



Document public

Outil de gestion des systèmes aquifères du sud du bassin Adour Garonne

Base de données géoréférencées et modèle conceptuel

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 97-D-514

Juin 1999
R 40633



Ministère de l'Economie,
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat
d'Etat à l'Industrie

DRIRE AQUITAINE
DRIRE MIDI PYRENEES

Agence de l'Eau
Adour Garonne

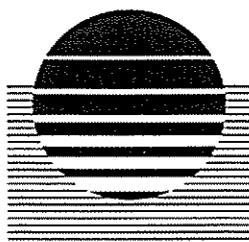


Outil de gestion des systèmes aquifères du sud du bassin Adour Garonne

Base de données géoréférencées et modèle conceptuel

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 97-D-514

Juin 1999
R 40633



BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Mots clés : Concept géologique, Base de données, Modèle hydrodynamique, Sud du Bassin Adour Garonne, Sables infra-molassiques, Eocène, Paléocène, Sénonien, Cénomaniens, Turonien.

En bibliographie ce rapport sera cité de la façon suivante :

BOURGINE B. – CAPDEVILLE J.P. – LACHASSAGNE P. – SCHOEN R. –
SEGUIN J.J. – SOURISSEAU B. (1999)

Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne.

Base de données géoréférencées et modèle conceptuel.

Rapport BRGM R 40633

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

Synthèse

L'étude présentée dans ce rapport complète la deuxième phase du projet de construction d'un outil de gestion des nappes profondes du sud du bassin Adour Garonne, projet financé par le Ministère de l'Industrie et l'Agence de l'Eau Adour Garonne.

Elle actualise le travail réalisé lors des deux premières phases ayant abouti à la formulation d'un concept géologique accepté par les partenaires et le comité de pilotage du projet (DRIRE et DIREN Aquitaine et Midi Pyrénées, BRGM, ELF Aquitaine GFS, GDF, Institut de Géodynamique de Bordeaux III).

Pour la modélisation des nappes profondes, sept aquifères potentiels ont été retenus : *Cénomano-Turonien + Sénonien inférieur, Sénonien supérieur, Paléocène, Sables infra-molassiques, Eocène inférieur, Oligocène et Miocène*. La géométrie du futur modèle hydrodynamique a été construite en reportant sur des maillages superposés, constitués de mailles carrées de 2km de côté, les valeurs interpolées du toit et du mur de chacune de ces formations. Pour vérifier la cohérence de l'ensemble, des coupes verticales ont été réalisées dans le multicouche ; ces coupes ont été comparées à celles réalisées par ELF et GDF dans leur propre modèle géologique suivant les mêmes axes.

La synthèse hydrogéologique engagée dans la phase II a été complétée par la prise en compte des remarques formulées par les partenaires du projet, et des recherches de données complémentaires ont été effectuées: données brutes utilisées par Housse et Maget (1977) mais non disponibles dans leur rapport, données issues de l'inventaire des prélèvements (Mauroux et Danneville, 1996), bibliographie complémentaire (thèses), données récentes. Une **base de données géoréférencée** englobant l'ensemble des données collectées, exploitable avec le logiciel MapInfo, a été construite. Des cartes thématiques rénovées sont présentées (piézométrie et paramètres hydrodynamiques notamment) ; elles serviront de référence pour le calage du futur modèle. †

Enfin, un modèle conceptuel, préparant la modélisation prévue en troisième phase, est également présenté.



Sommaire

1. INTRODUCTION	7
2. GÉOMÉTRIE DES COUCHES AQUIFÈRES	8
2.1 RAPPELS SUR LA GÉOLOGIE.....	8
2.1.1 Concept géologique.....	8
2.1.2 Structure géologique.....	9
2.2 GÉOMÉTRIE DU MODÈLE HYDRODYNAMIQUE.....	10
2.2.1 Travail réalisé antérieurement.....	10
2.2.2 Construction de la géométrie.....	11
3. BASE DE DONNÉES	12
3.1 DONNÉES COMPLÉMENTAIRES AU RAPPORT R39941.....	12
3.1.1 Nature des données acquises.....	12
3.1.2 Validation des données.....	13
3.1.3 Statistiques sur la base de données :.....	13
3.1.4 Caractéristiques et grille de lecture du tableau fourni en Amexe 1.....	14
3.2 CONSTRUCTION D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG).....	18
4. MODÈLE CONCEPTUEL	19
4.1 MIOCÈNE.....	19
4.1.1 Prélèvements (Figure 5).....	19
4.1.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 6).....	19
4.1.3 Qualité (température et minéralisation).....	20
4.1.4 Piézométrie (Figure 7).....	20
4.2 OLIGOCÈNE.....	20
4.2.1 Prélèvements (Figure 8).....	20
4.2.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 9).....	20
4.2.3 Qualité (température et minéralisation).....	20
4.2.4 Piézométrie (Figure 10).....	20
4.3 SABLES INFRA-MOLASSIQUES (SIM) ET EOCÈNE INFÉRIEUR.....	21
4.3.1 Prélèvements (Figure 11).....	21
4.3.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 12).....	21
4.3.3 Qualité (température et minéralisation) (Figures 13 et 14).....	22
4.3.4 Piézométrie (Figures 15 à 17).....	22
4.4 PALÉOCÈNE.....	24
4.4.1 Prélèvements (Figure 18).....	24
4.4.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 19).....	24
4.4.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 20).....	25
4.4.4 Piézométrie (Figure 21).....	25
4.5 SÉNONIEN SUPÉRIEUR.....	25
4.5.1 Prélèvements (Figure 22).....	25
4.5.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 23).....	25
4.5.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 24).....	26
4.5.4 Piézométrie (Figure 25).....	26
4.6 SÉNONIEN INF.-CÉNOMANO-TURONIEN.....	26
4.6.1 Prélèvements (Figure 26).....	26
4.6.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 27).....	26
4.6.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 28).....	26
4.6.4 Piézométrie (Figure 29).....	26

4.7 COMMUNICATIONS ENTRE AQUIFÈRES.....	27
4.7.1 Miocène <-> Oligocène.....	27
4.7.2 Sables infra-molassiques <-> Eocène inférieur<-> Paléocène.....	27
4.7.3 Paléocène <-> Sénonien supérieur	28
4.7.4 Sénonien sup. <-> Sénonien inf.-Cénomano-Turonien	29
4.8 DONNÉES SUR LA RECHARGE	29
5. MODÈLE HYDRODYNAMIQUE	31
5.1 REPRÉSENTATION NUMÉRIQUE.....	32
5.2 PRISE EN COMPTE DE LA TEMPÉRATURE	32
5.2.1 En profondeur.....	32
5.2.2 Cas des émergences d'eau chaude	32
5.3 PRISE EN COMPTE DES FAILLES ET DES AFFLEUREMENTS.....	33
5.3.1 Failles	33
5.3.2 Affleurements et recharge des nappes	34
5.4 CONDITIONS AUX LIMITES	34
5.4.1 Miocène	34
5.4.2 Oligocène.....	34
5.4.3 Sables infra-molassiques et Eocène inférieur.....	35
5.4.4 Paléocène.....	35
5.4.5 Sénonien supérieur	35
5.4.6 Sénonien inf.-Cénomano-Turonien.....	35
5.5 DEMARCHE DE CALAGE.....	34
6. BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXE 1	40
ANNEXE 2	41
ANNEXE 3	42

Liste des Figures

Annexe 2 : Géologie

1. MNT
2. Carte des affleurements
3. Carte structurale
4. Coupes du modèle géologique

Annexe 3 : Hydrogéologie : cartes thématiques

5. Prélèvements dans le Miocène – total : 1,62 Mm³ en 1995
6. Transmissivité du Miocène
7. Piézométrie du Miocène

8. Prélèvements dans l'Oligocène – total : 11,10 Mm³ en 1995
9. Transmissivité de l'Oligocène
10. Piézométrie de l'Oligocène

11. Prélèvements dans les Sables infra-molassiques (total : 10,31 Mm³ en 1995) et l'Eocène inférieur (total : 9,20 Mm³ en 1995)
12. Transmissivité des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur
13. Température des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur
14. Minéralisation des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur
15. Piézométrie des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur
16. Piézométrie “ été ” des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur
17. Piézométrie “ hiver ” des Sables infra-molassiques et de l'Eocène inférieur

18. Prélèvements dans le Paléocène – total : 10,50 Mm³ en 1995
19. Transmissivité du Paléocène
20. Température et minéralisation du Paléocène
21. Piézométrie du Paléocène

22. Prélèvements dans le Sénonien supérieur – total : 1,59 Mm³ en 1995
23. Transmissivité du Sénonien supérieur
24. Température et minéralisation du Sénonien supérieur
25. Piézométrie du Sénonien supérieur

26. Prélèvements dans le Sénonien inférieur et le Cénomano-Turonien – total : 5,07 Mm³ en 1995
27. Transmissivité du Sénonien inférieur et du Cénomano-Turonien
28. Température et minéralisation du Sénonien inférieur et du Cénomano-Turonien
29. Piézométrie du Sénonien inférieur et du Cénomano-Turonien

1. Introduction

Sur financements du Ministère de l'Industrie et de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la construction d'un modèle de gestion des nappes profondes nord pyrénéennes (sud du bassin Adour-Garonne) a été décidée. Le modèle doit permettre de gérer les ressources en eau de ces nappes au mieux des intérêts de tous les utilisateurs actuels et futurs (eau potable, irrigation, industrie, thermalisme, stockages de gaz) non seulement au plan quantitatif mais aussi qualitatif.

Cet outil de gestion doit être construit en cohérence avec les modèles existants de GDF et d'ELF (dont la finalité est l'évaluation de l'impact des stockages de gaz sur les écoulements souterrains). Il doit s'appuyer sur des bases conceptuelles géologiques et hydrogéologiques communes aux trois parties et sur des hypothèses acceptées par tous les partenaires du projet .

Un première phase, consacrée au concept géologique (Bourgine et al., 1997, rapport BRGM R 39538) a été menée en concertation avec Elf Aquitaine Production, Gaz de France, l'Institut de Géodynamique de Bordeaux III. Cette étape a permis de formuler les concepts géologiques et hydrogéologiques, en cohérence avec les apports de l'hydrogéochimie isotopique. Elle a permis de définir 8 systèmes aquifères dont le toit et le mur ont été cartographiés par traitement géostatistique, en s'appuyant sur le modelé structural de la base du Tertiaire.

Dans une deuxième phase (Lachassagne et al., 1998, rapport BRGM R39941), les différents systèmes aquifères ont été renseignés en s'appuyant sur la synthèse de Housse et Maget (1977), ainsi que sur les données postérieures à 1977 qui ont pu être rassemblées à partir de la bibliographie et de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM. Les données ont été classées pour chaque système aquifère potentiel, par type de paramètres, et des cartes thématiques ont été proposées. L'influence des structures géologiques a été évaluée et des recommandations pour le modèle ont été fournies.

Le présent rapport expose le résultat des nouvelles recherches effectuées pour compléter et actualiser le travail précédent. Dans une première partie, on rappelle brièvement les grands traits de la géologie du domaine étudié et l'on présente quelques coupes verticales effectuées dans la géométrie du futur modèle hydrodynamique. Une deuxième partie est consacrée à la description de la base de données qui a été créée et une troisième partie synthétise l'information hydrogéologique acquise dans la perspective de la modélisation prévue dans la 3^{ème} phase de ce projet.

2. Géométrie des couches aquifères

2.1 Rappels sur la géologie

2.1.1 Concept géologique

La géologie du domaine est décrite de façon détaillée dans le rapport BRGM R39538 (Bourguine, Capdeville et al, 1997). Ce travail, mené en collaboration avec Elf Aquitaine Production et Gaz de France, a permis d'établir un modèle conceptuel géologique commun aux trois parties (BRGM, EAP, GDF) basé sur la notion de progradation des séries sédimentaires dans la zone nord pyrénéenne. Plus récemment, une représentation géologique du Sud Aquitain, s'appuyant sur le même concept, est proposée par N. Labat (1998) dans son travail de thèse.

Le processus de comblement par progradation Est-Ouest implique l'hétérochronisme des lithofaciès rencontrés : ainsi les Sables infra-molassiques ont été datés du Cuisien inférieur à Barbotan, du Cuisien moyen à Izaute et du Cuisien supérieur à Lussagnet. Un autre exemple est celui des Grès à Nummulites datés de l'Ilerdien dans l'Aude et du Cuisien moyen au sud de Pau. Ces aspects ont été détaillés dans le tableau récapitulatif du rapport R39538 (Bourguine et al. 1997), et également discutés dans Labat (1998), Cavalier et al., 1997), Strakos et al. (1997 et 1998).

Dans l'étude BRGM, 8 couches géologiques potentiellement aquifères ont été individualisées : de la plus récente à la plus ancienne, il s'agit :

- du Miocène,
- de l'Oligocène,
- de l'Eocène moyen,
- des Sables infra-molassiques,
- de l'Eocène inférieur
- du Paléocène ;
- du Sénonien supérieur
- du Sénonien inférieur, du Cénomaniens et du Turonien regroupés dans le même ensemble.

Remarque: dans le présent rapport, la dénomination "*Paléocène*" remplace la dénomination "*Dano-Paléocène*" des rapports antérieurs. Le Paléocène regroupe en effet le *Danien* (Paléocène inférieur) et le *Thanétien* (Paléocène supérieur), selon les conventions actuelles.

2.1.2. Structure géologique

La structure est complexe, marquée par la déformation pyrénéenne. Elle est caractérisée par de très nombreux anticlinaux et synclinaux et de nombreux faisceaux de failles (rapport R39538, Bourguin et al., 1997).

Au Sud, le chevauchement frontal Nord-Pyrénéen délimitera la frontière Sud du modèle hydrodynamique (figures 1 et 2 en annexe).

Au nord, les rides anticlinales de Roquefort, Créon, Barbotan, Castera Verduzan, où le Crétacé affleure, ont été choisies comme limite d'extension nord-ouest du modèle hydrodynamique (figures 1 et 2). Au nord de cette ligne, la rareté des données n'a pas permis de fournir une image précise de la base du tertiaire.

Entre ces deux frontières se succèdent anticlinaux et synclinaux. A l'Ouest, la structure est particulièrement complexe, caractérisée par des remontées diapiriques : diapirs de Benesse - St Pandelon, de Dax, de Thétieu, de Bastennes. Le secteur est caractérisé par des remontées d'eau chaude exploitées par les stations thermales de Dax, St Paul, Préchacq, ...

Structures affleurantes

Les zones d'affleurement des couches considérées (carte de la figure 2 en annexe) sont majoritairement situées à la périphérie du domaine étudié :

- au Sud, le long du chevauchement pyrénéen, affleurements en bandes très étirées du Sénonien supérieur, du Paléocène, de l'Eocène inférieur et de l'Eocène moyen.
- à l'Est, dans la région de Castres, affleurements plus importants de l'Eocène inférieur
- à l'Ouest, entre Bayonne et Dax, affleurements de l'Oligocène.
- au Nord, les formations aquifères du Cénomano-Turonien sont portées à l'affleurement au niveau des rides anticlinales de Roquefort, Créon, Barbotan, Castera-Verduzan.

A l'intérieur du domaine, les affleurements sont peu nombreux et localisés à l'Ouest, entre Mont-de-Marsan et Dax :

- la principale structure affleurante est l'anticlinal d'Audignon (à cœur albien imperméable) situé au sud de Mont-de-Marsan ;
- au sud de Dax, la ride de Tercis est constituée par le redressement des couches du Paléocène et du Crétacé supérieur ;
- au nord-est de Dax, le Paléocène et l'Eocène inférieur affleurants forment la structure de Louer dont le flanc nord est affecté par une faille abaissant le compartiment nord avec un rejet de l'ordre de 600 m (possibilité de mise en communication de l'Eocène moyen au Nord avec le Paléocène au Sud).

Les anticlinaux d'Audignon et de Barbotan, importants au plan hydrodynamique (mise en communication des différentes couches aquifères par biseautage, sources thermales de Barbotan), sont décrits en détail dans la thèse de N. Labat (1998).

1) Anticlinal d'Audignon

Il s'agit d'un anticlinal faillé d'axe Est-Ouest, déversé vers le nord, qui s'étend sur une trentaine de km entre Mugron et Aire-sur-l'Adour. Le flanc nord est traversé par une grande faille inverse de direction N90° au delà de laquelle les couches s'enfoncent vers le synclinal Nord Audignon avec un fort pendage, pouvant atteindre 60°. Les rejets varient de 100 m à 800 m. Sur le flanc Sud, les pendages sont plus faibles, de 12° à 15°. Sur le flanc est, à la hauteur de la station thermale d'Eugénie-les-Bains, une faille inverse décale de 50 m environ la partie occidentale, surélevée, de la partie orientale, effondrée ; elle interrompt sans doute la continuité des réservoirs aquifères : à l'Est, les calcaires de Sarraziet (Ilerdien) sont en effet abaissés à la hauteur des couches du Paléocène. A l'Est de cette faille, les Sables infra-molassiques et les Grès à Nummulites se biseautent sous la Molasse.

2) Anticlinal de Barbotan.

Cet anticlinal fait partie d'une longue ride anticlinale d'axe NW-SE qui s'étend de Créon à l'Ouest jusqu'à Cézan-Lavardens à l'Est. Au nord de cette ligne anticlinale s'étend le domaine de la plate-forme nord-aquitaine.

La structure de Barbotan, où affleurent les Sables infra-molassiques, est compartimenté par de nombreuses failles. La faille normale de Barbotan sépare un flanc sud, fortement redressé (avec un pendage de l'ordre de 45°) d'un flanc nord traversé par un faisceau de failles inverses ; elle met en contact la molasse de la partie nord avec les Sables de la partie sud.

2.2 Géométrie du modèle hydrodynamique

2.2.1 Travail réalisé antérieurement

Lors de l'étude menée en 1997 (Bourguin et al., 1997), une représentation géométrique enveloppe des 8 systèmes aquifères ci-dessus a été construite par traitement géostatistique des cotes du toit et du mur relevées sur les forages recensés (741 forages).

Outre les données issues des coupes de forages, l'information de base utilisée pour ce travail comprenait :

- le modèle numérique de terrain (figure 1 en annexe) ; le MNT au pas de 1 km a été moyenné au pas de 2 km pour correspondre à la taille des mailles de la grille d'interpolation.
- la carte des affleurements (figure 2 en annexe) ;

- la carte structurale en isohypses de la base du Tertiaire (le mur du Paléocène), considérée comme la surface de référence et construite à partir de toutes les informations disponibles (forages et coupes sismiques) ;

A partir de ces données, la cartographie du toit et du mur (ou du toit et de l'épaisseur) de chaque couche a été réalisée par krigeage sur la base d'une analyse variographique préalable permettant de choisir la technique de krigeage appropriée et les paramètres de l'interpolation. Les cartes obtenues sont présentées dans le rapport BRGM R39538 (Bourgine et al., 1997).

2.2.2 Construction de la géométrie

A partir du travail de 1997 présenté ci-dessus, il a été procédé à :

- une vérification systématique de la cohérence de la géologie sur coupes verticales : 25 coupes ont été réalisées dans l'empilement des grilles toit et mur des formations aquifères.

- une ré-interpolation après corrections du géologue. La grille d'interpolation est constituée de mailles carrées de 2 km de côté.

Les coupes verticales effectuées ont été comparées aux coupes suivant les mêmes directions effectuées dans les modèles géologiques d'ELF et de GDF. La comparaison a permis de vérifier en particulier:

- que les axes synclinaux et anticlinaux étaient bien reproduits;
- que les affleurements des couches du modèle correspondaient bien aux affleurements cartographiés ;
- que les rejets de failles étaient correctement estimés.

Les coupes qui ont fait l'objet d'une comparaison sont rassemblées en Annexe 2.

Remarque : la couche de l'Eocène moyen, initialement présente, de faible extension, a été rattachée en partie aux Sables infra-molassiques.



3. Base de données

3.1 Données complémentaires au rapport R39941

Dans le rapport BRGM R39941 (Lachassagne et al., 1998), les différents systèmes aquifères ont été renseignés en s'appuyant sur les données postérieures à 1977 qui ont pu être rassemblées à partir de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM. Les paramètres hydrogéologiques disponibles ont été collectés : aquifère capté, cotes de l'intervalle capté, porosité, piézométrie, paramètres hydrodynamiques (perméabilité ou transmissivité, emmagasinement, débit prélevé), hydrochimie, température.

Des recherches complémentaires d'informations ont été menées, afin de construire une base de données hydrogéologiques aussi complète que possible. Compte tenu des caractéristiques structurales de la ride anticlinale de Roquefort, Créon, Barbotan, Castéra-Verduzan (§ 2.1) impliquant vraisemblablement une rupture de continuité des écoulements. Ces recherches ont été limitées à une zone géographique située au sud de cet axe anticlinal prolongé par une ligne passant par Cadours, Toulouse, et Castelnaudary. Toutefois, une marge a été conservée, en introduisant dans la zone de prospection une bande d'une largeur de l'ordre de 20 km au nord de cette limite. Les données recensées dans le rapport R39941 portant sur des ouvrages situés au nord de cette limite ont été conservées dans la base de données.

3.1.1 Nature des données acquises

- *Données brutes de la synthèse de Housse et Maget (1977)*

Dans la synthèse de Housse et Maget (1977), des cartes thématiques sont proposées, et notamment des cartes piézométriques. Toutefois, les valeurs brutes utilisées pour l'établissement de ces cartes ne sont pas disponibles dans cette synthèse. Les dossiers de la BSS correspondant aux forages étudiés à l'époque ont par conséquent été consultés afin d'en extraire les valeurs utilisées pour les cartes.

- *Données issues de l'inventaire des prélèvements*

Un inventaire des prélèvements d'eau (alimentation en eau potable, thermalisme, irrigation, industrie, géothermie) dans les nappes profondes du Sud du bassin Adour-Garonne a été réalisé par le BRGM en 1995 (Mauroux et Danneville, 1996). La base de données réalisée par ces auteurs comprend, outre les volumes prélevés, quelques données sur la piézométrie, la température, l'hydrochimie et d'autres paramètres des captages considérés. Toutes ces données ont été intégrées dans la base actuelle.

• *Autres sources d'informations (thèses, données récentes)*

- ◆ Quatre *thèses* ont été consacrées à l'étude de l'*alimentation des nappes* nord-pyrénéennes du Crétacé supérieur et de l'Eocène (Bellemare, 1972, Faugère, 1970, Guessab, 1970, Pelissier-Hermitte, 1970). Ces travaux tentent notamment de quantifier les débits d'alimentation de ces nappes.
- ◆ Une *thèse* récente étudie le comportement hydrodynamique de l'aquifère des Sables infra-molassiques soumis aux fluctuations induites par les stockages souterrains de gaz d'*Izaute et Lussagnet* (Labat, 1998). Les données acquises grâce à ce travail ont été intégrées dans la base de données, et les concepts qui y ont été développés seront pris en compte dans le modèle conceptuel. (§ 3)
- ◆ Quelques *rapports récents* contiennent des données n'étant pas incluses dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998), il s'agit principalement des synthèses suivantes : Benhammouda et al. (1998) et Bérard et Sourisseau (1998).
- ◆ Enfin, des données complémentaires ont été fournies par deux des *partenaires* du projet: Gaz de France pour le site des Landes de Siougos et son environnement, et Elf Aquitaine pour les sites d'Izaute et Lussagnet et leur environnement.
- ◆ Les remarques formulées en juillet 1998, par EGID de l'Université de Bordeaux III, ont été prises en compte.

3.1.2 *Validation des données*

• *Par croisement des différentes sources d'information*

Les données acquises dans le cadre des recherches complémentaires ont été croisées avec celles de la base de données géologique du rapport R39538 (Bourguin et al., 1997). La cohérence entre les cotes des épontes (toit et mur) de la base de données géologique du rapport R39538 et les cotes de l'intervalle capté par l'ouvrage a notamment été vérifiée et les valeurs éventuellement modifiées en conséquence.

• *Par concertation*

La base de données constituée a été transmise pour vérification aux partenaires du projet, ELF et GDF.

3.1.3 *Statistiques sur la base de données :*

Le tableau ci-après présente quelques éléments statistiques sur la base de données.

Remarque : Compte tenu de l'existence de données sur plusieurs aquifères captés par un même forage, le nombre de forages est inférieur au nombre d'entrées de la base.

Aquifère	Nombre d'entrées	Nombre de forages	Nombre de points renseignés en piézométrie (1 à n valeurs)
Miocène	86	86	77
Oligocène	118	117	69
Sables infra-molassiques	165	163	118
Eocène inférieur	78	74	29
Paléocène	167	158	65
Sénonien supérieur	69	66	31
Sénonien inf.-Céno.-Tur.	134	117	45
Modèle entier	817	640	434
Infra-Cénomancien	141	96	75
<i>Non attribués</i>	68	68	5
<i>Sans données hydrogéol.</i>	188	188	0
<i>Dossier absent</i>	20	20	0
Base entière	1234	1001	514

3.1.4 Caractéristiques et grille de lecture du tableau fourni en Annexe 1

Le tableau, contenant les informations collectées est fourni en Annexe 1. Il s'agit d'une image partielle de la base de données gérée par le SIG MAPINFO qui a été construite. En effet, pour plus de lisibilité, seules certaines entrées sont présentées. Ne sont pas représentées les entrées suivantes : *nom complet de l'ouvrage, précisions sur l'aquifère (formation, faciès), toit de l'aquifère et épaisseur, qualité de la mesure de transmissivité, remarques, cotes des toit et mur des aquifères potentiels (issues du rapport R39538, Bourguine et al. 1997)*. Ne sont pas représentées non plus les autres données du SIG mentionnées au § 3.2. Par ailleurs, certaines informations ne sont pas affichées entièrement sur la version papier, par manque de place.

Généralités :

- ◆ Sont mentionnées en *italique* les valeurs incertaines ou imprécises.
- ◆ Les modalités de calcul de la piézométrie, dans le cas de capteurs de pression, sont mentionnées dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998).

Les différentes entrées du tableau présenté en Annexe 1 sont énumérées une à une ci-dessous, avec les explications nécessaires à une bonne exploitation des données qu'il contient :

1) Indications générales

- ◆ **nom** : nom commun de l'ouvrage (un nom plus complet est disponible dans la base de données avec commune, lieu-dit...).

- ◆ **indice BRGM (n° BSS) :** n° de classement dans la Banque de données du Sous-Sol du BRGM. Les 4 premiers chiffres sont ceux du n° de coupure IGN au 50.000^e, ces coupures étant représentées sur les cartes thématiques en annexe 3. Le 5^e chiffre est le n° de sous-coupure au 25.000^e (de 1 à 8) ; ce chiffre permet de situer les points approximativement sur les cartes selon le schéma suivant :

1	2	3	4
5	6	7	8

- ◆ **sigle :** sigle usuel ou code DHYCA pour les forages pétroliers
- ◆ **X et Y Lambert III Sud (km) :** coordonnées dans le système de référence Lambert III Sud
- ◆ **Z (m NGF) :** altitude sol du forage. Lorsqu'il existe une incertitude supérieure à 1m, elle est indiquée en italique.
- ◆ **profondeur atteinte (m) :** profondeur atteinte en fin de forage, par rapport au sol.
- ◆ **couche du modèle (aquifère concerné) :**

Les noms des différentes couches du modèle ont été codifiés comme suit :

mio : Miocène

olig : Oligocène

SIM : Sables infra-molassiques

eoc.i : Eocène inférieur

pal : Paléocène

Ss : Sénonien supérieur

Si+CT : Sénonien inférieur et Cénomano-Turonien

infra-CT : Ci (Crétacé inf.), J, Js, Jm, Ji (Jurassique, sup., moyen, inf.) etc.

a.d. : absence de données hydrogéologiques

n.d. : dossier non disponible

Pour certains points, principalement autour de **Dax**, l'attribution n'a pas pu être effectuée. Il s'agit pour l'essentiel d'ouvrages captant le **Sénonien**, mais sans précisions supplémentaires. Il est alors indiqué "S" dans la colonne "couche du modèle". Les données correspondantes ont été intégrées dans le SIG, mais n'apparaissent pas dans les cartes thématiques par aquifère potentiel.

Forages incertains : certains forages de la base de données ne font pas partie du fichier de référence pour le modèle géologique (rapport R39538). Ainsi, si les indications du document source sont peu précises, on ne connaît pas toujours l'aquifère qui est capté. Par conséquent, lorsqu'il y a incertitude sur l'aquifère capté, l'attribution a été faite en fonction des définitions d'aquifères potentiels du rapport R39538, en prenant en compte la présence ou non *a priori* de l'aquifère au droit du forage et la cohérence entre cotes des épontes (toit et mur) et cotes du niveau capté (lorsque ces dernières sont disponibles). Les noms sont alors indiqués en *italique*.

Lorsque deux aquifères sont apparemment captés par le même ouvrage, l'ouvrage a été affecté aux deux aquifères (deux affectations avec les mêmes propriétés hydrodynamiques, et notamment le même niveau piézométrique).

Lorsqu'il y a une incertitude sur l'attribution entre deux aquifères différents, l'ouvrage a été affecté aux deux aquifères (deux affectations avec les mêmes propriétés hydrodynamiques, et notamment le même niveau piézométrique). Les valeurs sont alors indiquées en *italique*, pour indiquer que l'un *ou* l'autre des aquifères est capté.

En caractères **gras** sont indiquées les attributions effectuées en dépit de ce qui était indiqué dans le document source, soit que cette indication est vraisemblablement fausse, soit qu'elle est imprécise.

- ◆ **intervalle capté / profondeur de la mesure (m NGF)** : altimétries de l'intervalle capté. Cet intervalle n'est pas obligatoirement entièrement crépiné, il peut y avoir plusieurs intervalles crépinés entre ces deux cotes extrêmes. Lorsque seule la colonne « toit » est renseignée, il s'agit de la profondeur à laquelle les mesures ont été effectuées.

2) Piézométrie

Les valeurs disponibles ont été réparties dans 3 colonnes différentes. Les valeurs indiquées *en italique* correspondent à des mesures effectuées en général au cours de forages pétroliers anciens avec des capteurs de pression dont la précision n'est pas connue (incertitude de l'ordre de 1 bar minimum pour les mesures le plus anciennes). Pour le mode de calcul de la hauteur piézométrique équivalente, se reporter au rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998).

- ◆ **piézométrie “ été - automne ” (m NGF)** : valeurs acquises entre juin et novembre, qui correspondent aux *basses eaux* en conditions naturelles (et éventuellement en décembre pour certains forages dans lesquels les valeurs extrêmes ont lieu en mai et décembre).
- ◆ **date “ été - automne ”** : mois et année de la mesure. Lorsque l'année n'est pas indiquée (mois seul), cela signifie que la valeur correspond à une valeur observée de manière récurrente à cette saison, au vu des chroniques récentes pluriannuelles.
- ◆ **piézométrie “ hiver - printemps ” (m NGF)** : valeurs acquises entre décembre et mai, qui correspondent aux *hautes eaux* en conditions naturelles.
- ◆ **date “ hiver - printemps ”** : idem date “ été-automne ”
- ◆ **piézométrie sans mois (m NGF)** : valeurs sans indication de jour ni de mois ; pour certaines seule l'année est connue.
- ◆ **année sans mois** : année de la mesure sans indication de jour ni de mois.

