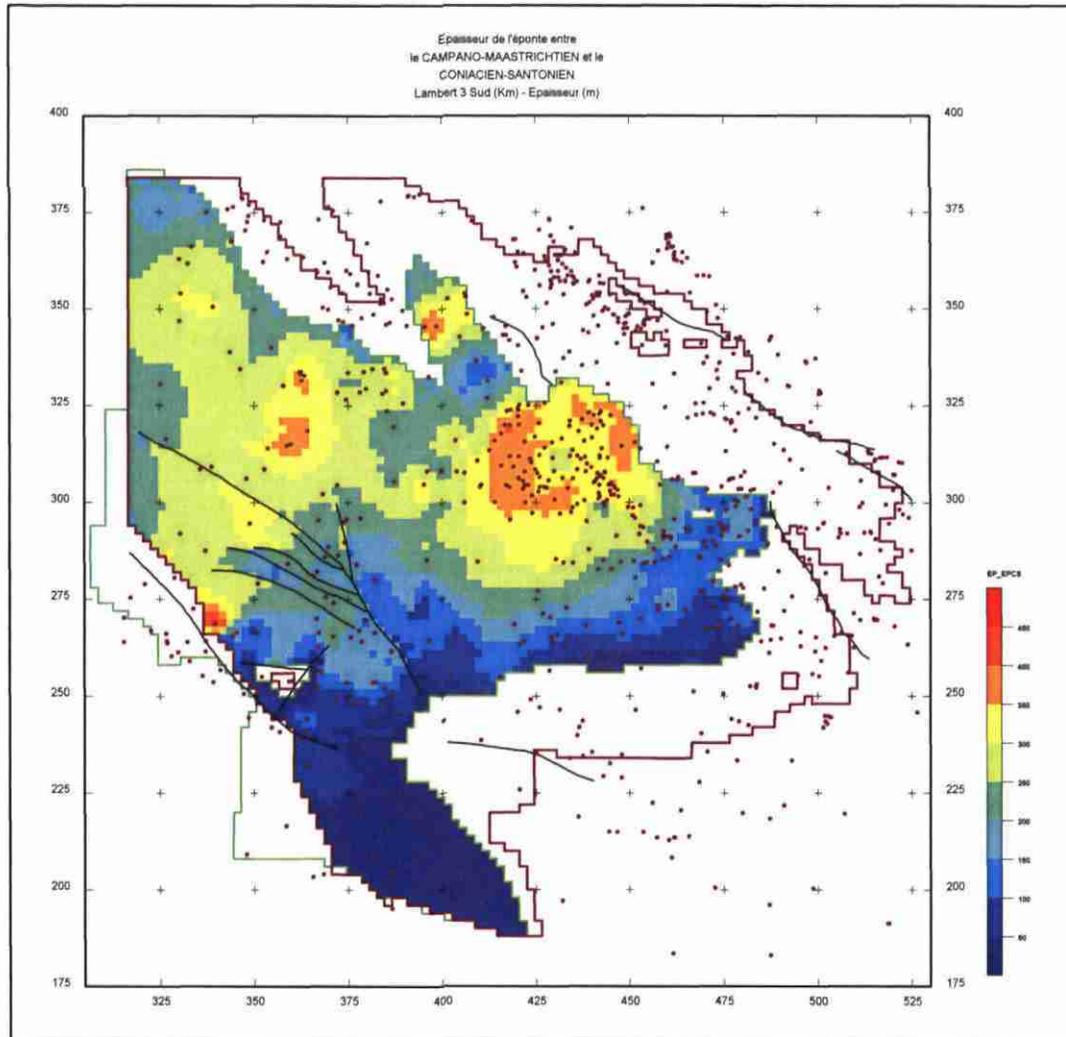


Figure 7 : Épaisseur de l'éponte (EPCS) entre le Coniacien-Santonien et le Campano-Maastrichtien

Dans le secteur du bassin d'Arcachon, le réservoir se complète vers le haut par des calcaires plus ou moins dolomités du Maastrichtien inférieur. Dans le sud de la plateforme, autour de Roquefort et Créon, tout le réservoir est constitué par les seuls calcaires bioclastiques granulaires du Maastrichtien.

Ces terrains qui ont été émergés pendant presque tout le Maastrichtien et le Paléocène ont subi de fortes altérations et/ou érosions et une intense karstification et constituent donc une formation réservoir localement importante.

Dans la région de Bergerac et du Bordelais, cet aquifère constitue le substratum du réservoir de l'Eocène inférieur. L'épaisseur de l'imperméable les séparant étant faible (quelques mètres à 10 mètres), de nombreux forages anciens captent les deux nappes. Globalement, les écoulements de ces nappes sont orientés des zones d'affleurement vers le littoral avec un axe de drainage fortement marqué au droit de la vallée de la Dordogne et un secondaire au droit de celle de l'Isle. Ils sont dirigés du NE vers le SW dans la Double et d'Est en Ouest dans le Landais et au Sud de la Dordogne.

2.5.2. Extension et géométrie de l'aquifère

a) Extension

Les zones d'affleurement de ce réservoir traversent le nord du bassin en diagonale depuis les falaises de Royan et Meschers jusqu'à l'Est de Beaumont-du-Périgord en passant par le bord du synclinal de Barbezieux, le Sud de Ribérac et Mussidan (figure 8). Elles prennent de l'extension au Nord-Est de Bergerac et au Nord du Bugue.

Le réservoir est inexistant dans toute une zone qui couvre la majorité du Lot-et-Garonne et l'est des Landes. Il ne dépasse pas une ligne Monpazier, Miramont-de-Guyenne, Caubon, Bazas.

Dans cette version du modèle, l'extension du réservoir a été considérée jusqu'aux anticlinaux de Roquefort et Créon-d'Armagnac où il arrive à l'affleurement.

L'aquifère s'étend vers le Sud-Ouest sous les formations tertiaires sans différenciation majeure. On le retrouve jusque dans la région de Bordeaux où il est exploité de nombreux forages autour de 500 à 600 m de profondeur.

Alors qu'il affleure ou est très proche de la surface dans l'axe de l'anticlinal de Villagrains-Landiras, il est par contre absent par suite d'une très forte érosion dans son prolongement vers l'ouest dans le secteur de Saint-Magne – Beliet.

b) Géométrie

Le pendage général (1,5 %) abaisse régulièrement le toit du réservoir depuis +150 / 200 NGF dans la zone affleurante jusque vers -410 NGF dans le secteur de Saint-Emilion ; une zone de flexure traverse l'Est de la Double jusqu'à Bergerac avec un pendage nettement plus marqué (4 à 5%). Le synclinal de Barbezieux est bien marqué ainsi que le périclinal de la Clotte (cf. annexe 1.3).

Le toit du Campanien-Maastrichtien atteint sa plus grande profondeur dans l'ouest du Sud-Médoc entre Lacanau et le Bassin d'Arcachon (-750 / -800 NGF), alors qu'il dépasse déjà -550 NGF sous l'agglomération bordelaise.

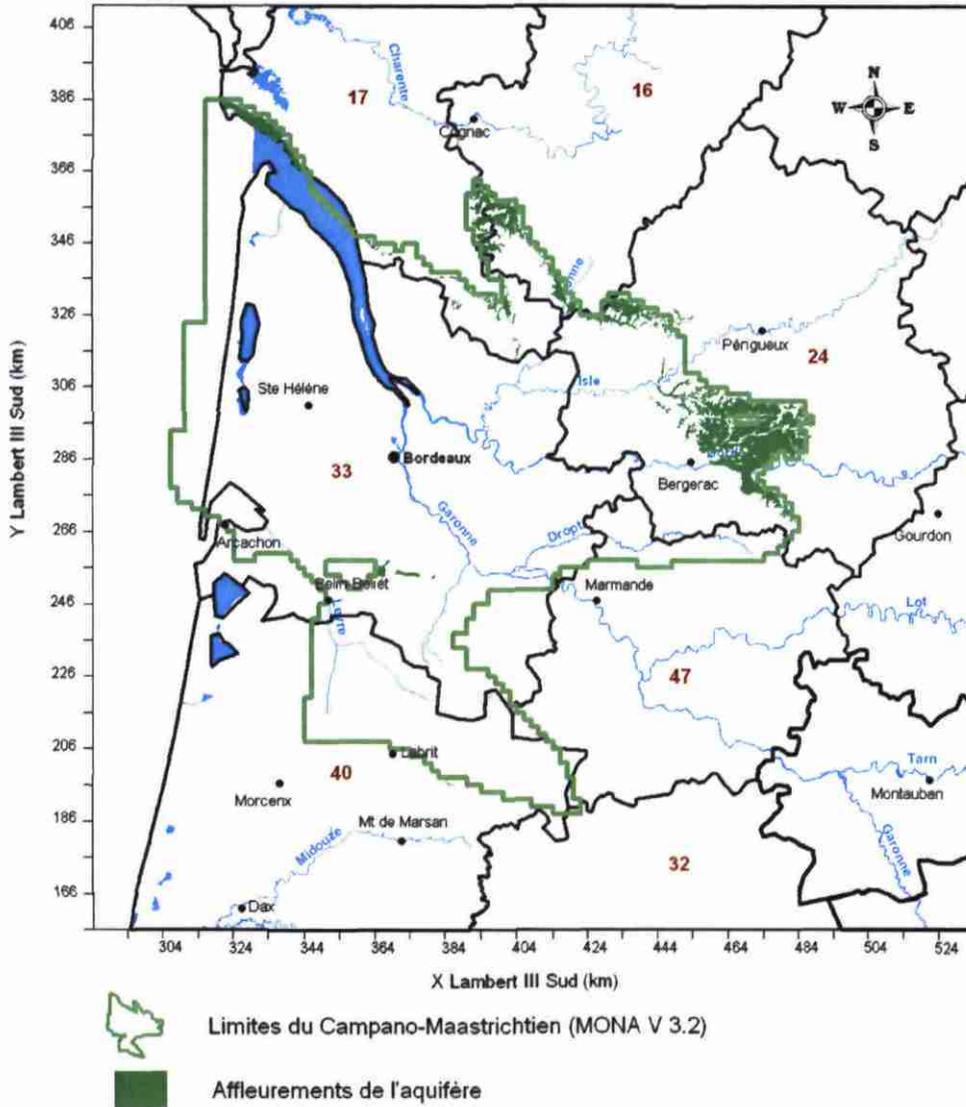


Figure 8 : Localisation des affleurements susceptibles de participer à l'alimentation des parties captives et limites de l'aquifère

Dans le Sud de la plate-forme nord-aquitaine, il culmine dans l'anticlinal de Villagrains-Landiras vers +80 NGF à l'est de la lacune par érosion de Saint-Magne. Les récents sondages de Hostens (*Le Pout* - 08752X0141/F) et de Balizac (*La Houeyte* - 08517X0018/F), réalisés par le SMEGREG, ont apporté des précisions sur le toit de ce réservoir dans le flanc méridional de la structure qui était peu renseigné.

Il s'approfondit très rapidement par failles dans le secteur de Mano – Belhade pour dépasser -700 NGF à l'ouest de Sore et -1 100 NGF vers Pissos. A l'ouest de la RN 10 le réservoir carbonaté disparaît dans les faciès marneux latéraux d'environnement de bassin.

c) Puissance de l'aquifère

Dans le nord-ouest de la plate-forme, le réservoir du Campanien supérieur-Maastrichtien représente un aquifère d'une puissance assez constante de l'ordre de 40 à 60 m généralement, qui peut s'épaissir jusqu'à plus de 120 m au Nord de Bordeaux et dans l'ouest de Bergerac par moindre érosion, ainsi qu'en Périgord Noir par variation de faciès (plus de 150 m), les calcaires bioclastiques apparaissant plus précocement (figure 9).

Les variations de puissance sont plus importantes dans le Bordelais en fonction du découpage structural et de la dolomitisation, passant de moins de 20 m localement à plus de 140 m en quelques dizaines de kilomètres. Le réservoir s'épaissit à plus de 175 m sous le bassin d'Arcachon. Dans le secteur nord de Landes, entre Sore, Commensacq, Lencouacq et Captieux, le réservoir terminal du Crétacé dépasse fréquemment 100 m de puissance.

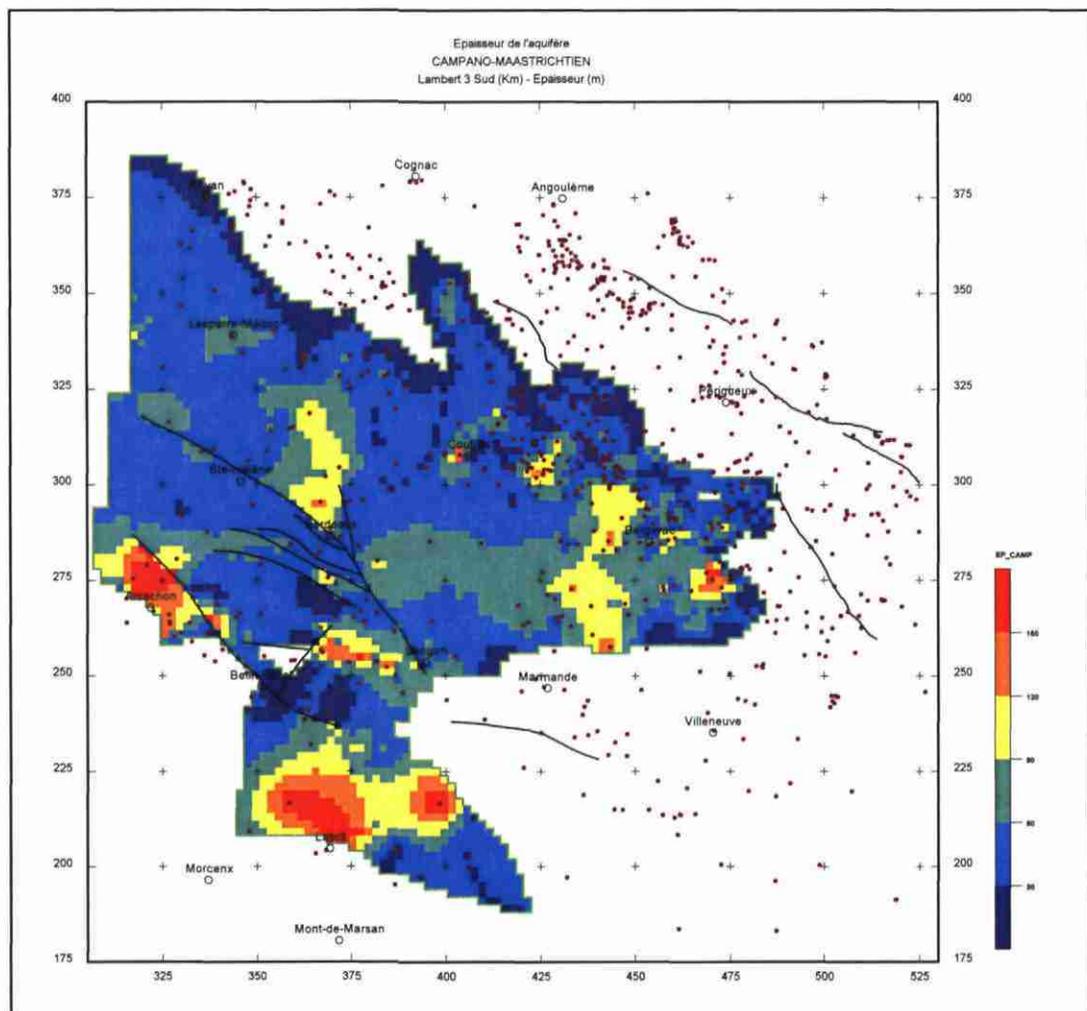


Figure 9 : Epaisseur de l'aquifère Campano-Maastrichtien

2.5.3. Faciès

Dans la majorité du territoire considéré, le réservoir est constitué par des calcaires bioclastiques granulaires jaunes plus ou moins fissurés et karstifiés. En Périgord Noir des grès s'intercalent dans la série de façon de plus en plus fréquente vers l'est de la Dordogne.

Vers l'ouest, une dolomitisation parfois intense affecte certaines parties du réservoir (secteurs du bassin d'Arcachon, du sud Médoc et de l'ouest des Landes).

3. Modélisation des aquifères du Crétacé supérieur³

3.1. ACTUALISATION DU CAMPANO-MAASTRICHTIEN

La géométrie de la couche Campano-Maastrichtien du Modèle Nord-Aquitain a été élaborée avec un maillage constitué de mailles carrées de 5 km de côté au début des années 90 (MONA V1) (Rapports BRGM-R 37322 BOR AQI 93 et R 37361 AQI SP 93) puis révisée (MONA V2) lors de la restructuration du modèle en 1998 (Rapport BRGM R40224). Le passage à une maille carrée plus fine de 2 km de côté (MONA V3) a été réalisé au cours de l'année 1 de la convention régionale « Gestion des Eaux Souterraines en Région Aquitaine » (Rapport BRGM/RP-52602-FR, 2003) par simple interpolation bilinéaire et sans apport de données nouvelles.

L'un des objectifs de cette année 3 était d'actualiser la géométrie localement à partir des connaissances géologiques acquises récemment et d'affiner les limites grâce à la discrétisation plus fine de la dernière version du modèle (MONA V3).

Les limites de la couche ainsi que les zones d'affleurement ont été redéfinies comme prévu suivant la méthodologie décrite ci-après (cf. 3.1.1). En revanche, les imprécisions (notamment à cause de la non prise en compte des failles) de la géométrie de la couche dans le maillage initial (5 km), celles induites lors des interpolations et les importantes modifications à prendre en compte dans le secteur sud Gironde suite aux forages de reconnaissance réalisés récemment, ont conduit à choisir de re-modéliser complètement cette couche plutôt que d'actualiser localement les données. Ce choix a notablement augmenté le temps de travail mais il était le seul à garantir une intégration optimale des dernières données géologiques (cf. 3.1.2) tout en assurant une parfaite cohérence avec les deux couches sous-jacentes à modéliser (Coniacien-Santonien et Turonien). La couche du Campano-Maastrichtien a donc fait l'objet d'un traitement comparable à celui, décrit au chapitre 3.2, des aquifères du Turonien et du Coniacien-Santonien.

3.1.1. Réajustement des limites

L'extension initiale de la couche du Campano-Maastrichtien avait été définie sur un maillage à mailles carré de 5 km de côté avec les imprécisions afférentes (figure 10). Cette actualisation est l'occasion de réajuster la limite sur la base des contours des cartes géologiques et des données de sondages.

³ Hors Cénomaniens

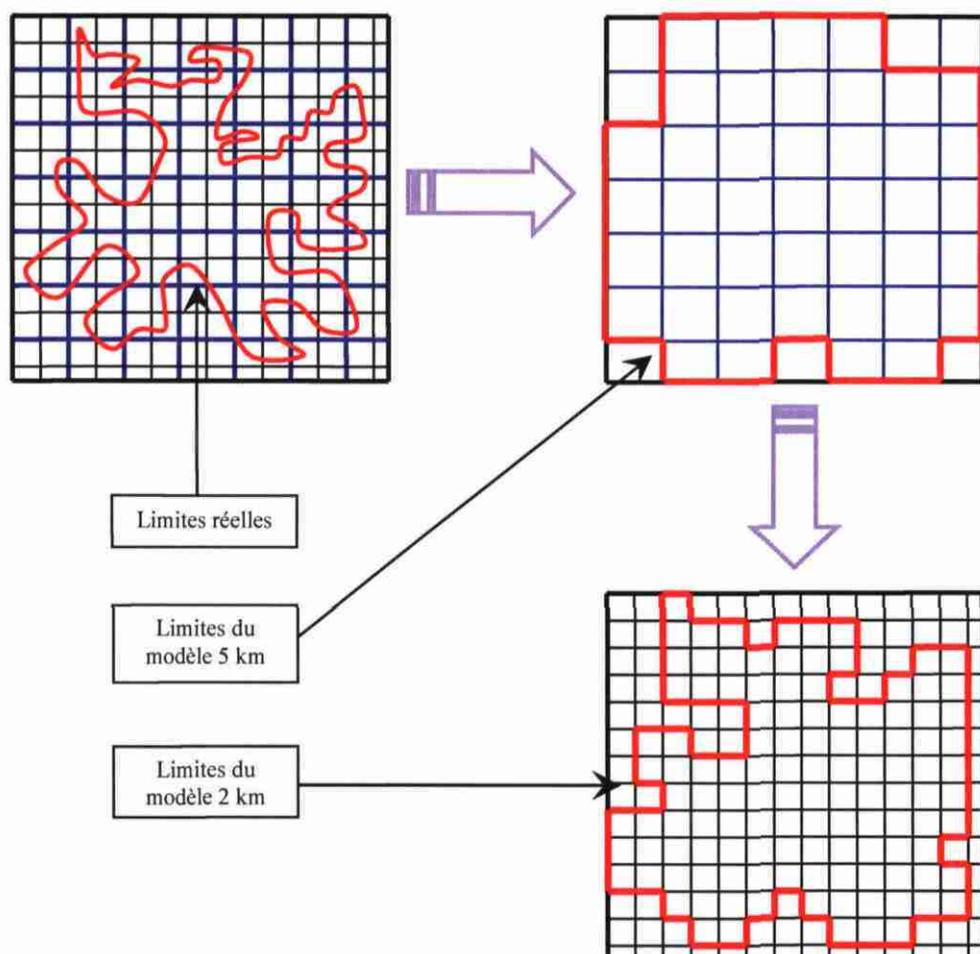


Figure 10 : Illustration de la plus grande précision de représentation des limites avec un maillage plus fin

Ce réajustement de la limite (figure 11) a entraîné la suppression de 251 mailles de 2 km de côté principalement :

- au Nord et à l'Est à proximité des zones d'affleurements,
- au sud-ouest du bassin d'Arcachon, aux abords du bassin de Parentis, où la formation aquifère tend à disparaître par variation latérale de faciès,
- dans le secteur de saint-Magne en Gironde pour représenter la lacune de Crétacé supérieur détectée dans les forages de prospection réalisés par le SMEGREG récemment (cf. 3.1.2).

