



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

DOCUMENT PUBLIC

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

Concept géologique et hydrogéologique

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 96-D-514

Juin 1997
R39538



Mots clés : Polarité sédimentaire, concept géologique, fichiers aquifères, modelé structural, géostatistique, géométrie des systèmes aquifères, concept hydrogéologique .

En bibliographie ce rapport sera cité de la façon suivante :

BOURGINE B. - CAPDEVILLE J.P. - RAZIN Ph. - SOURISSEAU B. - VAIRON J.(1997) - Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du Bassin Adour-Garonne - Concept géologique et hydrogéologique - Rapport R 39538

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

RESUME

L'élaboration d'un outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne passe par la mise en place préalable d'un concept géologique et hydrogéologique régional.

En collaboration avec les équipes de géologues d'Elf Aquitaine Production (EAP) et de Gaz de France (GdF), la première étape a consisté à formuler un concept géologique prenant en compte la migration Est-Ouest des dépôts sédimentaires à l'échelle des temps géologiques considérés. L'analyse forage après forage a permis de dresser un fichier associant toit et mur des différents systèmes aquifères possibles et d'attribuer à chacun une cote géoréférencée .

En s'appuyant sur le modelé structural de la base du Tertiaire, il a été bâti à partir de ce fichier par traitement géostatistique une représentation géométrique enveloppe des différents systèmes aquifères et qui a permis d'appréhender leurs relations.

Cette dernière étape constitue le concept hydrogéologique dans lequel seront transférées les variables qualifiant ces milieux pour édifier le modèle hydrogéologique.

Ce dernier a été établi en cohérence avec les données hydrochimiques et isotopiques, en collaboration avec l'Institut de Géodynamique de l'Université de Bordeaux III.

Sommaire

Résumé	1
Liste des figures	4
Liste des figures du chapitre 7	5
Liste des annexes	6
Liste des tableaux	9
1. Généralités	10
1.1. Objectifs	10
1.2. Domaine concerné.....	10
1.3. Démarche adoptée	10
1.4. Contexte géologique.....	12
2. Acquisition et critique des données.....	14
2.1. Historique	14
2.2. Constat bibliographique	14
2.3. Propositions d'actualisation des données stratigraphiques	16
2.4. Analyse des forages.....	21
3. Validation des données.....	35
3.1. Par chargement du fichier sur le logiciel	35
3.2. Par croisement avec le fichier "stratigraphique"	35
3.3. Par concertation.....	35
4. Préparation de l'exportation vers le logiciel de modélisation géométrique	37
4.1. Cartographie des zones d'infiltrations potentielles.....	37
4.2. Répartition des sondages par aquifère.....	37
4.3. Propositions de regroupement de certains systèmes aquifères.....	37
4.4. Approche structurale	48
5. Modélisation géométrique des interfaces	55
5.1. Construction des toits et murs des aquifères par interpolation géostatistique	55
5.2. Restitution en 3 dimensions du mur du Dano-Paléocène.....	63
6. Propositions concernant l'introduction de nouvelles données	65
6.1. Validation	65
6.2. Domaines d'interventions possibles	65
7. Apports de l'hydrogéochimie et isotopique.....	66
7.1. Introduction	67
7.2. Programme d'acquisition des données dans le cadre de l'outil de gestion.....	68

7.3. Interprétations.....	71
7.4. Conclusions et schéma conceptuel.....	99
BIBLIOGRAPHIE.....	114

Liste des figures

Figure 1 : Domaine d'étude

Figure 2 : Transect est-ouest à base de coupes affleurantes publiées

Figure 3 : Les événements géodynamiques globaux majeurs du Crétacé-Paléocène

Figure 4 : Situation des plaques Europe et Ibérie au Campanien inférieur

Figure 5 : Coupe longitudinale de la zone flysch

Figure 6 : Schéma d'organisation séquentielle de la sédimentation tertiaire :