◆ **valeur moyenne ou récente** : ont été reportées :

-soit la moyenne de la valeur hiver-printemps et de la valeur été-automne lorsqu'elles sont disponibles

-soit l'une de ces deux valeurs lorsqu'elle est seule

-soit la valeur donnée sans indication de mois.

Lorsqu'une des 2 valeurs disponibles est ancienne, la valeur la plus récente seule est retenue.

- ◆ **chronique** : “ oui ” signifie l'existence de plus d'une mesure piézométrique. En gras, “ **oui** ” signifie l'existence d'une chronique de plus de 3 mesures différentes. “ Limni ” signifie que le forage est équipé d'un enregistreur en continu de la piézométrie.

3) Paramètres hydrodynamiques

- ◆ **T (m²/s)** : valeur de **transmissivité** déterminée à partir des données disponibles. En l'absence de données de transmissivité, le **débit d'exploitation** a été reporté (en m³/h). Lorsqu'une valeur de **conductivité hydraulique** (ou perméabilité) seule est disponible, elle est indiquée sous la forme **K=.....** et est exprimée en m/s.

Lorsque des données qualitatives sont disponibles, les codifications suivantes ont été utilisées :

-PT : pertes totales

-PP : pertes partielles

-P : pertes indifférenciées

-AP : absence de pertes

-K : précédant une valeur de débit signifie que le forage recoupe un aquifère de type karstique.

-A : précédent une valeur signifie qu'il s'agit d'un débit artésien naturel.

- ◆ **S** : coefficient d'emménagement (adimensionnel)

- ◆ **porosité** : exprimée en %

4) Qualité physico-chimique

- ◆ **température de fond** : température mesurée au fond ou bien en surface, au cours d'un pompage d'essai de longue durée permettant néanmoins de disposer d'une valeur représentative de la température de fond.

- ◆ **minéralisation** : minéralisation totale du fluide déduite de la détermination au laboratoire du “ résidu sec ”. En l'absence, a été mentionnée “ C260 ” la conductivité électrique à 20°C, exprimée en micro Siemens par centimètre (µS/cm).

En l'absence de donnée quantitative, les informations " eau douce " ou " eau salée " indiquées par les pétroliers ont été mentionnées.

5) Prélèvements 1995

- ◆ **volume annuel (m³)** : volume exploité en 1995, selon l'inventaire BRGM des prélèvements. Depuis l'édition du rapport R38871 (Mauroux et Danneville, 1996), la base de données a été complétée.
- ◆ **utilisation** : alimentation en eau potable (AEP), industrie, thermalisme, irrigation.
- ◆ **état** : exploité ou non exploité en 1995, abandonné.
- ◆ **Références ou origine des données** : les références mentionnées ne sont pas toutes reportées dans la bibliographie du présent rapport, mais on peut les trouver dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998). Les codifications suivantes ont été utilisées :
 - BxI : rapport Université de Bordeaux I,
 - BxIII : rapport Université de Bordeaux III,
 - CG 40 : rapport Conseil Général des Landes,
 - CH90/18 : référence rapport Université de Bordeaux I,
 - SGR/AQI ou MPY : rapport Service Géologique Régional Aquitaine ou Midi-Pyrénées,
 - 88 SGN 84 AQI : référence d'un rapport BRGM.
 - R38654 : référence d'un rapport BRGM.

3.2 Construction d'un système d'information géographique (SIG)

Toutes les données nécessaires à la modélisation ont été intégrées dans un SIG (géré par le logiciel MAPINFO) : données du tableau présenté en Annexe 1 (forages recensés avec les données correspondantes, y compris les volumes prélevés), modèle numérique de terrain, cartes piézométriques, ...

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 (sélections, extractions, analyses thématiques,...)

Toutes les cartes thématiques présentées en annexe 3 ont été réalisées à l'aide de ce SIG.



4. Modèle conceptuel

On présente dans ce chapitre une synthèse hydrogéologique qui actualise le travail exposé dans le rapport BRGM R39941 (Lachassagne et al., 1998) et qui tient compte des données nouvelles et des remarques formulées par les partenaires du projet (ELF, GDF, EGID Bordeaux III).

Extension des aquifères : (cf. cartes thématiques en annexe 3) elle a été définie lors de la synthèse géologique (rapport R39538, Bourguin et al., 1997). Il s'agit d'*aquifères potentiels* : les données disponibles sont en effet souvent insuffisantes pour délimiter précisément les zones *réellement* aquifères.

Prélèvements : les données sur les prélèvements sont issues de l'inventaire réalisé par le BRGM sur les volumes exploités en 1995. Depuis l'édition du rapport R38871 (Mauroux et Danneville, 1996), la base de données a été complétée. Le volume total prélevé en 1995 dans les nappes profondes du sud du bassin Adour-Garonne évalué à **37,18 millions de m³** en 1995, est estimé dans l'état actuel de la base de données à **51,05 millions de m³**. La différence provient de l'intégration :

- ◆ des prélèvements dans l'aquifère du Miocène (dans le nord du département des Landes) ; l'inventaire était en cours en 1995 et se poursuit actuellement.
- ◆ des prélèvements dans les sources.

La base de données étant actualisée au fur et à mesure des inventaires, le dernier chiffre fourni est provisoire.

4.1 Miocène

4.1.1 Prélèvements (Figure 5)

Le total des prélèvements, évalué à **1,62 Mm³** en 1995 est inférieur à la réalité (l'inventaire étant incomplet, cf. supra). Les plus gros volumes sont prélevés à Morcenx, et dans une moindre mesure à St-Vincent-de-Paul et St-Paul-les-Dax. Les courbes piézométriques montrées sur la figure sont commentées au § 4.4.1.

4.1.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 6)

L'essentiel des données disponibles est localisé dans le tiers sud-est de l'aquifère potentiel. Les transmissivités sont assez homogènes avec des valeurs s'échelonnant entre 1.10^{-3} et 7.10^{-3} m²/s. A l'Ouest et au Nord-Est deux valeurs isolées indiquent des

transmissivités différentes, mais les données sont insuffisantes pour en déduire une tendance générale.

4.1.3 Qualité (température et minéralisation)

Aucune carte thématique n'est présentée. En effet, les températures et les minéralisations mesurées sont relativement homogènes : températures comprises entre 14 et 16°C, et minéralisations proches de 200 mg/l.

4.1.4 Piézométrie (Figure 7)

Les valeurs issues de la base de données complétée ne modifient pas de manière significative la carte piézométrique par rapport à celle qui a été présentée dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998). Aussi les courbes isopièzes représentées sur la figure 7 ne sont-elles pas modifiées.

Les isopièzes présentées dans le SDAGE Adour-Garonne 1996 (Schéma Directeur d'Aménagement et Gestion des Eaux) sont représentées en bleu sur la figure, et les courbes isopièzes proposées dans le rapport R39941 sont représentées en vert. La forme de ces dernières courbes traduit une condition d'échange nappe-rivière, l'aquifère alimentant les cours d'eau : Douze, Midou, Midouze au Sud, Leyre au Nord-Est.

4.2 Oligocène

4.2.1 Prélèvements (Figure 8)

Le total des prélèvements s'élève à **11,10 Mm³** en 1995. Les captages industriels de Tartas, les régions de Dax et de Toulouse sont les principaux secteurs de prélèvements.

4.2.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 9)

Sur le pourtour de Dax, les transmissivités sont de l'ordre de 1.10^{-3} à 4.10^{-3} m²/s. Dans la région de Toulouse, les qualités aquifères semblent moins bonnes.

4.2.3 Qualité (température et minéralisation)

Aucune carte thématique n'est présentée. En effet, les températures mesurées sont relativement homogènes, comprises entre 17 et 20°C. Pour la minéralisation, très peu de données sont disponibles, et la variabilité est importante (0,4 à 33 g/l).

4.2.4 Piézométrie (Figure 10)

Les valeurs issues de la base de données complétée ne modifient pas de manière significative la carte piézométrique par rapport à celle qui a été présentée dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998). Les seules courbes isopièzes représentées sur la figure 10 sont celles du SDAGE 1996. En raison de l'existence de vastes zones non

renseignées et de la variabilité des paramètres hydrodynamiques et de la minéralisation, l'établissement de nouvelles courbes isopièzes serait hasardeux.

Toutefois la tendance générale est connue : à l'Est, les écoulements rejoignent les nappes alluviales de la Garonne et du Tarn, où l'on observe un échange nappe-rivière, l'aquifère alimentant les cours d'eau. A l'Ouest, les écoulements s'orientent à l'opposé, vers le Sud-Ouest.

4.3 Sables infra-molassiques (SIM) et Eocène inférieur

L'aquifère des Sables infra-molassiques a été défini par une description de *faciès*. L'aquifère potentiel de l'Eocène inférieur est en revanche défini par son *âge*. L'occurrence de systèmes progradants lors de la sédimentation de ces formations implique des *diachronismes* qui se traduisent par la présence d'objets sédimentaires de même faciès mais caractérisés par des marqueurs d'âges différents. C'est le cas notamment des Sables infra-molassiques dont l'âge va du Lutétien (Eocène moyen) au Sud-Ouest, à l'Yprésien (Eocène inférieur) au Nord-Est. Le faciès des Grès à Nummulites présente la même particularité, passant de l'Ilerdien (Yprésien inférieur) au Cuisien (Yprésien sup.), voire au Lutétien vers le Sud-Ouest. Ces aspects ont été détaillés dans le tableau récapitulatif du rapport R39538 (Bourguin et al. 1997), et également discutés dans Labat (1998), Cavelier et al., (1997), Strakos et al., (1997 et 1998).

Ainsi, ces deux formations ont des définitions qui ne sont pas exclusives *stricto sensu*. Ces particularités peuvent provoquer des confusions, en raison des imprécisions sémantiques. L'interprétation des données disponibles (souvent laconiques) peut parfois être hasardeuse, notamment lorsque un document indique un âge, par exemple l'Eocène inférieur, sans indication de faciès, il est difficile de savoir s'il s'agit des Sables infra-molassiques.

Ces considérations nous ont conduit à représenter sur les mêmes cartes thématiques les données des Sables infra-molassiques et celles de l'Eocène inférieur. Toutefois, la distinction y demeure possible, par l'affichage en couleurs différentes.

4.3.1 Prélèvements (Figure 11)

Le total des prélèvements en 1995 s'élève à **10,33 Mm³** pour les Sables infra-molassiques et à **9,20 Mm³** pour l'Eocène inférieur. Pour les premiers, il faut citer les régions de Barbotan, Eugénie-les-Bains et le Sud-Est de Pau (Bordes). Pour la deuxième formation, l'essentiel des prélèvements est concentré à Donzacq et Bastennes. A Donzacq, sur la bordure Est du diapir de Bastennes, une valeur élevée de 5,500 Mm³ est inscrite, qui ne représente pas un prélèvement *stricto sensu*, mais la somme des volumes prélevés et des volumes qui s'écoulent naturellement de la source des Eschourdes.

4.3.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 12)

Des travaux antérieurs (voir notamment Labat, 1998) suggèrent l'existence d'une zone à transmissivité élevée dans les Sables infra-molassiques, prenant le forme d'un « chenal » orienté grossièrement nord-sud et passant par Barbotan, Lussagnet, Izaute,

Eugénie-les-Bains et se terminant vers le Sud entre Pau et Tarbes. Les valeurs observées dans ce « chenal » sont en effet comprises entre 10^{-3} et 10^{-1} m²/s (cette zone correspond à celle où le plus de données sont disponibles, alors que les autres secteurs sont peu renseignés).

Dans la zone d'influence des stockages de gaz d'Izaute et de Lussagnet, des valeurs de perméabilités ont été calculées par N. Labat (communication au BRGM, 1999) en utilisant la méthode dite tidale (utilisation d'une solution analytique pour simuler la propagation d'une onde périodique dans un aquifère). Suivant les puits, les valeurs s'échelonnent de 10^{-4} m/s (Uby) à 8.10^{-6} m/s (Geysier 1), les valeurs moyennes les plus fréquentes étant de l'ordre de 2.10^{-5} m/s (puits Pécorade 101, Geaune 3, Castelnau Tursan) et de 5.10^{-5} m/s (puits Nogaro 1 et Nogaro 2).

4.3.3 Qualité (température et minéralisation) (Figures 13 et 14)

Les températures sont variables, mais des tendances locales peuvent être dégagées .

A Barbotan, il existe une faille isolant hydrodynamiquement le compartiment Nord du compartiment Sud (Labat, 1998). Les températures au Sud sont de l'ordre de 35°C, contre 18°C au Nord (forage Laiterie à Barbotan).

Remarque : sur la figure 13, le forage Laiterie apparaît au sud de la faille, à la bordure Nord de la « grappe » de points correspondant aux forages de Barbotan, mais il est en réalité situé au nord de la faille (la valeur de 18°C observée à Laiterie n'apparaît pas sur la figure 13).

A Eugénie-les-Bains, l'Eocène inférieur est caractérisé par de l'eau à température plus faible, de l'ordre de 20°C. Plus au Sud, dans la région de Geaune, la température de l'eau des SIM est de 30°C environ, tandis que vers Bordes elle est proche de 14°C. Plus loin à l'Est, vers Toulouse et Castelnau-d'Aud, la température des SIM est plus élevée.

Ces températures reflètent la double influence de la profondeur des formations traversées ainsi que de leurs propriétés hydrodynamiques (variabilité des temps de séjour).

La minéralisation est assez homogène au sein du « chenal de transmissivité » (cf. § 4.3.3), y compris à Laiterie, et a tendance à s'élever vers l'Est et le Sud-Est, traduisant un probable confinement relatif. Au nord de l'axe de Roquefort, Barbotan, Toulouse, la minéralisation est globalement légèrement plus élevée que dans le « chenal de transmissivité ».

4.3.4 Piézométrie (Figures 15 à 17)

Des données actuelles on peut déduire qu'il existe une rupture de la continuité hydraulique dans les SIM de part et d'autre de la ligne Roquefort, Créon, Barbotan, Castéra-Verduzan (Benhammouda et al., 1998). Cette discontinuité se traduit, outre les différences de température et de minéralisation évoquées plus haut, par une différence de niveau piézométrique pouvant dépasser 100m entre le Nord et le Sud de cette limite (dans la région de Castéra-Verduzan notamment, avec une piézométrie dépassant les

120 m au Sud et une valeur de 17,4 m au Nord (Beaucaire). Sur la figure 15, le forage de Beaucaire apparaît au Sud immédiat de la faille, mais il est en réalité situé au Nord.

Dans l'hypothèse de l'existence du « chenal » de transmissivité décrit au § 4.3.2, le gradient de piézométrie étant grossièrement orienté dans le même sens (sud-nord), on devrait observer une tendance à la concavité vers le Nord des courbes piézométriques. Une telle tendance ne semble pas être observable au droit du « chenal ». Toutefois, dans la région de Bordes (sud-est de Pau), cette concavité existe, mais elle peut également être due à la présence de prélèvements importants dans ce secteur.

Dans la zone de Lussagnet et Izaute, les modifications de piézométrie induites par les cycles de stockage de gaz naturel masquent l'éventuelle concavité « naturelle » des isopièzes.

La piézométrie présentée sur la figure 15 est marquée par l'influence de ces stockages, qui provoquent des variations saisonnières de piézométrie. Sur cette figure sont représentées des valeurs moyennes, alors que l'amplitude de ces variations est de l'ordre de 80 m à proximité des sites de stockage, avec un maximum en octobre et un minimum en avril. L'influence des stockages est répercutée dans un rayon de 30 km environ autour du site, l'amplitude s'atténuant avec la distance, et le signal subissant un retard variable (par exemple 2 semaines à Uby, contre 2 à 3 mois à Barbotan, situé à 1 km au Nord d'Uby). L'influence est sensible au Sud-Ouest à Eugénie-les-Bains (forage ELB002 captant l'Eocène inférieur), plus loin à Geaune et Castelnau-Tursan, et au Nord-Est à Barbotan et à Geyser. Elle n'est en revanche pas sensible au forage « Christine-Marie » d'Eugénie-les-Bains, captant le Paléocène.

Au Nord-Ouest le forage de Lacquy 101 capte à la fois les SIM, dont la piézométrie avoisinante dépasse les 100 m NGF, et le Sénonien supérieur, dont la piézométrie locale est de l'ordre de 60 m NGF. Sa piézométrie est de 82 m NGF. Il ne subit pas l'influence des stockages de gaz naturel de Lussagnet et Izaute, et pourtant son niveau piézométrique ne semble pas être représentatif du Sénonien supérieur seul. Ces considérations conduisent à écarter l'hypothèse d'une importante zone exutoire des SIM, via des aquifères relais, à Roquefort (hypothèse également réfutée par l'EGID, ELF et GDF.). Cette hypothèse était en effet fondée sur l'existence supposée d'un fort gradient au droit de Lacquy, orienté vers Roquefort.

Le seul exutoire naturel connu des SIM serait celui de Barbotan.

L'hypothèse d'une dépression piézométrique orientée nord-ouest - sud-est, de Gondrin à Castelnau-Magnoac doit être abandonnée :

- d'une part le piézomètre de Castelnau-Magnoac (niveau mesuré égal à 136 m NGF) s'est avéré n'être pas représentatif des SIM (Bonneroy et al., 1997).
- d'autre part, le forage de Gondrin (niveau mesuré égal à 85 m NGF) est exploité et le niveau observé ne reflète probablement qu'une influence locale du captage.
- Enfin, il n'existe pas d'autre mesure sur cet axe pour corroborer cette hypothèse.

Dans la région d'Auch, on observe par conséquent une vaste « plaine piézométrique » à 125 m NGF environ, avec un gradient hydraulique très faible sur une zone de près de 50 km de diamètre. Par ailleurs, des prélèvements significatifs sont effectués dans cette zone : au sud-ouest d'Auch (thermes de Lamazère-Tursan), au nord-ouest à Castéra, et à l'ouest-nord-ouest à Dému. Au droit de cette zone, les communications hydrauliques entre SIM et Eocène inférieur, et avec l'aquifère sous-jacent du Paléocène sont plausibles (cf. § 4.7.2.).

Afin d'appréhender les modifications piézométriques induites par le stockage, des cartes saisonnières ont été réalisées à partir des valeurs « été-automne » (figure 16) et « hiver-printemps » (figure 17) de la base de données. En octobre, lorsque le volume maximal de gaz naturel est stocké, il apparaît un dôme piézométrique autour des stockages, modifiant les directions d'écoulement. A l'est du méridien de Mirande, l'influence des stockages n'est plus sensible, et les oscillations piézométriques sont inversées par rapport à celles des stockages : à Saint Médard (sud-ouest d'Auch), l'amplitude des oscillations est inférieure à 1 m (122,5 m NGF en avril contre 121.7m NGF en octobre).

Pour ce qui concerne l'Eocène inférieur, les niveaux observés à l'Ouest sont inférieurs de quelques mètres à ceux observés dans les SIM. Loin à l'Est, le gradient piézométrique semble s'inverser, l'eau s'écoulant en direction de la Méditerranée.

4.4 Paléocène

4.4.1 Prélèvements (Figure 18)

Le total des prélèvements s'élève à **10,50 Mm³** en 1995. L'essentiel des prélèvements est concentré sur le pourtour de l'anticlinal d'Audignon, ainsi que dans les thermes de Préchacq et Sébastopol. A l'ouest de l'anticlinal d'Audignon, à la source de la Peyradère à Saint Aubin, une valeur élevée de 6,307 Mm³ est inscrite, qui ne représente pas un prélèvement *stricto sensu*, mais la somme des volumes prélevés et des volumes qui s'écoulent naturellement.

4.4.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 19)

Le seul secteur renseigné de manière quantitative est celui des Landes de Siougos (potentiel site de stockage de gaz naturel de GdF), avec des transmissivités de l'ordre de 10^{-3} m²/s. La liaison hydraulique entre les Landes de Siougos et Mont-de-Marsan a été mise en évidence par l'influence observable à Siougos des pompages géothermiques de Mont-de-Marsan. Au Sud, une zone présentant de bonnes caractéristiques aquifères semble se dessiner le long d'un axe Tarbes - Eugénie-les-Bains - Dax (observation de pertes totales en cours de forage). Entre Lembeye et Garlin la continuité de ce chenal est toutefois incertaine (nombreux forages sans pertes).

4.4.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 20)

Les températures, connues surtout à l'Ouest, dans la zone où sont localisés les principaux prélèvements, sont variables, en raison de la complexité de la structure des aquifères, avec des profondeurs irrégulières. La minéralisation est faible le long de l'axe Tarbes, Eugénie, Dax, ce qui conforte l'hypothèse de la présence de bonnes caractéristiques aquifères. Au contraire à l'ouest de Pau, les eaux sont plus salées, dans la zone où les forages ont été réalisés sans pertes de boue.

4.4.4 Piézométrie (Figure 21)

La piézométrie du Paléocène suggère la présence de deux compartiments plus ou moins isolés hydrauliquement par les accidents alignés selon un axe (du Sud-Est au Nord-Ouest) Villecomtal, Aire-sur-l'Adour, Audignon. Plus loin, les données sont insuffisantes pour déterminer le rôle du prolongement éventuel de cette barrière au-delà de l'anticlinal d'Audignon, vers Thétieu. Les gradients hydrauliques sont globalement orientés Est-Sud-Est - Ouest-Nord-Ouest. En raison des arguments présentés dans les deux paragraphes précédents, les isopièzes ont été infléchies dans la région de Pau. Le compartiment nord est peu renseigné, et il convient de ne pas dépasser le stade de la simple formulation d'une hypothèse. A l'est du méridien de Mirande, les données sont très rares.

Loin à l'Est, tout comme l'Eocène inférieur, le gradient piézométrique semble s'inverser, l'eau s'écoulant en direction de la Méditerranée.

La carte piézométrique proposée diffère significativement de celle du SDAGE 1996 (cf. rapport R39941 Lachassagne et al., 1998). L'acquisition de données complémentaires a permis d'améliorer les courbes isopièzes proposées dans le rapport R39941.

4.5 Sénonien supérieur

4.5.1 Prélèvements (Figure 22)

Le total des prélèvements s'élève à 1,59 Mm³ en 1995. Les volumes prélevés dans le Sénonien supérieur sont relativement faibles, et sont essentiellement localisés à Dax et à Roquefort.

4.5.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 23)

Les données sont éparées et souvent qualitatives, hormis à Dax où de bonnes transmissivités ont été mesurées. On peut tout de même émettre l'hypothèse, le long de l'axe Tarbes - Eugénie-les-Bains - Dax, de la présence d'une zone présentant de meilleures caractéristiques aquifères, à l'image de ce qui a été observé pour le Paléocène.

4.5.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 24)

Les quelques valeurs de minéralisation disponibles vont dans le même sens que l'hypothèse émise au paragraphe précédent : une eau plus douce le long de l'axe Tarbes - Eugénie-les-Bains - Dax.

4.5.4 Piézométrie (Figure 25)

La piézométrie, bien qu'elle soit globalement plus basse que celle du Paléocène (une différence d'environ 50 à 100 m à l'amont, qui s'estompe à l'aval), semble présenter les mêmes tendances que le Paléocène, avec deux compartiments hydrauliquement indépendants. Toutefois, l'infléchissement des isopièzes qui a été proposée pour la Paléocène autour de Pau ne peut qu'être hypothétique pour le Sénonien supérieur, en raison de l'absence de données dans la région de Pau. Pour cette raison, les isopièzes ont été tracées schématiquement. La carte piézométrique proposée diffère significativement de celle du SDAGE 1996 (cf. rapport R39941 Lachassagne et al., 1998).

4.6 Sénonien inf.-Cénomano-Turonien

4.6.1 Prélèvements (Figure 26)

Le total des prélèvements s'élève à 5,07 Mm³ en 1995. L'essentiel est concentré à Audignon et à Mont-de-Marsan.

4.6.2 Paramètres hydrodynamiques (Figure 27)

Les données sont relativement nombreuses, mais elles restent qualitatives, et il est difficile de dégager une tendance générale. Toutefois, à l'est et au nord-est de Tarbes, on observe un secteur où les propriétés hydrodynamiques semblent légèrement moins bonnes qu'à l'intérieur des limites d'un triangle Dax - Mont-de-Marsan - Pau.

4.6.3 Qualité (température et minéralisation) (Figure 28)

A l'intérieur des limites du triangle Dax - Mont-de-Marsan - Pau, les eaux apparaissent douces. En revanche la minéralisation est plus élevée à l'est et au nord-est de Tarbes. Ces caractéristiques, associées à celles du paragraphe précédent, traduisent un probable confinement relatif à l'est et au nord-est de Tarbes.

4.6.4 Piézométrie (Figure 29)

Vers l'Est, les valeurs de piézométrie disponibles paraissent incohérentes. Elles sont en majorité issues de mesures de pression anciennes effectuées au cours des forages pétroliers, et comportent donc une incertitude importante, mais la variabilité semble dépasser cette incertitude, suggérant une connectivité hydraulique limitée. Ceci va dans le même sens que les deux paragraphes précédents.

Vers l'Ouest, les valeurs sont plus cohérentes, mais souvent localisées en bordure des structures diapiriques ou anticlinales de Bastennes et Audignon, là où affleurent ces formations.

4.7 Communications entre aquifères

4.7.1 Miocène ↔ Oligocène

Les niveaux piézométriques des deux formations sont relativement proches en première approximation. Toutefois les données ne renseignent pas les mêmes zones. La géologie indique une communication possible sur toute la zone nord de l'aquifère potentiel, ainsi qu'à l'Ouest vers Magesq, mais pas au Sud. La communication est par ailleurs plausible à la faveur de la structure anticlinale de Roquefort, Créon, Barbotan.

Les communications avec les aquifères sous-jacents de l'Oligocène (Sables infra-molassiques notamment), si elles existent, seraient très marginales, et n'auraient lieu qu'à la faveur de structures privilégiées (Roquefort, Créon, Barbotan).

4.7.2 Sables infra-molassiques ↔ Eocène inférieur ↔ Paléocène

A l'Ouest, la distinction des aquifères des Sables infra-molassiques (SIM) et de l'Eocène inf. est précise. Le faciès aquifère de l'Eocène inf. est principalement représenté par les Grès à Nummulites. Vers l'Est en revanche, les deux formations ont tendance à se confondre, la définition des SIM faisant appel à des faciès qui ne sont pas des sables *stricto sensu* (Grès d'Issel par exemple).

A l'ouest du méridien de Mirande, la piézométrie des SIM est supérieure de l'ordre de quelques mètres à celle de l'Eocène inférieur et supérieure à celle du Paléocène de l'ordre de 20 m, différences de charge impliquant l'existence d'une couche très peu perméable isolant ces aquifères. La géologie indique par ailleurs globalement la présence d'intercalaires de faible perméabilité dans ce secteur. Cela est de plus confirmé par des observations faites dans les secteurs suivants :

- sur IZA101 (Izaute), la piézométrie du Paléocène est de 109 m NGF contre près de 120 m NGF en moyenne dans les autres forages d'Izaute (captant les SIM) ;
- à Garlin, les forages captant le Paléocène ont des niveaux de 110 m NGF environ, contre plus de 130 m dans les forages des SIM ;
- à Eugénie-les-Bains, l'influence des stockages de gaz naturel de Lussagnet et Izaute n'est pas sensible dans le Paléocène. Elle est identifiée à l'Ouest dans l'Eocène inférieur du nouveau piézomètre du camping. Une alimentation de l'Eocène inf. par les SIM est probable dans ce secteur ;
- dans les Landes de Siougos (situées en dehors de la limite des SIM), l'influence des stockages n'est pas visible dans les forages captant le Paléocène.

A Dému, situé entre Izaute et Auch, la piézométrie dans les SIM est de 123 m NGF, ce qui correspond à la limite nord-ouest de la « plaine » piézométrique décrite au § 4.3.4. La géologie indique une absence d'intercalaire entre Eocène et Paléocène à cet endroit, mais aucune mesure piézométrique dans le Paléocène n'est disponible. Un terme élevé

de drainance vers le Paléocène dans cette région provoquerait une baisse de niveau qui n'est pas observée.

En conclusion, à l'Ouest du méridien de Mirande, les possibilités de communications apparaissent donc très réduites entre les Sables infra molassiques et le Paléocène (cf également compte rendu des séances de travail d'Août 1998 réunissant les partenaires du projet : BRGM, ELF et GDF et point de vue de l'EGID).

A l'Est du méridien de Mirande, la différence de charge SIM - Eocène inf. - Paléocène n'est plus évidente. Les données sont très éparses, et certaines sont entachées d'incertitudes importantes (mesures anciennes dans les forages pétroliers), surtout dans le Paléocène. Au droit d'une zone centrée sur Auch, les communications hydrauliques entre SIM et Eocène inférieur, et avec l'aquifère sous-jacent du Paléocène sont plausibles d'après le modèle géologique (absence d'intercalaires importants). L'hypothèse d'une alimentation du Paléocène par drainance depuis les SIM a été émise (Armand, 1994). Afin de vérifier cette hypothèse, une approche plus détaillée des valeurs disponibles s'avère utile (procédons d'ouest en est, dans le secteur situé au Sud et au Sud-Est d'Auch) :

A St Médard, les valeurs mesurées en 1946 et 1963 dans 2 forages différents du Paléocène, donnent deux valeurs proches : 177 et 180 m NGF. Dans les SIM, un enregistreur récent donne des valeurs de 122 m NGF en moyenne, mais il est difficile de comparer des valeurs aussi distantes dans le temps.

A Puymaurin 2 (sur le méridien de St Gaudens au nord), une valeur de 176 m NGF apparaît pour l'Eocène inf. (figure 15) et pour le Paléocène (figure 21), en raison de l'incertitude sur l'aquifère capté. Dans ce forage, il semblerait qu'il n'existe pas de réelle formation imperméable entre les SIM, l'Eocène inf. et le Paléocène.

A Muret 103 (sud-ouest de Toulouse), les mesures de pression effectuées lors du forage en 1951, indiquent une charge supérieure dans le Paléocène de l'ordre de 20m par rapport aux SIM (163 contre 143 m NGF). Ces mesures n'ont qu'une valeur relative. A Muret 104 (3 km plus à l'est), la valeur de 163 m NGF dans les SIM est plus fiable (données récentes du réseau piézométrique du BRGM).

« Plaine » piézométrique autour d'Auch (cf. § 4.3.4.) : la coexistence de cette plaine et de prélèvements importants est *a priori* contradictoire. L'hypothèse d'une drainance ascendante du Paléocène vers les SIM peut être envisagée, qui compenserait les prélèvements.

En bref, si la piézométrie dans ce secteur semble assez bien contrainte pour les SIM, les données concernant le Paléocène sont trop rares pour trancher.