A l'inverse, 469 mailles ont été créées pour permettre d'appuyer la limite sud de l'aquifère sur la structure anticlinale de Roquefort qui constitue une véritable limite hydraulique de la nappe (contrairement à l'ancienne qui avait été définie

arbitrairement) et pour prolonger l'aquifère au Nord au droit du Synclinal de Barbezieux.

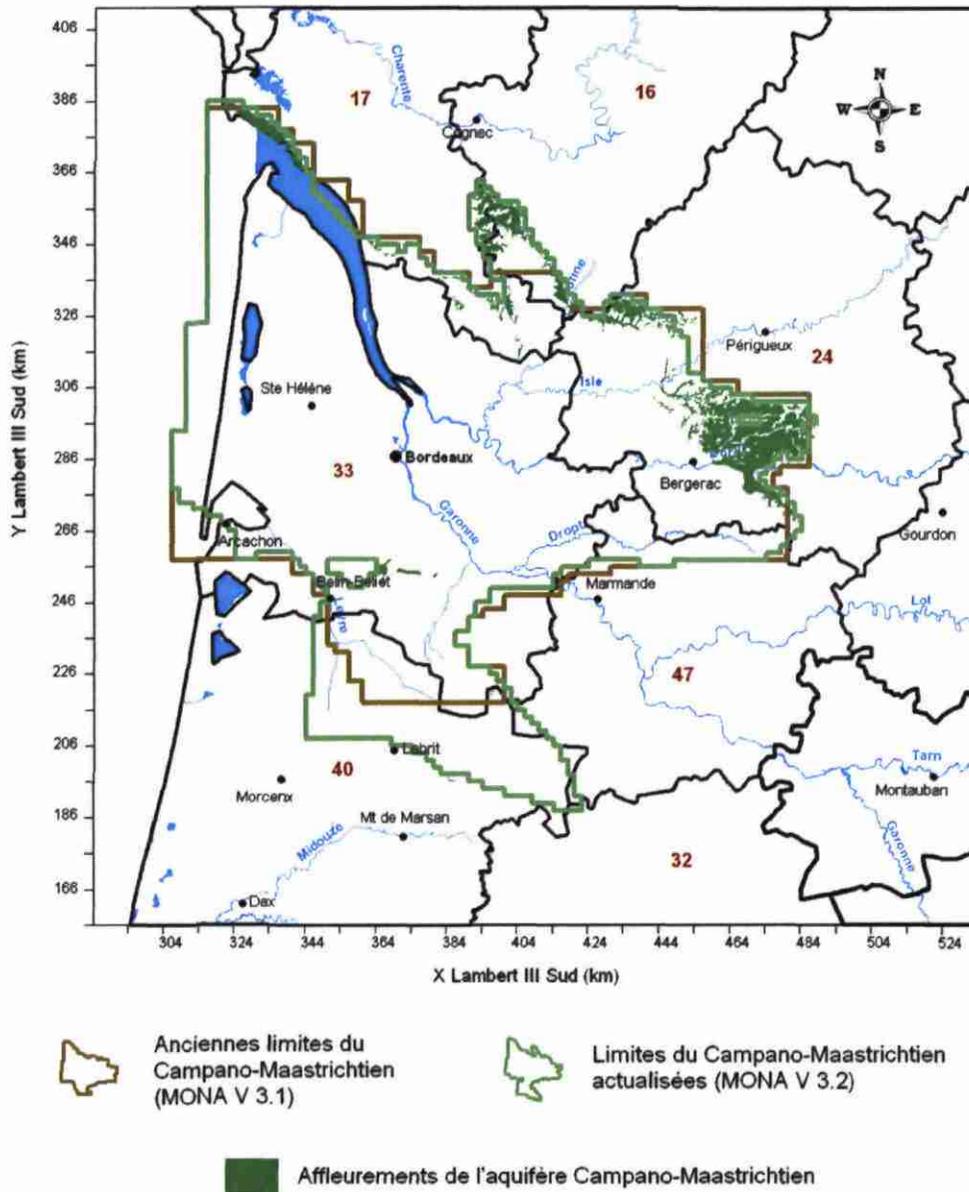


Figure 11 : Comparaison entre les limites actualisées de l'aquifère Campano-Maastrichtien (MONA V3.2) et celles de la version MONA V3.1

3.1.2. Informations géologiques récentes sur le secteur sud Gironde

Le SMEGREG (Syndicat Mixte d'Etudes pour la Gestion de la Ressource en Eau du département de la Gironde) est actuellement en charge d'une étude pour trouver de nouvelles ressources en eau dans le but d'alimenter la région bordelaise. Plusieurs forages de reconnaissance ont été récemment réalisés (2006-2007) dans le sud de la structure anticlinale de Villagrains-Landiras. Ils sont situés à Hostens (08752X0141/F), Balizac (08517X0018/F) et Saint-Magne (08515X0052/F1).

A la demande du SMEGREG, le géologue régional du BRGM a procédé, après examen des faciès sur cuttings et des diagraphies, à la validation stratigraphique des coupes géologiques de ces forages, qui ont apporté des données précieuses sur les profondeurs du toit du réservoir du Maastrichtien et sur les biseaux de formations tertiaires sur le flanc méridional de la structure.

3.2. CONSTRUCTION DU MODELE GEOLOGIQUE DU CRETACE SUPERIEUR⁴

3.2.1. Constitution de la base de données

Sources de données utilisées

Les données géologiques utilisées pour l'élaboration du modèle géologique proviennent des sondages (843 coupes géologiques) extraits de la BSS (Banque des données du Sous-Sol), des contacts géologiques des formations modélisées extraits des cartes géologiques vectorisées à l'échelle 1/50 000, de la grille des murs des couches sus-jacentes au Campano-Maastrichtien (Mur RECO) issues du modèle Nord-Aquitain (MONA V3.1). Cette dernière permet d'assurer la cohérence du modèle géologique à construire avec le modèle existant.

Sur les 843 sondages utilisés pour cette étude, environ 700 coupes géologiques ont été interprétées dans le cadre d'études particulières :

- environ 600 ouvrages dans le cadre de l'étude sur les perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord financée par l'AEAG, le BRGM et les conseils Généraux de Dordogne et de Lot-et-Garonne,
- une centaine de coupes géologiques a été récupérée auprès du Service Géologique Régional de Poitou-Charentes. Ces coupes ont servi à l'élaboration du modèle régional de gestion des nappes du Turonien et du Coniacien-Santonien dans cette région. Ces données ont notamment permis d'assurer la concordance géométrique des deux modèles régionaux dans la zone de recouvrement.

⁴ Hors Cénomaniens

Enfin, environ 150 ouvrages de Gironde et du Nord des Landes, pour la plupart pétroliers, ont été réinterprétés dans le cadre de cette étude pour compléter le travail.

Toutes les données ont fait l'objet d'un codage spécifique, d'une analyse de cohérence et ont été intégrées dans une base Access dédiée (figure 12).

Ouvrir Visualisation/Export ?

BASE DE DONNEES DES FORAGES CAPTANT LES AQUIFERES DU SECONDAIRE

07305X0022 JAU 1

Essentiel pour une Terre durable
brgm

Localisation géographique

Département : Gironde XL2E (m) : 339039
 Commune : JAU-DIGNAC-ET-LOIRAC YL2E (m) : 2050603
 Lieu-dit : JAU 1 Zsol (m) : 7

Observations

Réinterprété, JP.PLATEL 1975
 Révision- Validation 09/1997
 Saisie initiale : 13/01/2006

Lithologie

Prof. début	Prof. fin	Code litho	Des Litho
235	287	CALM	
594	628	CALG	
723	760	CAMI	
780	810	SABG	
1262	1284	CADO	
1284	1308	CADO	
0	0		

Formations Aquifères

Prof. début	Prof. fin	Code form	Des form
235	287	CAMP	
594	628	COST	
723	810	CENO	
1262	1284	BATH	

Navigation

CARTOGRAPHIE

16/01/2006

Figure 12 : Illustration de la base de données "Secondaire" sous Access®

Le MNT de l'IGN (2005) au pas de 50 m a été utilisé pour contrôler l'altitude de tous les forages et assigner la cote des contacts des formations affleurantes issus des cartes géologiques vectorisées. Après rééchantillonnage au pas de 2 km pour correspondre à la maille du modèle Nord-Aquitain, le MNT a permis de représenter la variable TOPO du modèle géologique.

Les principales failles jouant un rôle sur la structuration des réservoirs du Crétacé Supérieur ont été digitalisées, intégrées au SIG et utilisées lors de l'interpolation du toit et du mur des formations.

Gestion des données sous SIG

Toutes les données nécessaires à la modélisation ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique géré par le logiciel MapInfo® en prise avec la base de données Access pour la projection cartographique des forages et le logiciel GDM du BRGM pour la réalisation de coupes et de logs géologiques interactifs (fig. 13).

Une telle base de données permet :

- de disposer d'une source d'informations unique et homogène,
- de faire rapidement des mises à jour,
- de superposer aisément différentes couches de données,
- de disposer de fonctionnalités avancées pour réaliser des opérations complexes (requêtes, analyses thématiques...).

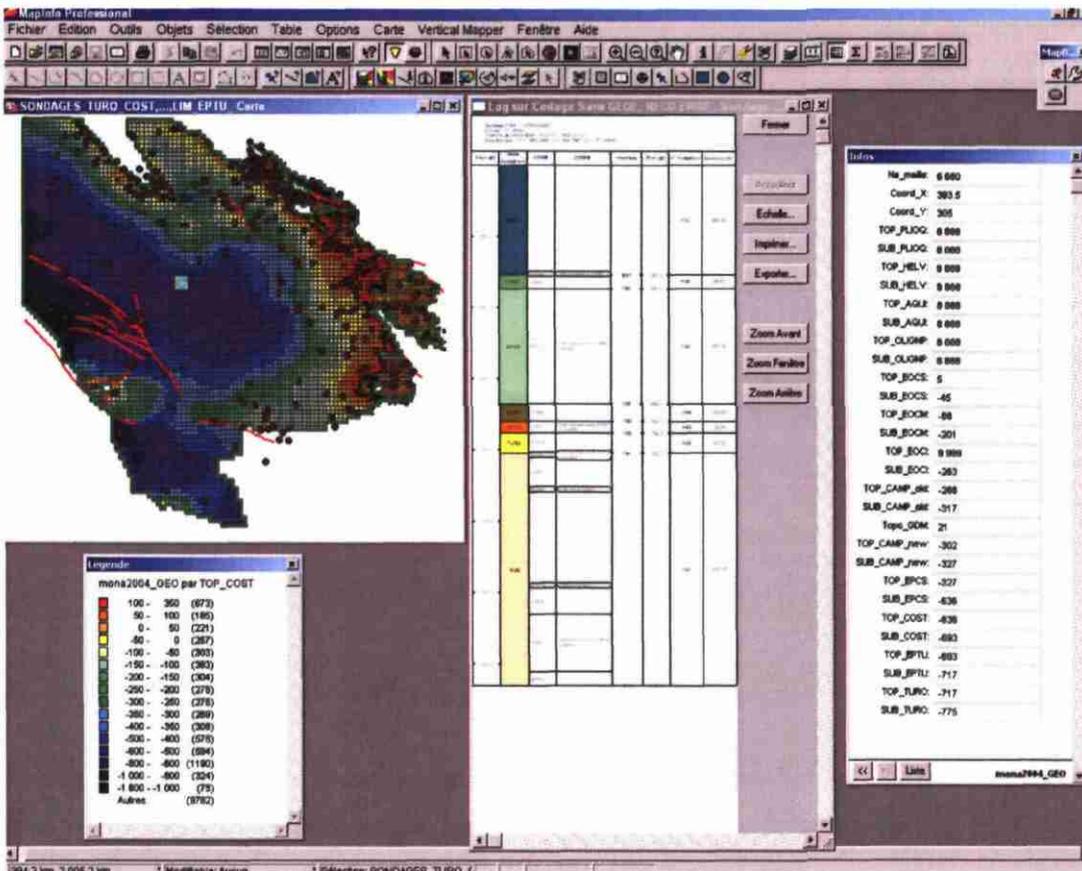


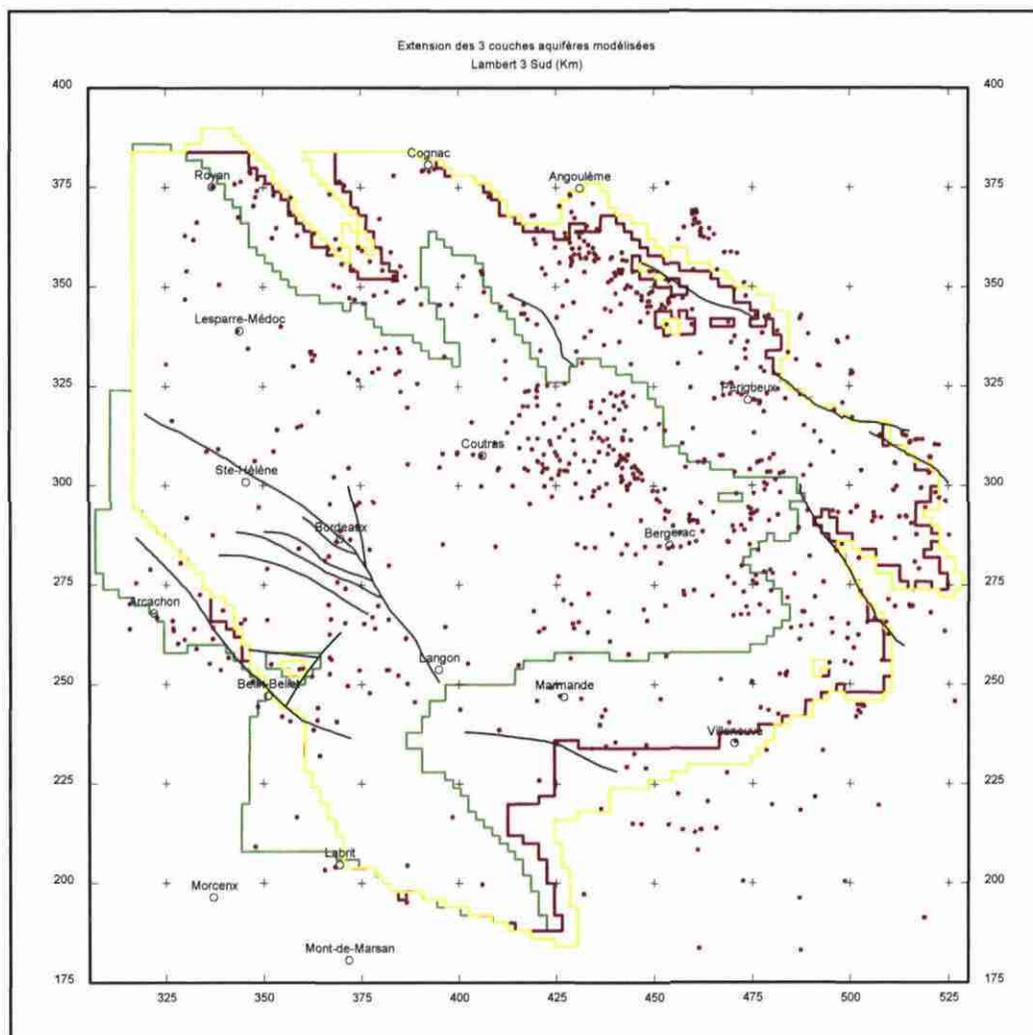
Figure 13 : Illustration du SIG "Modèle TURO-COST-CAMP" sous MapInfo

3.2.2. Elaboration du modèle

Limites des couches

Le travail d'interprétation géologique réalisé à partir des coupes de forages et des zones d'affleurements repérées sur les cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 a permis de définir les limites des différentes couches qui sont présentées sur la figure 14. L'extension de chacune des couches est détaillée au chapitre 1.

Ces limites ont servi de masque d'interpolation pour le calcul des toits et des murs modélisés dans le logiciel Multilayer.



- Limite du Campano-Maastrichtien
- Limite du Coniacien-Santonien
- Limite du Turonien
- Principales failles (utilisées pour la construction du modèle)
- Ouvrages (utilisés pour la construction du modèle)

Figure 14 : Limites d'extension des formations aquifères modélisées

Contrôle préalable des données

Les sondages utilisés proviennent d'extractions de la BSS gérée par le BRGM. Cette base s'appuie principalement sur les déclarations qui sont faites au titre du code minier et accessoirement sur les recensements réalisés dans le cadre d'études ponctuelles menées par le BRGM. A ce titre, les données contenues dans la base ne sont pas toujours fiables. Pour construire un modèle géologique fidèle à la réalité, il importe que les coordonnées et la cote altimétrique des ouvrages soient correctes.

Le MNT de l'IGN (2005) au pas de 50 m a été utilisé pour contrôler l'altitude de tous les forages. Une soixantaine d'ouvrages présentait un écart entre le MNT et l'altitude saisie en base de plus de 15 m. Chacun de ces forages a fait l'objet d'une vérification pour déterminer la cause de l'écart observé :

- pour la moitié d'entre eux, l'erreur provenait d'une erreur de saisie de la cote altimétrique dans la BSS,
- pour un quart d'une mauvaise localisation de l'ouvrage (un écart de 10 km a été observé sur un point). Dans ce cas, il a été repositionné à partir des cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000, du lieu-dit et de la connaissance que le BRGM peut avoir de ces ouvrages.
- pour un quart d'une imprécision du MNT dans les secteurs à fortes dénivellation. Dans ce cas, la valeur indiquée en BSS a été conservée.

Un contrôle de cohérence sur les coupes de forages provenant de différentes sources est venu en complément. Celui-ci était nécessaire pour valider les interprétations faites par chaque géologue avant l'introduction des données dans le logiciel de modélisation géologique. Le contrôle a porté sur la comparaison des forages distants de moins de 2 km (taille de la maille). Le but était de détecter des variations anormales d'épaisseurs ou de cotes du toit et/ou du mur des formations et de les vérifier.

Construction

Le modèle géologique a été élaboré à l'aide du logiciel GDM, développé par le BRGM, et de son composant de modélisation géologique multicouche Multilayer. Ce logiciel permet d'interpoler des surfaces et de les combiner tout en assurant un contrôle de cohérence (ou contrôle des inégalités générées) lors des interpolations (non respect des données de forages ou des contacts géologiques à l'affleurement, croisement des surfaces.....). Il permet de construire un modèle 3D cohérent respectant les différentes données physiques fournies en entrée.

Le modèle géologique prend en compte les épontes présentes entre les 3 aquifères. La limite supérieure du modèle a été contrainte à l'aide des grilles de valeurs du mur de l'éocène inférieur ou des formations sus-jacentes lorsqu'il est absent (cas de l'anticlinal de Villagrains-Landiras par exemple) issues du modèle Nord-Aquitain en version **MONA V3.1-2003**. La grille résultante constitue le mur du RECO (formations de recouvrement) de la pile stratigraphique des formations modélisées décrite ci-après.