Figure 7 : Répartition des forages utilisés

Figure 8 : Schéma des zones d'infiltrations potentielles

Figure 9 : Sondages traversant le Miocène potentiellement aquifère

Figure 10 : Sondages traversant l'Oligocène potentiellement aquifère

Figure 11 : Sondages traversant l'Eocène moyen potentiellement aquifère

Figure 12 : Sondages traversant les Sables infra-molassiques potentiellement aquifères

Figure 13 : Sondages traversant l'Eocène inférieur potentiellement aquifère

Figure 14 : Sondages traversant le Dano-Paléocène potentiellement aquifère

Figure 15 : Sondages traversant le Sénonien supérieur potentiellement aquifère

Figure 16 : Sondages traversant le Sénonien inférieur potentiellement aquifère

Figure 17 : Sondages traversant le Cénomano-Turonien potentiellement aquifère

Figure 18 : Schéma structural à la base du Tertiaire.

Figure 19 : Variogrammes des cotes des murs des aquifères.

Figure 20 : Variogrammes des différences entre cotes du mur du Dano-Paléocène et cote du mur des aquifères sous-jacents.

Figure 21 : Variogrammes des épaisseurs des aquifères.

Liste des figures du chapitre 7

Figure 1 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère oligocène

Figure 2 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère oligocène - Région de Dax

Figure 3 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère oligocène

Figure 4 : Profil géochimique des eaux des aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur

Figure 5 : Profil géochimique des eaux des aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur -
Eaux enrichies en magnésium

Figure 6 : Profil géochimique des eaux des aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur -
Landes de Siougos

Figure 7 : Profil géochimique des eaux des aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur -
Eaux sulfatées-calciques

Figure 8 : Profil géochimique des eaux des aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur -
Eaux chlorurées-sodiques

Figure 9 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère des sables sous-molassiques

Figure 10 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère des sables sous-molassiques - Eaux à
faible teneur en sulfates

Figure 11 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère des sables sous-molassiques - Eaux
enrichies en magnésium

Figure 12 : Evolution des indices de saturation en fonction de la température

Figure 13 : Profil géochimique des eaux de l'aquifère des sables sous-molassiques - Eaux
fortement minéralisées

Figure 14 : Corrélation ^2H - ^{18}O - Région du Bas-Adour

Figure 15 : Corrélation ^2H - ^{18}O - Aquitaine occidentale

Figure 16 : Variations mensuelles en ^{18}O et ^2H de l'Adour à Dax

Figure 17 : Variations mensuelles en ^{18}O et ^2H de la nappe alluviale de l'Adour à Dax

Figure 18 : Variations mensuelles de la teneur en ^3H pour l'Adour et la nappe alluviale

Figure 19 : Teneurs en ^3H dans les précipitations à Parentis

Figure 20 : Carte d'iso-activité en ^{14}C - Aquifère des sables sous-molassiques

Liste des annexes

Figure 1 : Connexions entre aquifères du Céno.Tur. et du Séno. inf.

Figure 2 : Connexions entre aquifères du Séno. inf. et du Séno. sup.

Figure 3 : Connexions entre aquifères du Séno. sup. et du Dano-Paléocène

Figure 4 : Connexions entre aquifères du Dano-Paléocène et de l'Eocène inf.

Figure 5 : Connexions entre aquifères de l'Eocène inf. et des Sables infra-molassiques

Figure 6 : Connexions entre aquifères des Sables infra-molassiques et de l'Eocène moyen