4.7.3 Paléocène <-> Sénonien supérieur

La piézométrie du Sénonien supérieur est globalement plus basse que celle du Paléocène. La différence à l'amont est d'environ 50 m au Nord et 100 m au Sud. Vers l'aval, le long du méridien d'Eugénie-les-Bains, la différence est d'environ 10 m au Nord et 25 m au Sud. Plus à l'Ouest, la différence semble s'annuler.

Le modèle géologique ne montre pas d'intercalaires importants sur une vaste zone englobant l'est de Mont-de-Marsan, l'anticlinal d'Audignon, Eugénie-les-Bains, Maubourguet, le bassin de Mirande, Lussagnet et Izaute, Barbotan. Dans ces régions la différence de niveau piézométrique entre les deux formations est faible à l'Ouest et importante à l'Est. A l'Ouest, il existerait donc une drainance *descendante* significative.

Aux Landes de Siougos, il n'y a en revanche pas de communication (études menées par GDF).

4.7.4 *Sénonien sup. <-> Sénonien inf.-Cénomano-Turonien*

A l'Est, les valeurs piézométriques du Sénonien et du Cénomano-Turonien sont trop hétérogènes.

A l'Ouest, elles sont accrochées aux structures diapiriques et anticlinales de Bastennes et d'Audignon.

Selon le modèle géologique, la zone sans intercalaires est semblable à celle qui a été décrite entre le Paléocène et le Sénonien supérieur, à l'exception de la région Eugénie - Maubourguet.

4.8 Données sur la recharge

Peu de données sont disponibles sur la recharge des aquifères profonds du Sud du bassin Adour - Garonne. De surcroît, les données disponibles demeurent très approximatives, étant donnée la difficulté pour évaluer les flux de recharge. Lors de la modélisation, les flux de recharge seront de ce fait des paramètres de calage, et différentes hypothèses pourront être évaluées quant aux débits mis en jeu.

Les zones d'alimentation potentielles correspondent globalement aux affleurements des formations potentiellement aquifères représentés sur la carte Annexe 2 figure 2.

Les possibilités de recharge par les affleurements présents au *Nord* et à l'*Ouest* de la zone d'étude ont été discutées dans le rapport R39941 (Lachassagne et al. 1998). Ces affleurements apparaissent localement à la faveur d'anticlinaux et de diapirs, et les surfaces mises en jeu sont relativement réduites.

Pour ce qui concerne les affleurements présents aux limites *Sud*, *Sud-Est* et *Est* de la zone d'étude, quatre thèses ont été consacrées dans les années 70 à l'étude de l'alimentation des nappes du Crétacé supérieur et de l'Eocène (Bellemare, 1972, Faugère, 1970, Guessab, 1970, Pelissier-Hermitte, 1970). Ces travaux tentent notamment de quantifier les débits d'alimentation de ces nappes. Les résultats sont résumés ci-après. Il faut rappeler que les valeurs présentées ne sont que des *ordres de grandeur*, car elles ont été estimées par extrapolation.

- ◆ **Limites sud-ouest, Béarn-Bigorre (Pelissier-Hermitte, 1970)** : cet auteur estime la surface participant à la recharge de la nappe des Sables infra-molassiques à 30 km², et le volume annuel d'alimentation à 30 millions de m³/an, ce qui représente un volume infiltré de 1 m³ d'eau par m² et par an. Cette dernière valeur très élevée s'explique par le fait que l'alimentation se fait par le biais de nappes alluviales relais, qui drainent en fait des superficies bien plus importantes.

- ◆ **Limites sud**, Petites Pyrénées (Guessab, 1970) : cet auteur estime la surface participant à la recharge des nappes éocène et crétacé supérieur à 97 km², et le volume annuel d'alimentation à 12 millions de m³/an.
- ◆ **Limites sud-est**, Castelnaudary - Pamiers (Bellemare, 1972) : sans parvenir à chiffrer les volumes mis en jeu, cet auteur estime que l'alimentation des Sables infra-molassiques est probable dans le Plantaurel (au sud de Pamiers) par le biais des formations fracturées du Crétacé supérieur et du Paléocène. Plus à l'est (Alaric), l'alimentation est peu probable, et aux contreforts sud-ouest de la Montagne Noire le manque de données est rédhibitoire.
- ◆ **Limites est**, Albi – Castres (Faugère, 1970) : cet auteur a étudié les grès d'Issel, dans le but d'évaluer son rôle éventuel dans l'alimentation des Sables infra-molassiques, mais la continuité hydraulique entre ces deux formations reste incertaine.

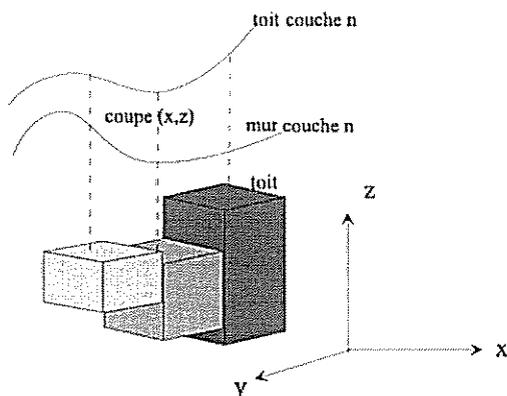
Dans les travaux plus récents, compte tenu des difficultés de chiffrage, ce type de données est généralement évalué à l'aide d'un modèle lors de la phase de calage. D'autres estimations existent, qui aboutissent à des valeurs très différentes. La complexité d'une telle évaluation en est la cause principale. Ces travaux ont été recensés dans le rapport R39941 (Lachassagne et al., 1998).

5. Modèle hydrodynamique

5.1 REPRÉSENTATION NUMÉRIQUE

Le modèle sera construit suivant un schéma aux différences finies. Chacune des couches sera représentée en plan par un maillage constitué de mailles carrées de 2 km × 2km (dans les zones d'intérêt, un maillage plus fin pourra localement être envisagé pour affiner le modèle).

Il sera du type multicouche : dans un tel modèle, chaque couche est discrétisée en mailles parallélépipédiques dont la face supérieure correspond au toit de la formation considérée et la face inférieure au mur de cette formation (schéma ci-dessous).



Pour réduire le nombre de mailles, les épontes ne seront pas prises en compte explicitement en tant que couches de calcul (modèle "quasi 3D") : les charges hydrauliques n'y seront donc pas calculées.

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

Logiciel utilisé

Le logiciel supportant ce modèle sera le logiciel MARTHE développé au BRGM. Il s'agit d'un logiciel complet de modélisation hydrodynamique pouvant traiter toutes les configurations d'écoulements justiciables de la méthode des différences finies : en 2D (plan ou coupe verticale), en 3D ou en multicouche, en zone saturée et/ou non saturée, en régime permanent ou transitoire. MARTHE permet de prendre également en compte les échanges entre un réseau hydrographique et les nappes sous-jacentes.

Des problèmes densitaires (effets thermiques et de salinité) peuvent également être traités, couplés à l'hydrodynamique.

5.2 PRISE EN COMPTE DE LA TEMPÉRATURE

5.2.1 En profondeur

Dans le système aquifère nord-pyrénéen, les couches les plus profondes atteignent parfois -4000 m NGF. A ces profondeurs, la température est importante, dépassant 100°C (compte tenu de la pression, l'eau reste à l'état liquide) ; si l'on table sur un gradient géothermique constant de 3°C/100m, la température à -4000 m NGF serait de l'ordre de 135°C (en partant de 15°C en surface).

Dans l'écoulement des nappes, la température peut alors devenir une force motrice essentielle (de même d'ailleurs que la salinité lorsque la minéralisation est forte, par exemple plusieurs grammes/litre).

L'hypothèse de masse volumique constante que l'on adopte dans la pratique courante de l'hydrodynamique souterraine (dans la mesure où la plupart des nappes auxquelles on s'intéresse sont peu profondes et peu minéralisées) doit alors être abandonnée.

A la loi de Darcy classique se substitue la loi de Darcy généralisée qui tient compte de la variabilité de la masse volumique en fonction de la pression, de la température et de la salinité. On ne peut plus alors définir simplement une charge hydraulique dont dériveraient (au sens mathématique) les vitesses d'écoulement. L'existence de gradients de densité dans la nappe provoque l'apparition d'une composante rotationnelle de la vitesse (d'origine thermique et/ou saline).

Rigoureusement, la prise en compte des effets densitaires (température et salinité) nécessite un couplage entre l'équation de l'hydrodynamique, l'équation du transfert de chaleur et l'équation du transport de masse avec bien sûr, pour chaque phénomène, les conditions aux limites adéquates.

Compte tenu de la complexité numérique de ce couplage et des temps de calcul qui en découleraient, une solution approximative consiste alors à imposer directement dans les mailles du modèle une température (le champ de température étant calculé en fonction du gradient géothermique). Dans chaque maille du modèle, la masse volumique de l'eau et la viscosité dynamique sont alors calculées en fonction de cette température.

Remarque : on introduit alors dans le modèle des perméabilités intrinsèques[†] à partir desquelles les perméabilités (au sens hydrodynamique) sont calculées en tenant compte de la masse volumique et de la viscosité.

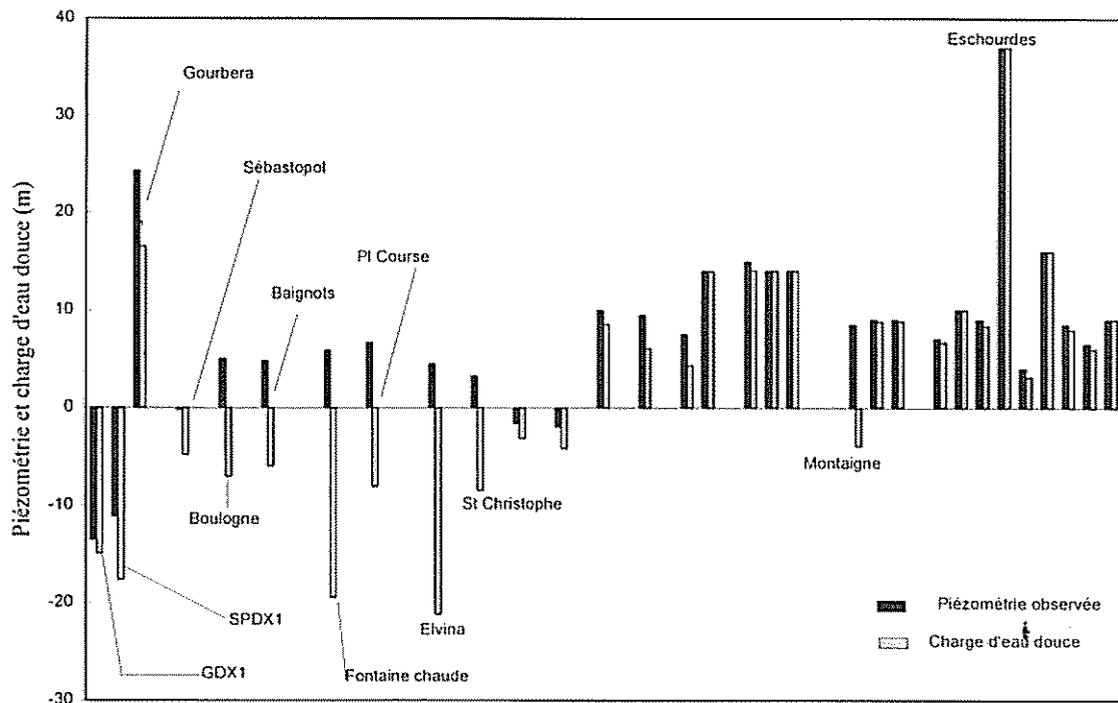
5.2.2 Cas des émergences d'eau chaude

L'aquifère thermal de Dax (Sénonien + Paléocène en communication) est caractérisé par des remontées d'eau thermominérale dont la température dépasse parfois 60 °C. Ces sources (Dax, Préchacq, Gamarde, Tercis ...) constituent les exutoires principaux de la partie aval de cet aquifère.

L'introduction d'un champ de température fonction du seul gradient géothermique n'est alors plus envisageable. Deux solutions sont possibles :

- L'une consiste à infléchir vers la surface les isothermes profonds (choisis en fonction de la température des sources, par exemple 50°C, 60°C) de façon à les faire affleurer en surface.
- L'autre consiste à imposer au niveau de ce secteur des potentiels correspondant à des charges hydrauliques équivalentes calculées avec une température de surface et une minéralisation d'eau "douce" : à partir des mesures faites dans ce secteur en puits "chauds" (en exploitation) ou "froids" (en équilibre thermique avec l'encaissant) on calcule des charges d'eau douce équivalentes afin de pouvoir intégrer le contexte hydrodynamique local "chaud" dans la problématique des écoulements régionaux ("froids") et dans l'optique d'une modélisation classique de ceux-ci (c'est à dire sans couplage densitaire).

La méthode de calcul des charges d'eau douce équivalente est exposée dans le rapport BRGM R40539 (Bérard et al, 1999). Le graphique suivant, extrait de ce rapport, permet de comparer les mesures de niveaux faites sur les forages et sources de l'aquifère thermal avec la charge d'eau douce équivalente calculée en prenant comme référence une température de 14 ° et une salinité nulle.



5.3 PRISE EN COMPTE DES FAILLES ET DES AFFLEUREMENTS

5.3.1 Failles

Les failles peuvent introduire une rupture de continuité des écoulements (barrière étanche), mettre en communication plusieurs couches aquifères (zone faillée très conductrice) ou bien jouer un rôle intermédiaire, induisant une zone de faible conductivité hydraulique.

Ces possibilités peuvent être simulées à l'aide du logiciel MARTHE. Dans le cas où le rôle de la faille est incertain, l'incertitude peut éventuellement être levée lors de la phase de calage en testant différentes hypothèses.

Par exemple, - De l'ouest d'Audignon au nord de Tarbes : limite à flux nul séparant les deux compartiments décrits au § 4.4.4.

5.3.2 Affleurements et recharge des nappes

La carte des affleurements des différentes formations (figure 2) sera utilisée pour définir au mieux (les affleurements étant souvent très morcelés) les mailles de recharge.

Malgré les estimations qui ont été faites dans certains secteurs, la recharge réelle des nappes par infiltration demeure une inconnue. Elle sera donc estimée par calage à l'aide d'une zonation fonction des précipitations efficaces ; les valeurs introduites (exprimées en mm de hauteur d'eau tiendront compte de la surface réelle des zones d'affleurement dans les mailles.

Remarque : dans certains secteurs, des nappes alluviales peuvent alimenter par drainance des nappes profondes venant en contact avec elles (par exemples les Sables infra-molassiques au sud de Pau, cf. § 4.9). Cela implique d'introduire également dans ces zones des mailles de recharge.

5.4 CONDITIONS AUX LIMITES

5.4.1 Miocène

- Près des cours d'eau : condition d'échange nappe-rivière ou maille à potentiel imposé (cf. § 4.1.4.).
- Bordure occidentale : potentiel imposé (océan) via formations sus-jacentes. Au Nord-Ouest, des intrusions salines ont été observées, suggérant l'existence d'une continuité avec l'océan.
- Autres limites à flux nul.

5.4.2 Oligocène

- Condition d'échange nappe-rivière en bordure de l'Adour au sud de Mont-de-Marsan.
- Bordure occidentale : potentiel imposé (océan) via formations sus-jacentes.
- A l'Est, condition d'échange nappe-rivière, la Garonne et le Tarn drainant l'aquifère (cf. § 4.2.4).
- Autres limites à flux nul.

5.4.3 Sables infra-molassiques et Eocène inférieur

- Au niveau des affleurements au Sud : potentiel imposé (nappes alluviales qui se déversent dans les Sables sous-jacents).
- Affleurements à l'Est : alimentation incertaine, hypothèse à tester.
- Bordure occidentale : limites à flux nul, sauf vers Barbotan, alimentation SIM-> Eocène inf. (cf. § 4.7.2), limite à flux imposé.
- Limite nord : Roquefort, Créon, Barbotan, Castéra-Verduzan, Cadours, Toulouse, Castelnaudary : limite à flux nul.

5.4.4 Paléocène

- Au niveau des affleurements au Sud : potentiel imposé (nappes alluviales qui se déversent dans les Sables sous-jacents, puis le Paléocène).
- Affleurements et sub-affleurements sur le périclinal Est d'Audignon : exutoire par alimentation des cours d'eau (Bahus) potentiel imposé ou condition de débordement.
- Condition de flux nul aux autres limites de l'aquifère.

5.4.5 Sénonien supérieur

- A l'Ouest, exutoire principal probable à Dax et Préchacq (non démontré) : condition à potentiel imposé.
- Autres limites : à flux nul.

5.4.6 Sénonien inf.-Cénomano-Turonien

Conditions *a priori* identiques au Sénonien supérieur.

5.5 DÉMARCHE DE CALAGE ENVISAGÉE

Les inconnues étant nombreuses, la démarche de calage sera décomposée en deux phases :

- 1) une première phase en **régime permanent** aura pour but, par comparaison des charges calculées à la piézométrie disponible, de cerner le champ de perméabilité de chaque couche et la recharge par zone.

A ce stade, les paramètres de calage sont :

- les perméabilités des couches aquifères,
- les perméabilités des épontes ,
- les flux imposés aux limites (non connus),
- les communications entre couches, notamment au voisinage des failles (le rôle de nombreuses failles reste hypothétique),
- la recharge par infiltration.

Dans cette première phase, on s'attachera essentiellement :

- à restituer les cartes piézométriques disponibles, mais sans rechercher une similitude totale, l'objectif étant de reproduire au mieux les principales figures d'écoulement mises en évidence par les cartes, en particulier les dômes piézométriques, les dépressions (forme et extension) et les axes de drainage ;
- à obtenir une bonne corrélation entre charges calculées et charges mesurées. La comparaison point à point sera jugée à l'aide de diagrammes de dispersion dans lesquels on reporte la charge mesurée en abscisse et la charge calculée en ordonnée ;
- à vérifier que les débordements sont cohérents en localisation et valeur avec les données disponibles sur les sources.

Le calage mettra bien sûr à profit les données et les hypothèses de la synthèse hydrogéologique (exutoires connus, zone de communications entre couches, rôle des failles, sens de la drainance, zonation des perméabilités, cartes piézométriques,...).

- 2) Une deuxième phase, en régime transitoire (pas de temps à définir), doit permettre de restituer les coefficients d'emmagasinement et de tester les résultats obtenus en régime permanent (avec retour éventuel) sur les perméabilités et la recharge.



6. Bibliographie

- ANONYME, 1994. Etude hydrogéologique géochimique et isotopique des aquifères profonds du sud du département des Landes. Univ. de Bordeaux III, Univ. d'Avignon, Univ. P. et M. Curie, Univ. de Heidelberg.
- ANONYME, 1992. Connaissance de l'impact hydrogéologique du stockage de gaz à Siougos. Univ. de Bordeaux III, GdF.
- ARMAND C., 1994. Etude géologique et hydrogéologique autour du site des Landes de Siougos (40). Phase II. Volet hydrogéologie. Rapport BRGM N1451 BOR 4S 94.
- ARMAND C., CAPDEVILLE J.P., 1992. Etude géologique et hydrogéologique régionale autour du site des Landes de Siougos. Rapport BRGM R34423 AQI 4S 92.
- ARMAND C., SOURISSEAU B., BEL F., KARNAY G., LE POCHAT G., 1990. Qualité, protection, évaluation et surveillance des ressources en eaux profondes des nappes nord-pyrénéennes. Rapport BRGM R31211 AQI 4S 90.
- BARRERE A., 1996. Etude hydrogéologique du diapir de Dax en vue d'une diversification des activités thermales. Rapport ANTEA A07017.
- BEL F., MOREAU C.F., LE POCHAT G., PLATEL J.P. 1989. Etude des exutoires de l'aquifère infra-molassique autour du stockage de gaz d'Izaute. Rapport BRGM 89 SGN 689 MPY.
- BELLEMARE R., 1972. Contribution à l'étude des aquifères du crétacé supérieur et de l'éocène dans le Sud-Est du Bassin Aquitain. Essai d'évaluation de l'alimentation de la nappe des grès d'Issel. Thèse Univ. Bordeaux III.
- BENHAMMOUDA A., BONNERY H., CAPDEVILLE J.P., RICARD J., SOURISSEAU B., TILLOLOY F., 1998. Aquifère des Sables infra-molassiques en régions Aquitaine et Midi-Pyrénées. Etat des connaissances et suivi piézométrique à fin 1997. Rapport BRGM R40201.
- BERARD P., CHERY L., LOPOUKHINE M., PLATEL J.P., SOURISSEAU B., 1997. Synthèse des connaissances hydrogéologiques sur les ressources thermo-minérales du Bas-Adour. Rapport BRGM R39396.
- BERARD P., SOURISSEAU B., 1998. Ressources thermales du Bas-Adour. Actualisation et régularisation des données, piézométrie, protection globale de la ressource. Rapport BRGM R40011.

- BERARD P. et al., 1999. Synthèse des connaissances sur la ressource thermale du Bas-Adour. Recommandations de protection et de suivi. Rapport BRGM R40539.
- BONNERY H., MAUROUX B., GANDOLFI J.M., SOURISSEAU B., 1997. Aquifère des Sables infra-molassiques en régions Aquitaine et Midi-Pyrénées. Etat des connaissances et suivi piézométrique à fin 1996. Rapport BRGM R39645.
- BOURGINE B., CAPDEVILLE J.P., RAZIN P., SOURISSEAU B., VAIRON J., 1997. Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne. Concept géologique et hydrogéologique. Rapport BRGM R39538.
- BRANEYRE M., LAMBERT M., SOURISSEAU B., 1994. Rapport de Synthèse du modèle régional multicouche du bassin nord aquitain. Calage en régime transitoire et simulations. Rapport BRGM R38006 SGN SP 94.
- BRGM, 1995. Ressources thermo-minérales du Bas-Adour. Synthèse des données hydrochimiques. Rapport BRGM R38720.
- CAVELIER C., FRIES G., LAGARIGUE J.L., CAPDEVILLE J.P., 1997. Sédimentation progradante au Cénozoïque inférieur en Aquitaine méridionale : un modèle. *Géologie de la France*, n°4, 1997, pp. 69-79.
- CHERY L., 1998. Ressources thermo-minérales du Bas-Adour. Grille d'observation de la qualité des eaux (année 2). Rapport BRGM R40047.
- CHERY L., GADALIA A., 1997. Ressources thermo-minérales du Bas-Adour. Synthèse géochimique et isotopique des eaux souterraines. Rapport BRGM R39397.
- CONRAD G., GASSER F., PETIT D., SAUTY J.P., 1997. Projet de stockage souterrain de gaz des Landes de Siougos - 6 volumes.
- FAUGERE Y., 1970. Les conditions de l'alimentation de la nappe des Sables sous-molassiques en Castrais et en Albigeois. Thèse Univ. Bordeaux III.
- GDF , 1994 . Demande d'autorisation de stockage de gaz combustible dans la région des Landes de Siougos. Etude d'impact, volume III : étude des effets du stockage de gaz sur l'hydrodynamisme des aquifères profonds. Rapport GdF/DR/Dép. Réservoirs Souterrains.
- GUESSAB D., 1970. Etude de l'alimentation des aquifères éocène et crétacé supérieur par les affleurements des Petites Pyrénées. Thèse Univ. Bordeaux III.
- HOUSSE B., MAGET Ph., 1977. Potentiel géothermique du Bassin Aquitain. BRGM, SNEA-ELF. Compte rendu de fin de contrat d'une étude financée par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et technique.

- LABAT N., 1998. Rôle de particularités sédimentaires et structurales sur le comportement de l'aquifère des Sables sous-molassiques soumis aux fluctuations induites par des stockages souterrains de gaz. Application à l'étude de leur influence sur l'hydrodynamisme des émergences locales. Thèse Univ. Bordeaux III.
- LACHASSAGNE P., SOURISSEAU B., AMRAOUI N., IZAC J.L., 1998. Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne. Synthèse des données et concept hydrogéologique. Rapport BRGM R39941.
- MAUROUX B., DANNEVILLE L., 1996. Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne. Phase préliminaire : inventaire des prélèvements. Rapport BRGM R38871.
- PELISSIER-HERMITTE G., 1970. Etude de l'alimentation des aquifères éocènes et adjacents. Région Béarn-Bigorre. Thèse Univ. Bordeaux III.
- SOURISSEAU B., BICHOT F., LEMORDANT Y., RICARD J., 1996. Cahier géographique. Nappes profondes interrégionales. Rapport BRGM R38920.
- SZTRAKOS K., GELY J.P., BLONDEAU A., MULLER C., 1997. Le Paléocène et l'Ilerdien (p.p.) du Bassin sud-aquitain : lithostratigraphie, biostratigraphie et analyse séquentielle. *Géologie de la France*, n°4, 1997, pp. 27-54.
- SZTRAKOS K., GELY J.P., BLONDEAU A., MULLER C., 1998. L'Eocène du Bassin sud-aquitain : lithostratigraphie, biostratigraphie et analyse séquentielle. *Géologie de la France*, n°4, 1998, pp. 57-105.

Annexe 1

Extrait de la base de données

(voir § 2.1.2. pour la grille de lecture du tableau)

nom	indice BRGM (n° BSS)	SIGLE	X			Y			Z			Aquifère			Piezométrie			Para. hydrod.			Qualité			Prélèvements 1995			Références origine des données				
			LIII sud (km)	LIII sud (km)	NGF (m)	prof. atteinte (m)	couche du modèle	Intervalle Tot (m NGF)	capté Mur (m NGF)	piézo été-aut. (m NGF)	Date été-aut. (juin-nov)	piézo hiv.-print. (m NGF)	Date hiv.-print. (déc-mai)	valeur sans mois (m NGF)	valeur moy. ou récente	Chro- nique	T test (m2/s)	S	Poro- sité (%)	Temp. fond (°C)	Minéra- lisation (g/l)	volumé annuel (m3)	utilisa- tion	état							
Roquefort Calyx	0926-1X-0024	RCXB	388,700	195,700	81,0	63	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0025	RCXC	389,600	196,050	97,0	100	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0026	RCXD	389,500	197,350	87,5	101	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0027	RCXE	389,200	197,350	86,0	96	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0028	RCXF	387,200	197,950	79,0	122	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0029	RCXG	387,200	197,600	78,0	90	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0030	RCXH	386,100	197,400	75,0	78	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0032	RCXJ	388,200	196,550	75,0	86	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0033	RCXK	388,100	196,140	80,0	84	n.d.																								
Roquefort Calyx B	0926-1X-0035	RCXG5	388,200	197,800	75,0	287	n.d.																								
Roquefort Failing 3	0926-1X-0036	Rtfg3	388,150	197,550	60,0	151	n.d.																								
Roquefort Failing 4	0926-1X-0037	Rtfg4	388,150	195,600	65,0	178	n.d.																								
Roquefort Failing 5	0926-1X-0038	Rtfg5	388,200	195,150	70,0	88	n.d.																								
Sarbazan Bourbon	0926-1X-0045		386,700	193,950	106,0	65	mio	81	51			90,9	avr-85			90,9				40	m3/h										
Sarbazan Bourbon	0926-1X-0045		386,700	193,950	106,0	65	olg	81	51							90,9				40	m3/h										
Arue Lassalle	0926-1X-0057		384,280	197,180	80,0	80	Ss			24,6	0,0																				
Arue Lassalle	0926-1X-0057		384,280	197,180	80,0	80	Si+CT			24,6	0,0																				
St-Gor Barejeau	0926-2X-0003		393,230	198,970	120,0	60	mio	90	60					117,2	mai-78		117,2			60	m3/h										
St-Gor Maubourguet	0926-2X-0018		393,080	198,080	108,0	52	mio	79	62					99,4	janv-86		99,4			30	m3/h										
Vielle-Soubiran	0926-3X-0001		400,200	200,450	120,0	60	mio	85	60			120,1	sept-67				120,1			10	m3/h										
Vielle-Soubiran F1	0926-3X-0004		399,950	197,520	119,0	81	mio																								
Vielle-Soubiran	0926-3X-0009		399,340	196,900	132,0	60	mio	107	82												25	m3/h									
Vielle-Soubiran Goutai	0926-3X-0015		400,220	199,850	116,0	66	mio	68	53					110,7	mars-84		110,7			30	m3/h										
Herre	0926-4X-0002		406,700	195,750	143,0	57	mio	114	92					140,0	févr-81		140,0			60	m3/h										
Losse 1	0926-4X-0021	Los1	406,096	199,735	138,5	2701	Js	-696	-719			28,2	juin-60				28,2			116	m3/h										
Losse 1	0926-4X-0021	Los1	406,096	199,735	138,5	2701	Jm	-1470	-1475			51,8	juil-60				51,8			125	m3/h										
Losse 1	0926-4X-0021	Los1	406,096	199,735	138,5	2701	Jm	-1529	-1559			9,6	juil-60				9,6			132	m3/h										
Losse 1	0926-4X-0021	Los1	406,096	199,735	138,5	2701	Jm	-1636	-1642			35,2	juil-60				35,2			17	m3/h										
Losse 1	0926-4X-0021	Los1	406,098	199,735	137,0	2701	Ji	-1810	-1829			585,0	juil-60				585,0			12	m3/h										
St-Foy F1 Couhuion	0926-5X-0045		385,050	185,840	91,0	45	mio	57	48			84,0	juil-91				84,0			25	m3/h										
Villeneuve de Marsan	0926-6X-0001	VM1	393,966	184,406	101,0	1034																									
Lacqy 1	0926-6X-0003	LC1	391,288	189,663	123,0	3088	a.d.																								
Lacqy 101	0926-6X-0004	LC101	390,625	187,785	107,0	4002	SIM	-328	-338			82,0	déc		82,2	mars	82,1	limnt													
Lacqy 101	0926-6X-0004	LC101	390,625	187,785	107,0	4002	eo.c.f	-328	-338			82,0	déc		82,2	mars	82,1	limnt													
Lacqy 101	0926-6X-0004	LC101	390,625	187,785	107,0	4002	Ss	-418																							
Lacqy 101	0926-6X-0004	LC101	390,625	187,785	107,0	4002	Si+CT	-505																							
St-Justin Pompape	0926-6X-0006		394,220	190,400	75,0	160	olg	-41	-68					58,1	févr-75		58,1														
Creon Pompape	0926-7X-0001		403,700	191,000	142,0	68	olg	112	81					119,2	févr-71		119,2			1	m3/h										
Creon Pompape	0926-7X-0012		403,750	191,020	140,0		Si+CT																								
Creon F1 Couillet	0926-7X-0013		404,150	191,710	152,0	61	mio	117	99					141,0	avr-88		141,0			7,10-3											
Betbezer	0926-7X-0014		400,110	189,960	120,0	110	J	36	10			68,2	juil-89				68,2	ou		1,4	10-4										
Betbezer	0926-7X-0014		400,110	189,960	115,0	110	Ss	31	5			68,0	déc		70,0	avril	69,0	limnt		1,10-4											
Betbezer Perillet	0926-7X-0017		399,600	189,950	115,0	231	olg	14	-64					48,5	avr-91		48,5			3,10-5											
Creon Arnaudon	0926-7X-0018		407,720	191,870	154,0	46																									
Barbotan 6	0926-8X-0001		409,100	186,200	116,0	25																									
Barbotan Ets. de Baint	0926-8X-0003		408,950	186,200	117,0	63	SIM		82					120,5	déc-63		120,5	ou		A30	m3/h										
Barbotan 7	0926-8X-0030		409,100	186,200	117,0	133	SIM																								
Barbotan 10	0926-8X-0033		409,100	186,200	117,0	200	SIM																								
Barbotan 10	0926-8X-0034		409,100	186,200	117,0	195	SIM																								
Taureau	0926-8X-0035		408,870	186,300	118,4	68	SIM	72,9	57,2			103,0	juil		120,0	janv-63															
Cazaubon Camping	0926-8X-0036		410,500	186,400	159,4	85	SIM	96	84			120,4	août-66																		
Barbotan Laiterie	0926-8X-0037		409,500	186,650	163,5	92	SIM	109	85			112,0	oct		112,0	avril	112,0	ou													
Geyser 1	0926-8X-0045	Gsr1	408,860	186,280	117,8		SIM	26	6			105,0	juin		111,0	déc	108,0	limnt													
Geyser G2	0926-8X-0048	Gsr2	408,900	186,070	118,2	199	SIM	-18	-73								121,7			115	m3/h										
Barbotan Uby	0926-8X-0055		408,120	185,380	102,0	596	SIM	-322	-476			135,0	oct		95,0	avril	115,0	limnt		200	m3/h										
Barbotan 102	0926-8X-0058		408,935	185,840	112,0	423	SIM	-271	-295			95,0	juin		110,0	jan	102,5	ou		150	m3/h										
Barbotan 103	0926-8X-0061		409,930	185,830	112,0	425	SIM	-263	-294																						
Barbotan Lotus 1	0926-8X-0062		408,850	186,250	118,0	103	SIM	61	19			112,0	juin-93				112,0			1,9	10-3										
Barbotan Lotus 2	0926-8X-0063		408,840	186,240	116,0	177	SIM	13	-28			113,0	août-93				113,0			3,10-3											
Cazaubon	0926-8X-0064		410,000	186,700	120,0	55	olg																								
Creon Gabarret	0926-8X-0207		409,080	190,530	152,0	100	a.d.																								
Creon F2	0926-8X-0209		407,520	192,710	146,0																										