PILE STRATIGRAPHIQUE MODELISEE
 C:\Travail\AQUIF\GDM_MLY\WONA3_Avec_Geol.mly

Formation	Surf. type	Description	Surf. name	n° FORM
RECO	EROD	Recouvrement Tertiaire	M07	F07
CAMP		Aquif Campanien	T05	F06
EPCS		Epointe Top Coniacien-Santonien	T04	F05
COST		Aquif Coniacien-Santonien	T03	F04
EPTU		Epointe Top Turonien	T02	F03
TURO		Aquif Turonien	T01	F02
SUB		Substratum du TURO		F01

Figure 15 : Pile stratigraphie des formations modélisées

Les variables suivantes ont été modélisées dans le projet Multilayer :

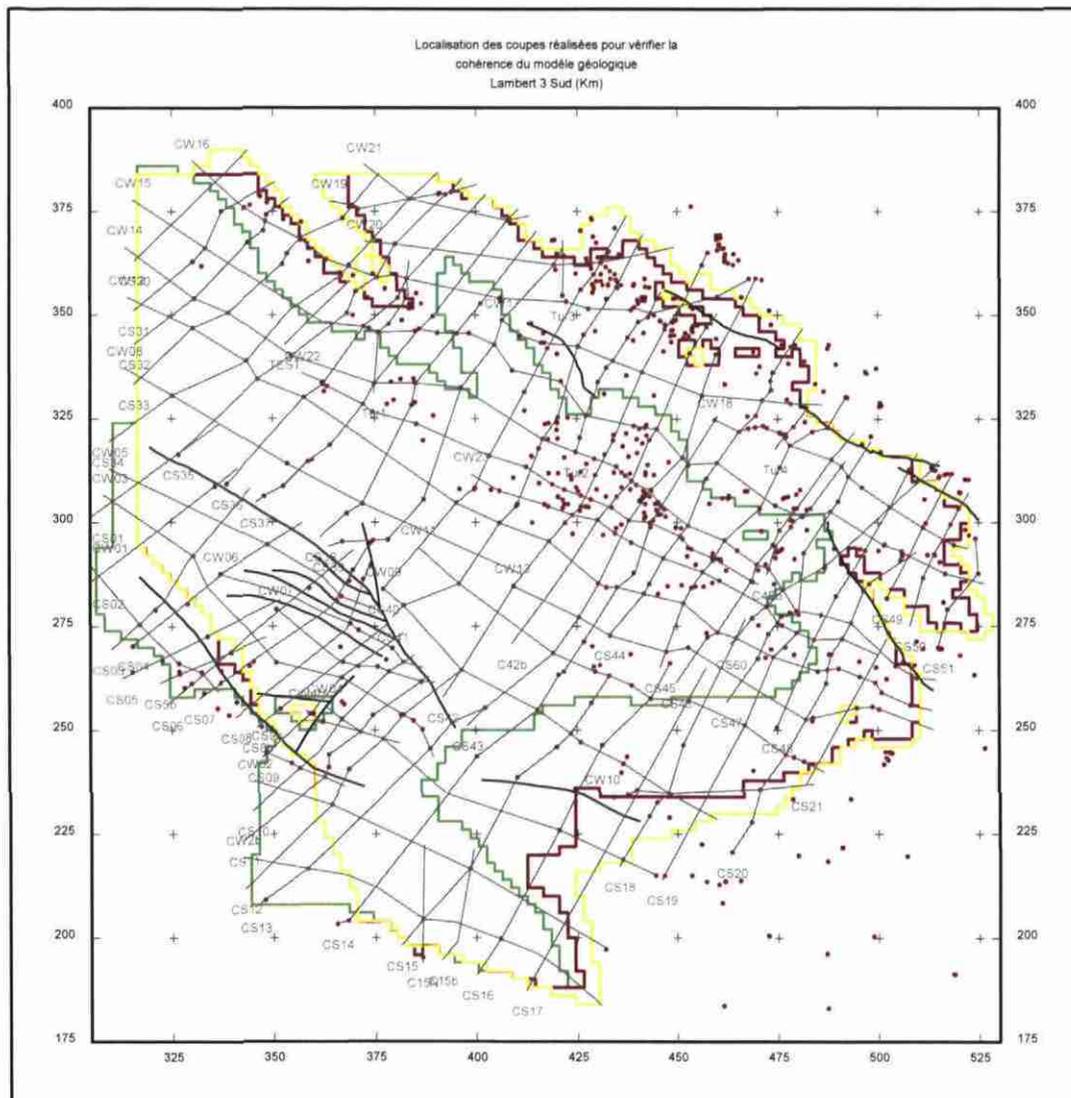
- M07 (base du RECO) → toit du CAMP là où le Campano-Maastrichtien est présent
- T05 (Toit de EPCS) → donne également la base du CAMP
- T04 (Toit du COST)
- T02 (toit du TURO)
- T01 (toit du substratum = base du TURO)

Pour représenter le plus fidèlement possible l'épointe EPTU dont les contours ont été délimités préalablement (cf. Chapitre 1) et dont l'épaisseur est relativement faible (souvent inférieure à 10 m), cette couche a été modélisée par son épaisseur. La variable Toit de EPTU (T03, qui donne la base du COST) est déduite de la variable Toit du TURO (T02) par ajout de l'épaisseur de EPTU, lue sur une grille extérieure calculée à partir d'un projet MultiLayer spécifique dédié.

Principe général de modélisation :

- on part des données « exactes » où le toit et/ou le mur d'une formation ont été reconnus,
- à partir des données exactes (sondages + points de recoupement de la carte géologique) on réalise une interpolation au droit de chaque donnée et on vérifie si les contraintes d'inégalité sont respectées : par exemple pour un sondage se terminant dans le TURO, la base du TURO (T01) calculée doit passer sous la fin du forage. Réciproquement pour un sondage débutant dans le TURO, la cote du toit du TURO (T02) interpolée en ce point doit passer au-dessus du

début du forage (ce TURO étant ensuite supposé « raboté » par la TOPO considérée comme variable érodante).



- Limite du Campano-Maastrichtien
- Limite du Coniacien-Santonien
- Limite du Turonien
- Principales failles (utilisées pour la construction du modèle)
- Ouvrages (utilisés pour la construction du modèle)
- CW 00 Coupes réalisées dans la géométrie du modèle

Figure 16 : contrôle de cohérence du modèle à l'aide de coupes

- lorsque ces inégalités ne sont pas respectées, il faut ajouter des points de contrainte de façon à respecter les structures géologiques et les variations connues des épaisseurs des formations. Ce travail se fait à partir de l'expertise du géologue et de visualisations en plan et en coupe sur lesquelles sont reportés les éléments connus : logs des forages, épaisseurs et cote des formations, coupes interpolées.
- le travail se fait ainsi pas à pas, interface par interface.
- les interpolations sont réalisées par krigeage avec variogramme linéaire isotrope. Une analyse géostatistique a mis en évidence une anisotropie assez nette. Toutefois cette anisotropie n'est pas de même nature et orientation selon la localisation (avec notamment de très forts plongements au sud). Afin de ne pas biaiser les calculs et après avoir effectué différents essais, un modèle isotrope a été retenu pour l'interpolation.
- Une fois toutes les contraintes d'inégalités respectées, les différentes surfaces modélisées sont combinées automatiquement entre elles en fonction de leur caractère « érosif » ou « déposant » et avec la variable TOPO. Cette combinaison permet d'obtenir un modèle multicouche parfaitement cohérent.
- l'ensemble du modèle est ensuite contrôlé par le tracé de coupes sériées systématiques orientées N45 N135 (figure 16 et 17). De plus, des cartes des épaisseurs sont tracées, et les anomalies résiduelles sont corrigées lorsque cela est possible.

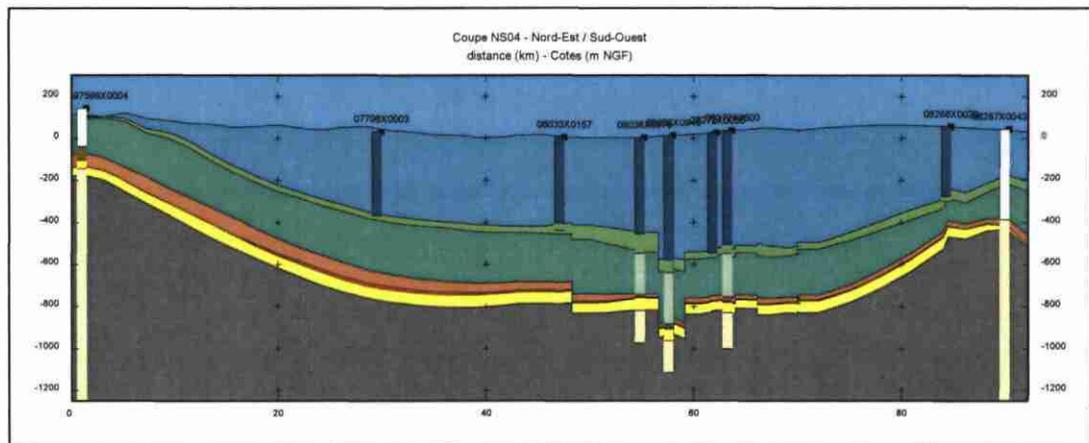


Figure 17 : Exemple de coupe verticale réalisée dans la géométrie du modèle

Les cartes finales des toits et murs des formations aquifères modélisées dans Multilayer figurent en annexe 1. Les cartes des épaisseurs des couches et des épontes se trouvent au chapitre 1 de ce rapport. Une sélection de coupes réalisées dans la géométrie du modèle est présentée en annexe 2.

Une visualisation 3D du modèle géologique, réalisée grâce au visualiseur Paraview, complète l'analyse de cohérence (figure 18). Des illustrations 3D supplémentaires du modèle géologique final sont présentées en annexe 3.

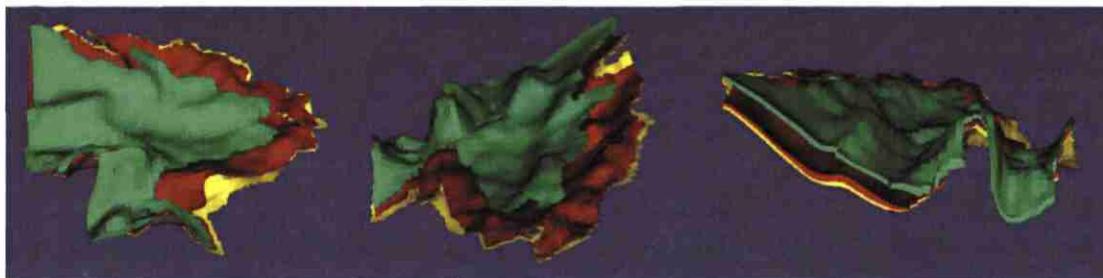


Figure 18 : Exemple de visualisation 3D du modèle géologique final
Campano-Maastrichtien en vert, Coniacien-Santonien en marron et Turonien en jaune

Intégration au modèle hydrodynamique

Ces toits et murs ont été implémentés dans le modèle hydrodynamique via l'interface graphique Winmarthe du logiciel de modélisation MARTHE (Modélisation d'Aquifères par maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements). Celle-ci permet également un contrôle de cohérence géométrique qui a servi d'ultime vérification (figure 19).

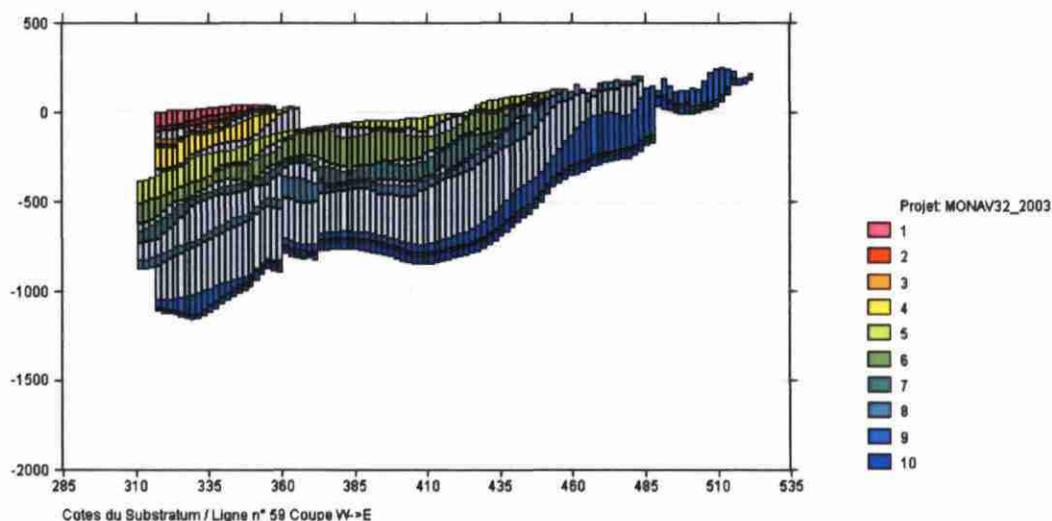


Figure 19 : Exemple de coupe verticale de contrôle réalisée à l'aide du logiciel Marthe

Outre la géométrie des couches, toutes les conditions aux limites du modèle (charges, flux imposés, flux nuls, conditions d'échanges Nappe-Estuaire (couche du Campano-Maastrichtien) et cotes de débordements) ont été introduites dans le modèle hydrodynamique géré sous Marthe en se basant, en première approche, sur les paramètres des anciennes couches du Campano-Maastrichtien et du Turonien-

Coniacien-Santonien. Il en est de même pour les paramètres hydrodynamiques (perméabilités et coefficients d'emmagasinement), la recharge et les prélèvements. Ces paramètres serviront de point de départ pour la phase de calage et seront réajustés ou remplacés (cas des prélèvements) au cours du travail qui sera mené en année 4.

Cette approche a permis de faire un premier « RUN » avec le modèle et d'établir un premier contrôle de cohérence (convergence, bilans des débits, fonctionnement du réseau hydrographique Estuaire...). Il n'y a pas eu d'erreur détectée. Malgré l'absence de calage sur les nouvelles couches, les critères de convergence du modèle Nord-Aquitain sont toujours respectés.

3.3. AFFECTATION DES PRELEVEMENTS DANS LE TURONIEN ET LE CONIACIEN-SANTONIEN

Le travail d'affectation des prélèvements à chacune des deux couches du Turonien et du Coniacien-Santonien n'a été réalisé que partiellement. L'inventaire des ouvrages et des prélèvements sur ces nappes dans le cadre de l'étude sur les nappes du secondaire en Agenais-Périgord, sur lequel s'appuie le travail de ce module, n'est pas encore totalement finalisé. L'introduction des prélèvements dans le modèle hydrodynamique sera effectuée avant la phase de calage prévue en année 4. Le rapport de l'année 4 rendra compte du travail finalisé.

L'inventaire réalisé lors de la dernière actualisation du modèle Nord-Aquitain (Rapport BRGM/RP-54220-FR) en 2005 recensait 188 ouvrages captant l'une et/ou l'autre des nappes du Turonien-Coniacien-Santonien sans distinction. Une première affectation hydrogéologique de ces ouvrages a été effectuée à partir de la profondeur des crépines (partie considérée comme aquifère) et de la stratigraphie revue et corrigée. L'affectation des ouvrages ne disposant pas de coupes géologiques et techniques a été réalisée par un géologue à partir de la profondeur de l'ouvrage.

A l'heure actuelle, la répartition des **188 forages** avec des valeurs de prélèvements se fait comme suit :

- 23 forages captent le Turonien,
- 42 forages captent le Coniacien-Santonien,
- 100 forages captent les deux réservoirs,
- 20 captent un des deux réservoirs + un autre aquifère,
- 3 captent les deux réservoirs + un troisième aquifère.

Pour les forages captant deux formations, les volumes ont été affectés arbitrairement pour moitié à chacune d'elles. La même logique a été adoptée lorsqu'un forage recoupe trois aquifères.

Au total, le cumul des prélèvements recensés dans le Turonien et le Coniacien-Santonien aboutit en 2003 à **26,13 millions de m³** (figure 20). Le recensement actuellement en cours permettra vraisemblablement d'obtenir un volume total prélevé dans ces nappes nettement plus conséquent notamment grâce au recueil de données sur les nombreuses sources exploitées en Dordogne qui échappaient jusqu'à présent aux inventaires.

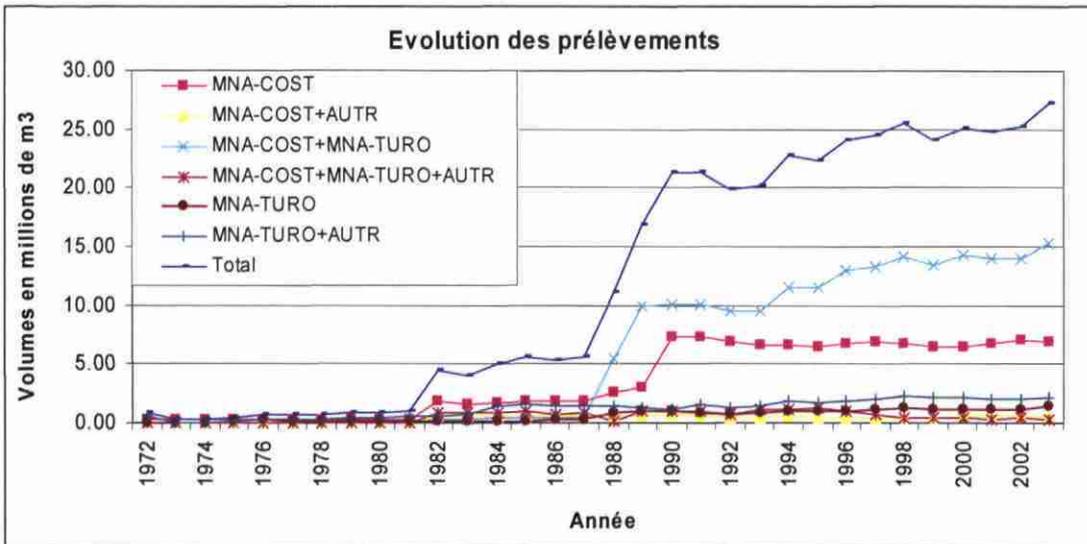


Figure 20 : Evolution des prélèvements dans le Turonien et le Coniacien-Santonien de 1972 à 2003

L'exploitation des nappes du Turonien et du Coniacien-Santonien n'a cessé d'augmenter depuis 1972 avec un net accroissement à la fin des années 80 où le volume prélevé dans ces nappes a été multiplié par 4 en l'espace de quelques années. Depuis, l'augmentation des volumes prélevés se poursuit mais de façon moins marquée.

En 2003, plus de la moitié des volumes étaient prélevés par des ouvrages captant à la fois le Turonien et le Coniacien-Santonien. Ces ouvrages, bien souvent à usage agricole, sont situés dans le nord de la Dordogne et le sud de la Charente où les réservoirs sont en contacts en raison de l'absence de l'éponte EPTU (cf. Chapitre 1).

L'aquifère Turonien est rarement exploité seul. Les forages le sollicitent généralement avec le Coniacien-Santonien ou avec les aquifères sous-jacents du Cénomaniens et/ou du Jurassique.

4. Affinage du calage des couches de l'Oligocène et de l'Eocène

4.1. RAPPEL

Le calage des trois couches éocènes et de l'Oligocène a été effectué en année 2 de la convention régionale sur 112 chroniques piézométriques (37 dans l'Oligocène, 6 dans l'Eocène supérieur, 53 dans l'Eocène moyen et 16 dans l'Eocène inférieur). La très grande majorité de ces chroniques est bien reproduite en phase, en amplitude, en pente et en niveau. Cette constatation visuelle est confortée par l'évaluation statistique du calage réalisée sur ces chroniques (hormis celles de l'Eocène supérieur en nombre insuffisant). Elle ne montre pas de biais significatifs sur les périodes considérées. De plus, l'analyse de l'écart type des écarts au cours du temps indique que la précision du modèle ne se dégrade pas et tend même à s'améliorer.

Au niveau spatial, les piézométries de l'Oligocène et de l'Eocène moyen sont également bien restituées. Les grandes figures d'écoulement (dômes, dépressions...) sont bien reproduites.

Dans le détail, quelques chroniques, dans des secteurs bien identifiés, ne présentent pas des résultats satisfaisants. C'est pourquoi, dans le cadre de cette année 3, une optimisation du calage (dans la mesure du possible) sur ces chroniques a été proposée.

Le logiciel supportant le modèle est le logiciel MARTHE développé par le BRGM (actuellement version 6.6 de décembre 2006).

La version du modèle actuellement opérationnelle est la MONA V3.1-2003. Les écoulements sont simulés au sein des 9 couches aquifères en régime transitoire sur la période 1973-2000 avec un pas de temps annuel. Un régime permanent initial en 1972 permet d'initialiser le modèle.

4.2. OPTIMISATION DU CALAGE

Dans le cas du travail présenté dans ce rapport, l'optimisation du calage sur quelques secteurs des trois couches éocènes et de celle de l'Oligocène s'appuie sur un socle existant : le calage réalisé en année 2 de la convention régionale (MONA V3.1-2000).

La période d'optimisation du calage retenue s'étend de 1972 à 2000 (29 ans) et celle de validation du modèle sur 3 ans de 2001 à 2003 (date de la dernière actualisation des données).

L'optimisation a été effectuée en privilégiant la comparaison par points de mesures. La procédure de calage suivie est illustrée par la figure 21.