Figure 7 : Connexions entre aquifères de l'Eocène moyen et de l'Oligocène

Figure 8 : Connexions entre aquifères de l'Oligocène et du Miocène

Cartes des cotes des toits et murs et des épaisseurs des aquifères potentiels

Figure 9 : Aquifère potentiel du Miocène. Cote NGF du mur

Figure 10 : Aquifère potentiel de l'Oligocène. Cote NGF du toit

Figure 11 : Aquifère potentiel de l'Oligocène. Epaisseur

Figure 12 : Aquifère potentiel de l'Oligocène. Cote NGF du mur

Figure 13: Aquifère potentiel de l'Eocène moyen. Cote NGF du toit

Figure 14: Aquifère potentiel de l'Eocène moyen. Epaisseur

Figure 15: Aquifère potentiel de l'Eocène moyen. Cote NGF du mur

Figure 16: Aquifère potentiel des Sables infra-molassiques. Cote NGF du toit

Figure 17: Aquifère potentiel des Sables infra-molassiques. Epaisseur

Figure 18: Aquifère potentiel des Sables infra-molassiques. Cote NGF du mur

Figure 19: Aquifère potentiel de l'Eocène inférieur. Cote NGF du toit

Figure 20: Aquifère potentiel de l'Eocène inférieur. Epaisseur

Figure 21: Aquifère potentiel de l'Eocène inférieur. Cote NGF du mur

Figure 22: Aquifère potentiel du Dano-Paléocène. Cote NGF du toit

Figure 23: Aquifère potentiel du Dano-Paléocène. Epaisseur

Figure 24: Aquifère potentiel du Dano-Paléocène. Cote NGF du mur

Figure 25: Aquifère potentiel du Sénonien supérieur. Cote NGF du toit

Figure 26: Aquifère potentiel du Sénonien supérieur. Epaisseur

Figure 27: Aquifère potentiel du Sénonien supérieur. Cote NGF du mur

Figure 28: Aquifère potentiel Sénonien inf. + Cénomano-Turonien. Cote NGF du toit

Figure 29: Aquifère potentiel Sénonien inf. + Cénomano-Turonien. Epaisseur

Figure 30: Aquifère potentiel Sénonien inf. + Cénomano-Turonien. Cote NGF du mur

Les méthodes de la géostatistique

Figure 31 : Principe de calcul du variogramme.

Figure 32 : Exemples types de variogrammes.

Modèle 3D du mur du Dano-Paléocène

Figure 33 : Représentation 3D du système aquifère du Dano-Paléocène.

Concept hydrogéochimique et isotopique

Tableau A-1 : Programme de travail

Tableau A-2 : Analyses chimiques - Campagne de prélèvements 1996

Tableau A-3 : Analyses isotopiques - Campagne de prélèvements 1996

Tableau A-4 : Suivi isotopique de l'Adour et de la nappe alluviale à Dax

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif stratigraphique

Tableau 2 : Aquifères potentiels région Midi-Pyrénées - (5 planches)

Tableau 3 : Aquifères potentiels région Aquitaine - (7 planches)

Tableau 4 : Statistiques de base sur les cotes des murs des aquifères

Tableau 5 : Statistiques de base sur les épaisseurs des aquifères

Tableau 6 : Forages échantillonnés montrant des teneurs en tritium détectable

Tableau 7 : Temps de résidence estimés pour les eaux des aquifères Eocène et Oligocène. Zone du Bas-Adour.

Tableau 8 : Temps de résidence pour les eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques. Nouvelles datations.

Tableau 9 : Estimation des âges des eaux pour l'aquifère des sables infra-molassiques

1. Généralités

1.1. OBJECTIFS

La réalisation d'un modèle géologique géométrique constitue l'étape fondamentale pour la mise en oeuvre d'un outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour-Garonne. Ce modèle géologique géométrique doit prendre en compte les données anciennes valorisées et actualisées en cohérence avec les connaissances les plus récentes.

1.2. DOMAINE CONCERNE

1.2.1. Extension géographique

La zone d'étude s'étend au Nord jusqu'à une ligne Arcachon - Albi afin que les travaux puissent être raccordés au modèle nord-aquitain déjà établi. Au Sud, le Front nord-pyrénéen est considéré comme limite étanche, à l'exception de quelques vallées et de formations allochtones fissurées. A l'Est les confins de la Montagne Noire et des Corbières marquent la bordure orientale (Figure 1).