nom	indice BRGM (n° BSS)	SIGLE	X			Y			Z			Aquitère		Piézométrie					Para. hydrod.			Qualité			Prélevements 1995			Références origine des données										
			LIII sud (km)	LIII sud (km)	NGF (m)	prof. atteinte (m)	couche du modèle	Intervalle (m NGF)	capto Mur (m NGF)	piézo été-aut. (m NGF)	Date été-aut. (juin-nov)	piézo hiv.-print. (m NGF)	Date hiv.-print. (déc-mai)	valeur sans mois (m NGF)	valeur moy. ou récente	Chronique	T-test (m2/s)	S	Poro-sité (%)	Temp. fond (°C)	Minéra-lisation (g/l)	volume annuel (m3)	utilisation	état														
Condom	0928-1X-0001		446,650	192,670	137,0	117	olig																															
Moncrabeau Couscou	0928-1X-0202		444,800	199,100	109,0	87	olig	33	18				52,2	nov-90				52,2																				
Francescas F2	0928-1X-0204		447,220	198,420	135,0	145	a.d.																															
Francescas F3	0928-1X-0205		446,900	197,650	115,0	101	a.d.																															
Moncrabeau 101	0928-2X-0001	Mc101	452,250	192,050	182,0	2035	Jm	-524	-540																													
Moncrabeau 101	0928-2X-0001	Mc101	452,250	192,050	182,0	2035	trias	-1337	-1360																													
Moncrabeau 101	0928-2X-0001	Mc101	452,250	192,050	182,0	2035	trias	-1292	-1309																													
Francescas Rapien	0928-2X-0201		448,720	199,050	90,0	103	mio	46	-13				62,3	jun-92																								
St-Mezard Dura	0928-3X-0011		458,250	193,600	115,0	84	olig	81	31																													
Castelnau Encons	0928-6X-0012		450,900	185,950	140,0	142	olig																															
Lectoure Repassac	0928-7X-0023		461,470	183,600	77,0	1021	SIM	-781	-899																													
	0929-1X-0201	Cd101	472,610	200,582	66,0	1825	lias																															
Auvillar	0929-3X-0123		487,030	196,230	91,9		SIM																															
Moissac Masquieres	0929-4X-0245		498,700	200,500	67,0	238	SIM	-53	-93																													
Castelsarrasin Riv. Ha	0930-1X-0079		531,000	190,400	210,0	283	a.d.																															
Montauban Issanchou	0930-3X-0002		520,550	192,570	94,0	190	olig	3	-20																													
Montauban Palisse	0930-3X-0004		520,100	191,560	82,0	192	olig	42	-10																													
Montauban Abattoirs	0930-3X-0154		519,380	191,640	80,0	80	olig																															
Montauban Marche G	0930-4X-0004		520,820	193,150	94,0	120	olig	21	-18																													
Bressols Intermarche	0930-7X-0093		518,120	182,120	99,0	200	a.d.																															
Laccourt Liborne	0930-7X-0111		515,940	188,200	99,0	334	a.d.																															
Montauban Solaisud	0930-7X-0112		519,770	186,730	91,0	150	SIM																															
Bressols	0930-7X-0131		518,290	181,870	100,0	85	olig																															
Montauban Tempe La	0930-8X-0003		521,860	189,540	85,0	220	SIM	-109	-129																													
Montauban Tempe La	0930-8X-0030		521,850	189,660	85,0	234	olig	-23	-53																													
Montauban Tempe La	0930-8X-0030		521,850	189,660	85,0	234	SIM	-121	-142																													
Montauban Requiem	0930-8X-0069		521,730	185,750	87,0	350	a.d.																															
Montauban Las Coulo	0930-8X-0070		525,770	185,600	119,0	179	a.d.																															
Reynies Coustalou	0930-8X-0071		526,000	181,845	172,0	287	a.d.																															
Corbarieu Roujols	0930-8X-0072		522,640	182,235	90,0	332	a.d.																															
St-Nauphary Salut	0930-8X-0073		527,550	183,950	129,0	201	a.d.																															
St-Nauphary Village	0930-8X-0074		527,420	185,470	99,0	180	olig	-21	-81																													
St-Nauphary Caillout	0930-8X-0075		527,460	185,970	114,0	132	a.d.																															
Montauban Simonis	0930-8X-0076		525,510	186,600	105,0	260	a.d.																															
Montauban Laroche	0930-8X-0077		526,275	186,210	102,0	140	a.d.																															
Montauban Faget	0930-8X-0078		526,550	186,835	99,0	122	a.d.																															
Negrepelisse Meris F	0931-1X-0064		532,300	199,000	88,0	268	olig																															
St-Ebenne Merlet	0931-1X-0075		532,435	192,270	182,0	313	a.d.																															
St-Ebenne Roques	0931-1X-0077		528,950	195,080	105,0	298	a.d.																															
Genebrières Tordre	0931-1X-0078		529,560	192,235	125,0	201	a.d.																															
Negrepelisse Meris F	0931-1X-0080		532,300	199,000	88,0	496	lias	-129	-408																													
Negrepelisse Meris F	0931-1X-0080		532,300	199,000	88,0	497	olig																															
Monclar Mondurasse	0931-6X-0038		538,770	185,400	138,0	160	olig																															
Alos La Blanche	0932-1X-0004		563,590	192,210	244,0	177	a.d.																															
Vileneuve Le Ribayrol	0932-3X-0006		577,230	191,690	305,0	193	a.d.																															
Blaye Coteau P12	0932-4X-0011		584,420	194,560	262,0	111	a.d.																															
Blaye Lendrevée P23	0932-4X-0023		585,300	193,710	257,0	112	a.d.																															
Blaye Ste Marie P26	0932-4X-0025		584,610	191,250	279,0	340	a.d.																															
Le Garnic Lintin P30	0932-4X-0028		584,350	190,510	341,0	220	SIM	264	240																													

nom	indice BRGM (n° BSS)	SIGLE	X			Y			Z			prof. atteinte (m)	Aquifère		Pézométrie					Para. hydrod.			Qualité		Prélèvements 1995			Références origine des données							
			Lill sud (km)	Lill sud (km)	NGF (m)	Lill sud (km)	Lill sud (km)	NGF (m)	couche du modèle	Toit Mur (m NGF)	Intervalle capté (m NGF)		piézo été-aut (m NGF)	Date été-aut (juin-nov)	piézo hiv.-print (m NGF)	Date hiv.-print (déc-mai)	valeur sans mois (m NGF)	valeur moy. ou récente	Chronique	T-test (m2/s)	S	Porosité (%)	Temp. fond (°C)	Minéralisation (g/l)	volume annuel (m3)	utilisation	état								
Pecorade 2	0979-1X-0204	Pce2	383,135	153,840	130,0	2839	pal	-896	-1001																										
Pecorade 2	0979-1X-0204	Pce2	383,135	153,840	130,0	2839	pal	-1103	-1163																										
Aire-sur-Adour	0979-1X-0205	Air1	386,682	156,562	159,0	4184																													
Pecorade 26	0979-1X-0207	Pce26	384,672	153,824	129,0	2648	pal																												
Lourme 1	0979-1X-0211	Lm1	387,585	156,715	154,0	3150																													
Buret 1	0979-2X-0026	Bur1	396,301	160,083	108,0	3220	a.d.																												
Riscle 1	0979-3X-0001	Rs1	403,760	155,350	103,0	2542	a.d.																												
Tarsac Riscle 1	0979-3X-0202	Rs1	403,768	155,355	103,0	2542																													
Sorbets Geaune 4	0979-5X-0219		382,520	153,250	120,0	535	SIM	-311,0	-401,0	131,0	déc	127,0	mai				129,0	oui																	
Verlus 1 devie	0979-6X-0006	Vls1D	394,280	148,040	103,0	2860	a.d.																												
	0979-6X-0201	Vls1D	394,278	148,035	103,0	2960	a.d.																												
Dusse 1	0979-7X-0201	Due1	396,475	143,695	124,0	3456	a.d.																												
Castelnau Riv. Basse	0979-8X-0045	CRB1	408,584	146,258	229,0	2940	pal																												
Castelnau Riv. Basse	0979-8X-0045	CRB1	408,584	146,258	229,0	2940	Ss	-1731	-1976																										
Beaufeu 1	0980-2X-0019	BEA1	420,275	160,982	167,0	2438	a.d.																												
Bassoues 1	0980-6X-0013	BA1	419,200	148,830	138,0	3257	Cl	-1983									117,0																		
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	pal	-1206	-1272																										
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	Ss	-1272	-1401																										
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	Si+CT	-1401	-1467																										
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	infraCT	-2643																											
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	infraCT	-2669	-2949																										
Loussitges 1	0980-6X-0021	LLS1	425,300	147,190	191,0	4962	infraCT	-4717																											
Vic Fezensac 1	0981-1X-0001	VF1	442,770	159,660	124,0	1297	Ss	-626																											
Auch 1	0981-4X-0001	AC1	465,870	153,730	180,0	3230	Ss	-712	-755								91,4																		
Auch 1	0981-4X-0001	AC1	465,870	153,730	180,0	3230	J	-850	-869								43,6																		
Auch 2	0981-4X-0002	AC2	466,285	154,540	191,0	3480	SIM	-653	-706	133,6	nov-68						128,0																		
Auch 2	0981-4X-0002	AC2	466,285	154,540	191,0	3480	pal	-729	-756																										
Auch 2	0981-4X-0002	AC2	466,285	154,540	191,0	3480	Ss	-796	-809																										
Auch 2	0981-4X-0002	AC2	466,285	154,540	191,0	3480	Js	-1121	-1159																										
Gimont 1	0982-2X-0001	GI1	481,800	152,520	205,0	3043	Js	-676																											
Gimont 1	0982-2X-0001	GI1	481,800	152,520	205,0	3043	Ji	-1809																											
Cadours 101	0982-4X-0001	Ca101	493,660	160,410	162,0	1916	a.d.																												
St Cricq	0982-4X-0002		491,990	155,390	153,0	1035	SIM			121,0	été	121,0	hiver				121,0	oui																	
Beauzelle F1	0983-4X-0485		523,410	152,180	124,0	80	olig																												
Beauzelle F2	0983-4X-0486		523,650	151,940	131,0	81	olig																												
	0983-6X-0137		511,160	147,170	189,0	104	a.d.																												
Blagnac Piscine	0983-8X-0203		524,550	149,080	127,0	1493	SIM	-1322	-1346								153,0																		
Blagnac ZAC Ritouret	0983-8X-0404		523,080	149,090	147,0	1552	SIM	-1293	-1396																										
Blagnac Geoth.	0983-8X-0421		523,050	149,090	146,0	1637	SIM	-1400	-1427								148,0	oui																	
Toulouse 7 Derniers	0983-8X-0541		525,500	147,130	131,0	77	olig																												
Toulouse La Flambe	0983-8X-0604		523,610	146,200	145,0	65	olig										135,9																		
Toulouse Meneux	0983-8X-0617		523,725	144,275	153,0	82	olig	140	77								136,8																		
Toulouse Metro Arene	0983-8X-0618		525,890	144,160	140,0	74	olig	115	75								132,0																		
	0983-8X-0624		525,965	144,360	139,0	72	olig	102																											
Toulouse La Flambe	0983-8X-0625		523,500	146,290	140,0	60	olig										131,9																		
Blagnac Airbus F1	0983-8X-0628		523,030	148,300	148,0	61	olig	112	88								129,0																		
Blagnac Airbus F2	0983-8X-0666		523,140	148,160	148,0	63	olig	728	94	128,4	sept-93						128,4																		
	0984-1X-0222		528,820	151,070	136,0	45	a.d.																												
Toulouse Rue Matabiau	0984-5X-0592		528,490	146,330	145,0	125	olig																												
Toulouse ZI Montaudr	0984-5X-1235		531,780	141,500	142,5	70,4																													

nom	indice BRGM (n° BSS)	SIGLE	Aquifère			Piézométrie						Para. hydrod.			Qualité			Prélèvements 1995			Références					
			X LIII sud (km)	Y LIII sud (km)	Z NGF (m)	prof. atteinte (m)	couche du modèle(m NGF)	Intervalle capté Toit (m NGF)	Mur (m NGF)	piézo été-aut. (m NGF)	Date été-aut. (jan-nov)	piézo hiv.-print (m NGF)	Date hiv.-print (déc-mai)	valeur sans mors (m NGF)	valeur moy. ou récente	Chro- nique	T =test (m2/s)	S	Poros- ité (%)	Temp. fond (°C)	Minéra- lisaton (g/l)	volume annuel (m3)	utilisaton	état	origine des données	
Douzens Graviers	1060-2X-0005		622,300	96,280	175,0	104	a.d.																			
Camplong Eau Chaud	1060-2X-0014		625,790	91,240	93,0	142	eoc.i	-3	-47																	
Talairan Treviac Bas	1060-6X-0009		625,830	80,720	240,0	198	eoc.i	42	65																	
Aude	1076-2X-0253		572,420	71,180	440,0	40	n.d.																			
St Jean de Paracot	1076-4X-0043		582,960	70,500	324,0	100	pal	279	259																	
Dreuilh 5	1076-7X-0224	Dr5	572,590	69,235	472,0	1976	a.d.																			
Puvert 101	1076-8X-0017	Pv101	581,945	69,285	393,0	475	Ss	332																		
Fa Corbin	1077-5X-0010		586,470	66,880	300,0	216	a.d.																			
Brenac	1077-5X-0030		585,490	66,570	332,0	99	Ss	273	233																	
Lapeyre	--		437,800	115,500			SIM																			
--	--		447,300	141,200			SIM																			
--	--		466,900	153,900			SIM																			
--	--		379,300	154,200			SIM																			
--	--		560,500	173,100			SIM																			
--	--		555,400	173,100			SIM																			
--	--		518,500	181,200			SIM																			
--	--		526,900	185,600			SIM																			
--	--		527,300	186,700			SIM																			
--	--		533,300	199,000			SIM																			
--	--		533,300	199,000			SIM																			
--	--		461,700	213,600			SIM																			
--	--		463,500	220,800			SIM																			
--	--		460,000	221,800			SIM																			
--	--		468,400	227,900			SIM																			
--	--		463,000	233,200			SIM																			
--	--		479,000	233,300			SIM																			
Données sans coordonnées																										
Roquefort	0926-1X-?						S																			
Prechacq	0950-6X-?						S																			
	0979-1X-0009						n.d.																			
	0979-3X-0002						n.d.																			
Clermont	0977-6X-000N		333,000	153,000	23,0		eoc.l																			
Sarraziet	0978-3X-?						eoc.i																			
Sarraziet	0978-3X-?						pal																			
Sarraziet 6	0978-3X-?						eoc.i																			
Sarraziet 6	0978-3X-?						pal																			
Eugénie	0978-4X-?						S																			
Lussagnet 18	0952-6X-?																									
Izaute 3	0952-7X-?	IZA3					SIM																			
Izaute 4	0952-7X-?	IZA4					SIM																			
Izaute 5	0952-7X-?	IZA5					SIM																			
Izaute 6bis	0952-7X-?	IZA6bis																								
Verdelais																										
Agen pont-canal																										
Gripnols																										

ANNEXE II

ELEMENTS POUR LA CONSTRUCTION DE LA GEOMETRIE DU MODELE

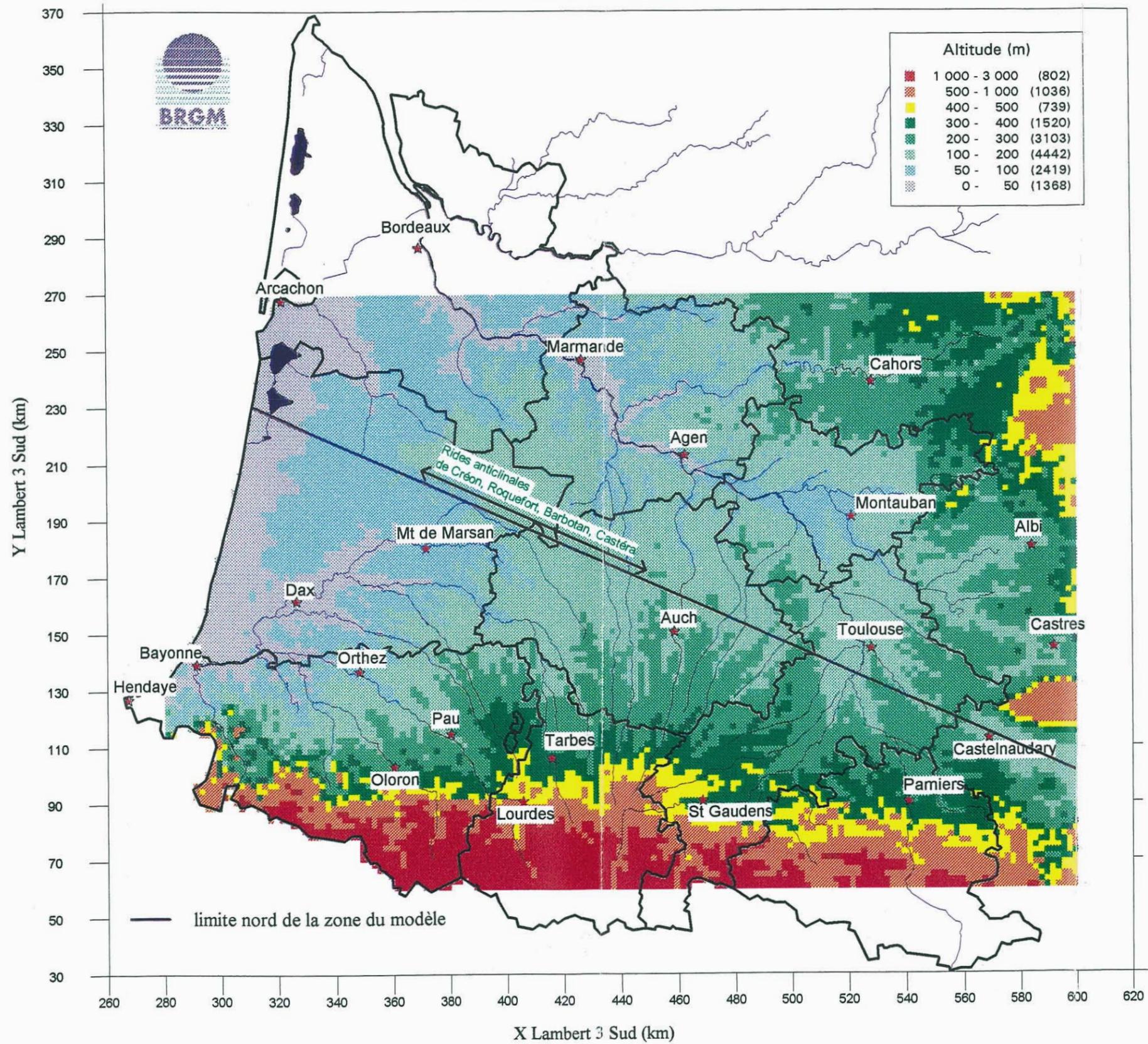


Figure 1 - Modèle numérique de terrain au pas de 2 km

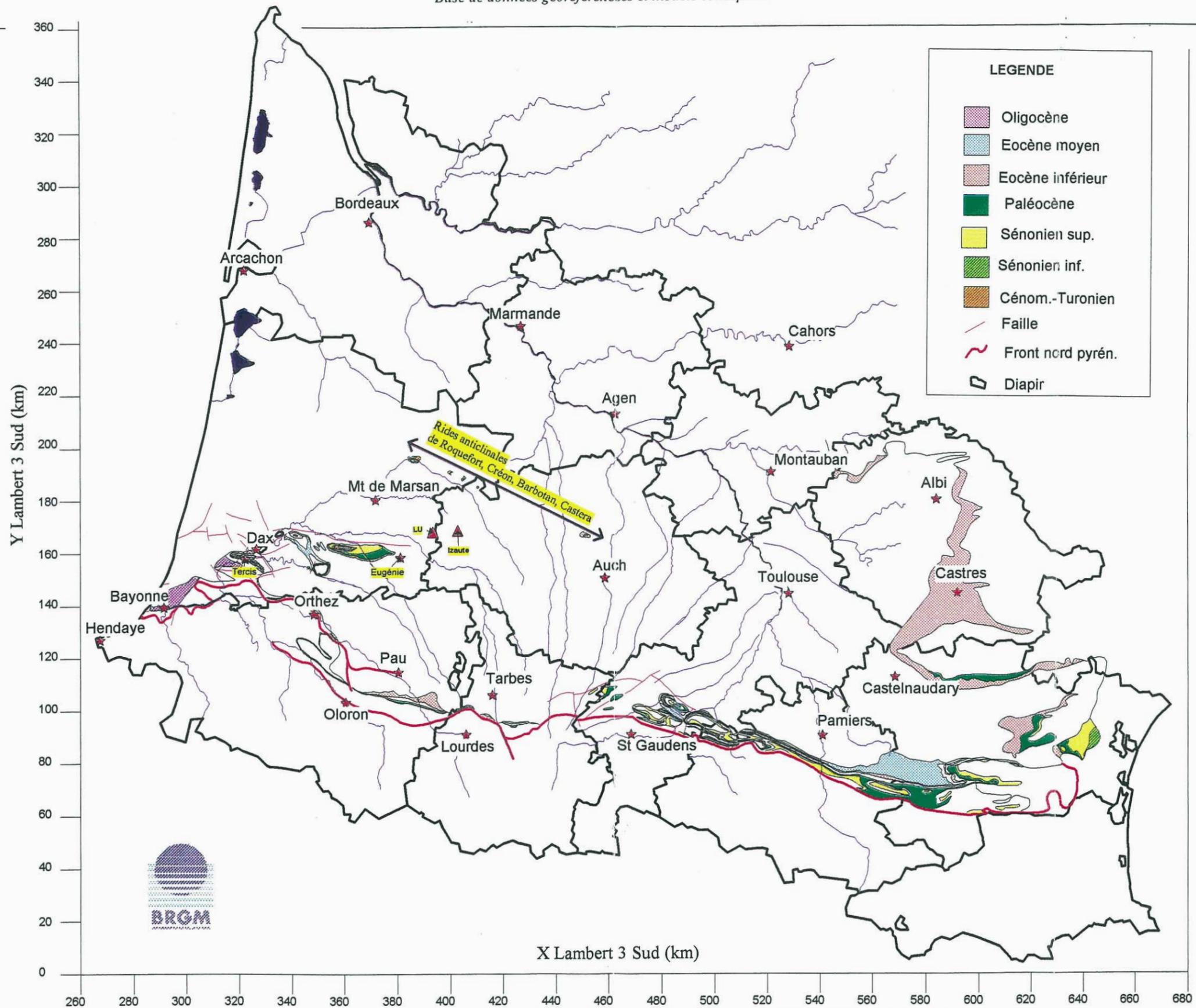


Figure 2 - Carte des affleurements

Carte du mur de la couche Paléocène

Positionnement des coupes effectuées dans le modèle (notées C1, C2,..)
et des failles retenues (notées F1 ,F2)

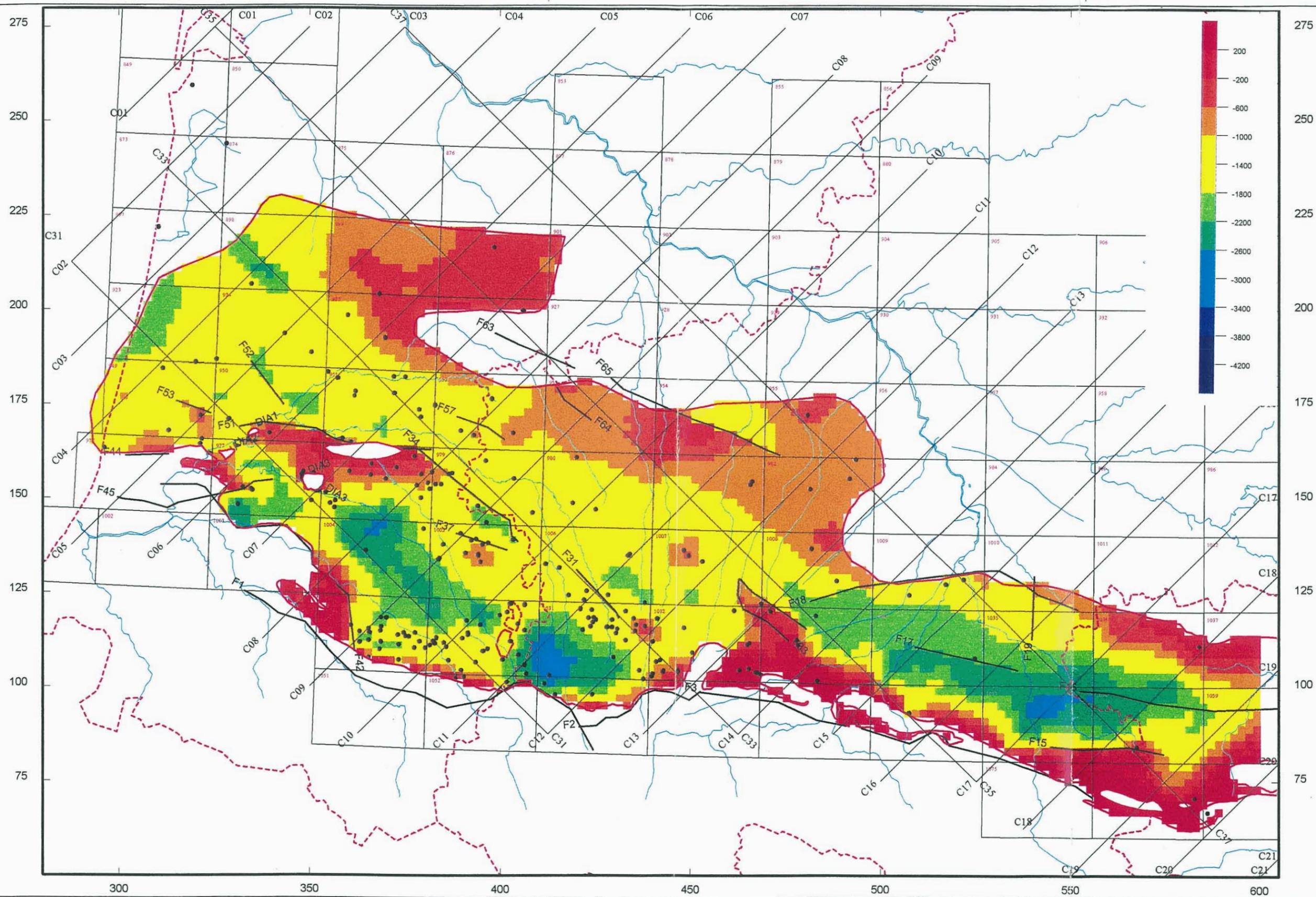


Figure 3 - Aquifère potentiel du Paléocène - Côte du mur

Coupes géologiques effectuées dans le modèle

(figures 4 a, b, c,...,k, l)