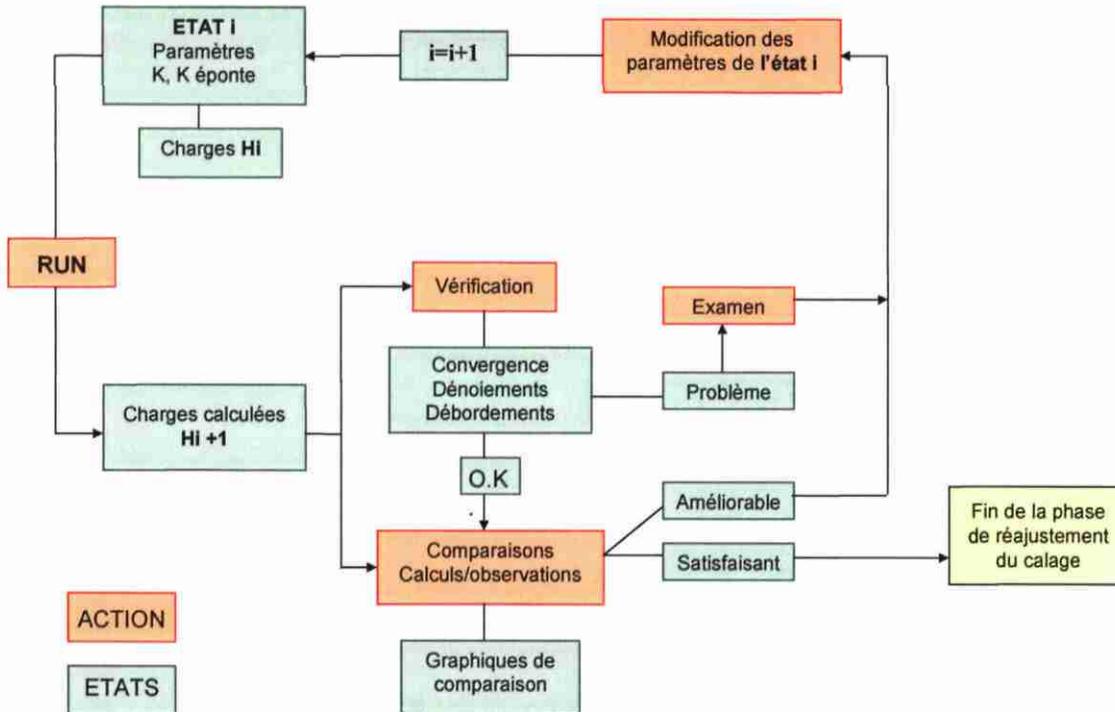


Figure 21 : Procédure de calage

La validation du modèle (2001-2003) a été réalisée visuellement par comparaison des chroniques de référence observées et simulées.

4.3. OLIGOCENE

4.3.1. Zone littorale

La reprise du calage dans ce secteur sur les chroniques de Carcans, de Lacanau et du Porge a permis une amélioration sensible. Elles sont notamment mieux reproduites en termes de pente et de niveau. La précision sur les amplitudes de variation et la phase est plus difficile à apprécier à cause des discontinuités importantes de mesures (antérieures à 1996) sur les chroniques piézométriques (figure 22).

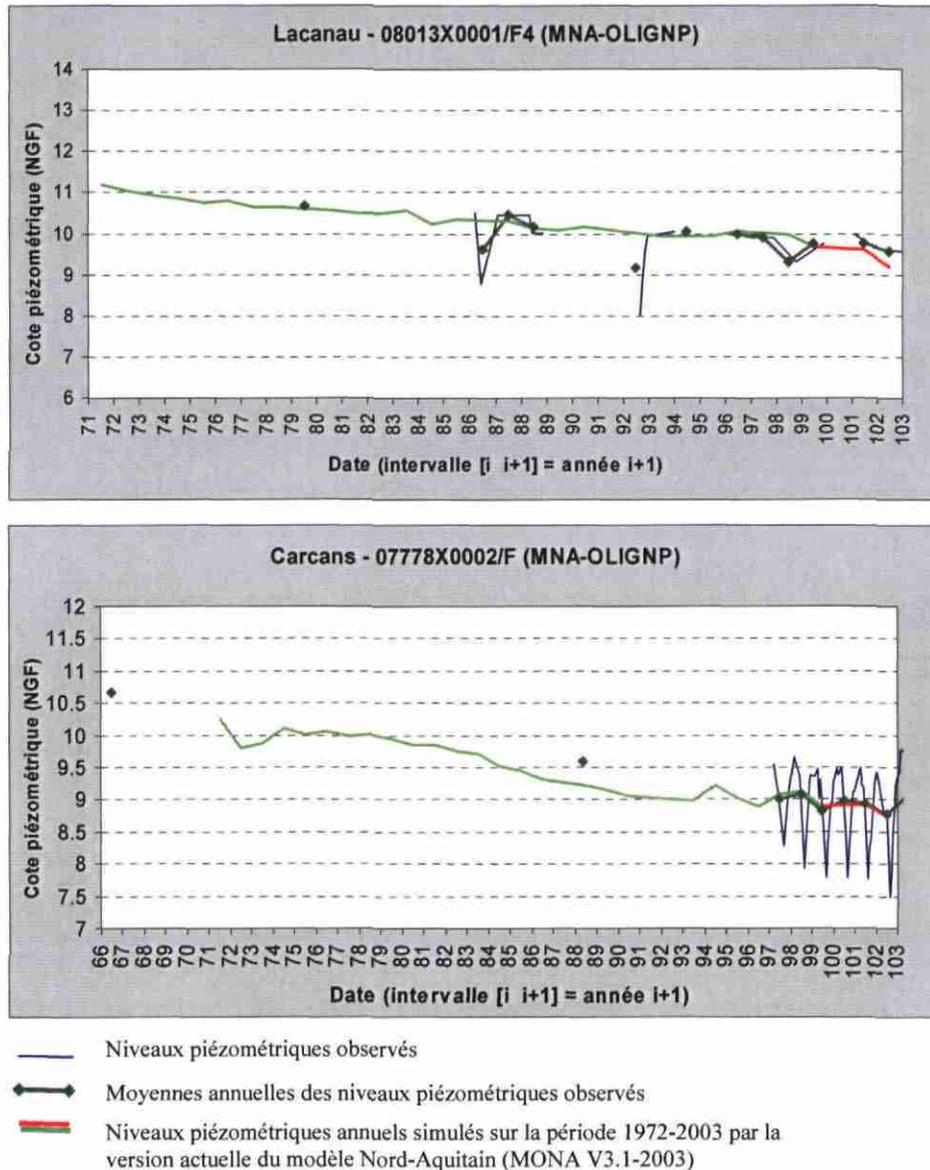


Figure 22 : Résultats du calage de l'Oligocène dans la zone littorale sur les chroniques mal restituées après optimisation

4.3.2. Secteur bordelais en bordure de Garonne

Dans ce secteur, la reprise du calage n'a pas permis d'amélioration notable. La nappe est libre à semi-captive et les interactions avec le réseau hydrographique superficiel sont importantes. L'utilisation de potentiels imposés pour représenter la Garonne au sud de Bordeaux ne permet pas de reproduire correctement les amplitudes de variations de la piézométrie observées sur les ouvrages (figure 23) même si le niveau moyen est à peu près respecté.

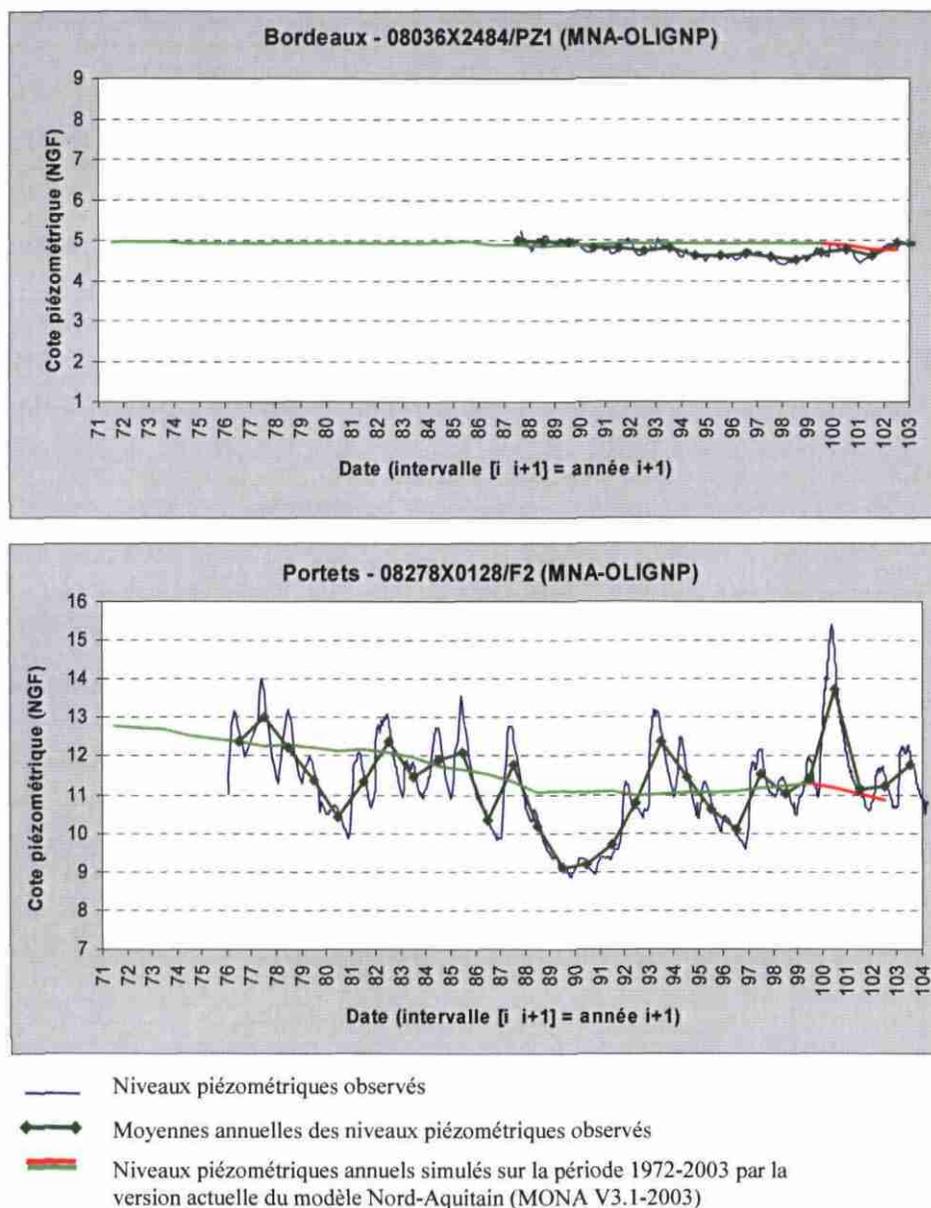


Figure 23 : Résultats du calage de l'Oligocène dans le secteur bordelais sur les chroniques mal restituées après optimisation

Un essai a été réalisé en introduisant une condition d'échange nappe-rivière le long de la Garonne et en faisant fluctuer le niveau du cours d'eau à chaque pas de temps. Cette méthode, lourde à mettre en œuvre, permet d'obtenir un meilleur résultat en termes de restitution des amplitudes de variation sur le forage de Portets (08278X0128/F2) par exemple mais il est obtenu au détriment de la qualité du calage sur les ouvrages à proximité. La taille des mailles ne permet pas de restituer fidèlement la zone d'influence de la Garonne sur la piézométrie de la nappe. Cette solution n'a donc pas été retenue.

Cette zone est également soumise au dénoyage progressif du réservoir ce qui induit des changements d'états (captif, libre) difficiles à contrôler avec la taille des mailles (2 km) et le pas de temps (annuel) utilisés dans le modèle.

Ces difficultés sont inhérentes à la vocation de gestion régionale du modèle Nord-Aquitain. Pour améliorer réellement le calage sur ces quelques chroniques et répondre précisément à des objectifs de gestion locale, il serait nécessaire d'introduire un modèle gigogne.

4.4. EOCENE

Le calage des couches de l'Eocène moyen et inférieur a bénéficié du grand nombre de chroniques piézométriques disponibles (respectivement 53 et 16). Le modèle est donc bien contraint par les données ce qui explique la très bonne restitution piézométrique obtenue sur la grande majorité du domaine modélisé. Seules quelques chroniques du Médoc et de la zone entre Libourne et Coutras sont moins bien reproduites. L'optimisation du calage a donc été consacrée à ces deux secteurs. Le résultat obtenu dans le Médoc est présenté ci-dessous. En revanche, et malgré les efforts, il n'a pas été possible d'optimiser le calage dans le secteur de Coutras.

4.4.1. Zone médocaine

Les chroniques de calage situées dans l'Eocène inférieur et moyen à proximité de l'estuaire sont bien reproduites en pente et en niveau (figure 24). En revanche, les amplitudes de variation observées sur les mesures ne sont pas parfaitement restituées malgré la gestion des conditions d'échanges Nappe – Estuaire à proximité.

L'optimisation du calage a permis d'améliorer quelque peu la sensibilité du modèle dans ce secteur mais les chroniques piézométriques sont souvent peu étoffées ce qui relativise l'estimation faite de la qualité du calage.

Comme pour l'Oligocène dans la zone bordelaise, la taille des mailles, le pas de temps (annuel) et la complexité des échanges entre la nappe et l'estuaire limitent les possibilités d'obtenir une restitution plus fine. Les résultats obtenus sont cependant tout à fait satisfaisants. Afin de mieux comprendre les interactions entre les nappes de l'Eocène et l'estuaire de la Gironde, un modèle local a été développé dans le cadre de l'année 3 du module 2 « Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde » de la convention régionale. Les résultats de ce modèle local permettront peut être d'affiner les conditions d'échanges Nappe-Estuaire du modèle régional.

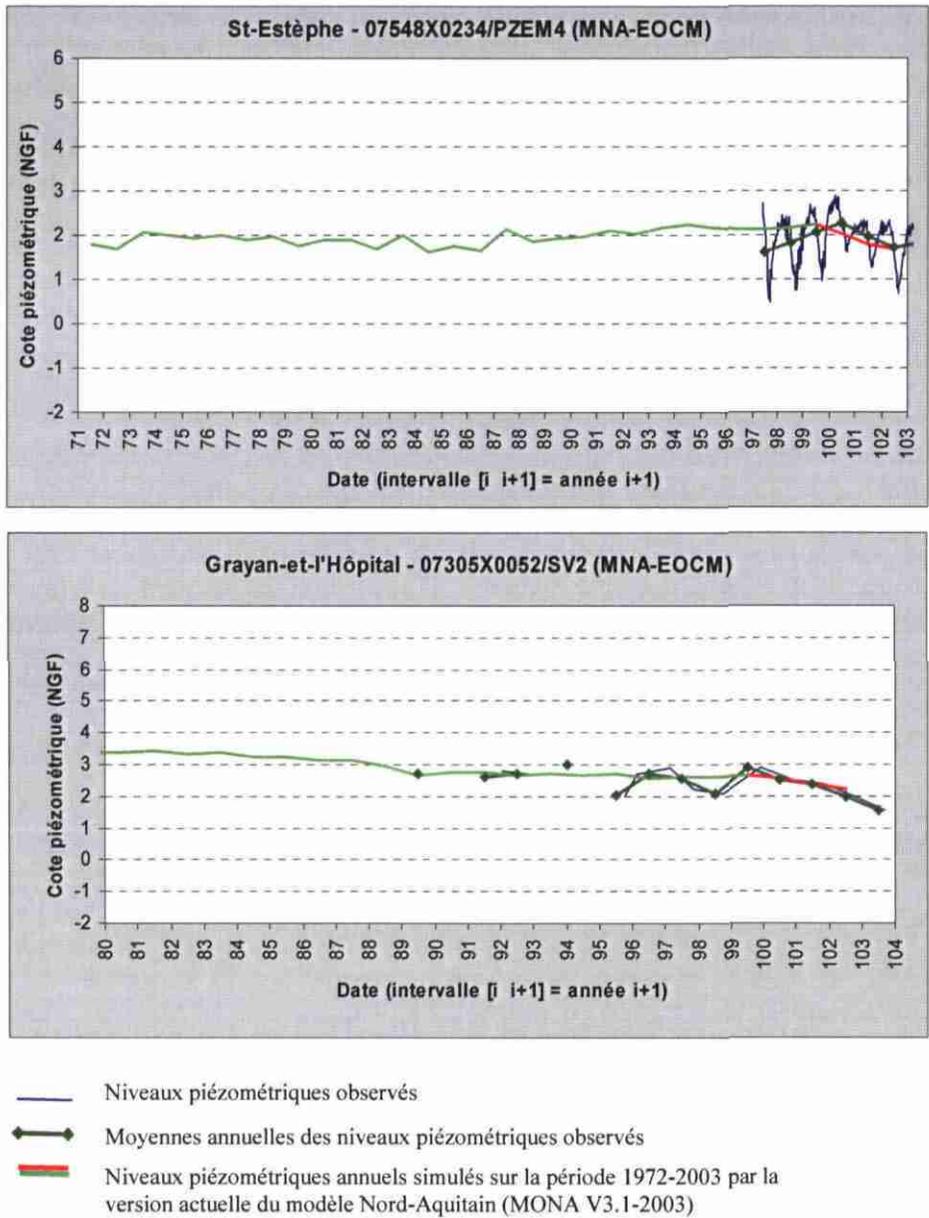


Figure 24 : Résultats du calage de l'Eocène dans le secteur médocain sur les chroniques mal restituées après optimisation

5. Conclusion

A l'issue du travail mené au cours de cette troisième année d'étude, un modèle numérique multicouche géologique détaillé du Turonien, du Coniacien-Santonien, du Campano-Maastrichtien et des épontes qui les séparent a été élaboré et intégré au modèle régional Nord-Aquitain.

La couche du Campano-Maastrichtien devait initialement être simplement actualisée. Toutefois, les imprécisions (notamment à cause de la non prise en compte des failles) de la géométrie de la couche dans le maillage initial (5 km), celles induites lors des interpolations et les importantes modifications à prendre en compte dans le secteur sud Gironde suite aux forages de reconnaissance réalisés récemment dans ce secteur, ont conduit à choisir de re-modéliser complètement cette couche plutôt que d'actualiser localement les données. Ce choix a notablement augmenté le temps de travail mais il était le seul à garantir une intégration optimale des dernières données géologiques disponibles pour cet aquifère dans le sud Gironde et en Dordogne tout en assurant une parfaite cohérence avec les deux couches sous-jacentes du Coniacien-Santonien et du Turonien.

Le modèle Nord-Aquitain comprend désormais 10 couches (**MONA V3.2**) discrétisées au pas de 2 km. Cette version sera opérationnelle à l'issue de la phase de calage qui se déroulera en année 4.

Le travail d'affectation des prélèvements à chacune des deux couches du Turonien et du Coniacien-Santonien, prévu cette année, n'a été réalisé que partiellement. L'inventaire des ouvrages et des prélèvements mené sur ces aquifères dans le cadre de l'étude sur les perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord, exploité dans le cadre de ce module, n'est pas encore totalement finalisé. L'introduction des prélèvements dans le modèle sera effectuée avant la phase de calage. Le rapport de l'année 4 rendra compte du travail finalisé.

Enfin, le calage des couches éocènes et oligocène du modèle a été affiné dans les quelques secteurs où la restitution pouvait encore être optimisée. Quelques chroniques piézométriques restent mal reproduites dans l'Oligocène et l'Eocène moyen du fait de la taille des mailles (2 km) et du pas de temps utilisé (annuel) qui sont tels en raison de la vocation de gestion régionale du modèle Nord-Aquitain. Ces options contraignent le modèle dans les quelques secteurs où les nappes modélisées sont libres ou semi-captives et où les interactions avec le réseau hydrographique superficiel sont importantes.

Le développement et la maintenance du Modèle Nord-Aquitain seront poursuivis au cours de l'année 4 du projet :

- en réajustant le calage de la couche du Campano-Maastrichtien. Celui-ci sera effectué sur la base des chroniques piézométriques disponibles.

- en réalisant le calage des couches du Turonien et du Coniacien-Santonien. Le calage des deux couches sera effectué sur la base des chroniques piézométriques disponibles en restituant au mieux les niveaux piézométriques observés ainsi que leur pente et leur amplitude. A l'issue du calage, une évaluation visuelle et statistique du calage sera réalisée.
- en intégrant la géométrie des couches du Cénomanién et du Jurassique au modèle Nord-Aquitain. Ce travail s'appuiera sur le recueil de données et la géométrie des réservoirs élaborés dans le cadre de l'étude sur l'état des lieux des nappes du Secondaire en Agenais et Périgord. Il en sera de même pour l'étude menée par le BRGM en région Poitou-Charentes sur le Jurassique. La récupération de ces données limitera le travail géologique de l'année aux seuls secteurs non couverts par ces études (Gironde et Landes principalement). Les données des forages des départements Girondins et Landais seront exploitées en adéquation avec les découpages hydrogéologiques réalisés dans le cadre des 2 études citées précédemment (l'identification des aquifères du Jurassique est actuellement en cours dans le cadre de ces études).