1.2.2. Emprise géologique

Les systèmes aquifères à caractériser, sont constitués par les réservoirs contenus dans les formations géologiques du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Soit de la base au sommet le :

- Cénomano-Turonien
- Sénonien inférieur
- Sénonien supérieur
- Dano-Paléocène
- Eocène inférieur
- Sables infra-molassiques
- Eocène moyen
- Oligocène
- Miocène et Plio-Quaternaire





1.3. DEMARCHE ADOPTEE

Une première approche visera à mettre en cohérence les nombreux marqueurs de la lithostratigraphie, par une mise à plat des connaissances et leur critique. Puis, il sera



BRGM

LEGENDE

-  Coupures 1/50 000
-  Limite nord imposée
-  Limite orientale
-  Front Nord Pyrénéen

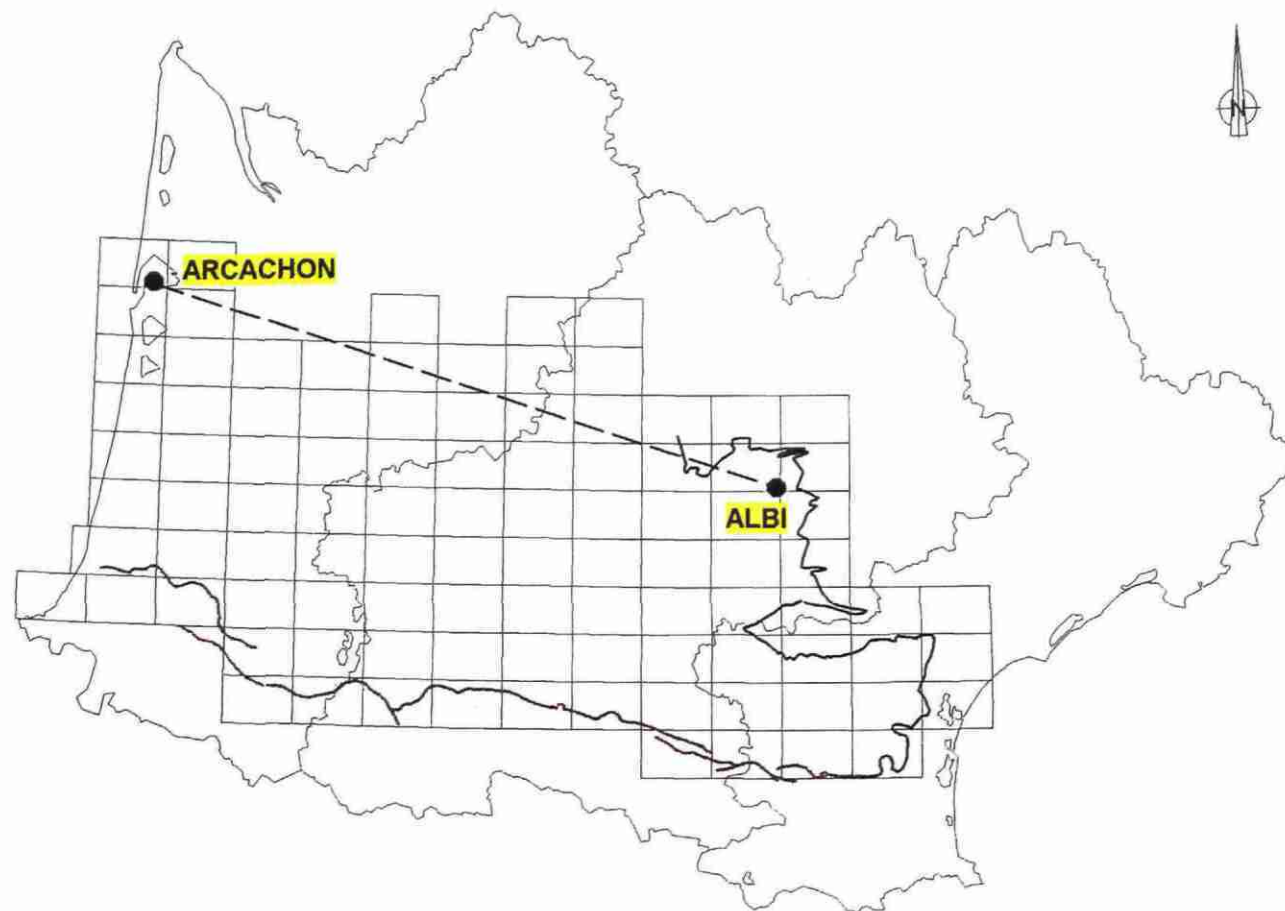


Fig.1 - DOMAINE D'ETUDE

procédé à l'analyse des forages, tant pétroliers que de recherches d'eau, avec pour finalité l'élaboration d'un fichier consignait les caractéristiques géométriques de la couche porteuse du réservoir . Viendront ensuite, la phase de validation des données recensées, puis leur exploitation par un logiciel de modélisation géométrique 3D, en s'appuyant sur une approche structurale issue des connaissances tirées des campagnes sismiques.

1.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le cadre géologique général du bassin Aquitain peut être posé par un rapide rappel des grands événements ayant marqués l'histoire sédimentaire et structurale de cette région.

1.4.1. Socle hercynien

Le substratum paléozoïque n'est connu en Aquitaine qu'à la faveur d'une centaine de forages à objectif pétrolier qui bien souvent s'arrêtent dans les premiers mètres de la partie supérieure du socle . L'examen des isobathes représentant le toit du socle du bassin aquitain (Atlas géologique d'Aquitaine 1974) montre un enfoncement quasi régulier depuis le Massif Central vers les Pyrénées jusqu'à une transversale Nérac-Limoux . Ensuite la pente s'accroît par une brusque inflexion pour atteindre - 5 000 m vers Aire sur Adour et approcher les - 10 000 m sur un axe Tarbes-Salies de Béarn.