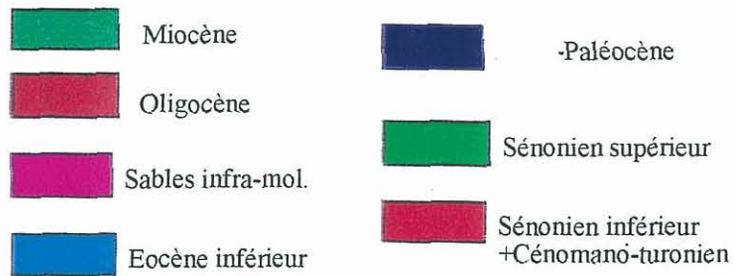


Figure 4 a COUPE 05

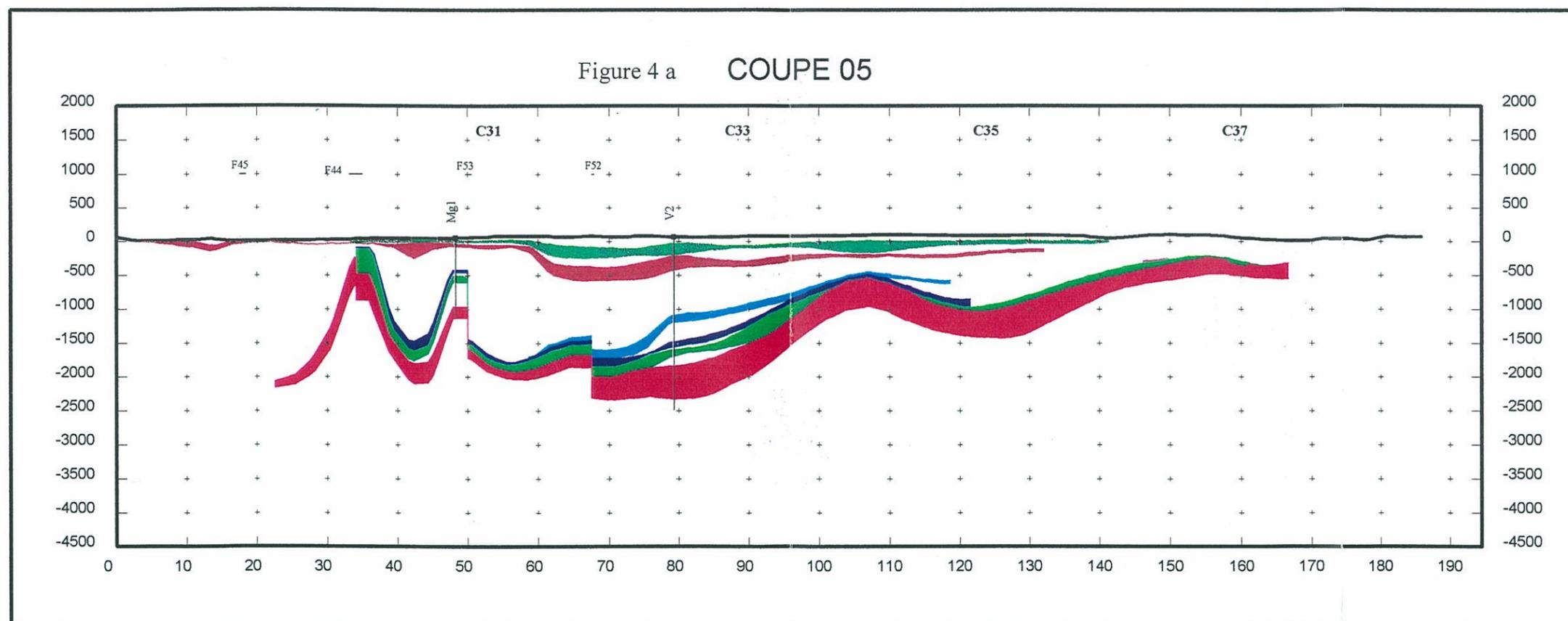


Figure 4 b COUPE 06

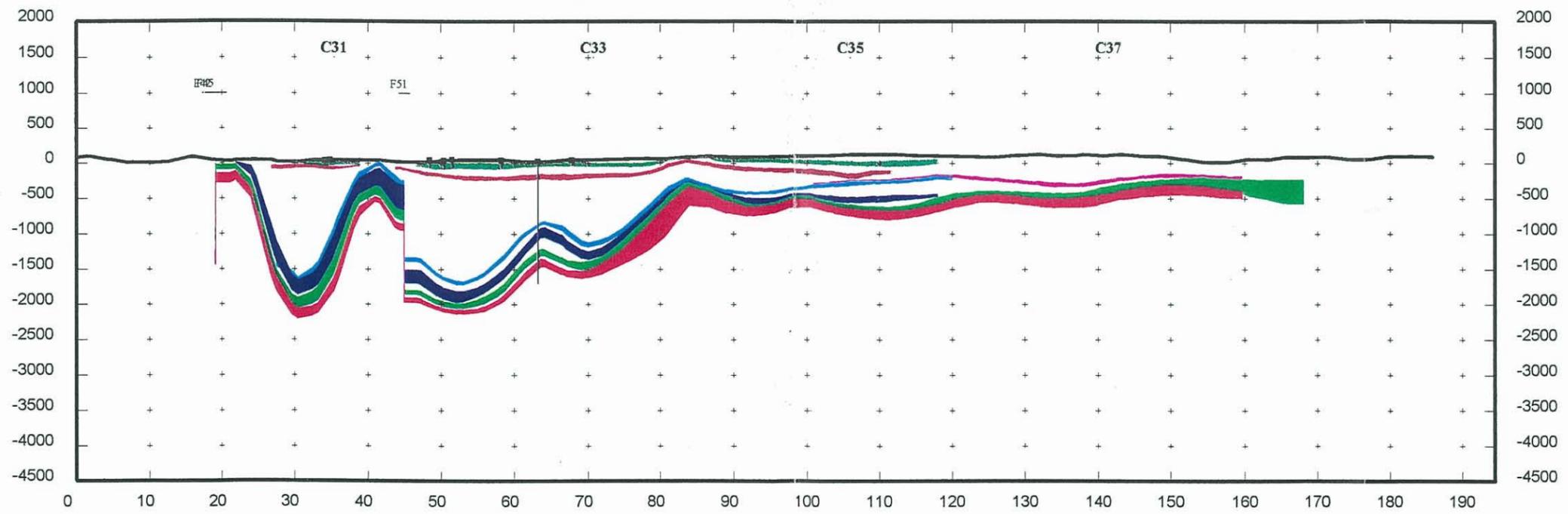


Figure 4 c COUPE 07

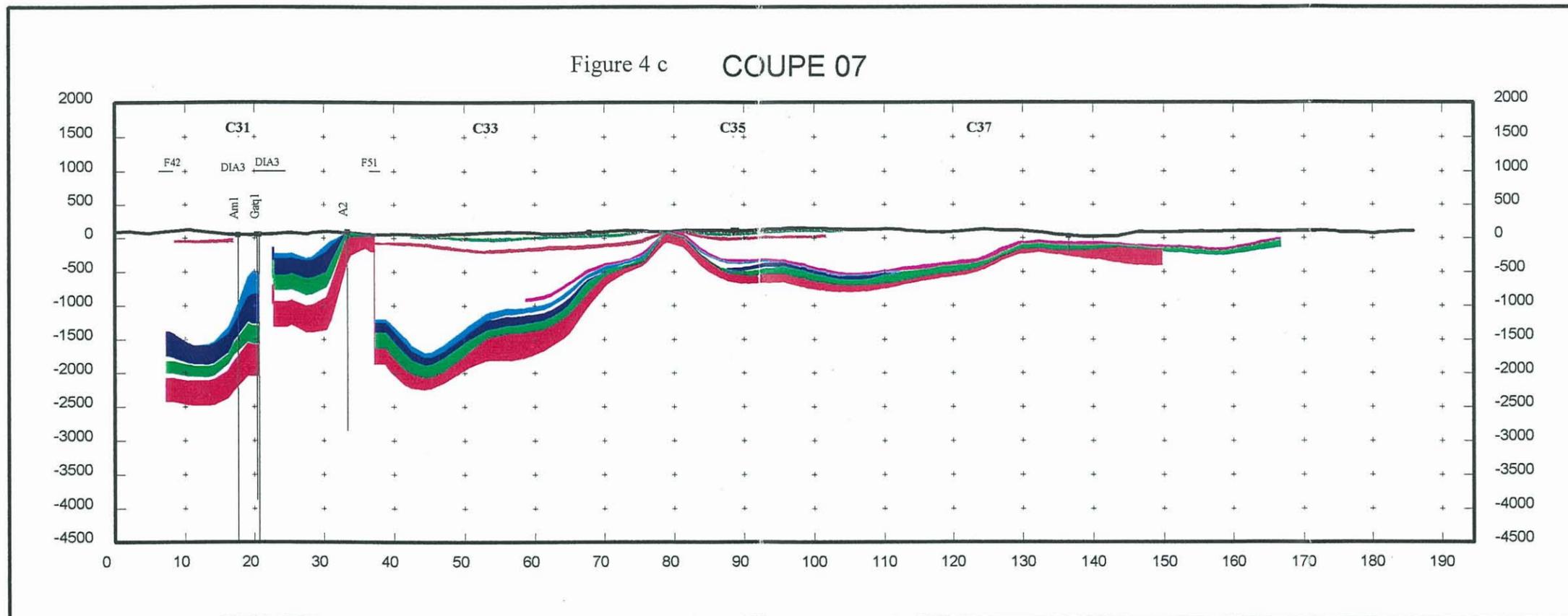


Figure 4 d COUPE 08

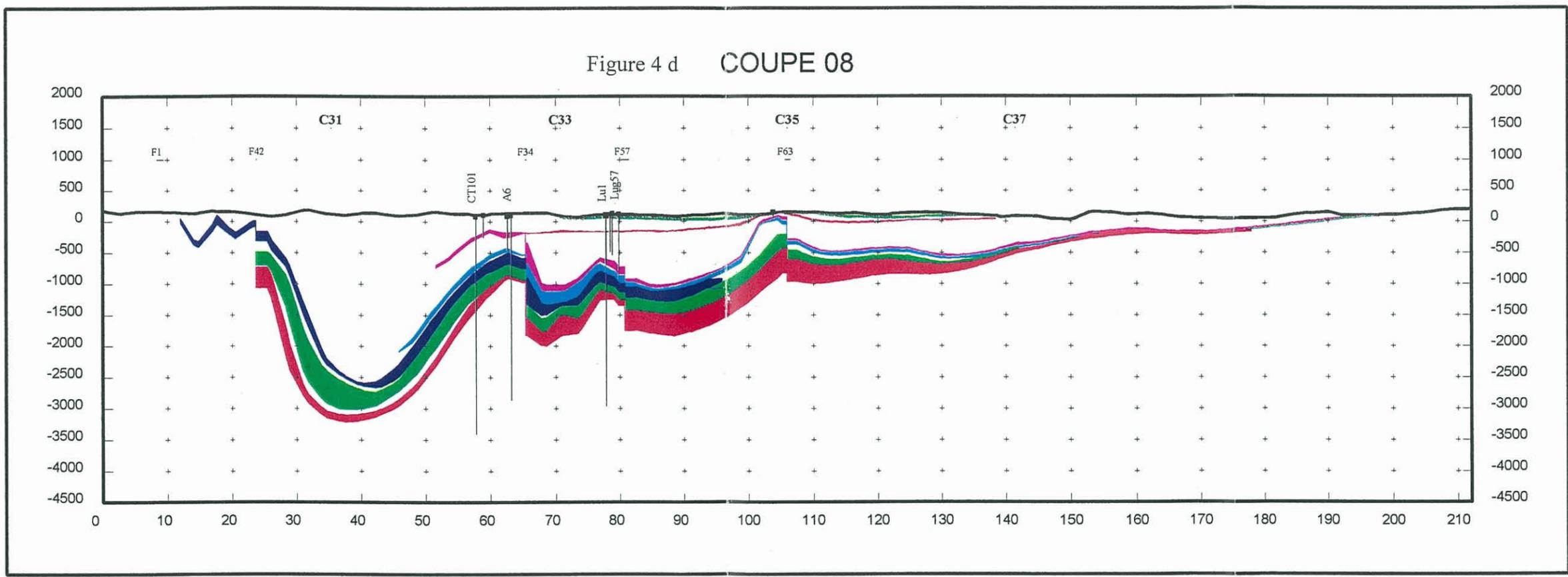


Figure 4 e COUPE 09

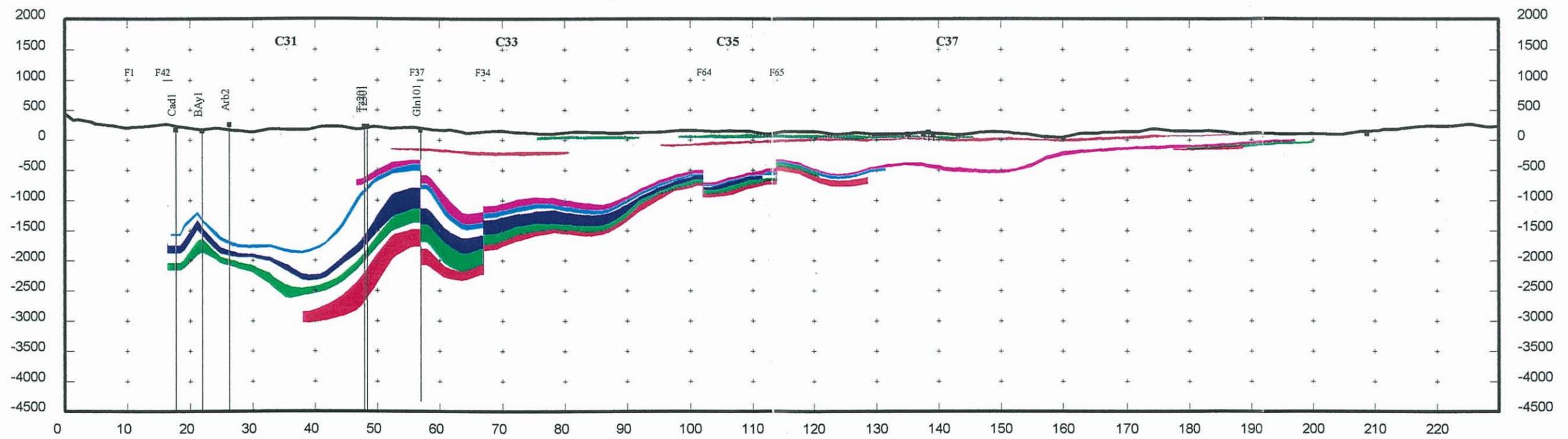


Figure 4 f COUPE 10

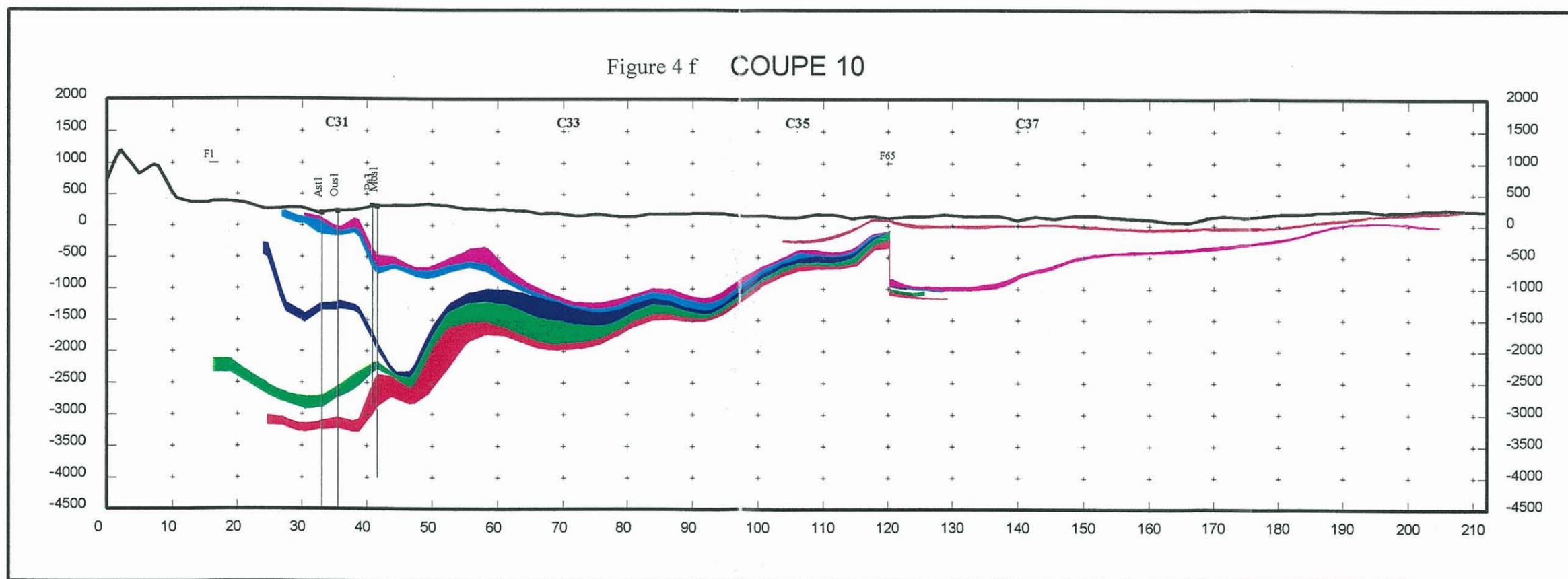


Figure 4 g COUPE 11

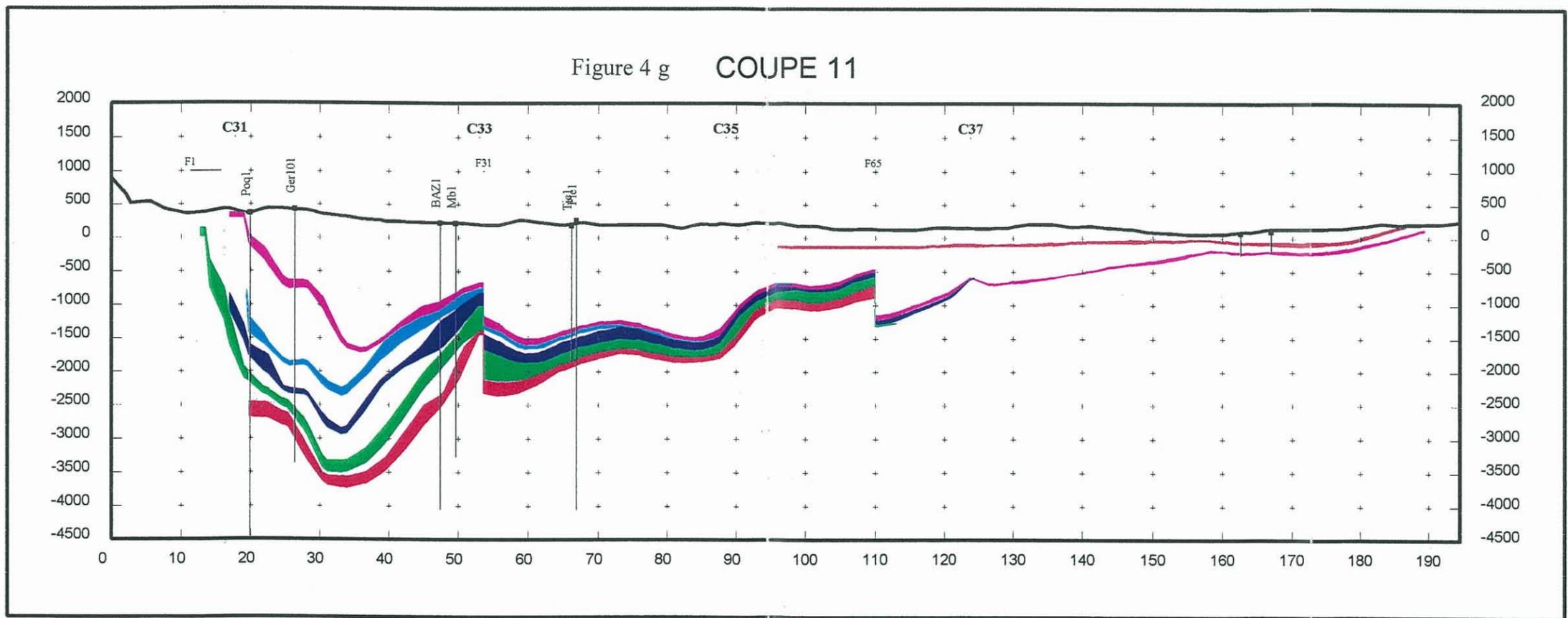


Figure 4 h COUPE 12

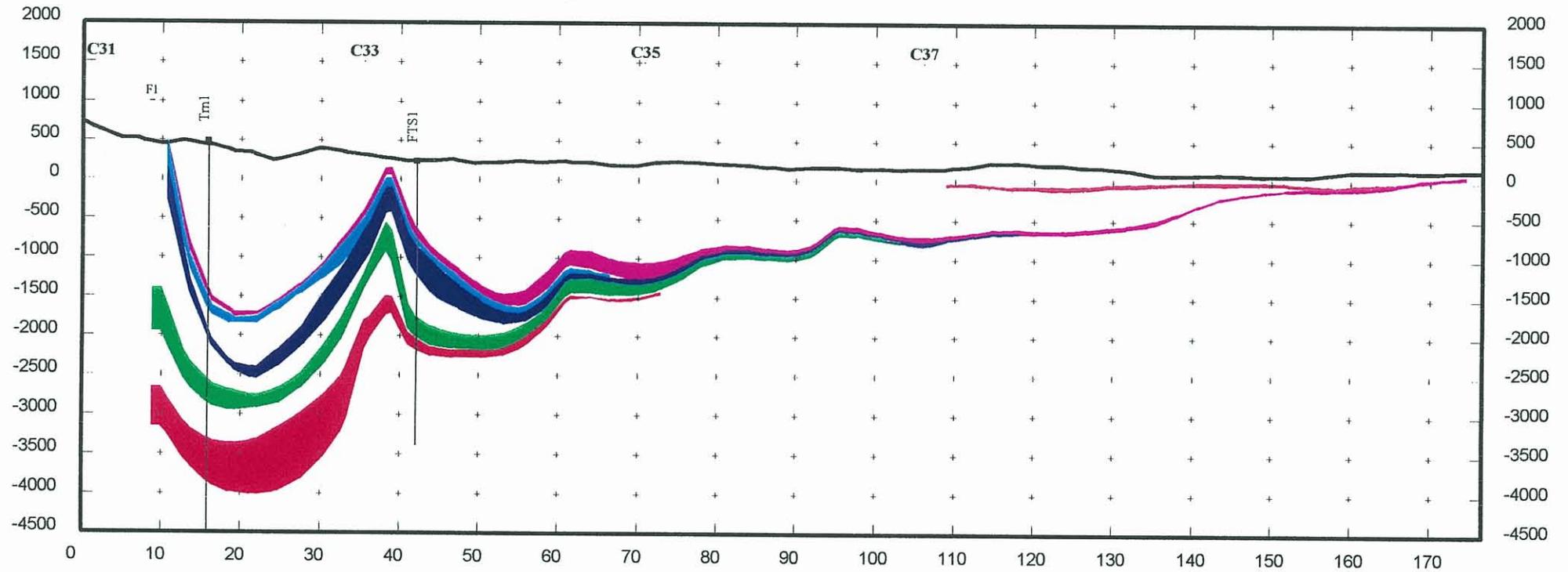


Figure 4 i COUPE 13

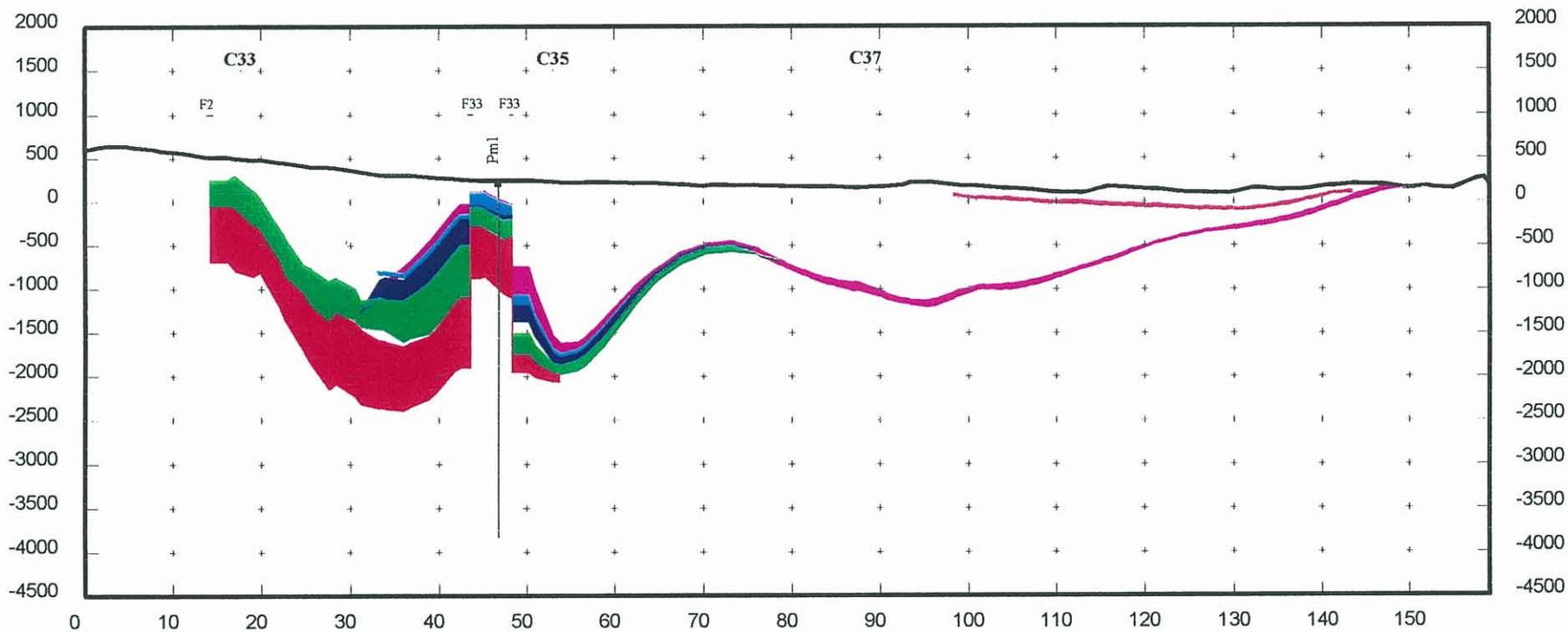


Figure 4 j COUPE 31

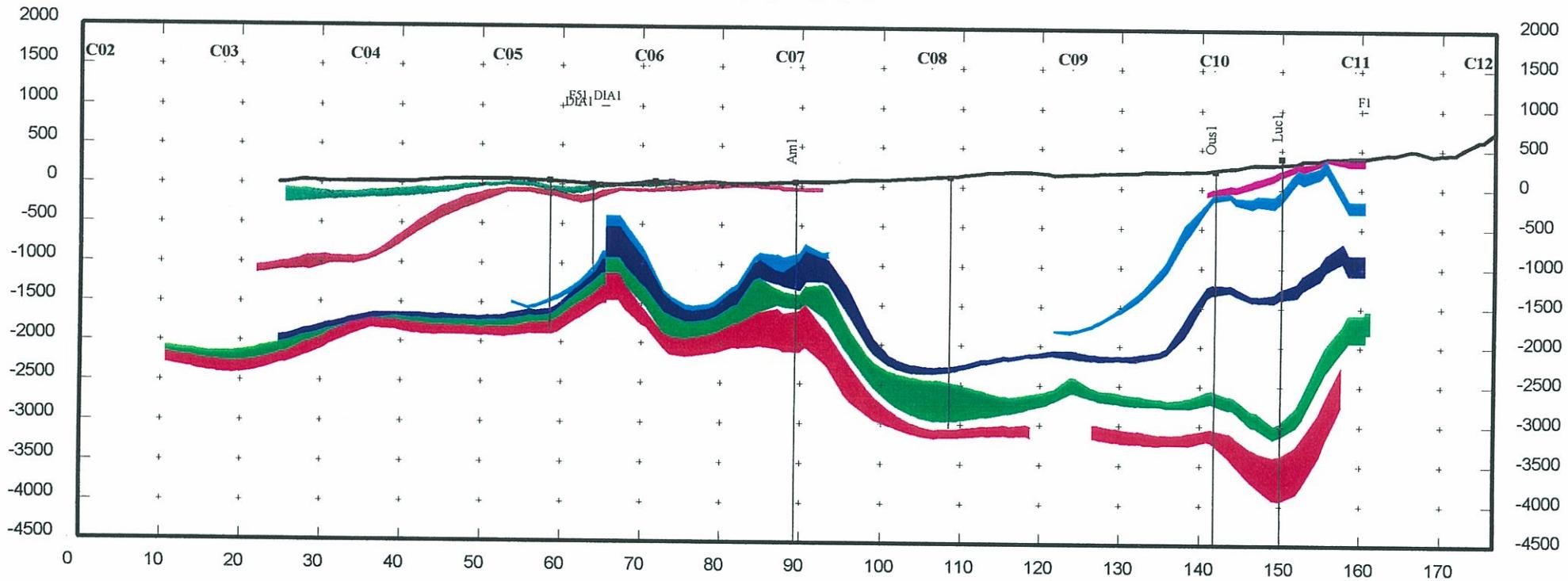


Figure 4 k COUPE 33

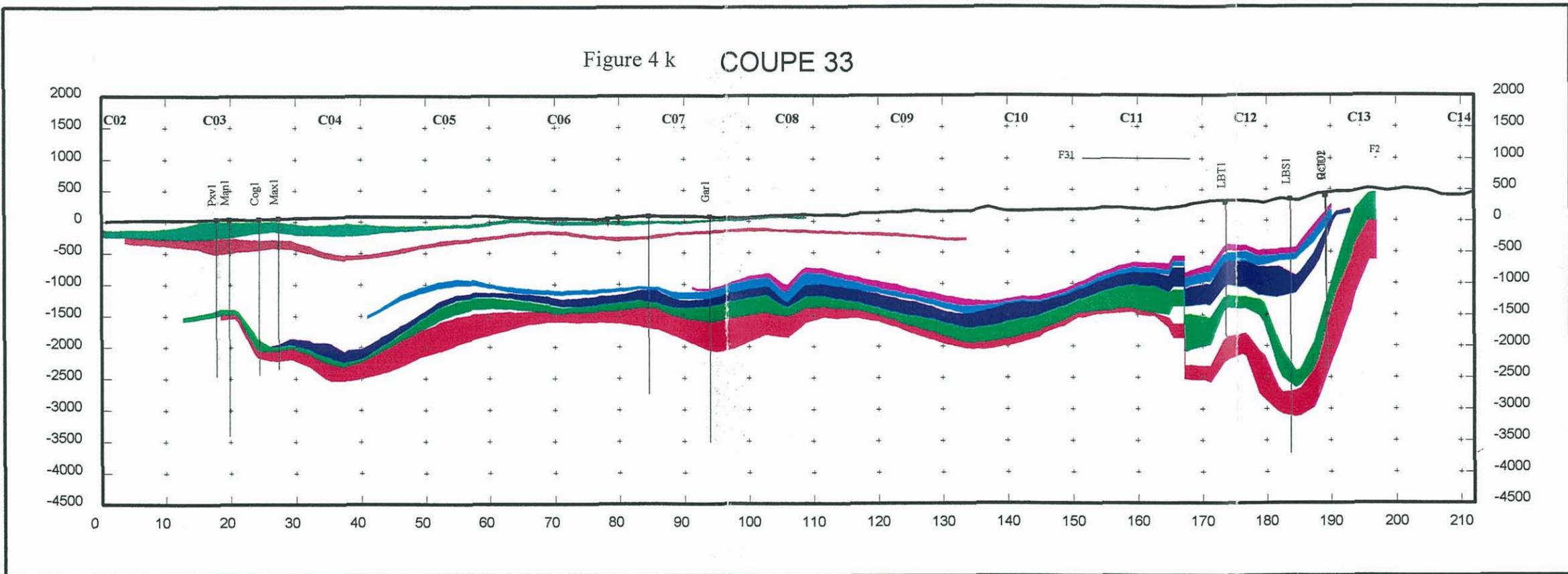
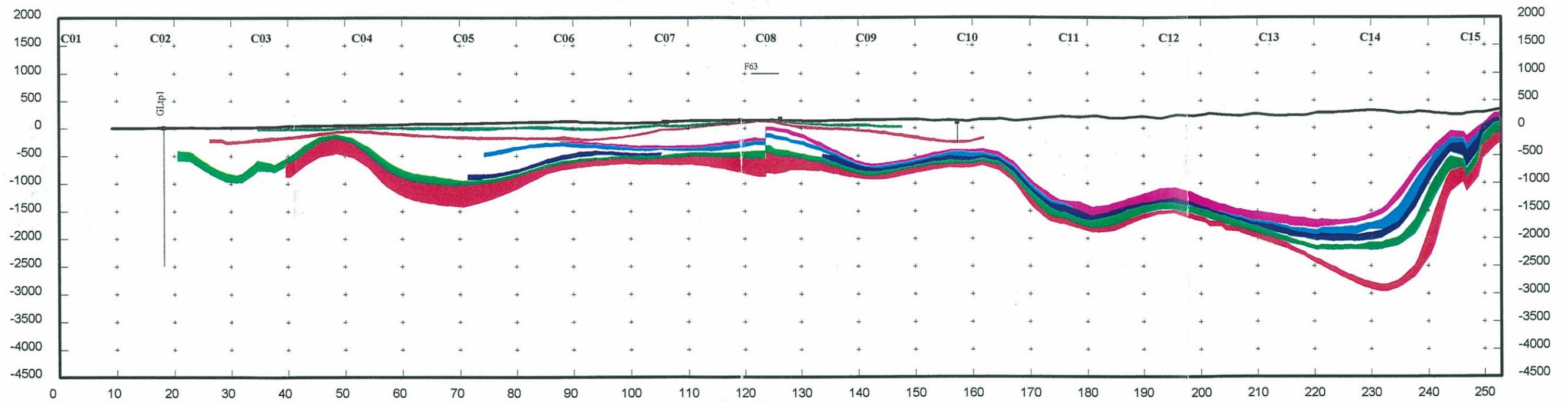