6. Références bibliographiques

Amraoui N., Bichot F., Seguin JJ., 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.
Rapport BRGM R 40224 (4 vol.)

Amraoui N., Bichot F., Platel JP., Seguin JJ. (1998)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 2 – Évaluation des ressources. Ajout des couches du Turonien-Coniacien-Santonien, du Cénomanién et du Jurassique moyen et supérieur au Modèle Nord-Aquitain.
Rapport BRGM R 40110

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,

Bichot F., Louis JP. (1999)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 3 – Évaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Recueil et synthèse des données.
Rapport BRGM R 40778

Bichot F., Platel JP. (1997)

Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 1 – Évaluation des ressources. Extension du Modèle Nord-Aquitain : synthèse des données et concepts.
Rapport BRGM R 39331

Braneyre M., Lambert M., Sourisseau B. (1994)

Modèle régional multicouche du bassin Nord-Aquitain en régime transitoire et simulations
Rapport BRGM R 38006 SGN SP 94

Braneyre M., Chigot D., Lambert M., Moreau CF., Sourisseau B. (1993)

Modélisation mathématique multicouche de trois aquifères exploités du bassin sédimentaire Nord-Aquitain (Oligocène - Eocène - Crétacé).
Rapport BRGM/R 37361 AQI SP 93

Braneyre M., Seguin JJ., Lambert M. (1993)

Modèle conceptuel sommaire du multicouche aquitain.
Rapport BRGM R 37322 BOR AQI 93

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., 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., Capdeville JP., Mauroux B., Baudry D. (2003)

Évaluation de la ressource en eau de l'Éocène dans le Bergeracois –Année 1- Recueil et synthèse des données.
Rapport BRGM/RP-52528-FR, 50 pages, 30 figures, 5 annexes.

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

Platel JP., Schnebelen N., Le Nindre Y., 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-FR, 70 pages, 36 figures, 5 cartes annexes.

Seguin JJ. (2002)

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

Seguin JJ. (2002)

Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux "Nappes profondes de Gironde". Orientations de gestion et propositions d'indicateurs piézométriques pour le tableau de bord du SAGE. Contribution du BRGM.
Rapport BRGM/RP-51777-FR

Seguin JJ. (1999)

Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde - Actualisation du Modèle Nord-Aquitain de gestion des nappes - Période 1997-1998.
Rapport BRGM R 40760

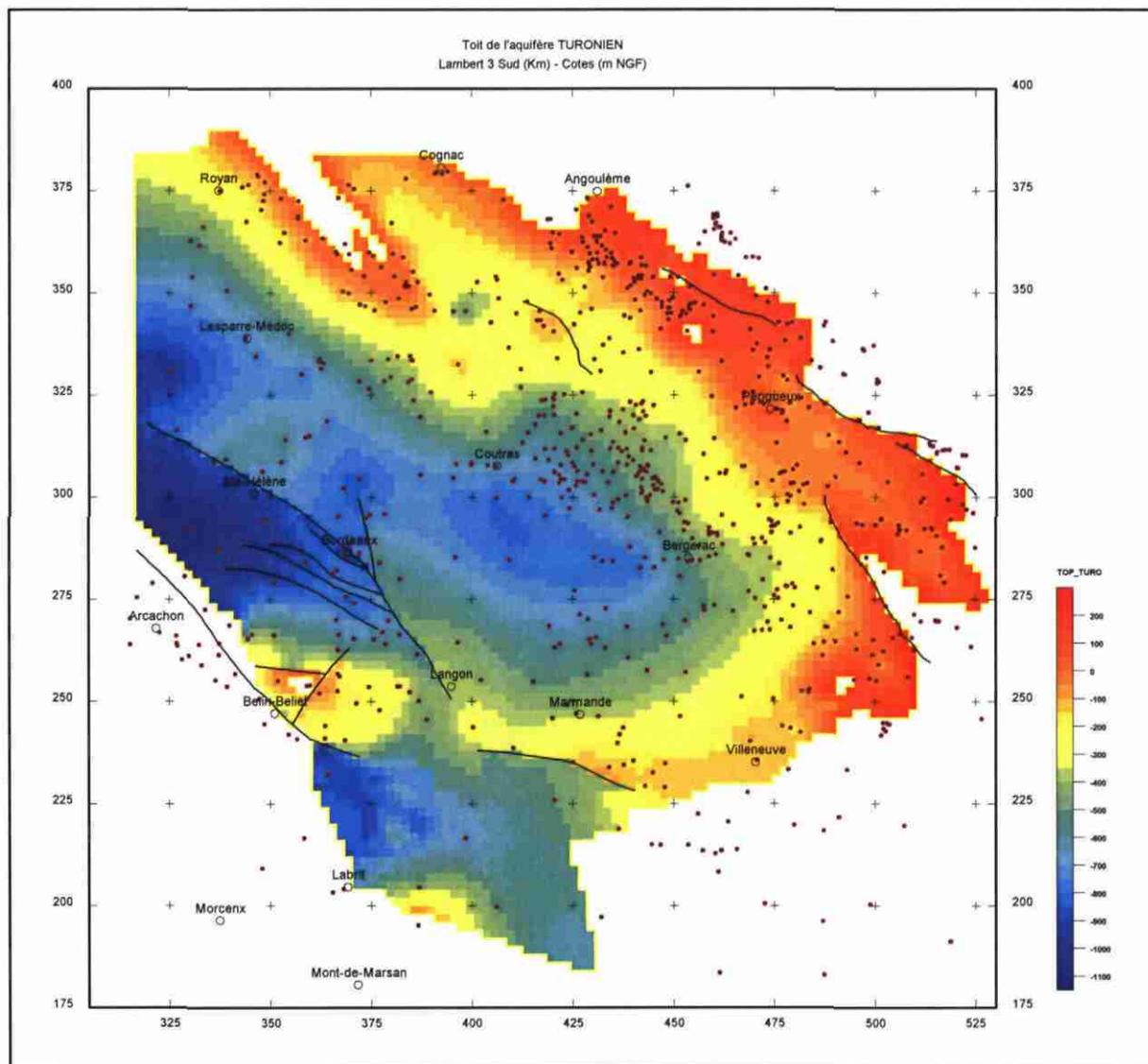
Schnebelen N., Mauroux B., Seguin JJ. (2001)

Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde. Etat des connaissances à fin 2000.
Rapport BRGM RP-51307-FR

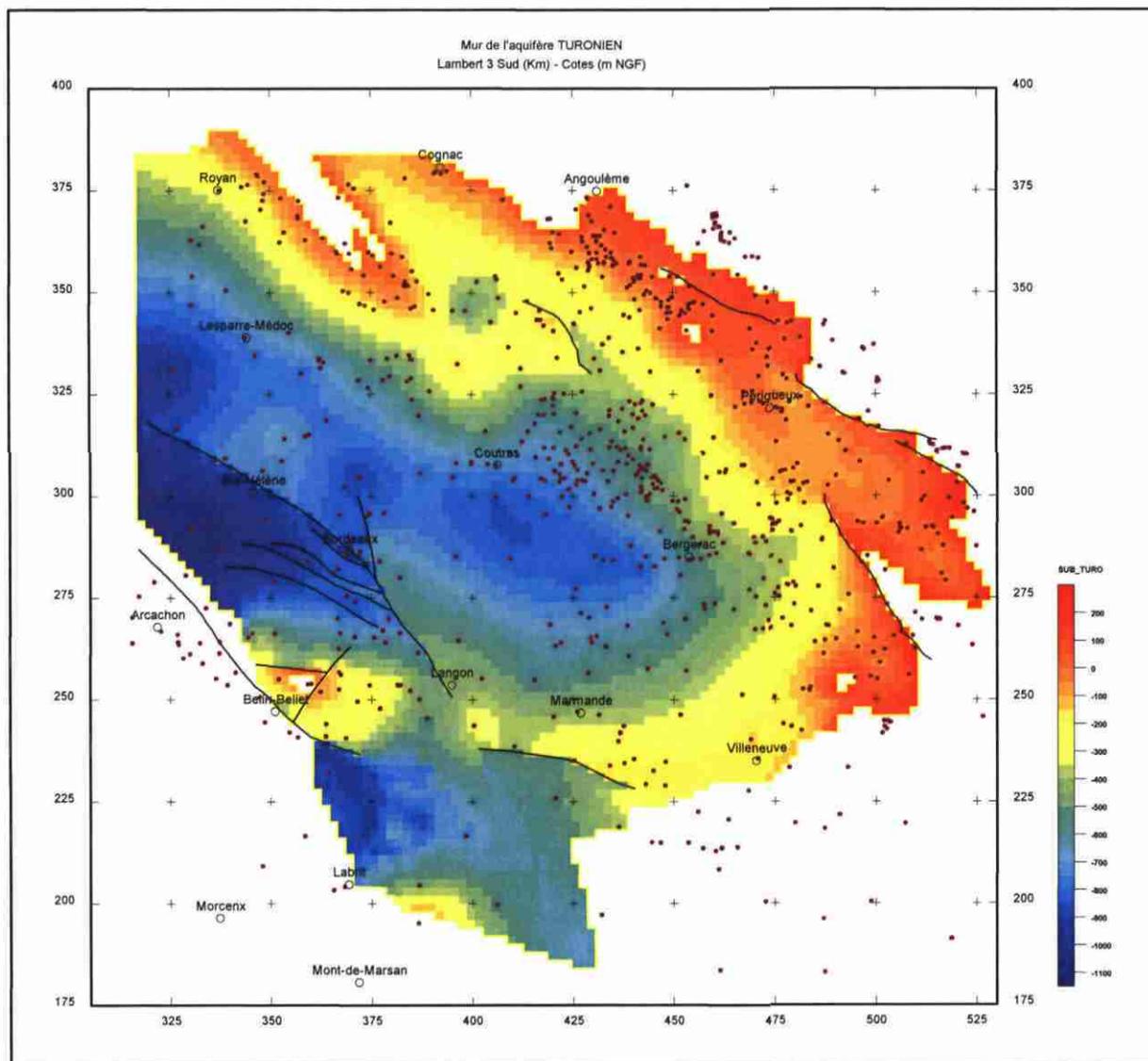
Annexe 1

Géométrie des aquifères du Turonien, du Coniacien-Santonien et du Campano-Maastrichtien

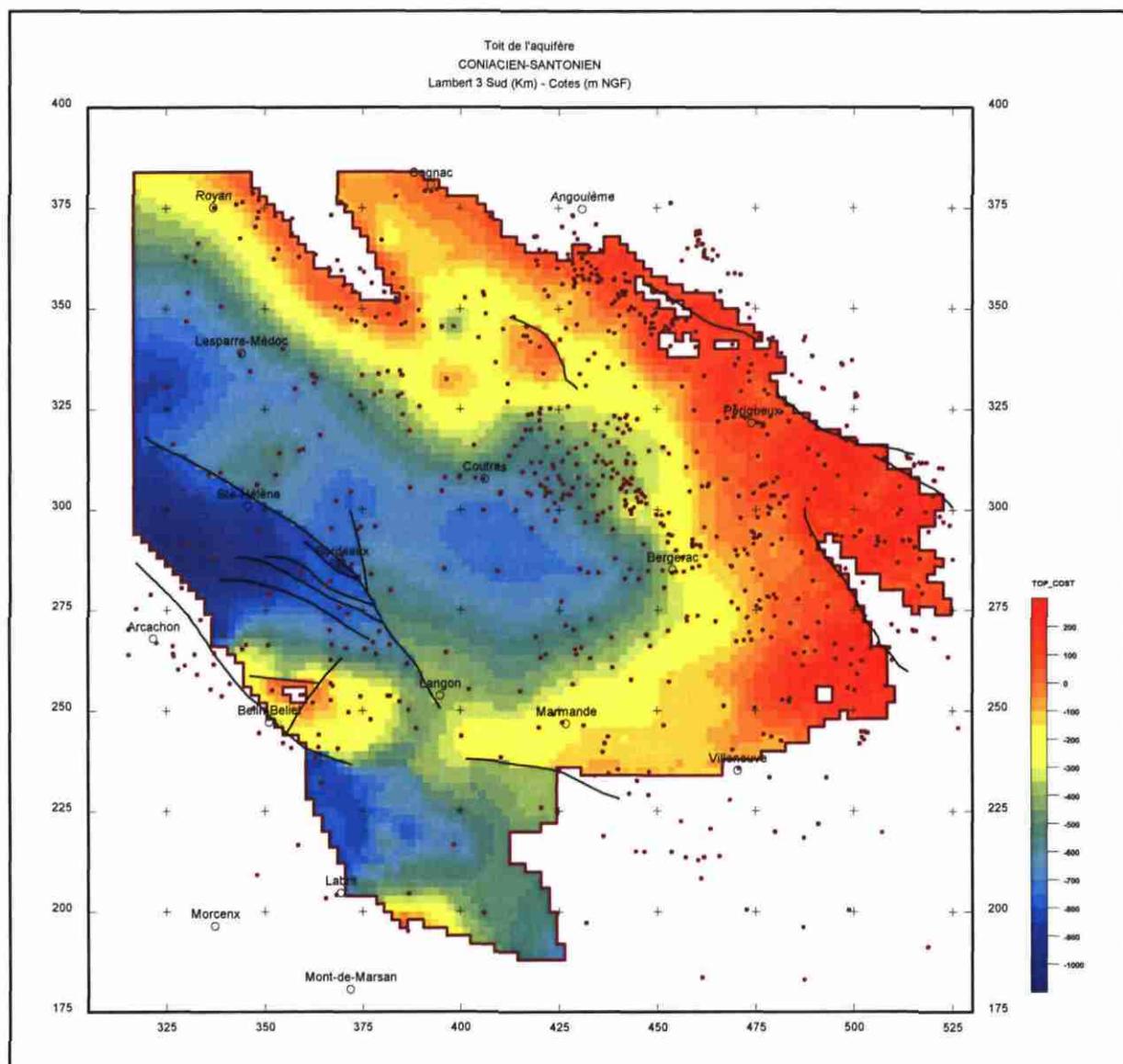
- 1.1 Toit et mur de l'aquifère Turonien
- 1.2 Toit et mur de l'aquifère Coniacien-Santonien
- 1.3 Toit et mur de l'aquifère Campano-Maastrichtien