1.4.2. Individualisation du bassin : Permo-Trias

Le système bassin prend forme en Aquitaine à la suite de phénomènes structuraux post-hercyniens qui conduisent durant le Permo-Trias à une érosion des chaînes hercyniennes dont les produits de destruction s'accumulent dans des fosses d'orientation WNW-ESE (Curnelle, Dubois 1986) . La structuration du modelé de la surface du socle évoquée au paragraphe précédent, se situe sur une zone d'allongement N120 (Nérac-Limoux) . Cette zone de flexure représente la charnière à partir de laquelle des cliveaux sub-parallèles d'orientation nord-est sud-ouest s'ennoient vers le Sud-Ouest . Le jeu en distension de ces cassures tardi-hercyniennes contrôle la sédimentation triasique et peut avoir des relations avec l'ouverture d'un proto-atlantique (dynamique de faille transformante, Curnelle 1983). De même cette zone N120 semble s'apparenter à un élément tectonique majeur dans l'histoire et l'agencement du bassin : la flexure celtaquitaine . Outre le magmatisme basique mettant à profit les cassures crustales pour s'épancher, cette période tectoniquement mouvementée induit une réponse sédimentaire de type progradation continentale (terrigènes détritiques) suivie par une transgression marine restreinte et un confinement générant une épaisse série argilo-évaporitique. L'étude géodynamique de l'ouverture du golfe de Gascogne et de ces effets sur la région Aquitaine (Brunet 1991) a permis de mettre en évidence la migration des zones subsidentes du Nord vers le Sud. Le modèle géométrique et thermique de l'ouverture des bassins pyrénéens (Arzacq, Mauléon) de Grandjean 1992 confirme la structuration Ouest Nord Ouest-Est Sud Est.