Figure 4 1 COUPE 35



Annexe 3

Hydrogéologie : cartes thématiques

Figure 5 : Prélèvements dans le miocène - total : 1,62 Mm³ en 1995

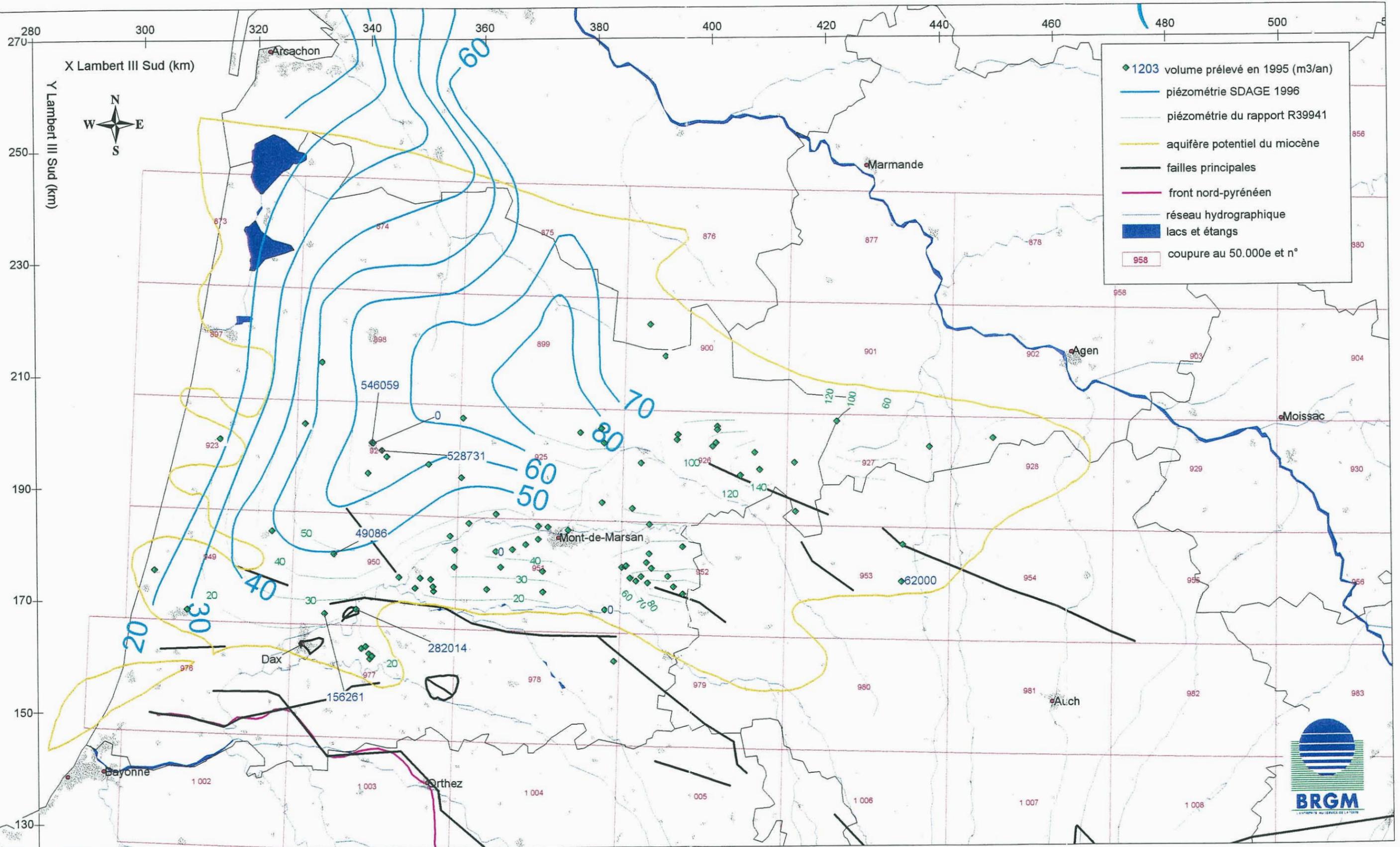


Figure 6 : transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) du Miocène

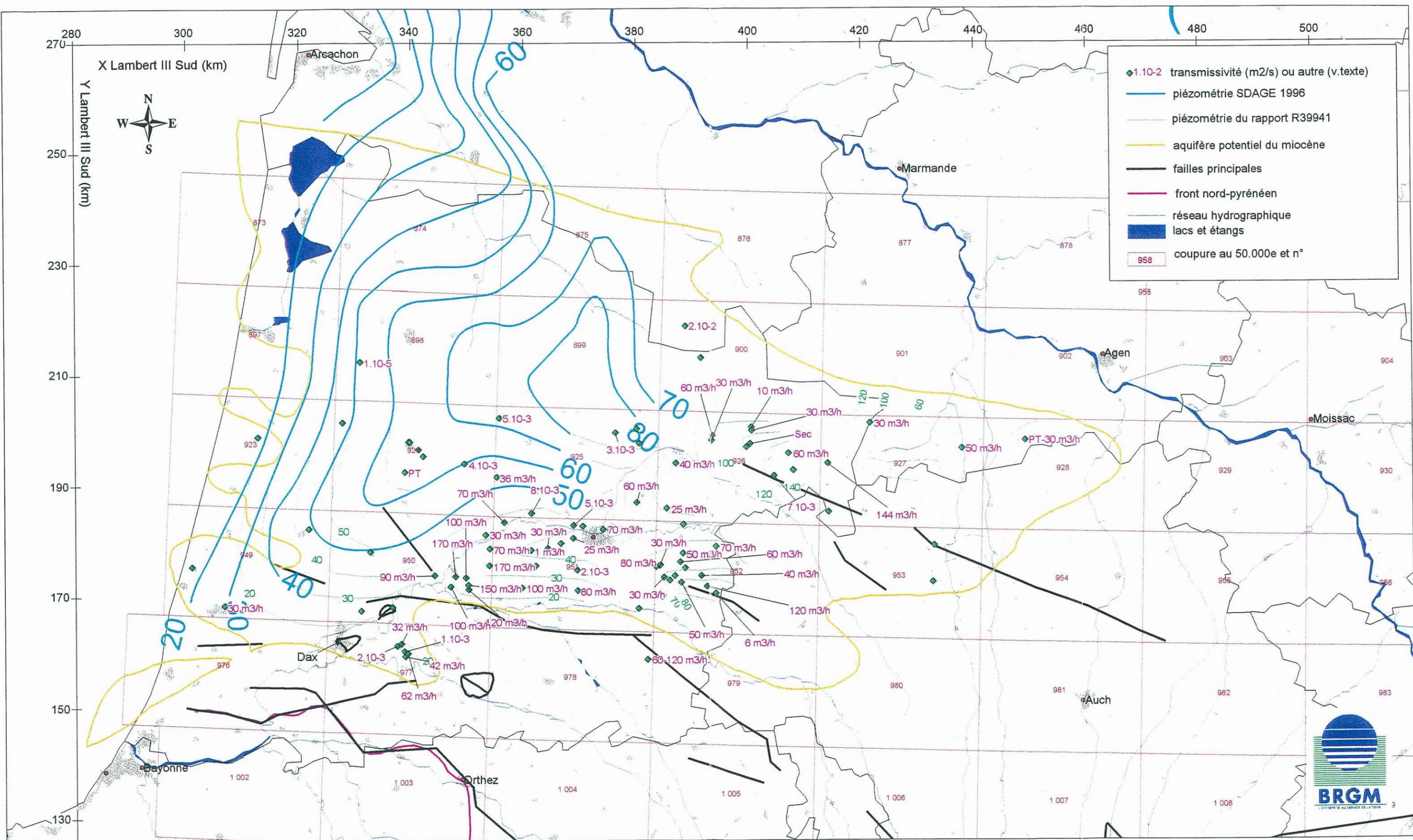


Figure 7 : Piézométrie du Miocène

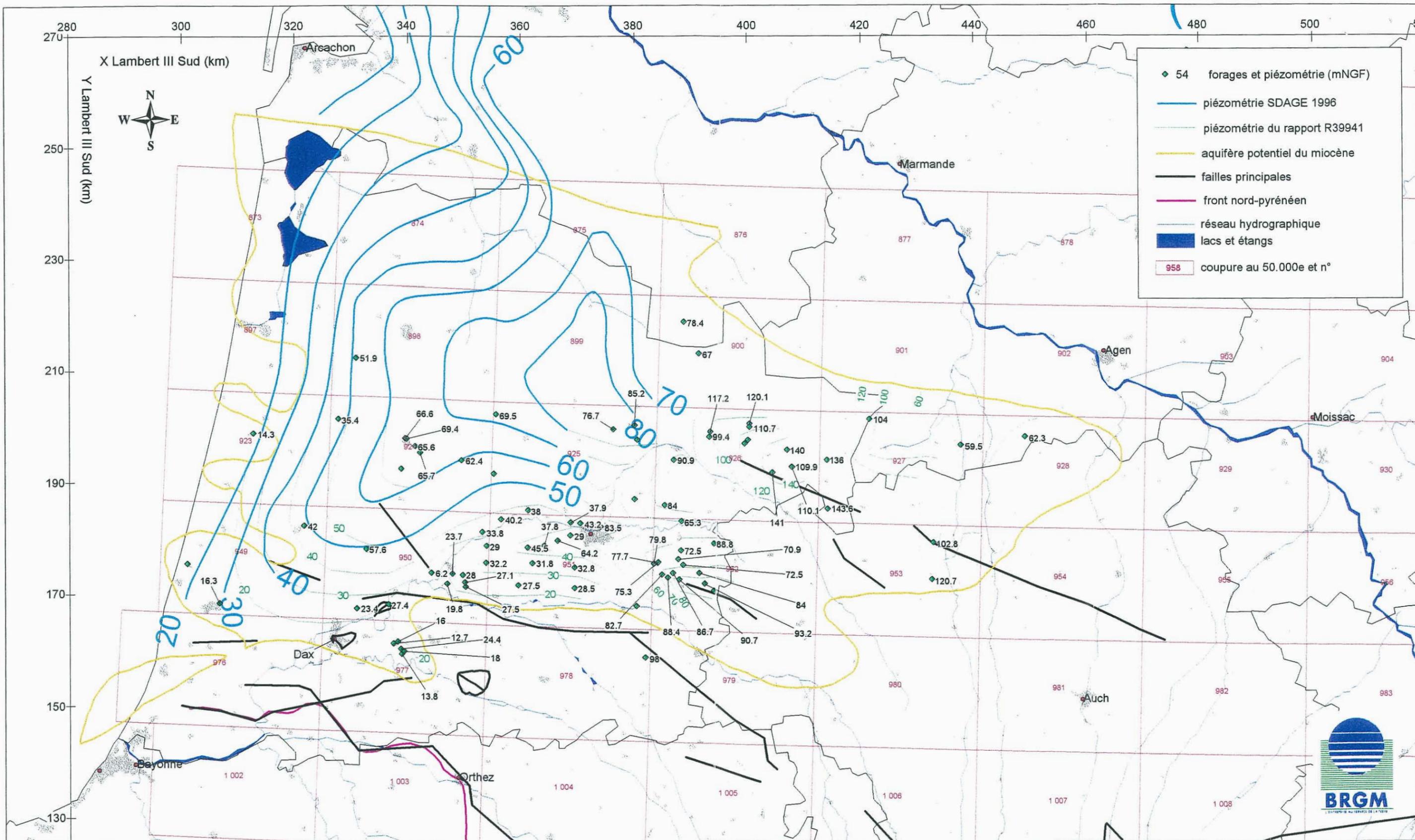


Figure 8 : Prélèvements dans l'Oligocène - total : 11,10 Mm3 en 1995

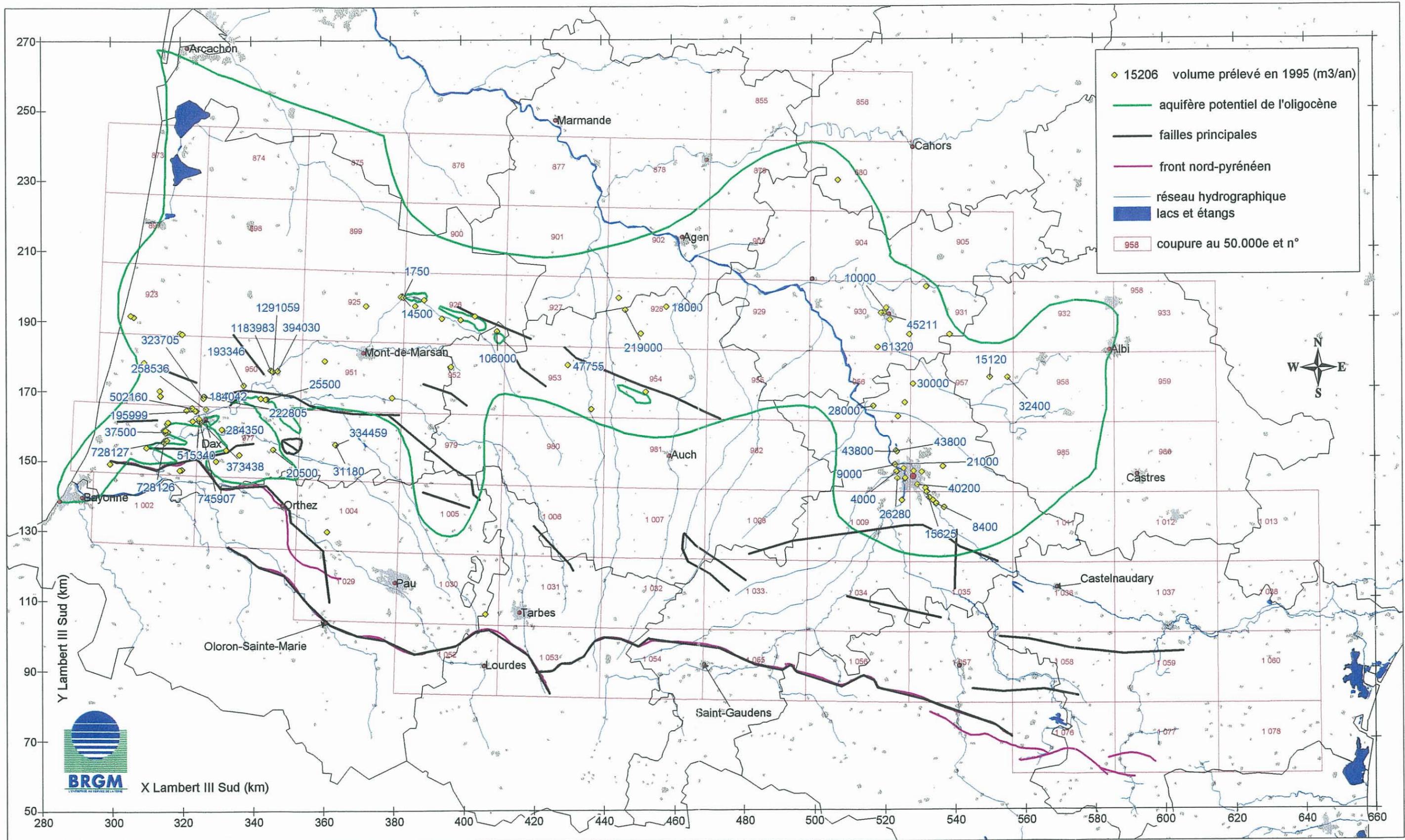


Figure 9 : Transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) de l'Oligocène

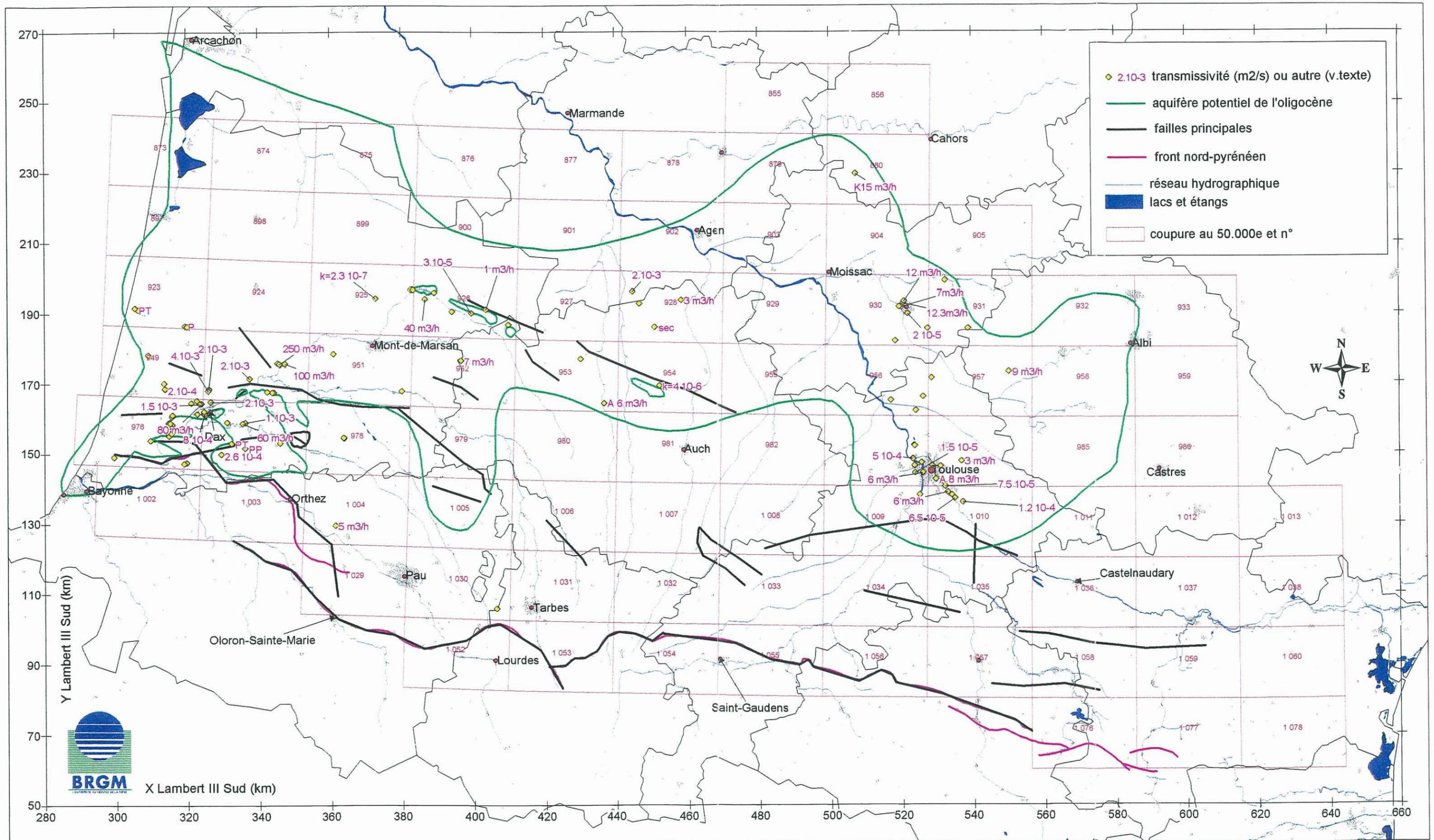


Figure 10 : Piézométrie de l'Oligocène

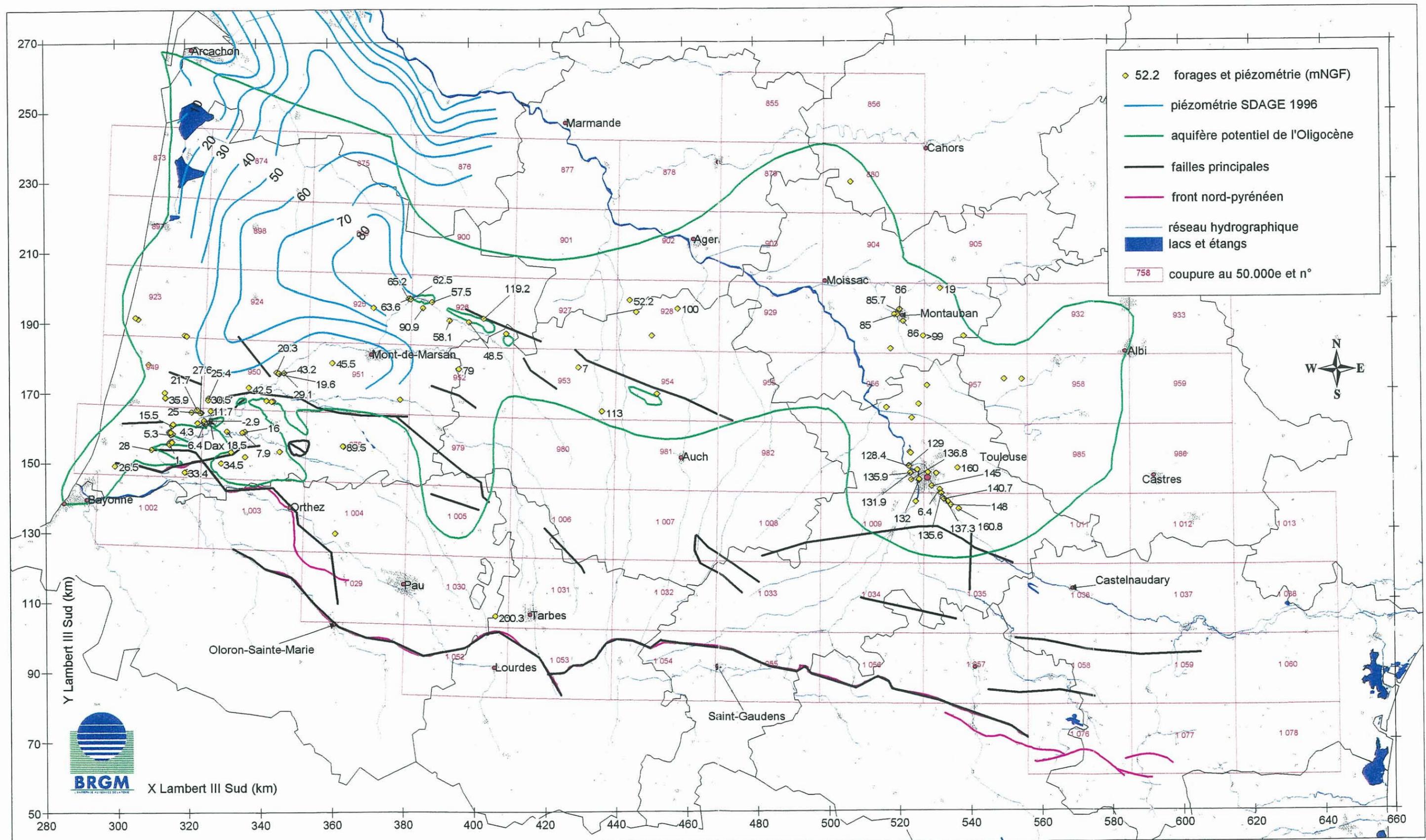


Figure 11 : Prélèvements dans les Sables Infra-Molassiques (10,31 Mm3 en 1995) et l'Eocène inférieur (9,20 Mm3 en 1995)

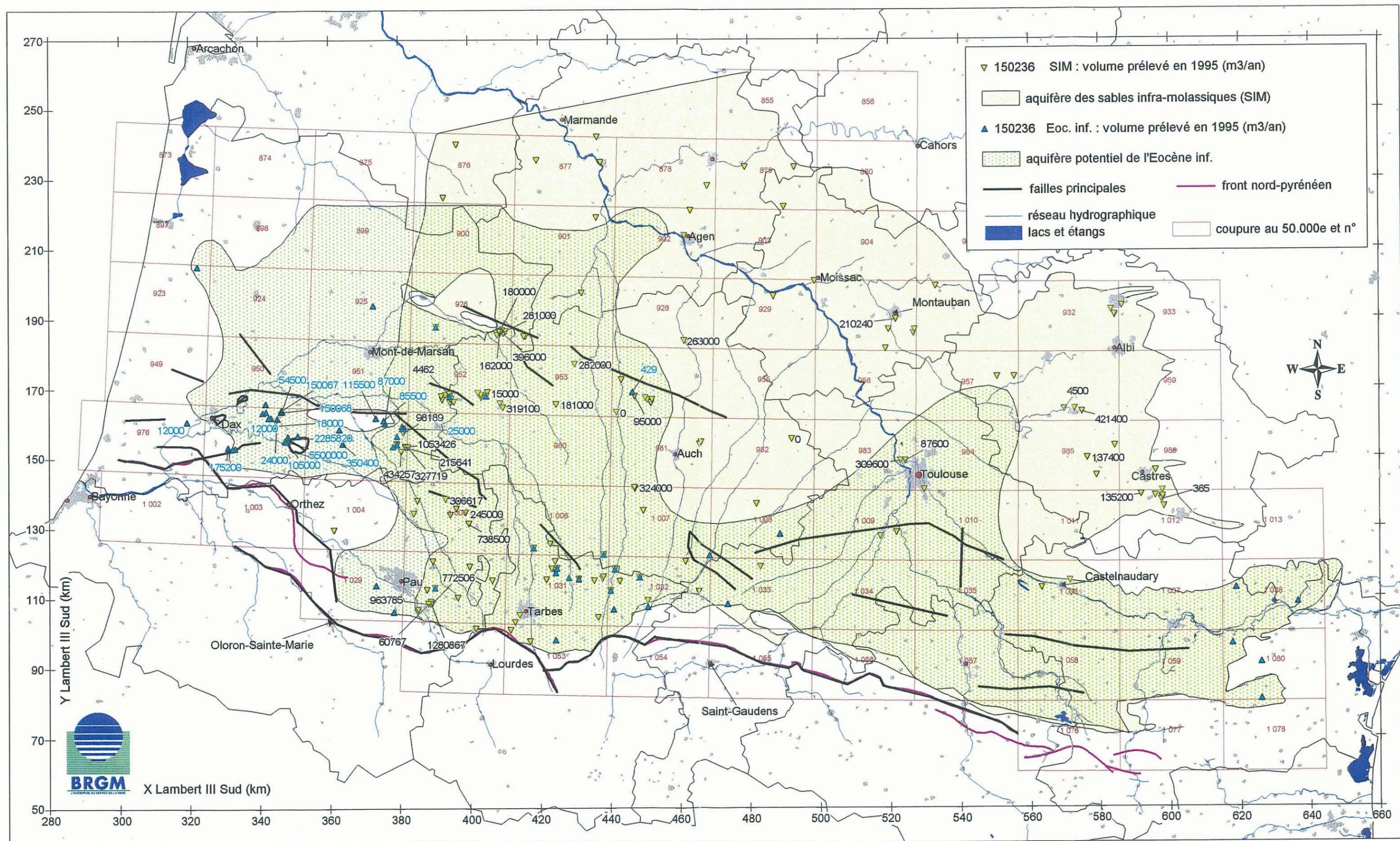


Figure 12 : Transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inf.