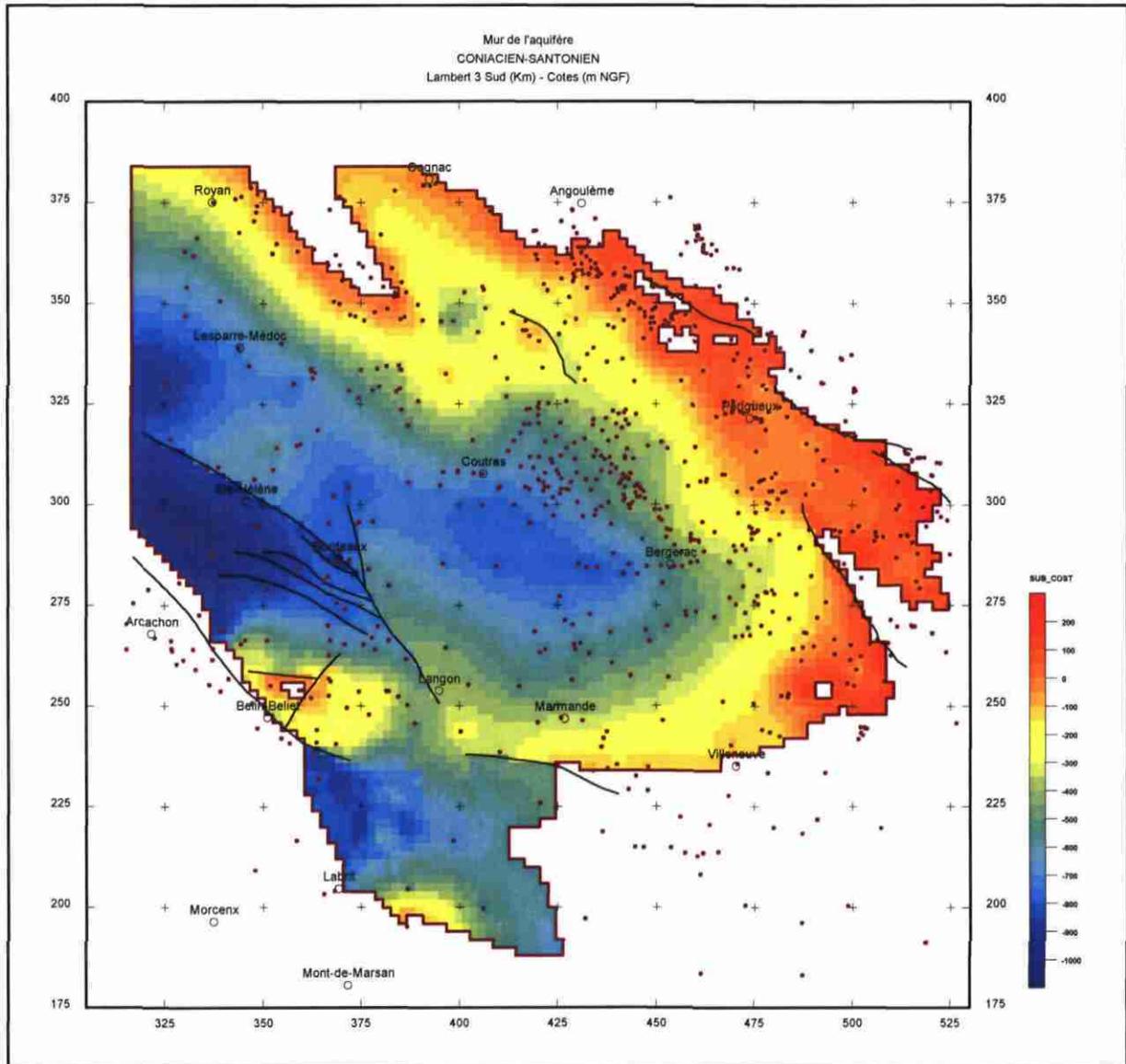
Carte du toit de l'aquifère TURONIEN



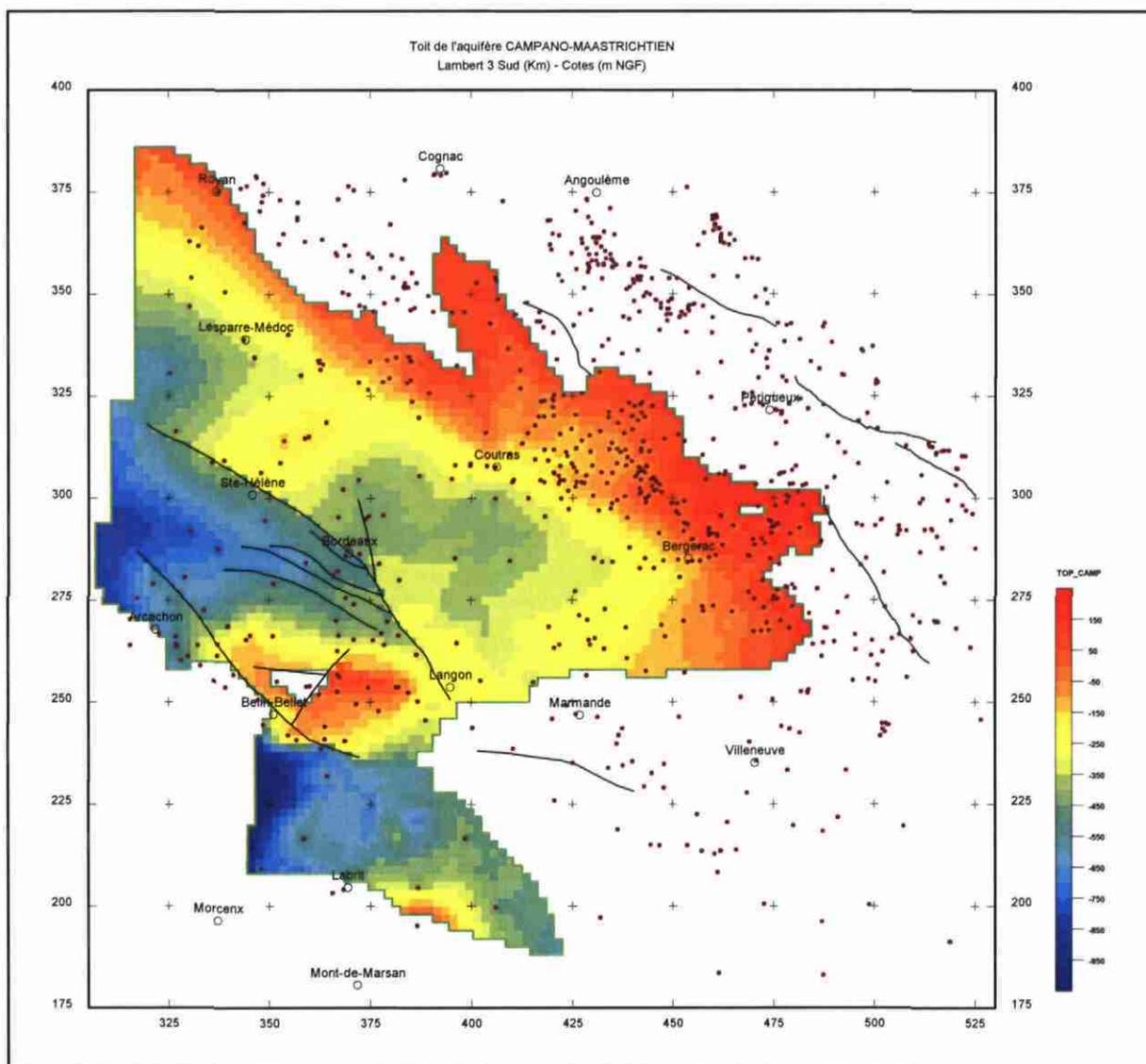
Carte du mur de l'aquifère TURONIEN



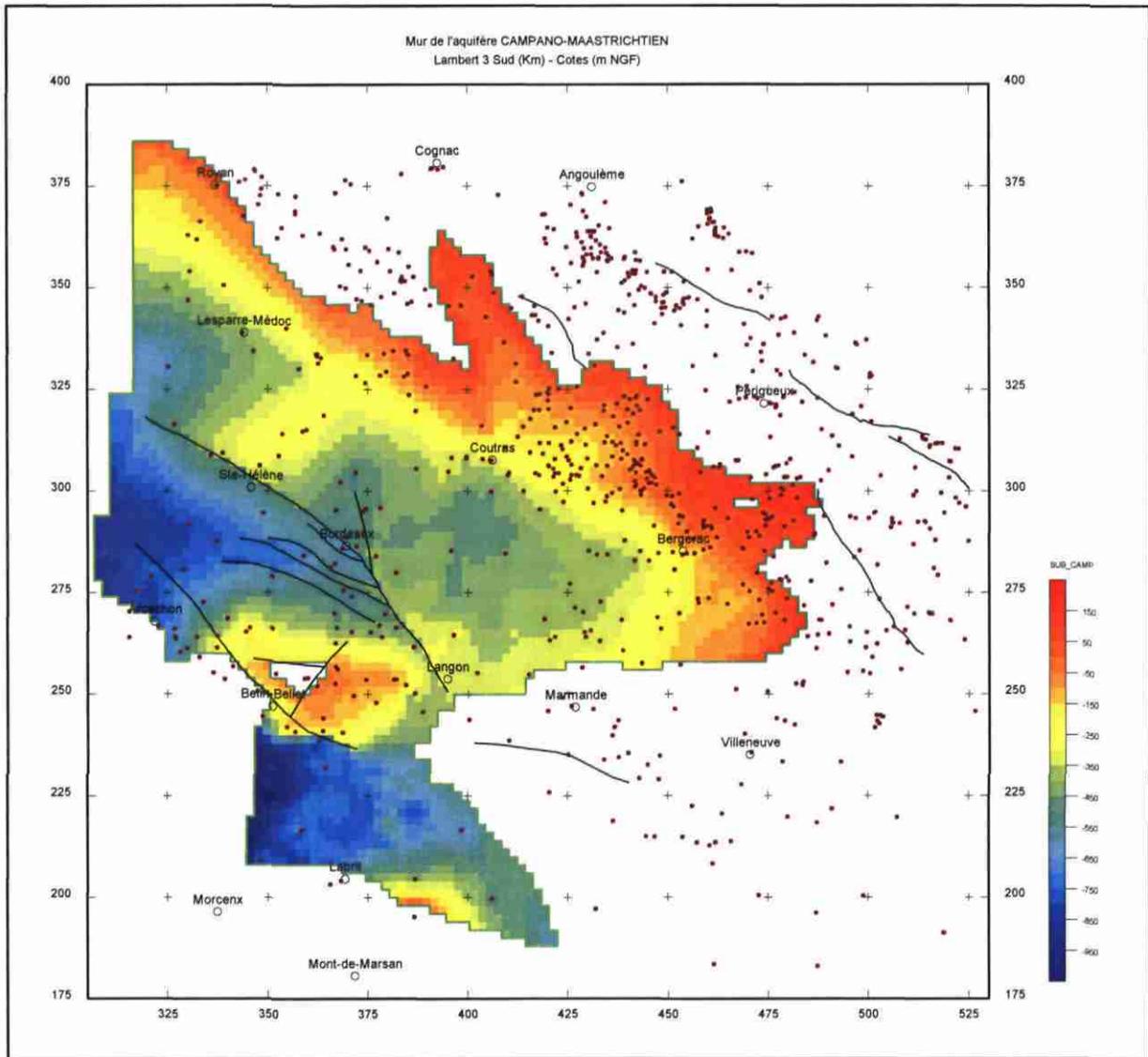
Carte du toit de l'aquifère CONIACIEN-SANTONIEN



Carte du mur de l'aquifère CONIACIEN-SANTONIEN



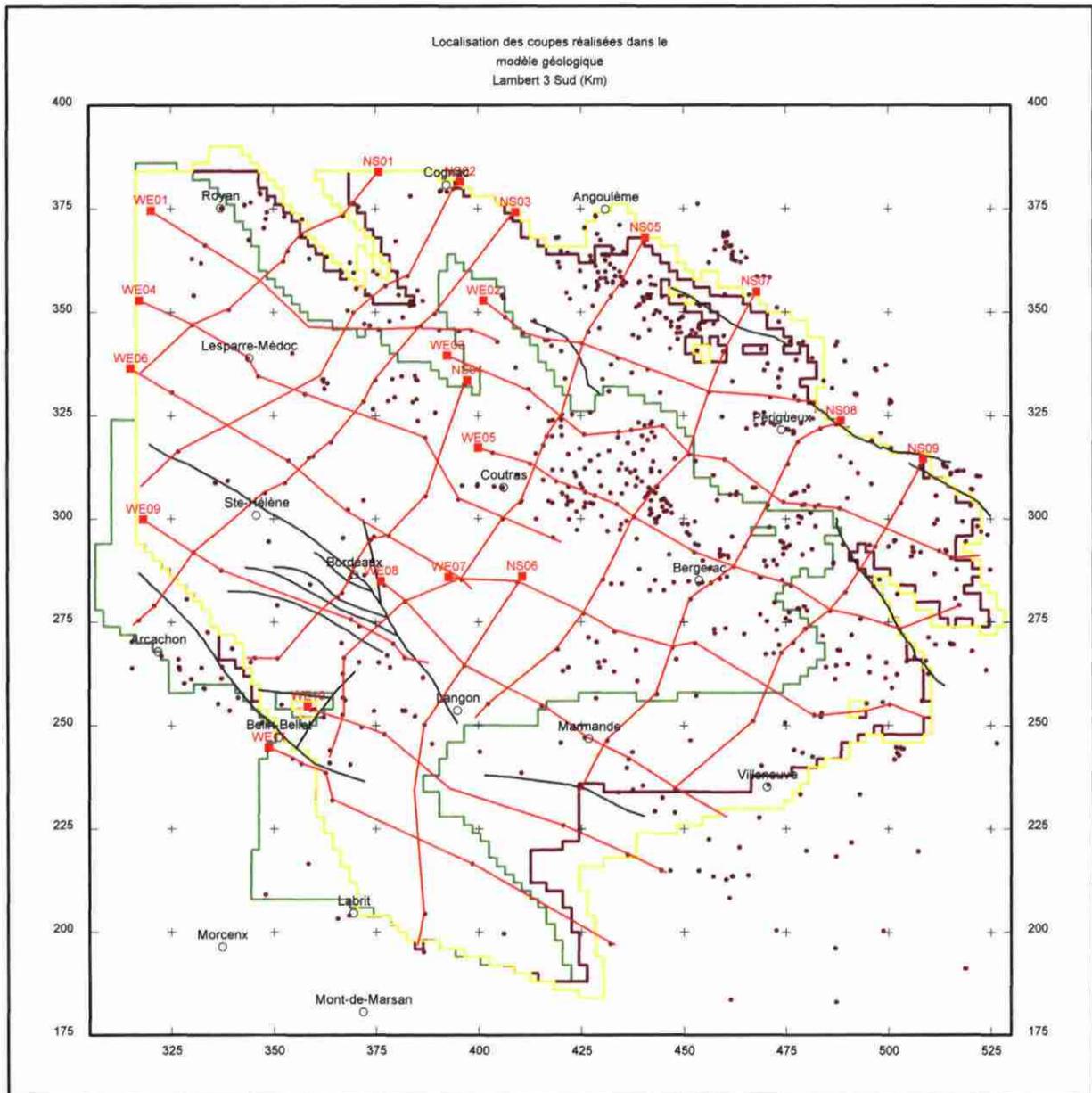
Carte du toit de l'aquifère CAMPANO-MAASTRICHIEN



Carte du mur de l'aquifère CAMPANO-MAASTRICHTIEN

Annexe 2

Coupes verticales dans la géométrie du modèle géologique numérique (GDM)

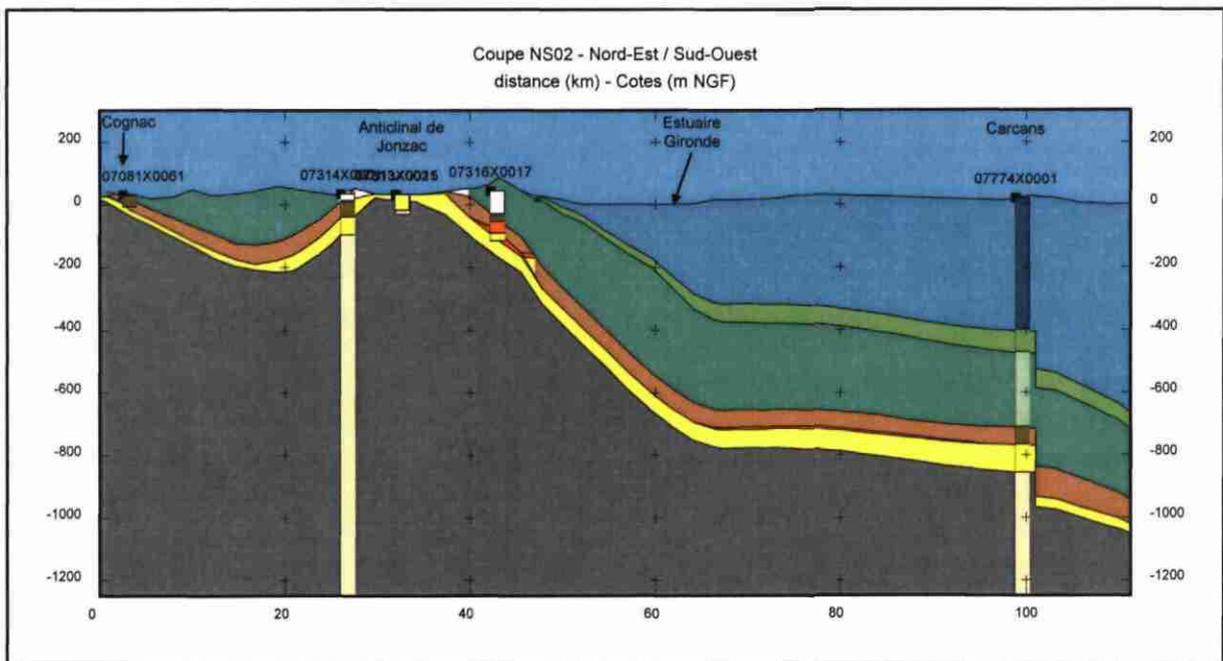
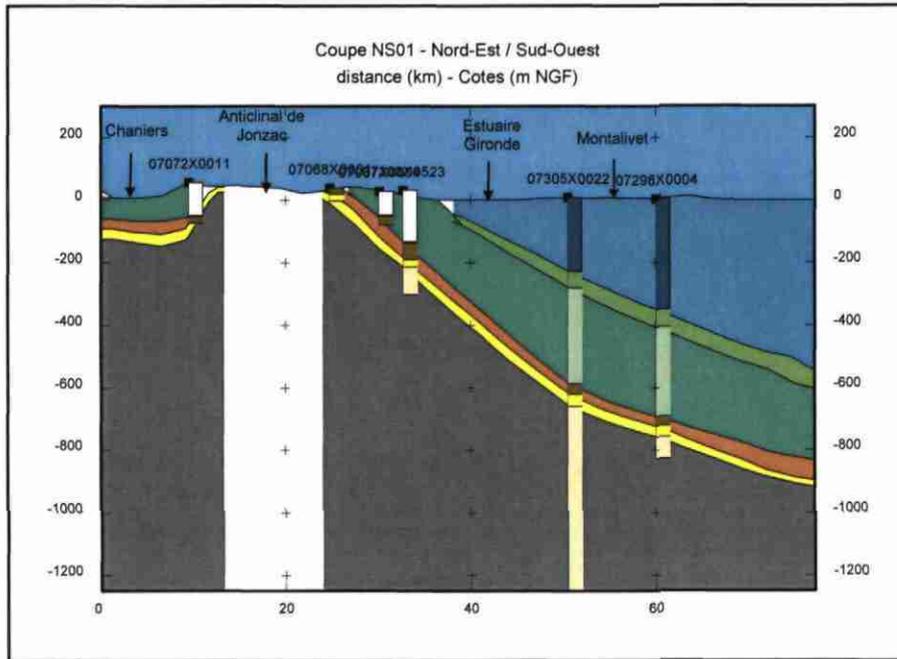


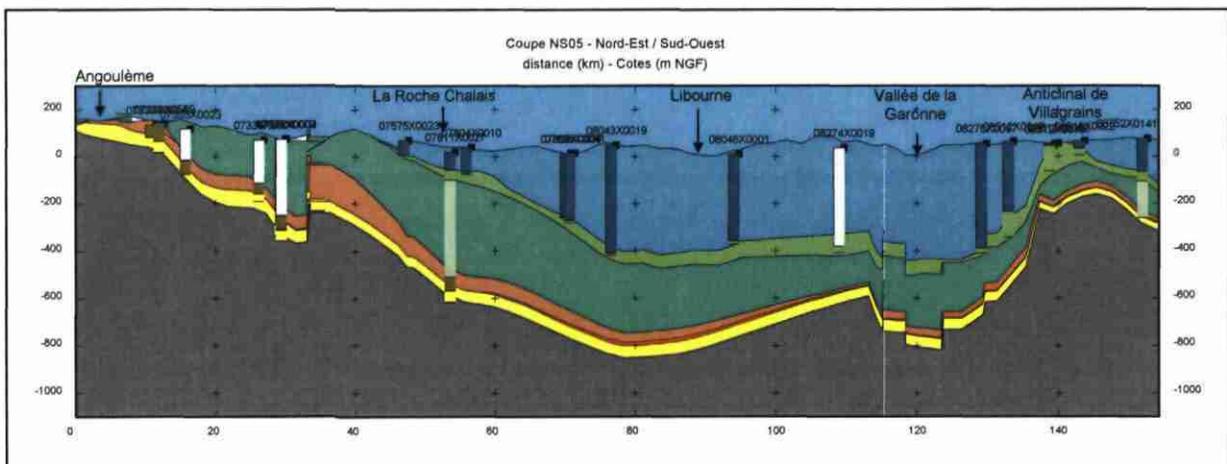
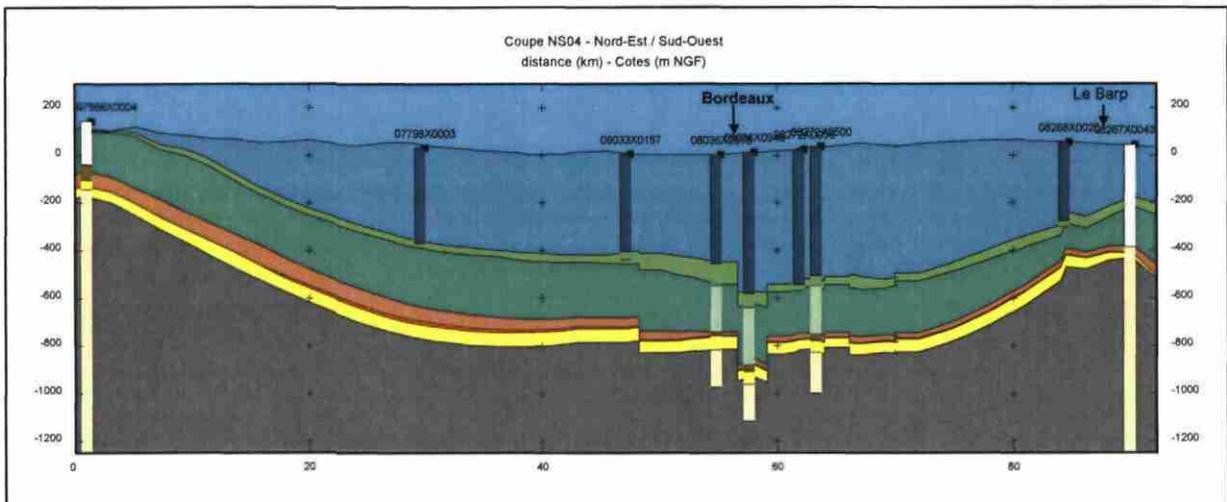
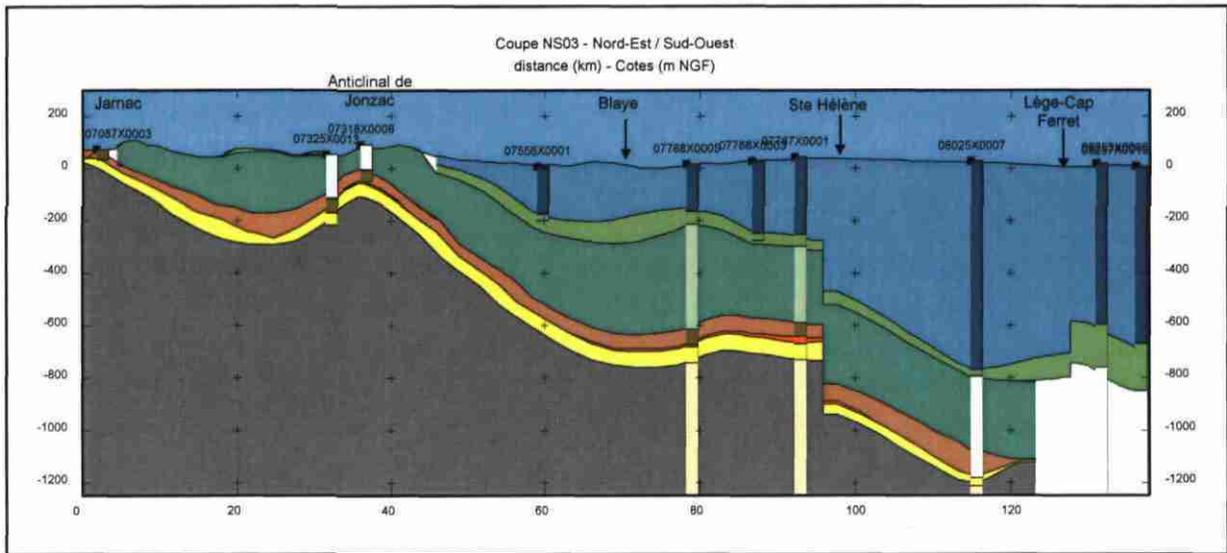
Carte de localisation des coupes verticales dans la géométrie du modèle