1.4.3. Installation d'une plate-forme : le cycle jurassique

Dans un premier temps les venues marines vont être liées aux faibles communications avec le domaine thétysien à l'Est, ce qui maintient une sédimentation évaporitique (Zone à anhydrite du Lias inf.). L'installation marine s'accroît ensuite en un contexte de plate-forme ouverte à l'Ouest sur un proto-atlantique. La structuration et la répartition des milieux de dépôts est alors méridienne jusqu'au Jurassique moy. (Delfaud 1972). Ce qui se traduit, au niveau paléogéographique par l'installation d'une barrière oolithique et graveleuse d'Angoulême à Pau (Mailh Arrouy) séparant un domaine de plate-forme externe à l'Ouest, d'une plate-forme interne à l'Est. Dès le Jurassique supérieur se différencie un haut fond cette fois d'orientation sensiblement Est-Ouest : le Seuil des Landes, qui va séparer deux zones au taux de subsidence différent : Parentis et Adour-Mirande. La différence de vitesse d'affaissement va occasionner respectivement des dépôts de plate-forme externe sur l'une et une sédimentation à tendance plus confinée sur l'autre.

1.4.4. Individualisation de deux plates-formes : le Crétacé

- Plate-forme mobile (Crétacé inf.) : Au Néocomien, le retrait de la mer ne laisse hors exondation marine que les deux zones subsidentes déjà mentionnées. Les grandes vitesses d'enfouissement de ces secteurs sont à mettre en relation avec l'ouverture de l'Atlantique nord (Brunet 1991, Grandjean 1992) et le mouvement de la plaque ibérique (Olivet 1984) . Dans le sous-bassin d'Arzacq apparaît un découpage en blocs. La structuration s'avère majeure selon une direction N.100 à 120 et mineure au N.160.

Le sillon pyrénéen joue alors en fosse de réception qui va accueillir plus de 5000 m de sédimentation de type flysch . La charge imposée par cette importante épaisseur de dépôts albo-aptiens va déclencher une halocinèse mobilisant les couches évaporitiques du Trias et du Lias inférieur déclenchant des dynamiques diapiriques en Chalosse et au Sud des Landes .

- Plate-forme stable au Nord (Crétacé sup.) : Dans la deuxième partie du Crétacé, l'Aquitaine septentrionale constitue une plate-forme stable nettement séparée de l'Aquitaine occidentale affectée par une forte subsidence. Une première phase compressive donne un raccourcissement anté-Maestrichtien.

1.4.5. Comblement cénozoïque

Le passage à un deuxième cycle compressif détermine une nouvelle distribution paléogéographique . La convergence oblique de la plaque ibérique vers la plaque européenne conduit à un dispositif sédimentaire progradant, balayant l'avant-pays pyrénéen d'Est en Ouest . La polarité sédimentaire établit à l'Est des faciès continentaux et à l'Ouest des dépôts marins . Cette compression, selon Grandjean 1992, provoque une relaxation thermique qui rigidifie les produits infracrustaux et mantelliques remontés durant la phase d'extension . Durant la deuxième partie du Tertiaire, les plissements anticlinaux qui ont joué en structures dissipatives, sont peu à peu recouverts par la progradation continentale (Molasses) . L'envoyage de cette paléotopographie détermine des biseaux d'aggradation dans la sédimentation ainsi que des discordances, témoins de soubresauts tardifs (Schoeffler 1973) .

2. Acquisition et critique des données

2.1. HISTORIQUE

Dans un premier temps, uniquement basée sur l'étude des affleurements et leur caractérisation par la macrofaune (Delbos 1854, Tournouer 1870, Hébert 1879 et 1882, Jacquot et Munier-Chalmas 1886, Jacquot et Raulin 1888, Seunes 1890, Dubalen 1910, Viennot 1927, Daguin 1948) la connaissance géologique du bassin d'Aquitaine occidentale a rapidement progressé par l'apport de l'exploration pétrolière et de ses méthodes de recherches profondes (simique-réflexion, forages) mais aussi d'analyses micropaléontologiques (foraminifères planctoniques, benthiques, nannofossiles et palynologie) . Les travaux et synthèses de Dupouy-Camet 1952, Cuvillier 1956, Villatte 1962, Feinberg 1964, Boulanger 1968, Tambareau 1972, Debourle 1974, Winnock 1974, Atlas géologique d'Aquitaine 1974, Schaub 1981, Seyve 1987, Mathelin 1988, Brunet 1991, Crochet 1991, Grandjean 1992 ont permis de dégager l'organisation sédimentaire et structurale des grandes périodes de l'histoire mésozoïque et cénozoïque.