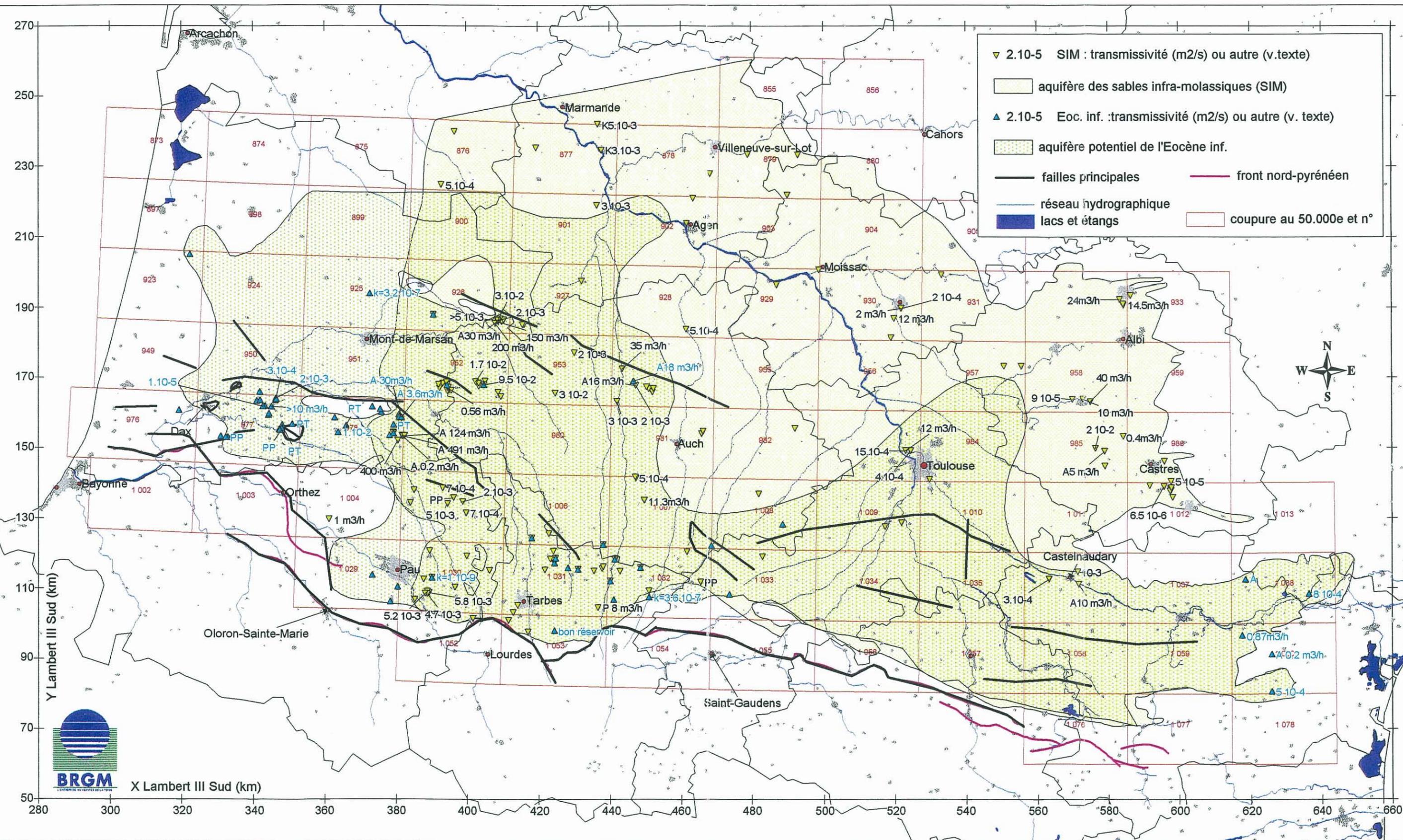


Figure 13 : Température des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inférieur

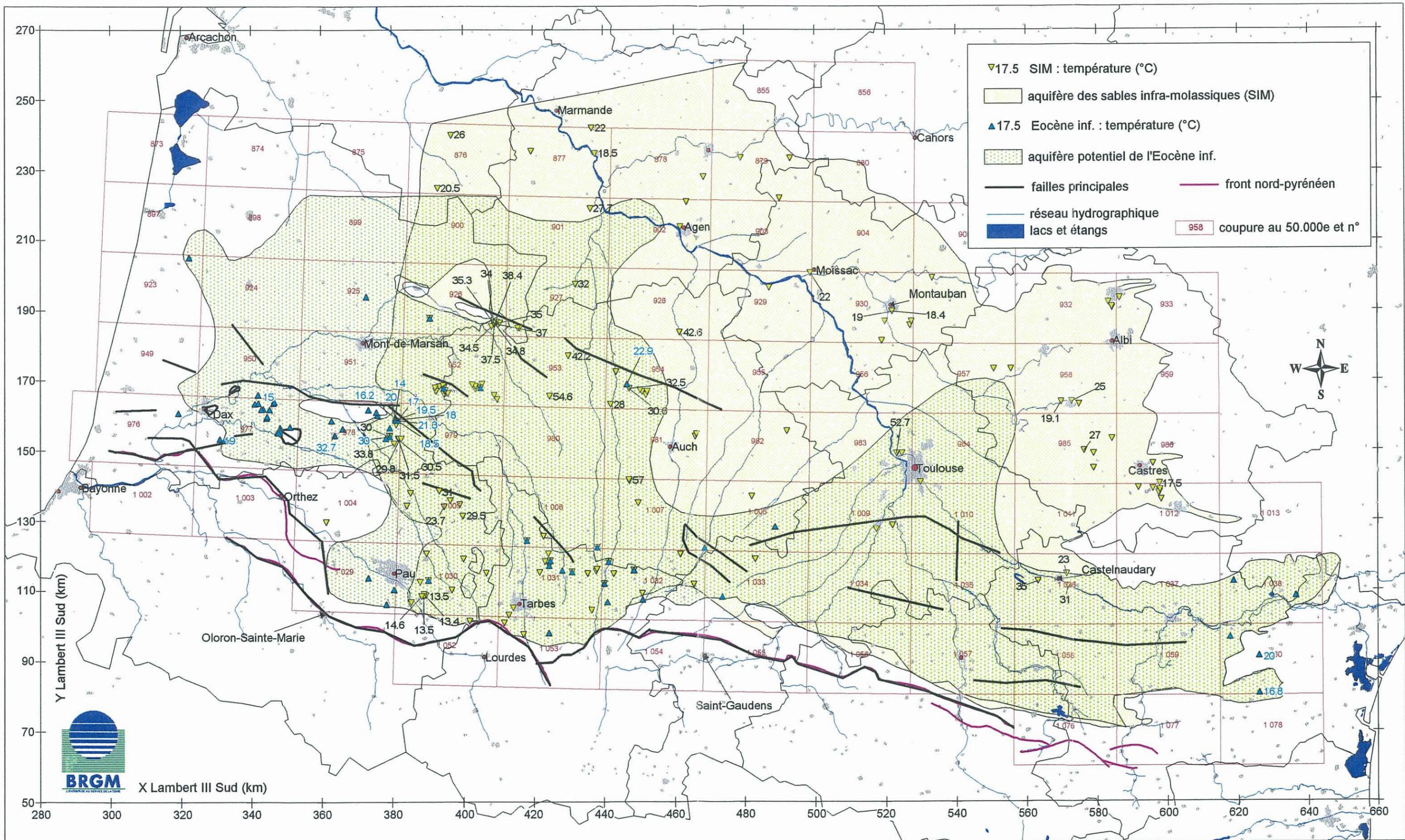


Figure 14 : Minéralisation des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inférieur

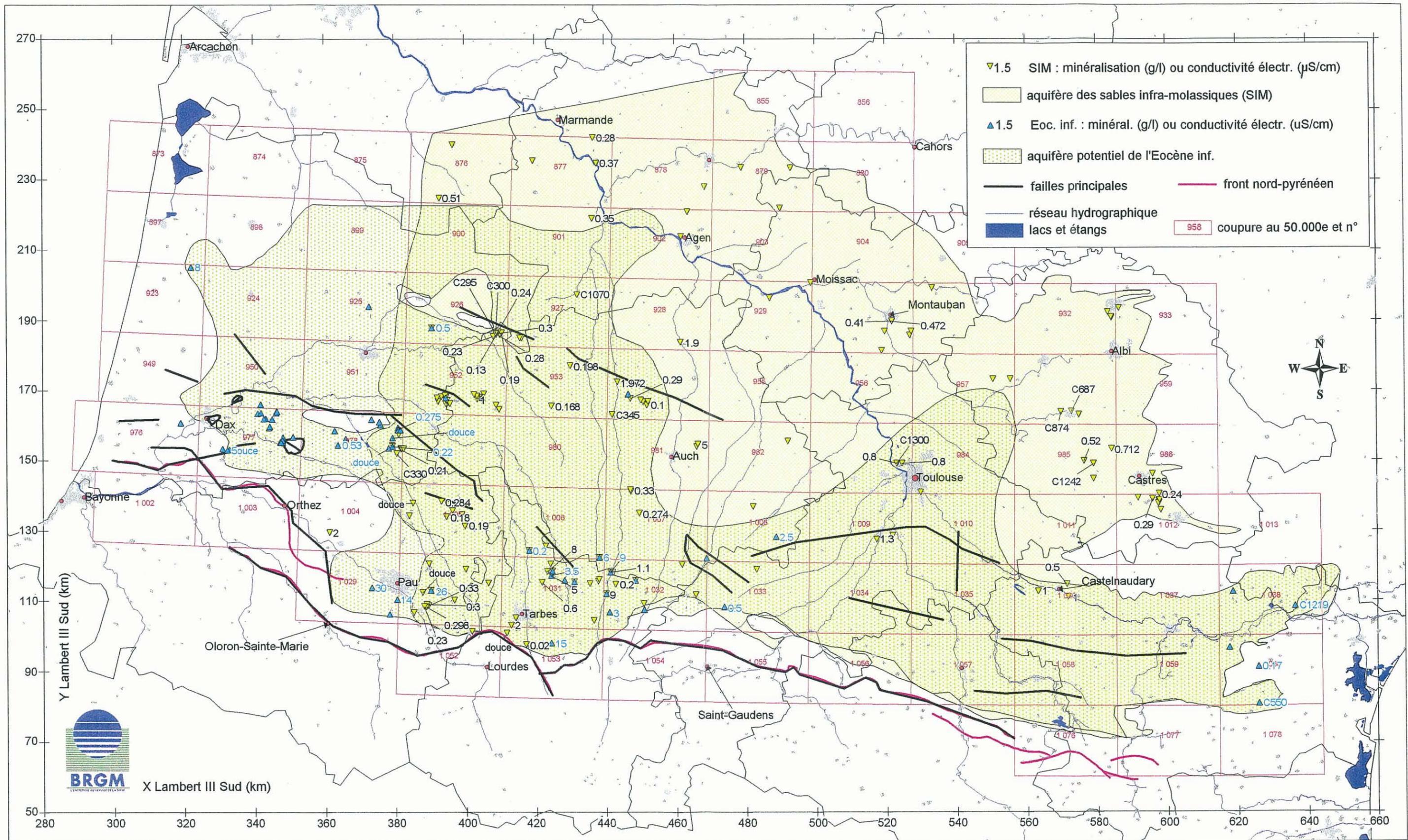


Figure 15 : Piézométrie des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inférieur

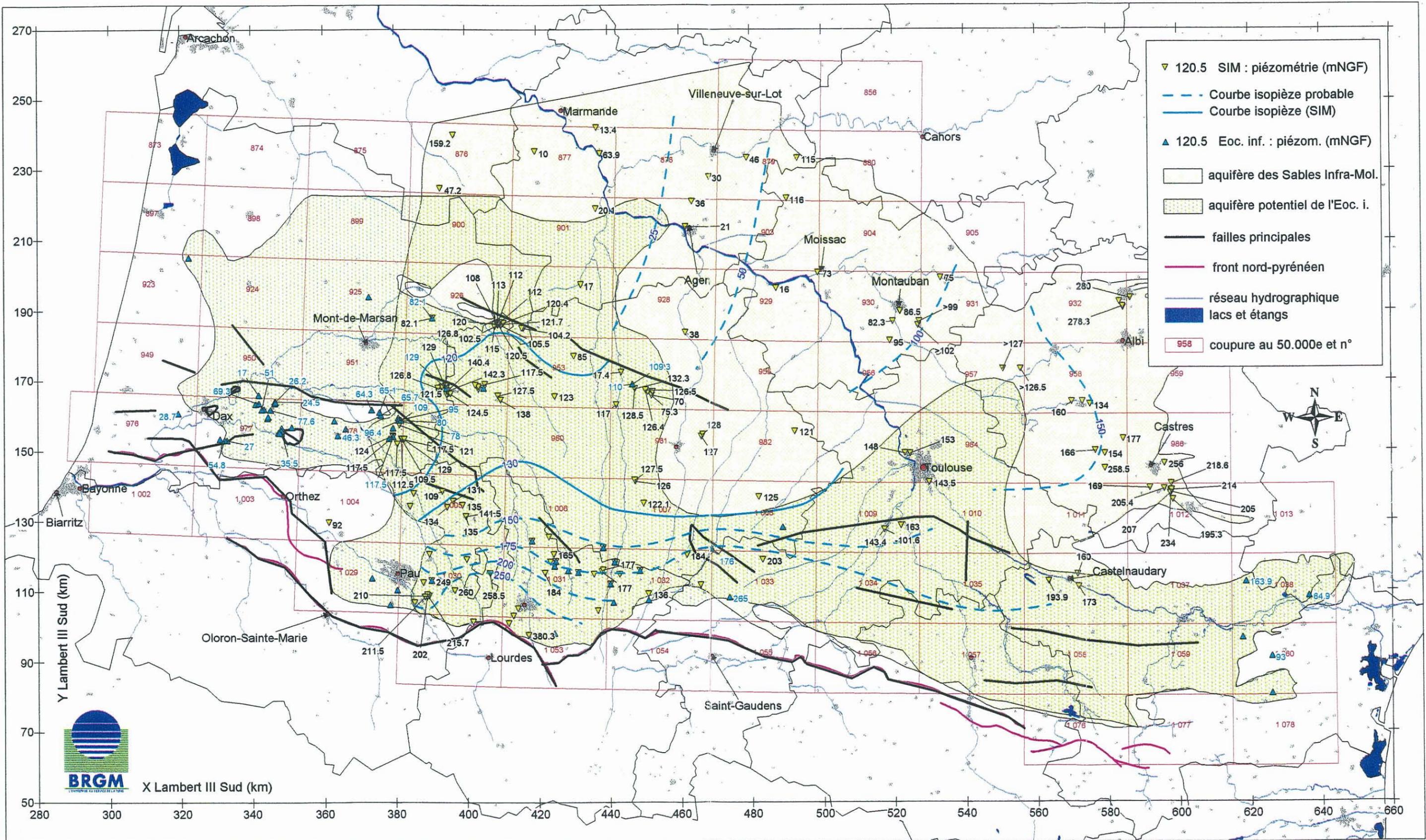


Figure 16 : Piézométrie "été-automne" des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inférieur

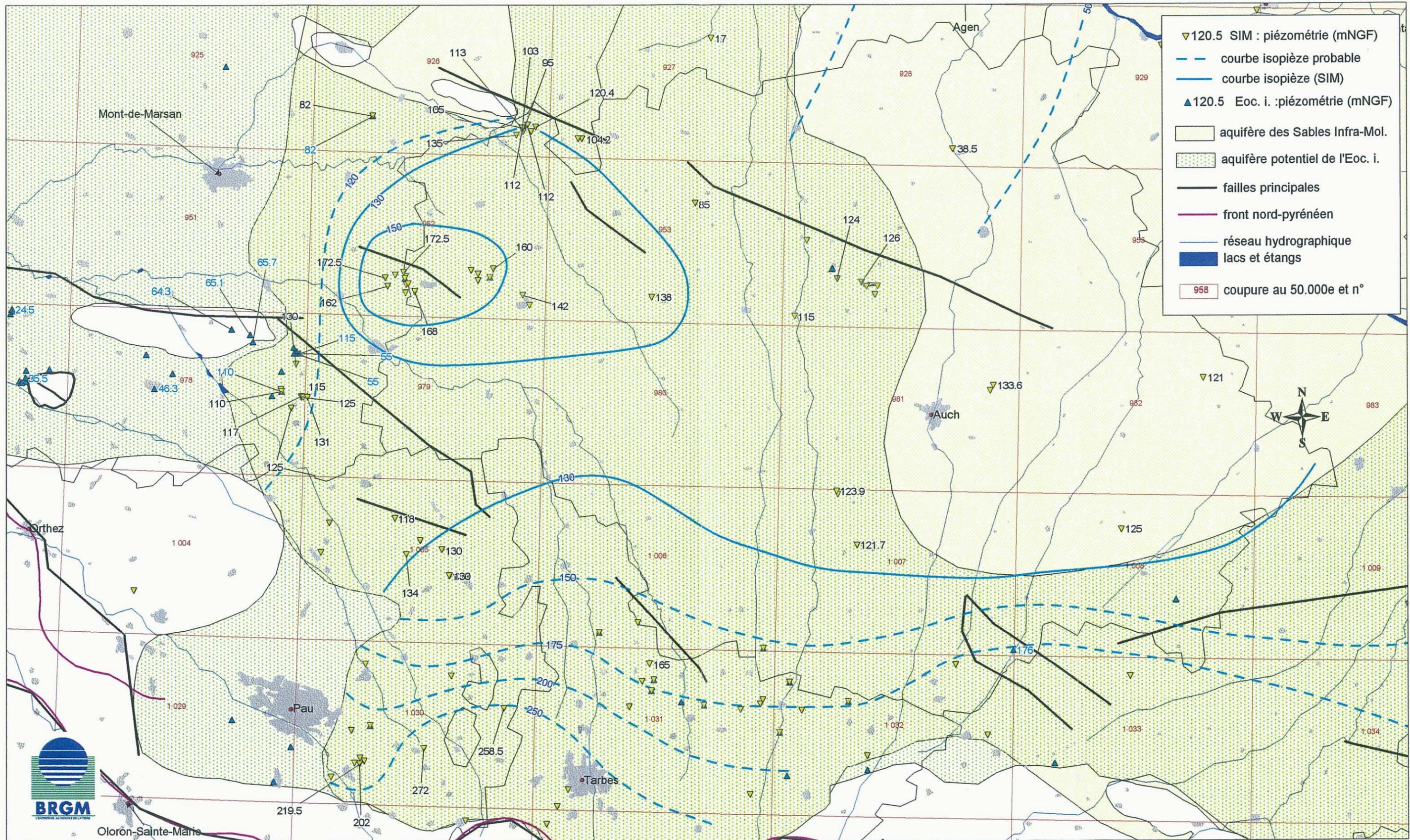


Figure 17 : Piézométrie "hiver-printemps" des Sables Infra-Molassiques et de l'Eocène inférieur

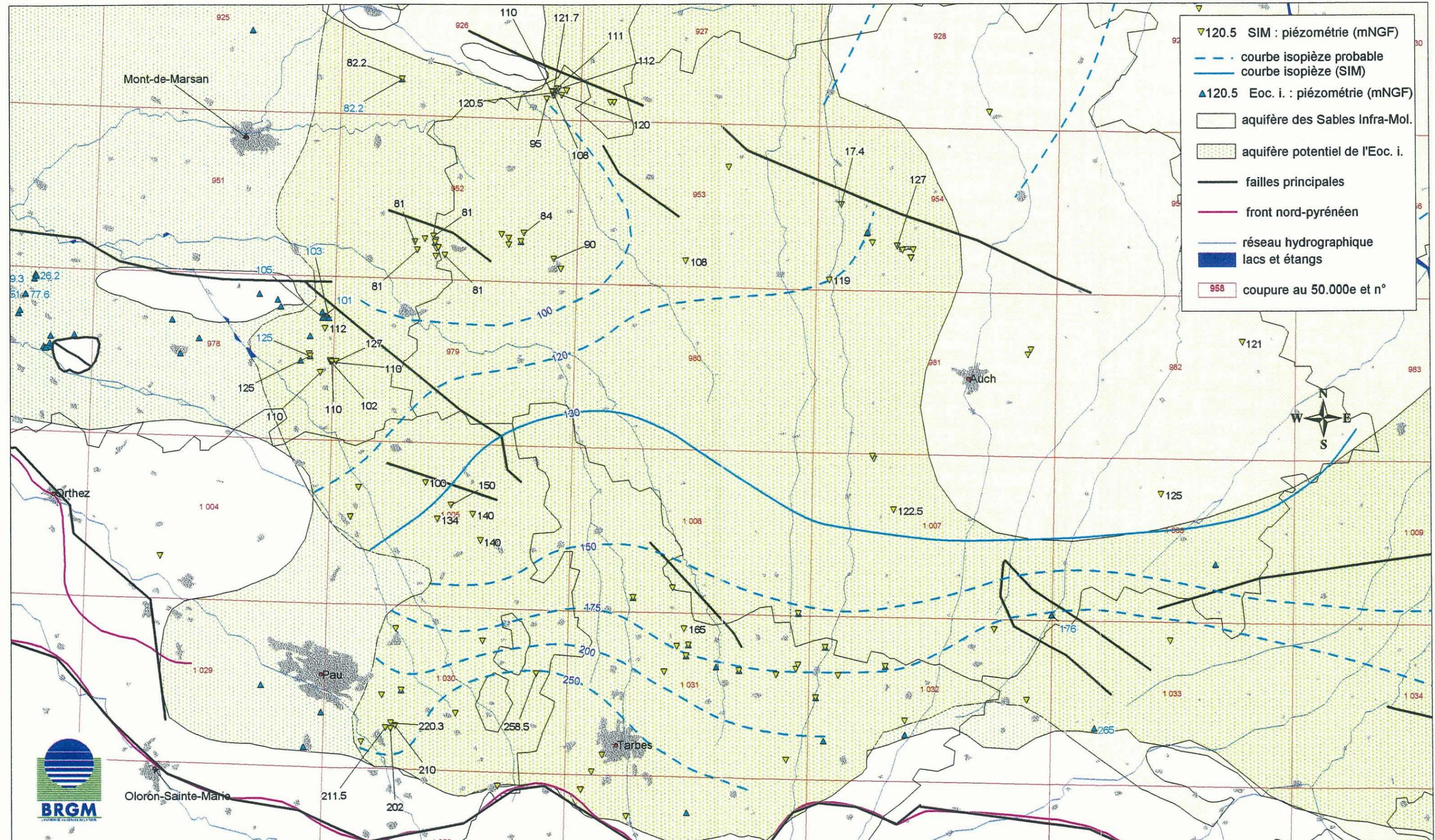


Figure 18 : Prélèvements dans le Paléocène - total : 10,50 Mm3 en 1995

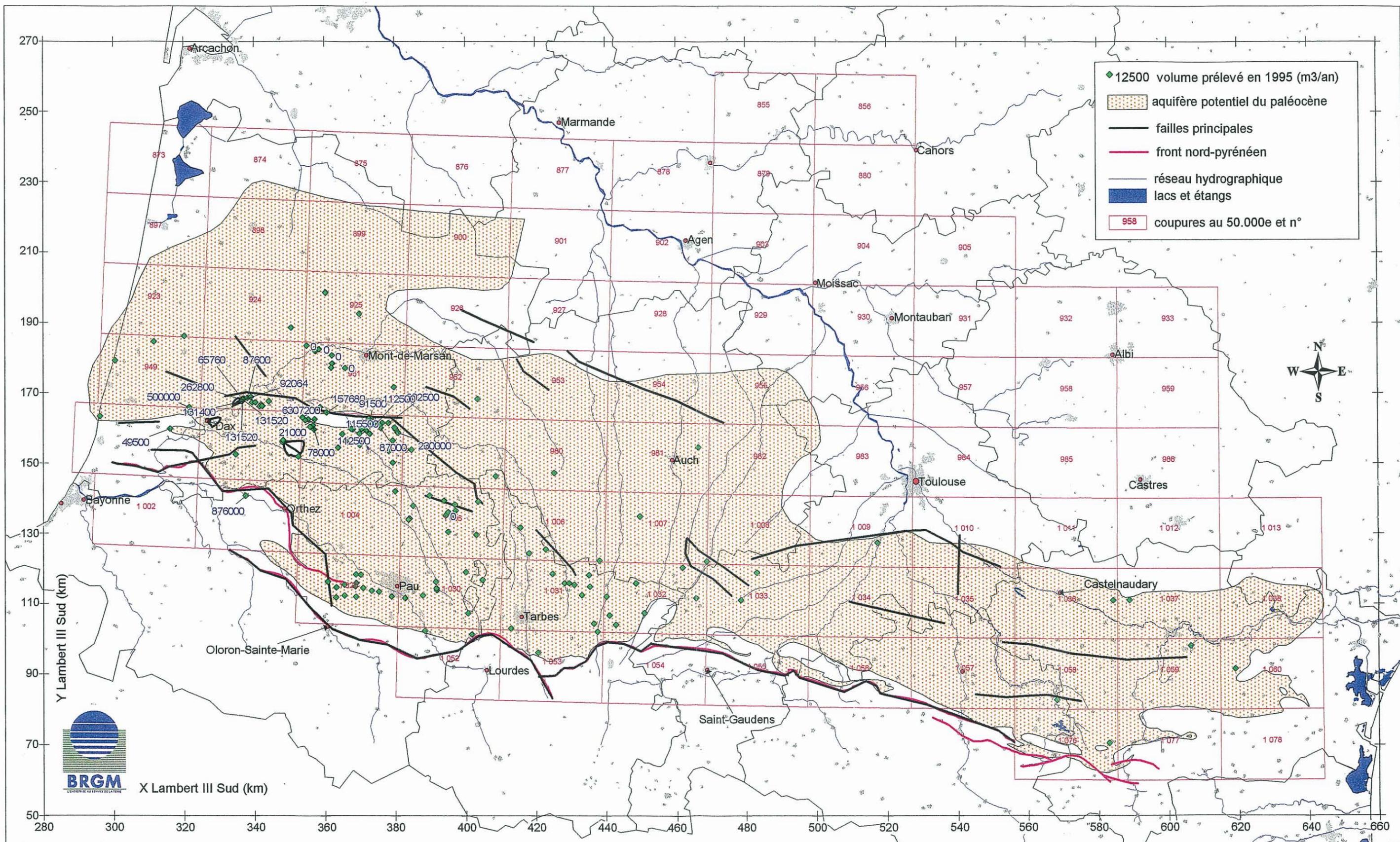


Figure 19 : Transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) du Paléocène