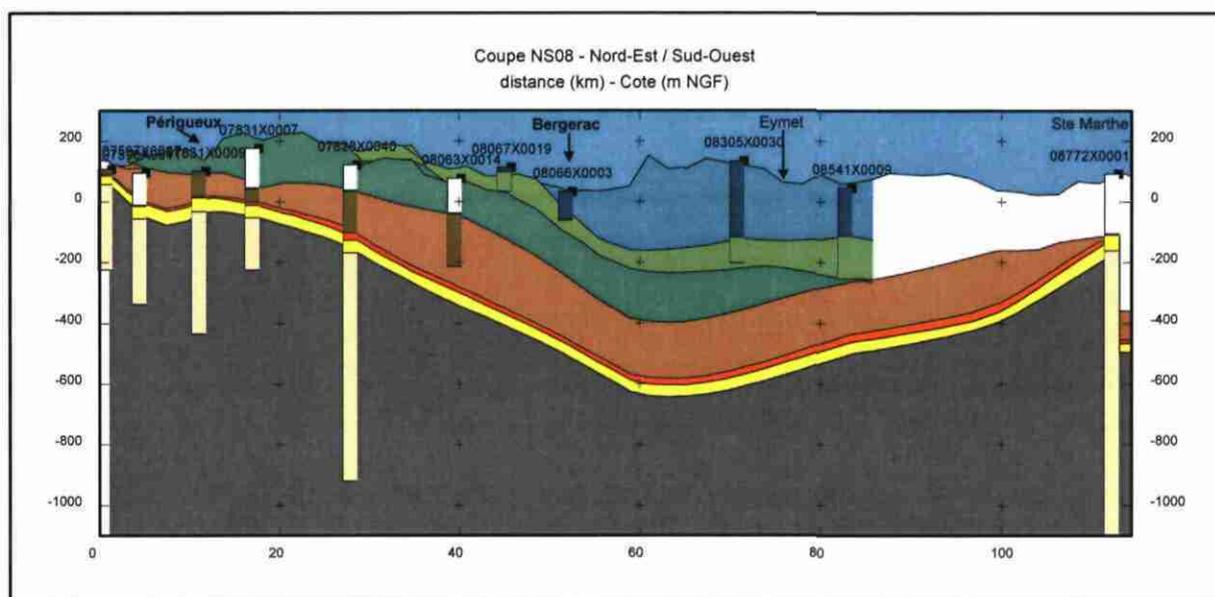
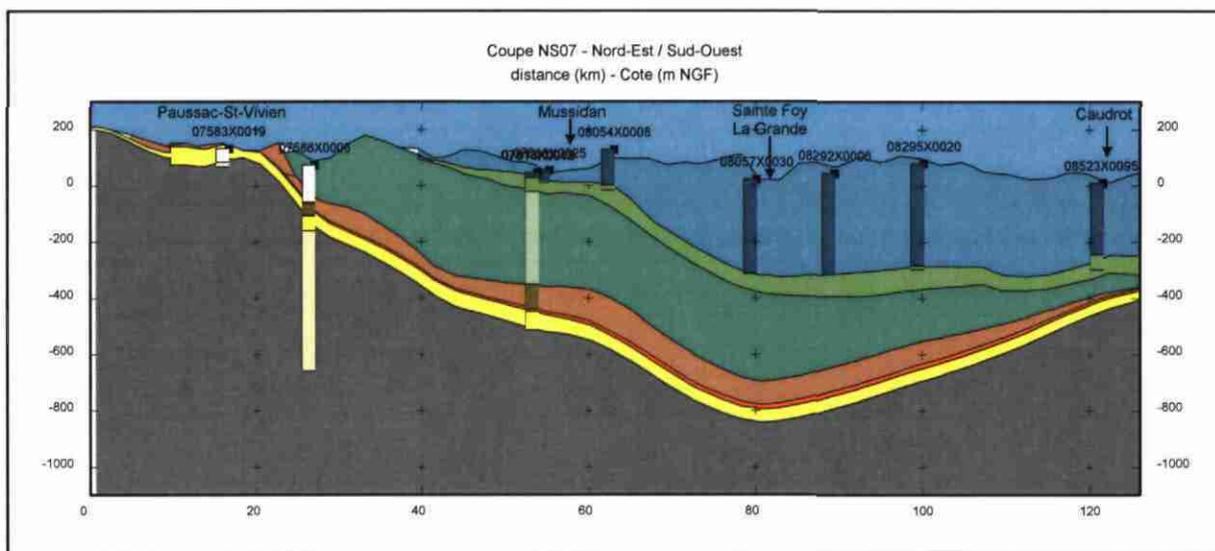
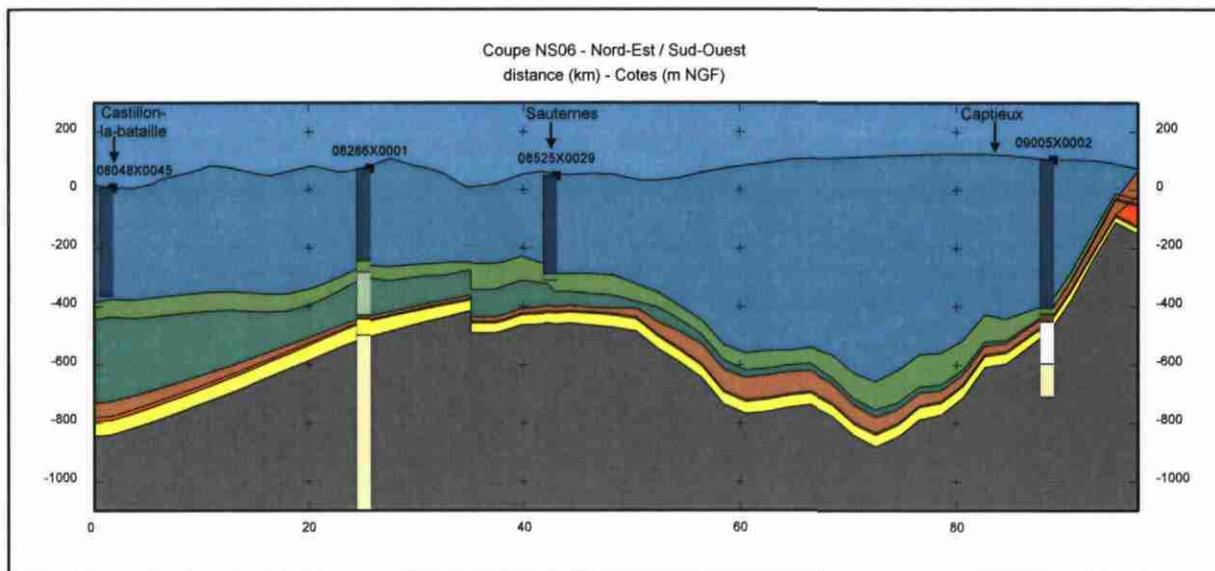
PILE STRATIGRAPHIQUE MODELISEE
 C:\Travail\AQUIF\GDM_MLYMONA3_Avec_Geol.mly

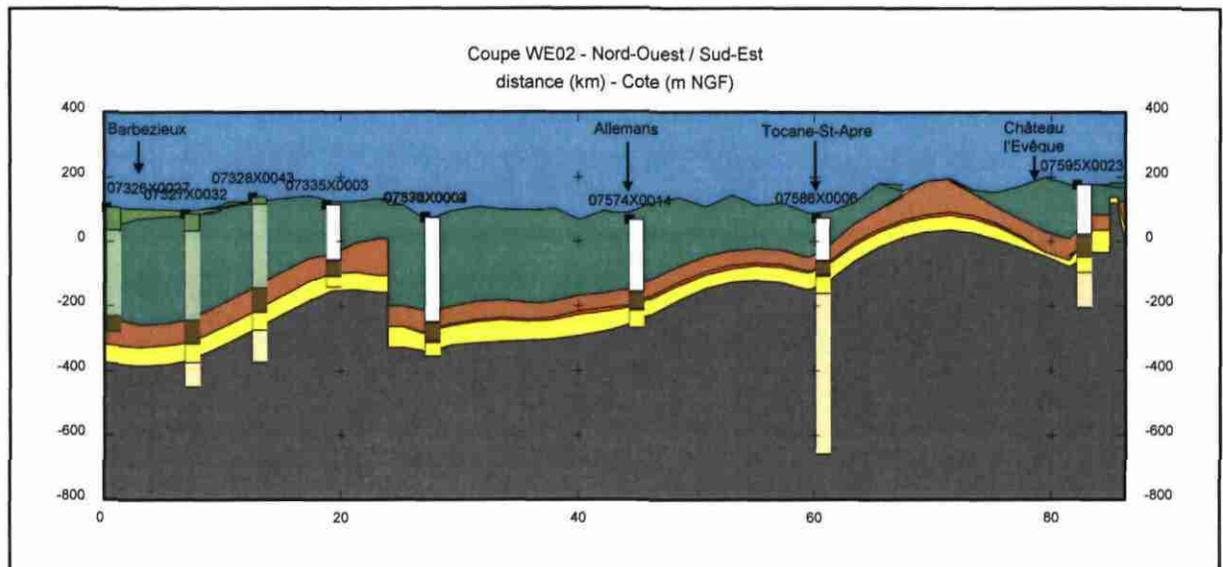
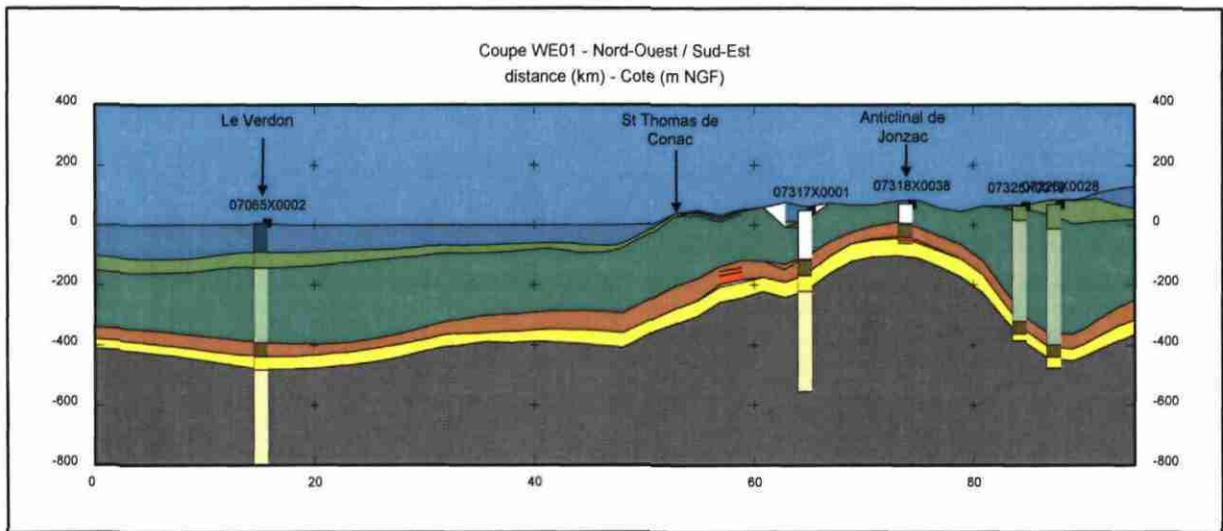
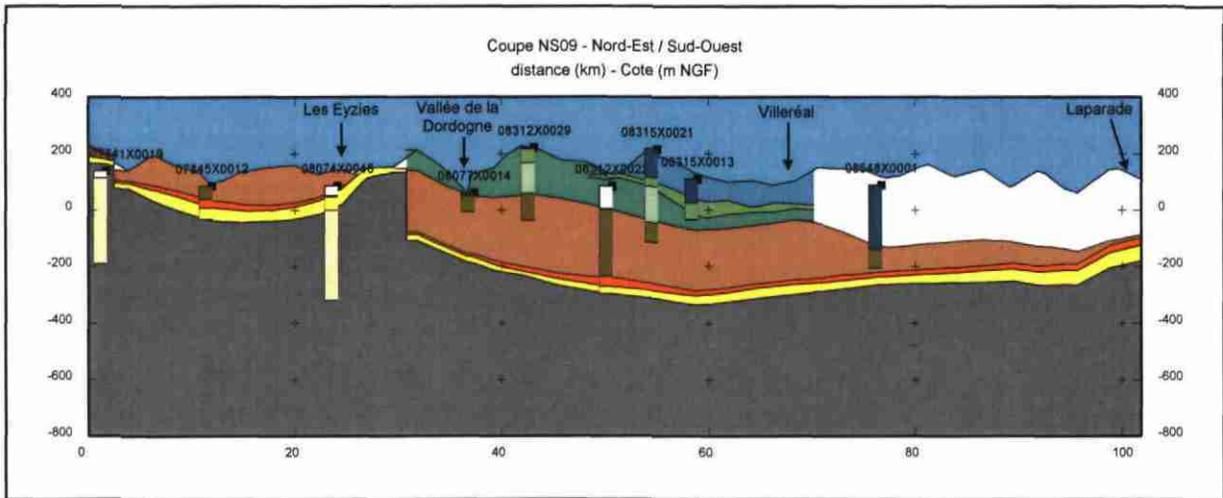
Formation	Surf. type	Description	Surf. name	n° FORM
RECO	EROD	Recouvrement Tertiaire	M07	F07
CAMP		Aquif Campanien	T05	F06
EPCS		Eponge Top Coniacien-Santonien	T04	F05
COST		Aquif Coniacien-Santonien	T03	F04
EPTU		Eponge Top Turonien	T02	F03
TURO		Aquif Turonien	T01	F02
SUB		Substratum du TURO		F01

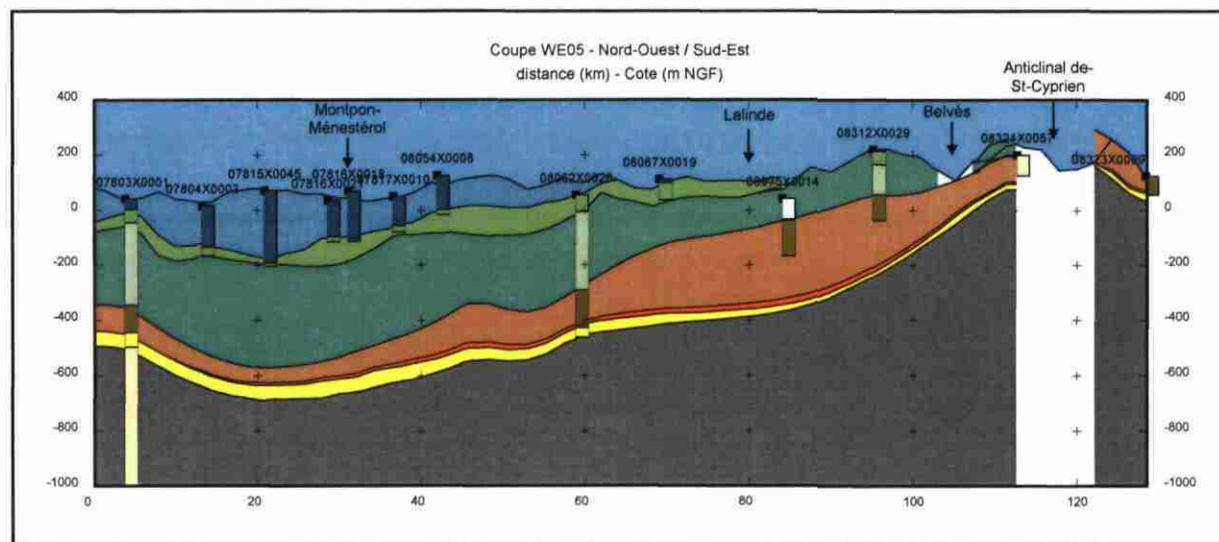
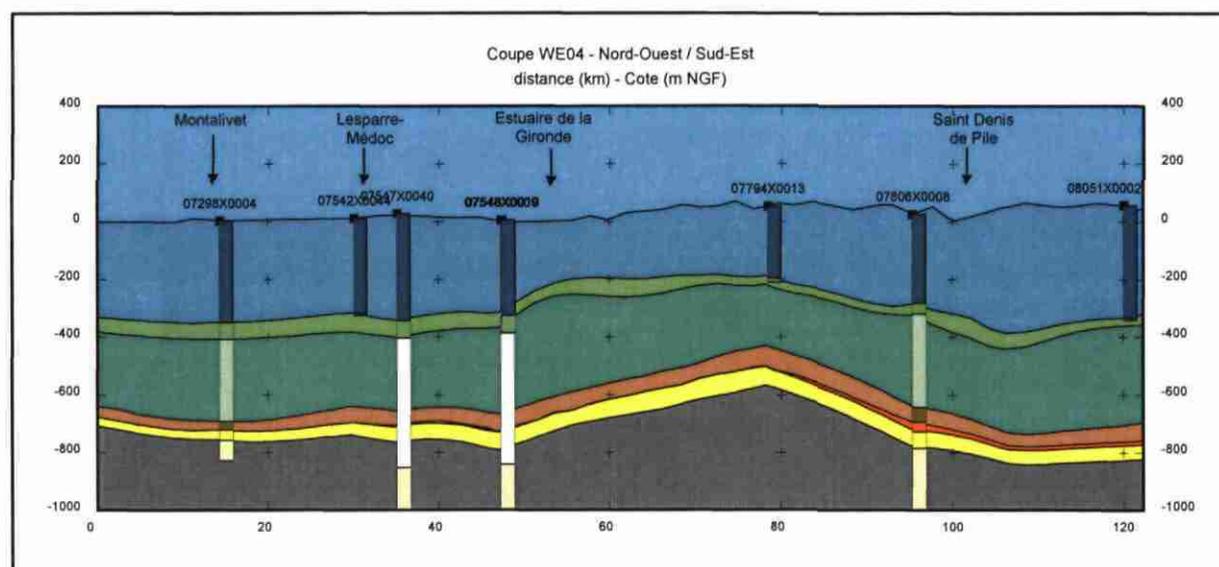
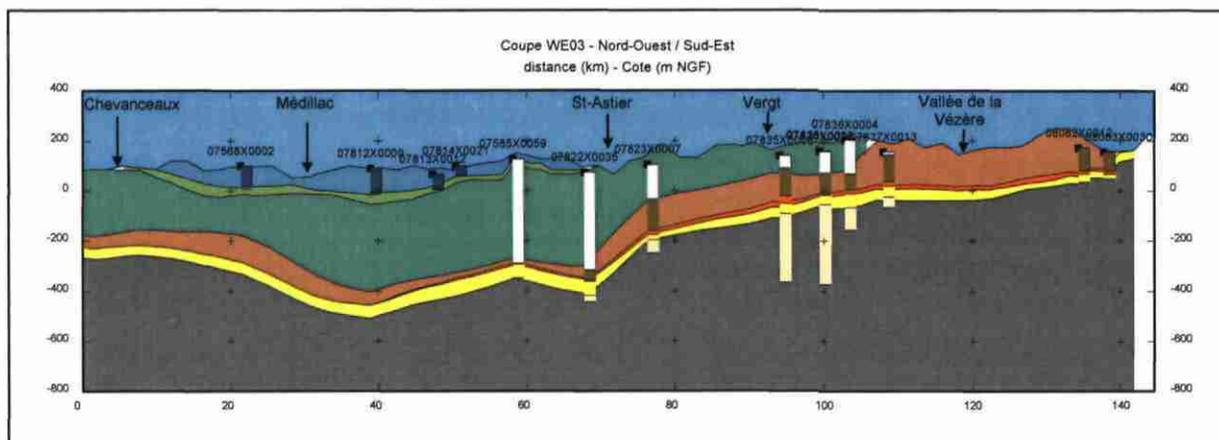
Pile stratigraphique modélisée