2.2. CONSTAT BIBLIOGRAPHIQUE

En se basant sur les publications à objet stratigraphique et les diagnoses biochronologiques effectuées au cours de certains forages, il a été possible de dresser un tableau récapitulatif des termes et des marqueurs utilisés pour caractériser la superposition sédimentaire que ce soit par sondages ou par affleurements depuis le Cénomano-Turonien jusqu'à l'actuel (Tableau 1). Dans la mesure du possible les désignations biologiques ont été actualisées.

L'élaboration de ce tableau appelle plusieurs constatations :

- La multiplicité et donc la complexité des termes à caractère ponctuel, désignant les différentes unités lithostratigraphiques,
- L'emploi du vocable "couche" pour des appellations locales que les auteurs ont tendance ensuite à étendre horizontalement en référence au faciès déjà rencontré et décrit,
- La caractérisation d'un objet sédimentaire de même faciès par plusieurs marqueurs d'âges différents (exemple les Grès à nummulites, les couches de Gan ou encore les Sables infra-molassiques), montrent leur diachronisme que tentent d'exprimer les flèches colorées du tableau 1.

				Termes utilisés dans l'exploration par sondages	Marqueurs	Termes issus d'affleurements	Faciès	Marqueurs	
OLIGOCENE	CHATTIEN		g3			Couch. d'Escornebéou	Calc. gréseux Sable	<i>Nummulites bouilliei</i> , <i>Miogypsinoides complanatus</i>	Gr.Fr.Néog.1974
	RUPPELIEN		g1-2			Grès de Biarritz	Biocalcarénite	<i>Nummulites fichteli</i> , <i>N. vascus</i> , <i>N. bouilliei</i>	Schaub 1981
EOCENE SUP	PRIABONIEN		e6-7			Couches lagunaires	Calc. lacustre		
			e6-7				Argile carbo.	<i>Ostrea</i>	Vasseur 1902
EOCENE MOY	BARTONIEN		e5-6			Couches lagunaires	Calcaire laguno-marin	<i>Nummulites boulangeri</i> , <i>N. incrassatus</i>	Fabre 1939 Boulanger 1970 Schoeffler 1971
			e5			Couches grotte de Brassempouy	Calc. micritique marin	<i>Nummulites brongniarti</i> , <i>Alveolina elongata</i> , <i>Orbitolites complanatus</i> , <i>Fabiania cassis</i> , <i>Echinolampas affinis</i>	Feinberg 1964
			e5			Couches de Sarlatte	Calc. gréseux	<i>Nummulites aturicus</i> , <i>Serpula spirulaea</i>	et
			e5			Couche à grandes nummulites (fontaine de la médaille)	Calcaire et argile silteuse	<i>Nummulites aturicus</i> , <i>N. millecaput</i> , <i>Assilina exponens</i> , <i>Alveolina elongata</i> , <i>Discocyclina sella</i> , <i>D. pratti</i> , <i>Orbitolites complanatus</i>	Deloffre 1988
			e5			Couches de Nousse et de Sartou	Calc. gravel.	<i>Assilina spira</i> , <i>Alveolina elongata</i> , <i>Nummulites millecaput</i> , <i>N. alseonensis</i>	Burger 1945
	LUTETIEN		e5						
EOCENE INF	YPRESIEN	CUISIEN	e4			Co. de Jean Gazé couches de Donzacq	Argile carbo.	<i>Morozovella aragonensis</i> , <i>M. caucasica</i> , <i>Acarinina aspensis</i> , <i>A. soldadoensis</i>	Neuman 1945