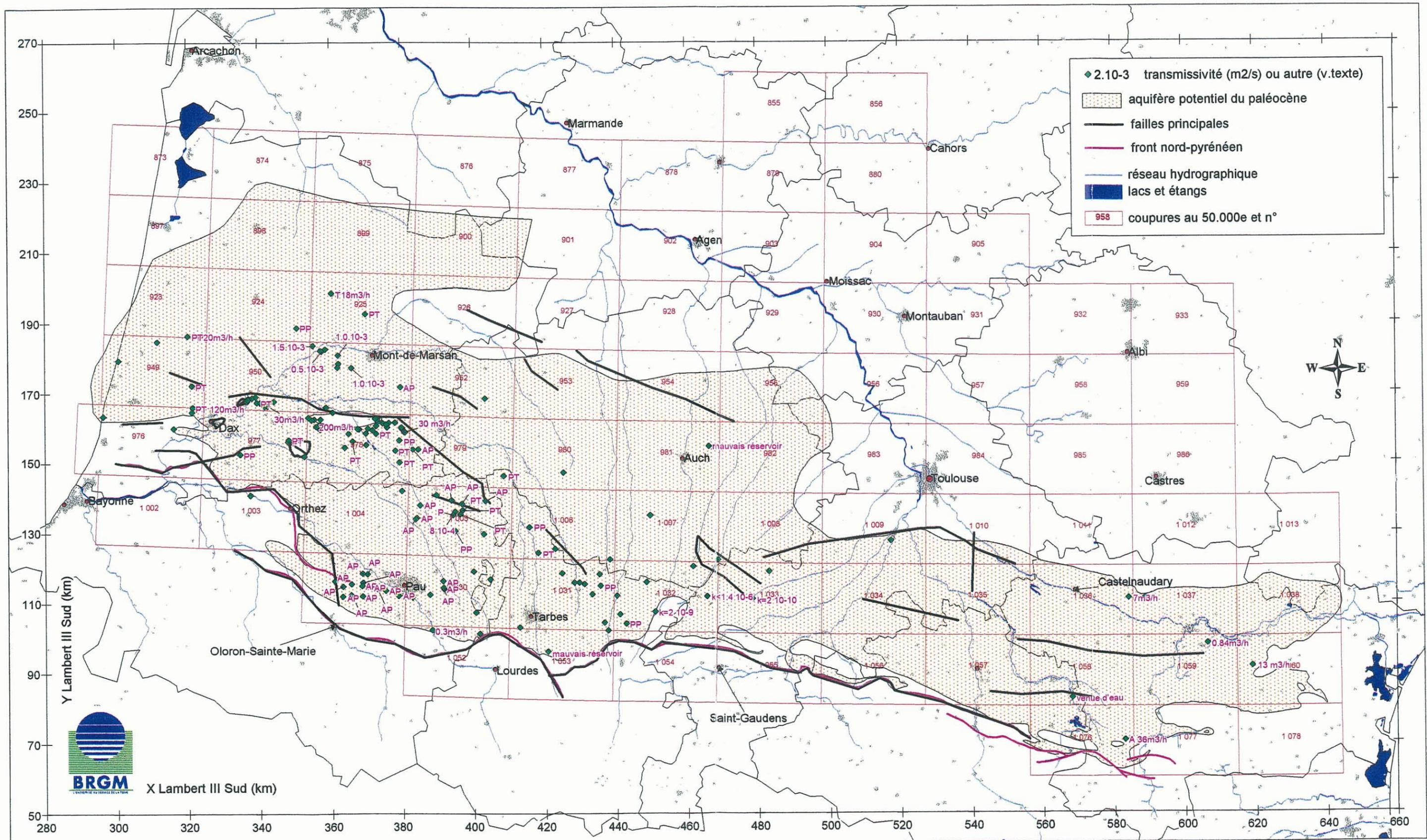


Figure 20 : Température et minéralisation du Paléocène

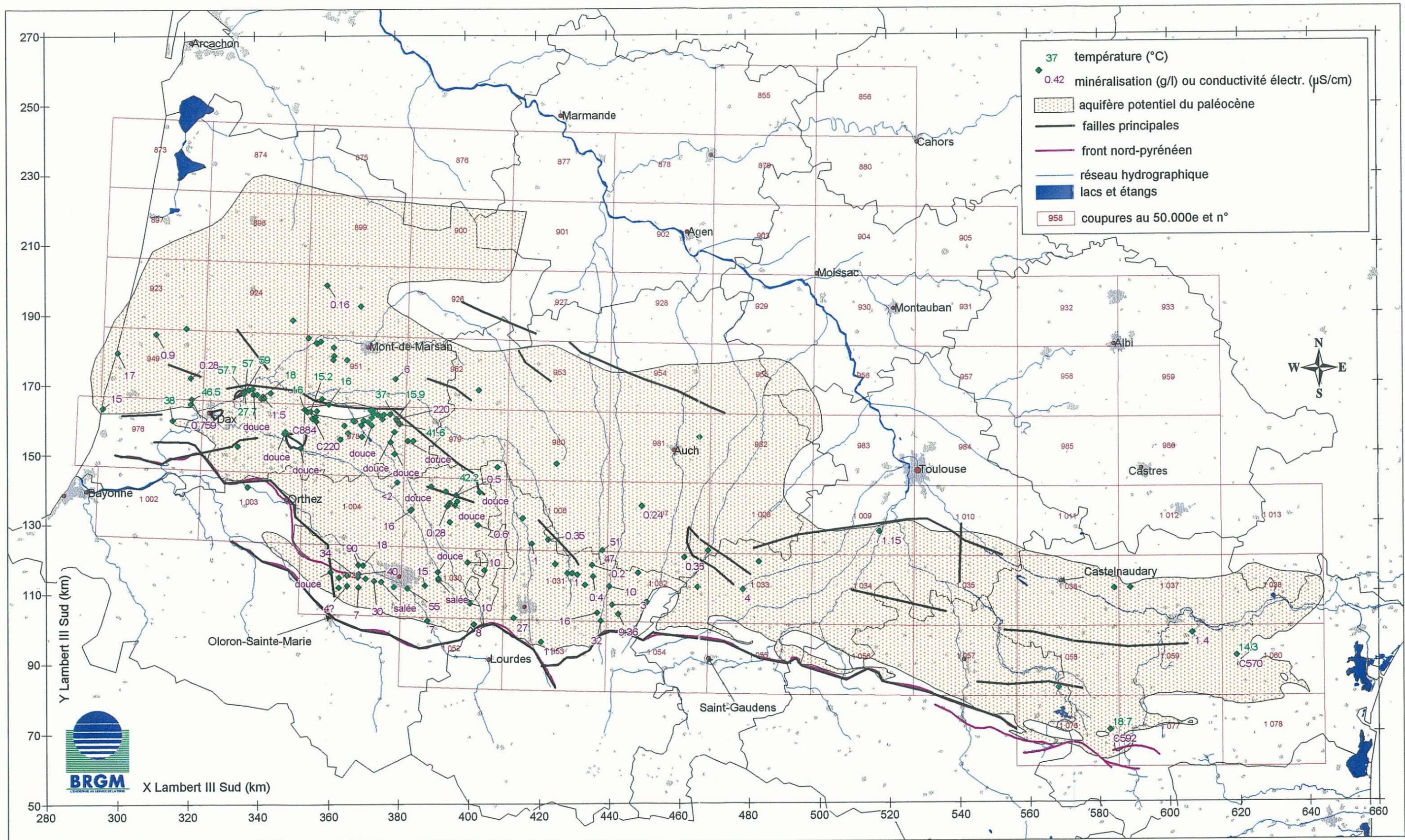


Figure 21 : Piézométrie du Paléocène

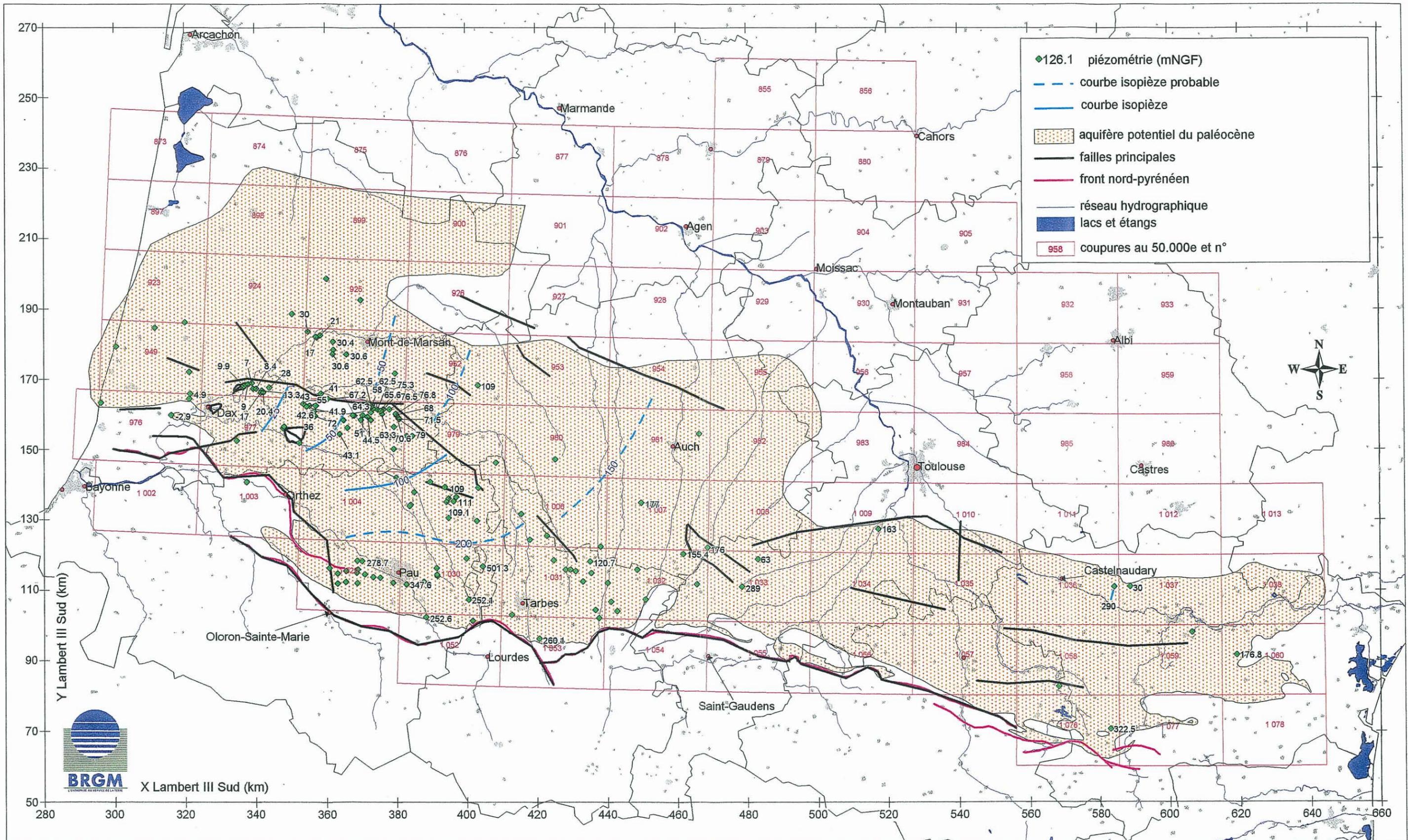


Figure 22 : Prélèvements dans le Sénonien supérieur - total : 1,59 Mm³ en 1995

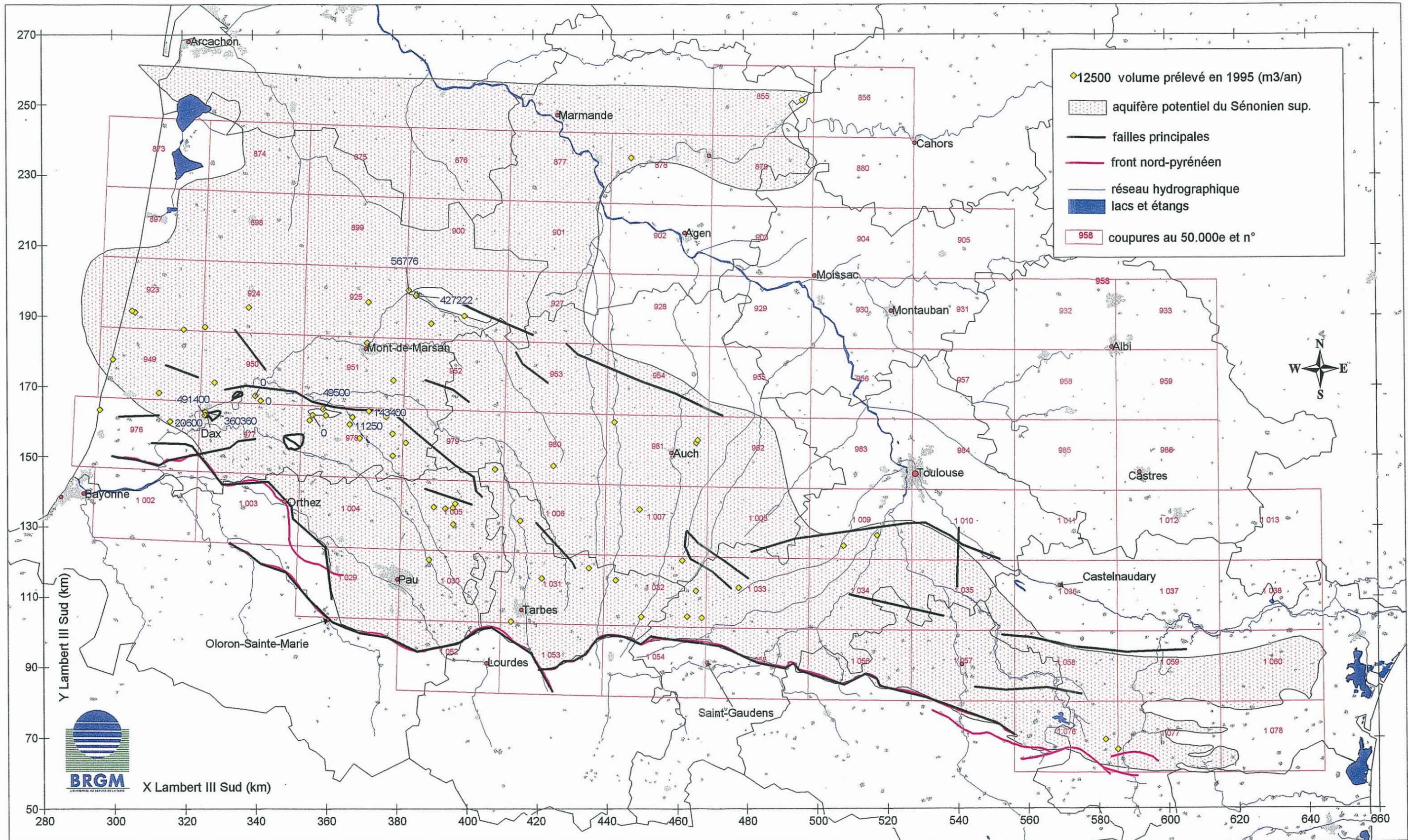


Figure 23 : Transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) du Sénonien supérieur

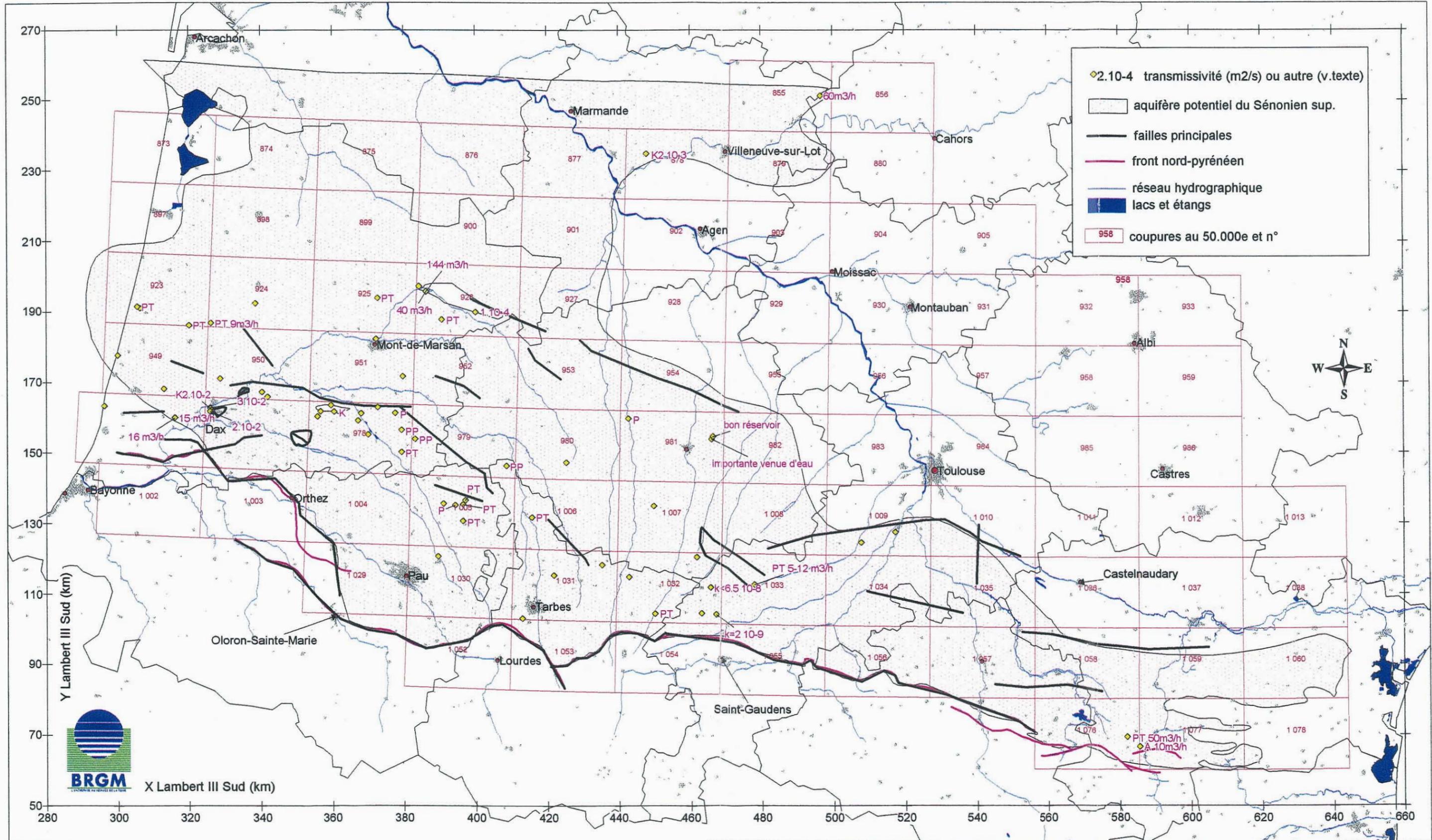


Figure 24 : Température et minéralisation du Sénonien supérieur

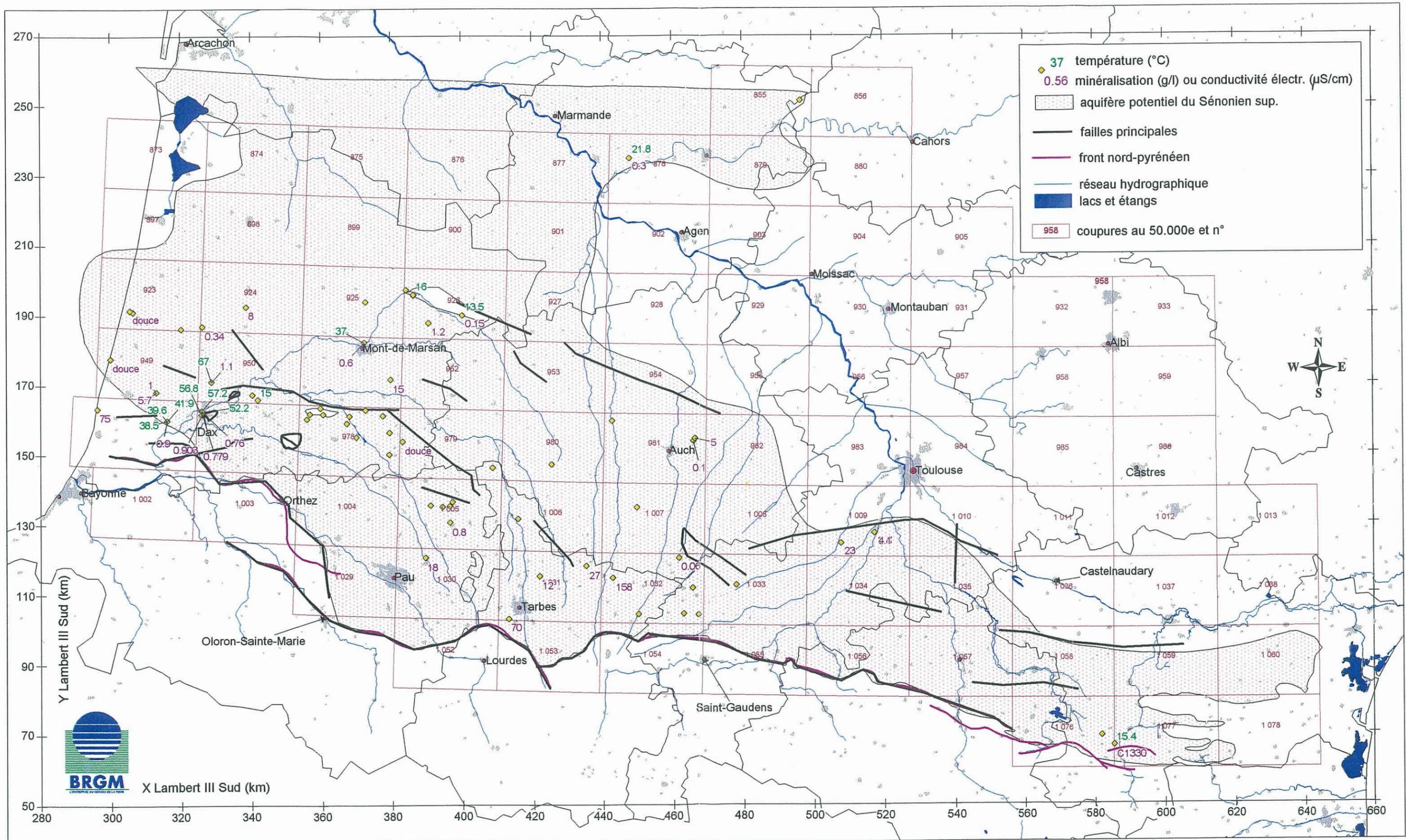


Figure 25 : Piézométrie du Sénonien supérieur

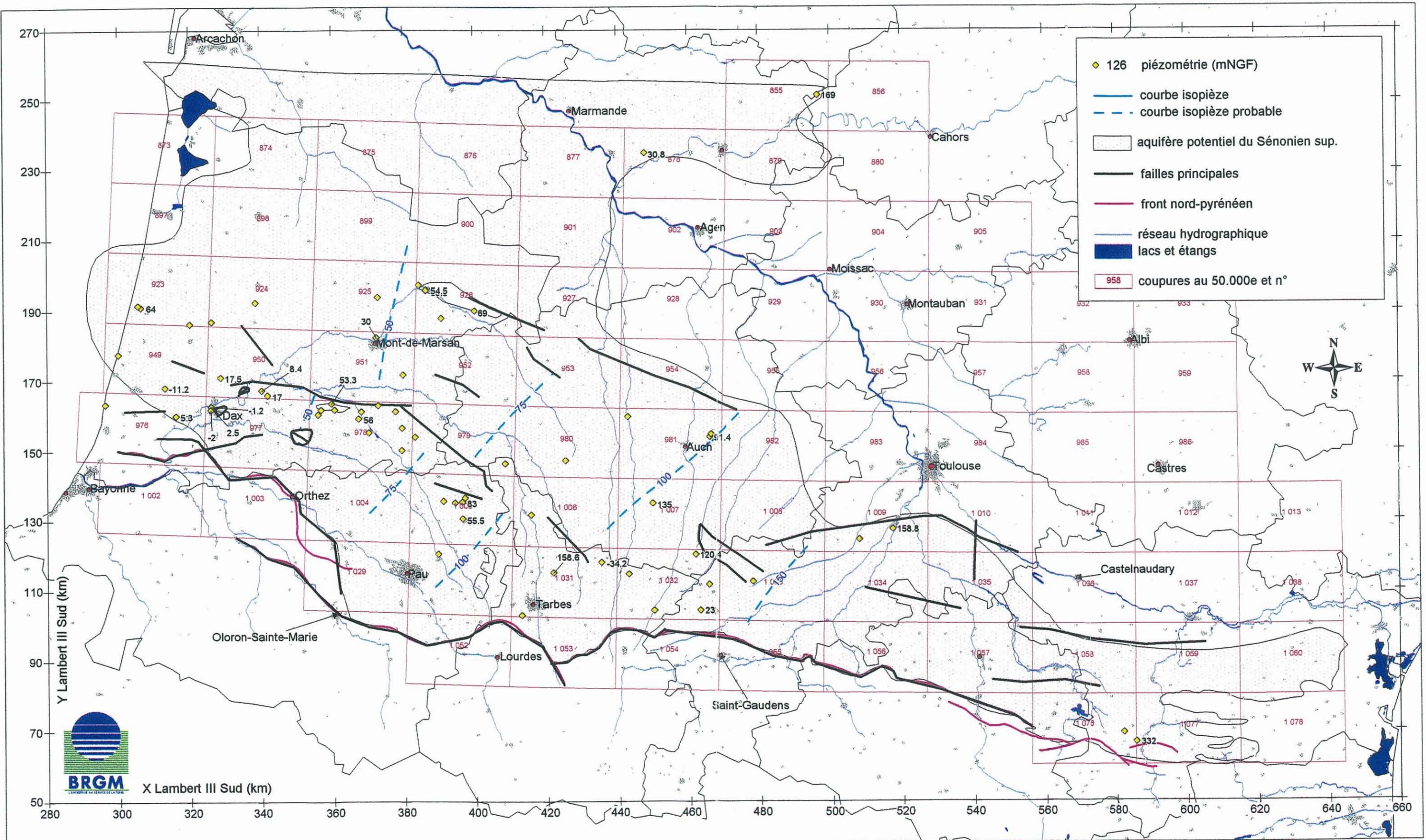


Figure 26 : Prélèvements dans le Sénonien inf. et le Cénomano-Turonien - total : 5,07 Mm³ en 1995

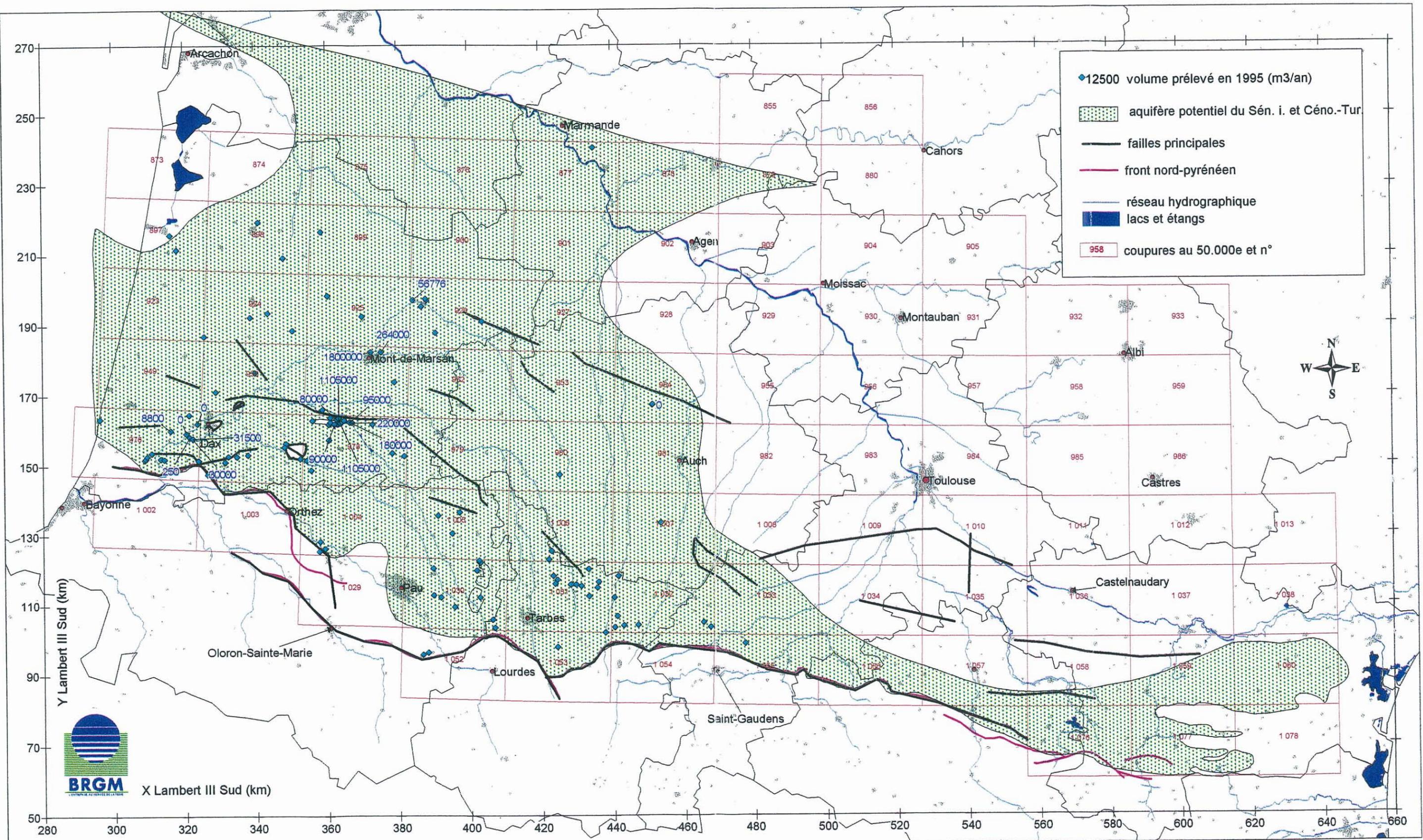


Figure 27 : Transmissivité (ou conductivité hydraulique ou débit) du Sénonien inf. et du Cénomano-Turonien

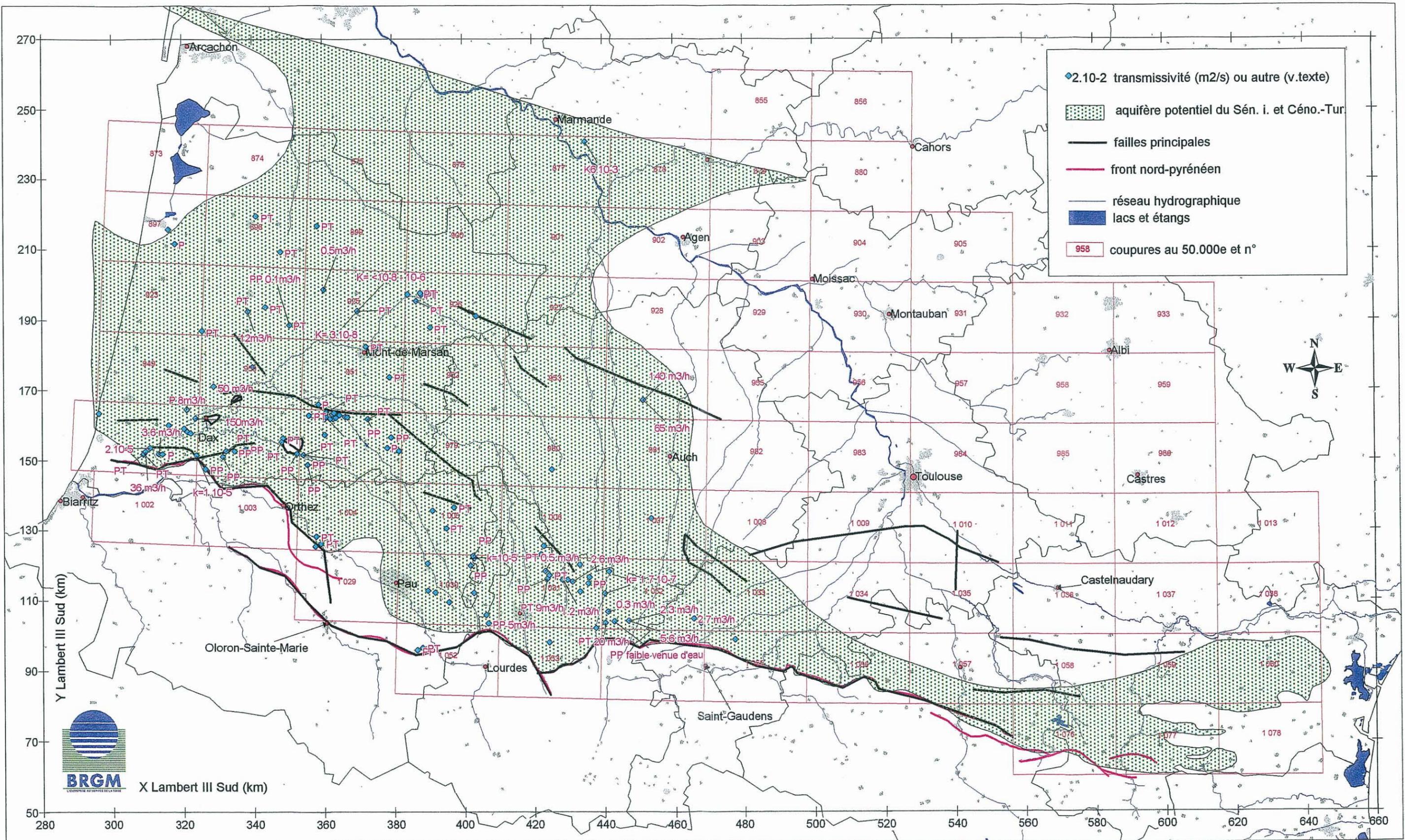


Figure 28 : Température et minéralisation du Sénonien inf. et du Cénomano-Turonien

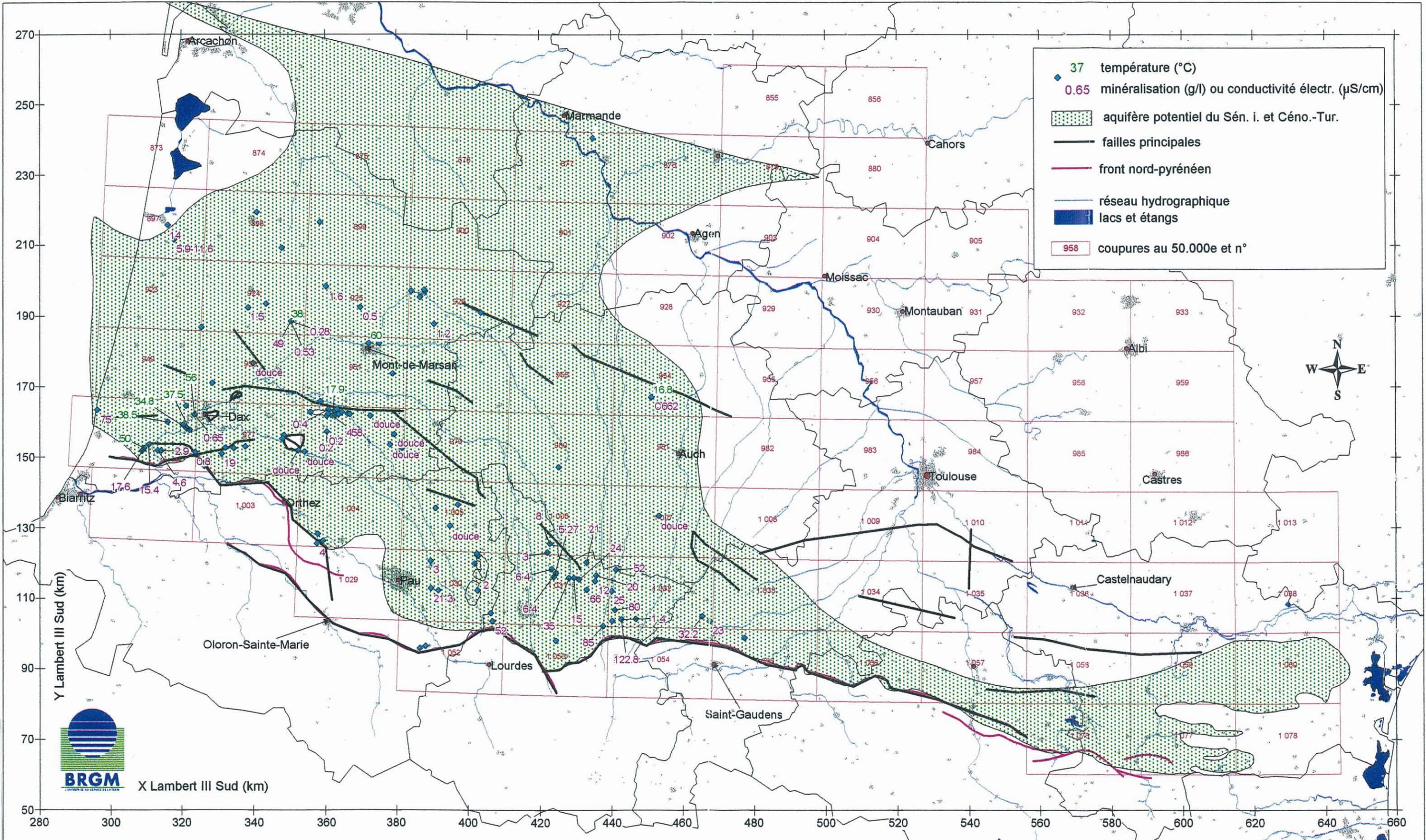


Figure 29 : Piézométrie du Sénonien inf. et du Cénomano-Turonien