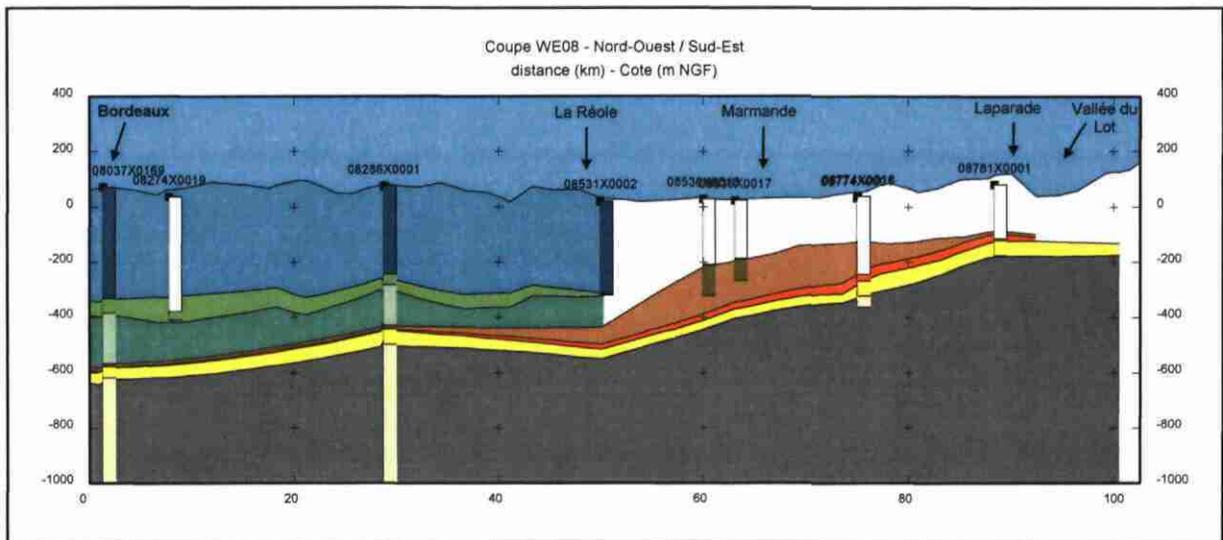
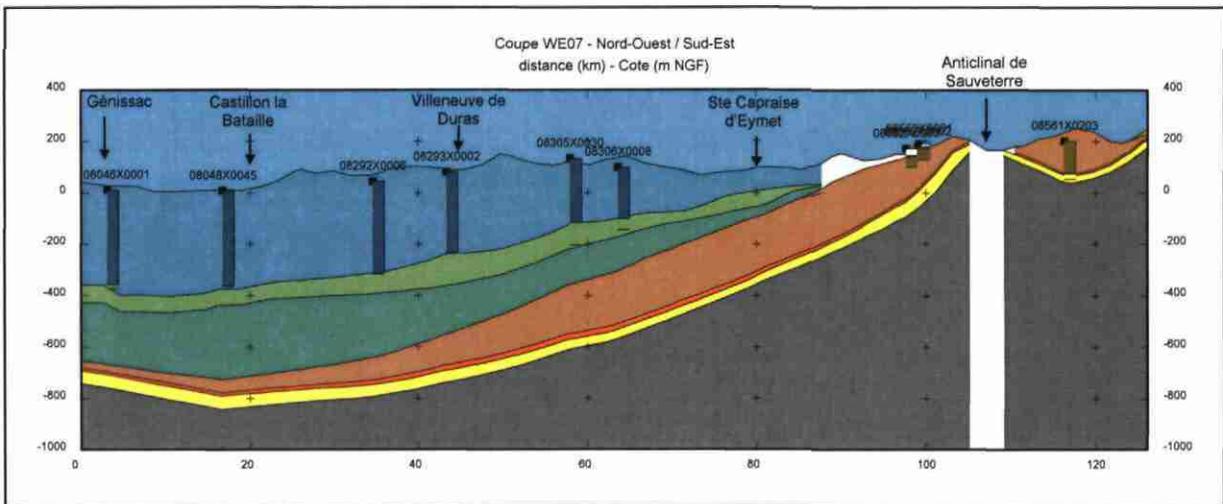
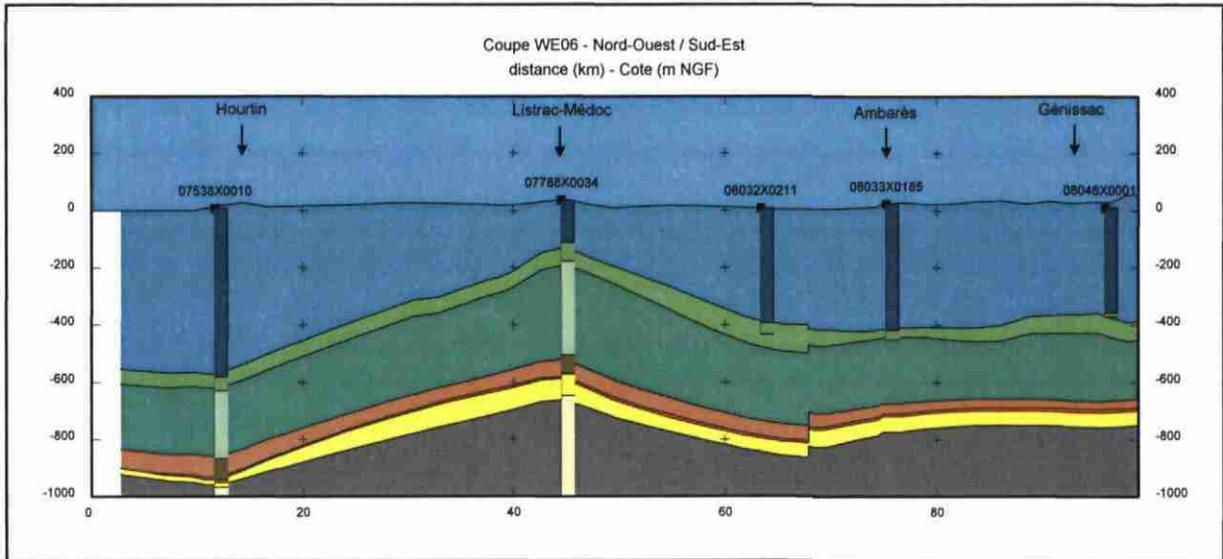


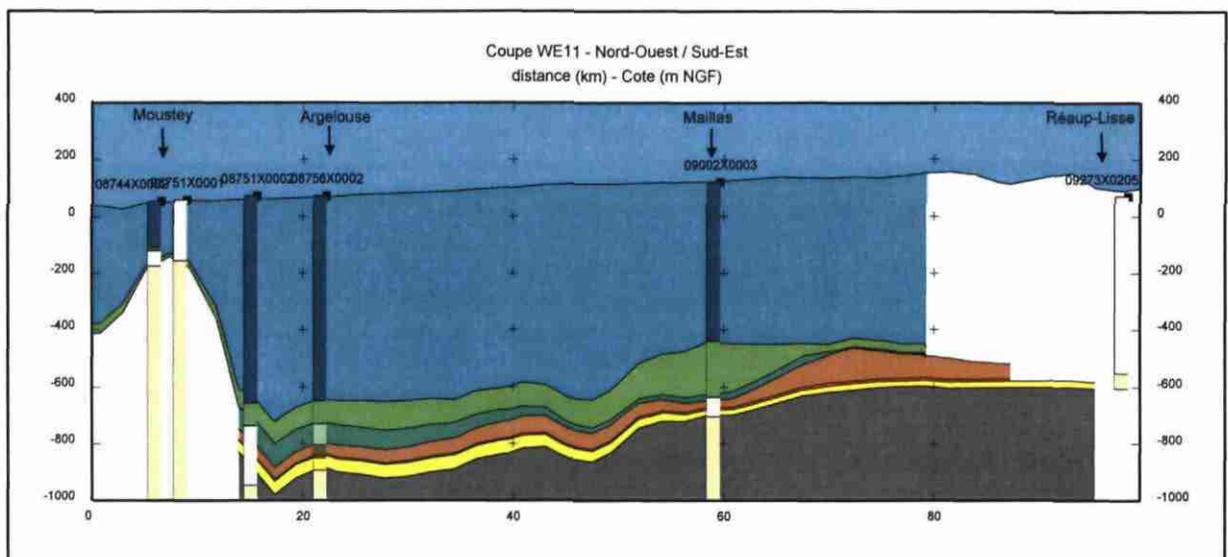
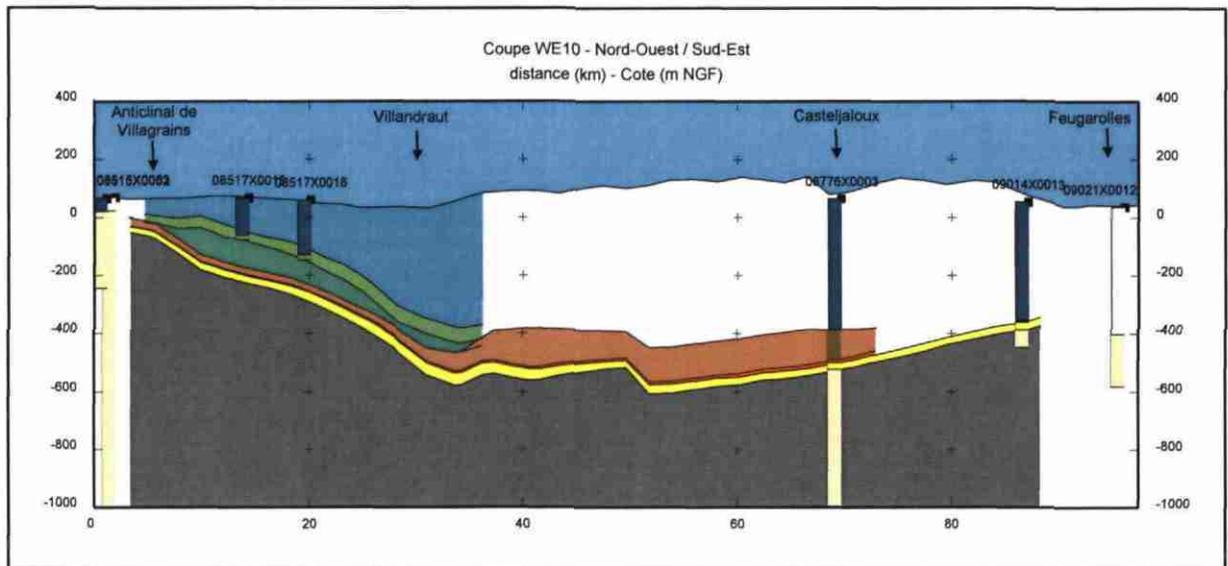
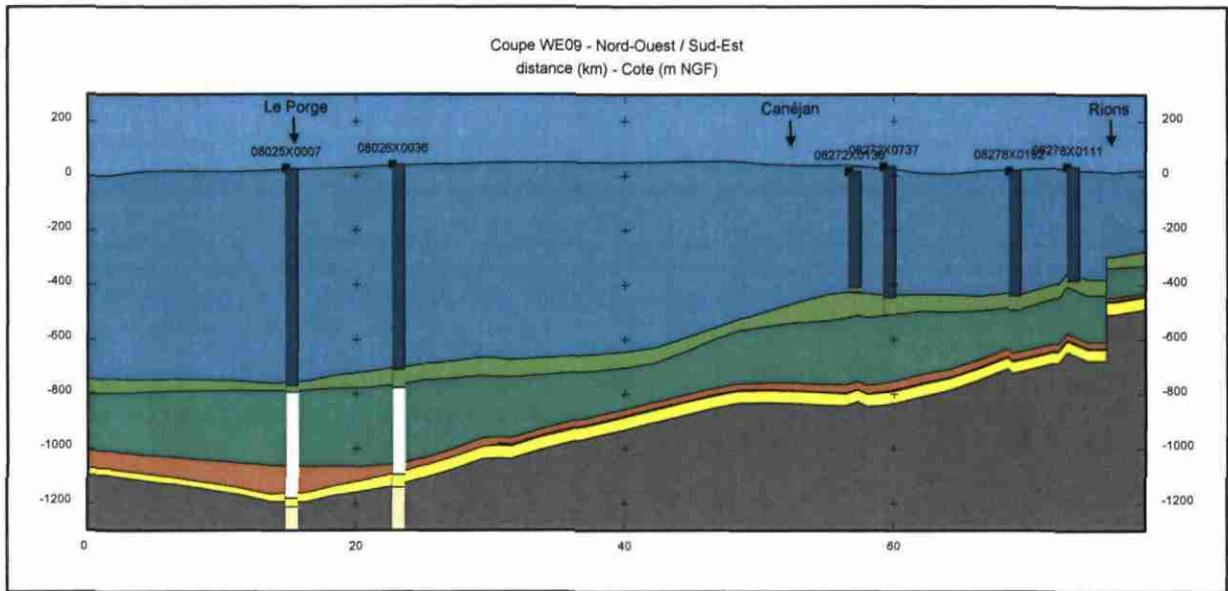










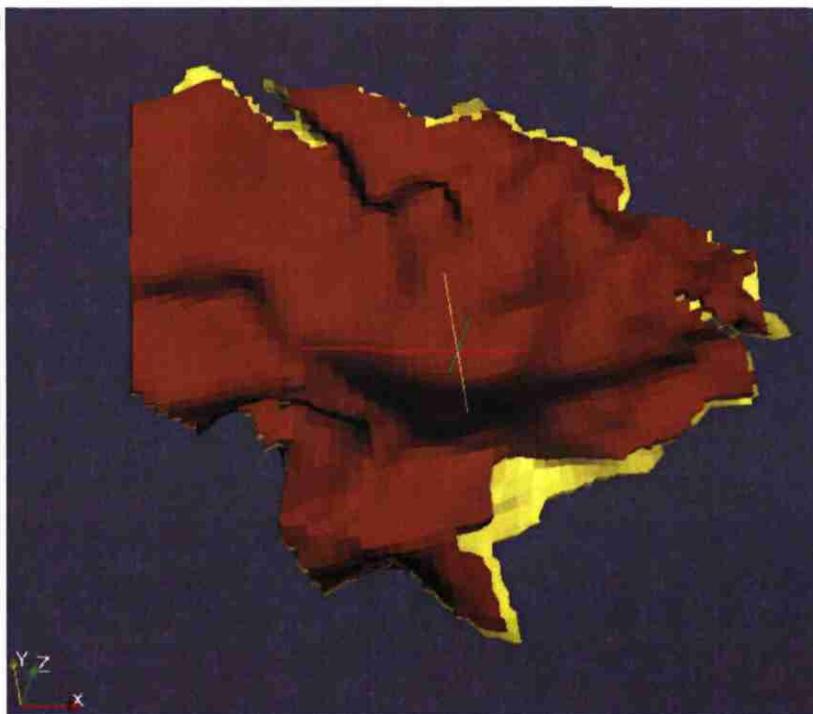


Annexe 3

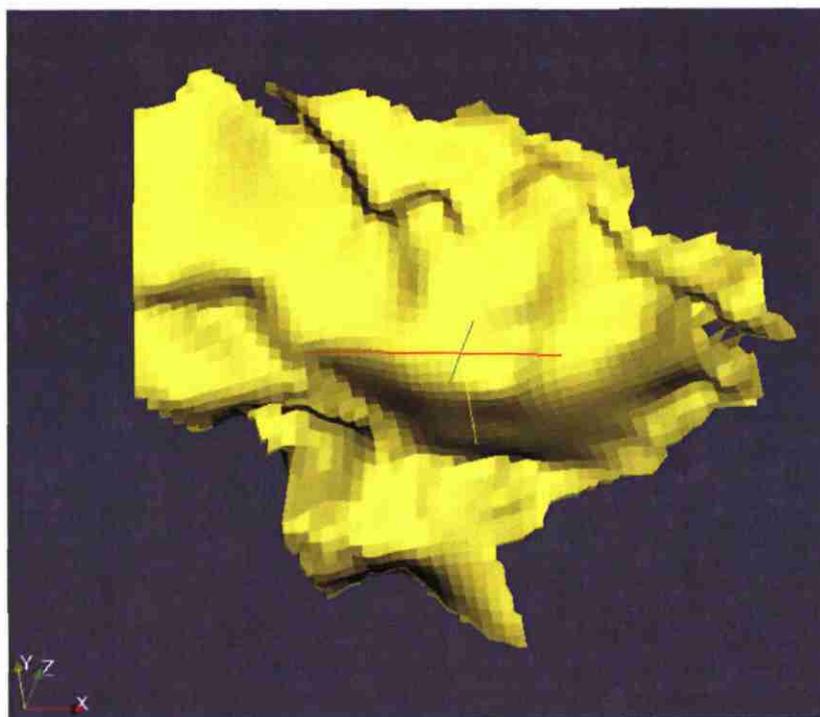
Vues 3D dans le modèle géologique numérique



***Vue 3D des aquifères du Turonien, du Coniacien-Santonien
et du Campano-Maastrichtien
Vue du sud***

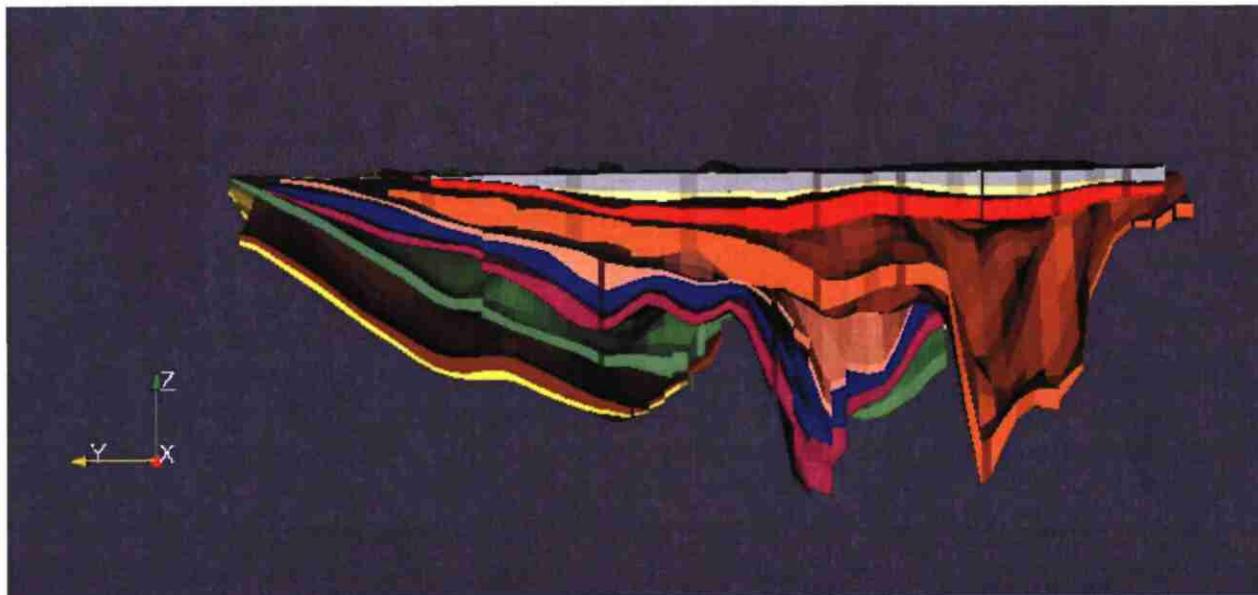
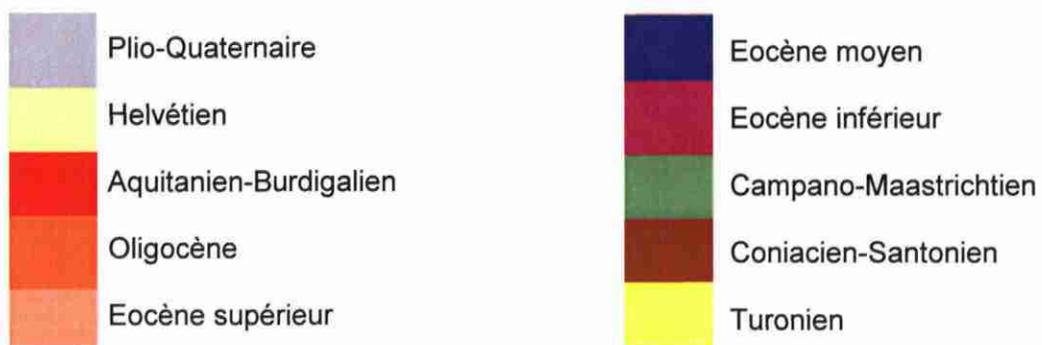


***Vue 3D des aquifères du Turonien et du Coniacien-Santonien
Vue du sud***



***Vue 3D de l'aquifère du Turonien
Vue du sud***

Vues 3D des formations aquifères du Modèle Nord-Aquitain (MONA V3.2)

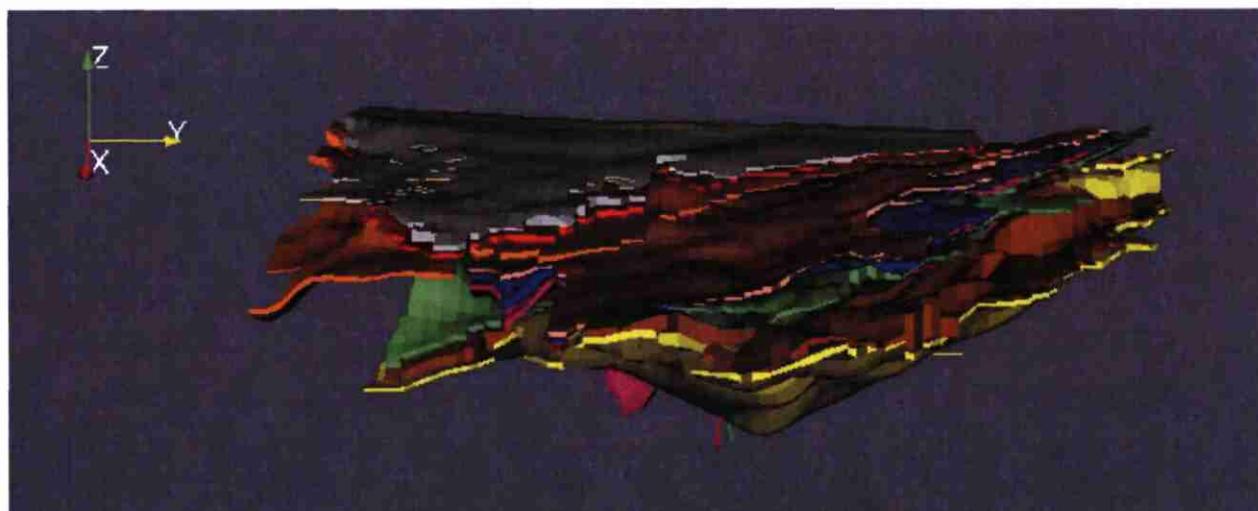


Vue de l'ouest





Vue du Sud



Vue de l'Est



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