			e4			Couches de Palassou calc. des Lombarts Grès de Courtalet	Galets grès calcaire	<i>Australorbis pseudoammonia</i> , <i>Oxyaenoides lombarti</i>	Vasseur 1897 Crochet 1976
			e4			Formation de StGeours d'Auribat Co. de Trabay	Silt argileux	<i>Nummulites irregularis</i> , <i>Discocyclina fortisi</i> , <i>D. augusta</i> , <i>D. douvillei</i> , <i>Operculina ammona</i> , <i>Morozovella aragonensis</i> , <i>Xanthopsis dufourii</i>	Andreieff 1988 Boulanger 1968 Debourle 1974
			e4			Couches de Gan	Marne silt	<i>Nummulites planulatus</i> , <i>Acarina nitida</i> , <i>Morozovella aragonensis</i> , <i>Assilina granulosa-leymeriei</i> , <i>Nipaditides burtini</i>	O'Gorman 1923 Schaub 1981
			e4	Sables Infra-mol.	<i>Leiotrilites adriennis</i> , <i>Spinizonocolpites prominatus</i> (Nypa) <i>Kisselovia</i> (Wetzeliellaceae) Farjanel 1988				
			e4	Grès à nummulites	<i>Nummulites partschi</i> , <i>N. aquitanicus</i> , <i>N. pernotus</i> , <i>Assilina placentula</i> Bourdillon 1988	Co. de Lapêche	Calc. gréseux grès argileux	<i>Nummulites planulatus</i> , <i>Alveolina oblonga</i> , <i>Discocyclina augustae</i> , <i>Operculina kaneri</i>	Cuvillier 1956 Burger 1945
		ILERDIEN	e3	Formation des sables et marnes supérieurs	<i>Nummulites increscens</i> , <i>N. involutus</i> , <i>N. crimensis-praelucasi</i> Tosquella 1996	Co. de Sarraziet	Calcaire blanc	<i>Alveolina subpyrenaica</i> , <i>A. lepidula</i> , <i>A. minutela</i>	Feinberg 1964
			e3			Grès Coudures, Louer	Grès sables	<i>Cerithium cf. montensis</i> , <i>C. cf. fistchelleria</i>	
DANO-PAL	THANETIEN		e2	Formation des calc sup	<i>Planorbulina cretacea</i> , <i>Discocyclina seunesi</i> Andreieff 1983	Couches d'Horbaziou	Calc. gréseux	<i>Nummulites exilis</i> , <i>operculines</i> , <i>alveolines</i>	Feinberg 1964
			e2			Couches du Houns	Calc. gréseux	<i>Operculina heberti</i> , <i>Alveolina primaeva</i> , <i>Coskinolina liburnica</i>	Deloffre 1988
			e2	F. des sables inférieurs F. des marnes intermédiaires		Co. de Pont Labau	Calc. gréseux	<i>Discocyclina seunesi</i> , <i>Operculina heberti</i>	Bracini 1995
	DANIEN		e1b	F. des calcaires inférieurs F. des marnes inf. (de base)		Couches de Lasserre	Biocalcarénite	<i>Distichoplax biserialis</i> , <i>Discocyclina seunesi</i> , <i>Operculina heberti</i> , <i>Planorbulina antiqua</i>	Beseme 1962 Deloffre 1988
			e1a	Formation de Lasseube	<i>Morozovella angulata</i> , <i>M. pseudobulloides</i> , <i>G. daubjergensis</i> , <i>P. compressus</i>	Couches d'Arcet	Calc. dolomit.	<i>Rotalia trochidiformis</i> , <i>Planorbulina antiqua</i> , <i>Hercoglossa danica</i> , <i>Echinocorys semiglobus</i> , <i>Echinoconus tercensis</i>	Feinberg 1964 Deloffre 1988
SENON. SUP	MAASTRICHT.	ATURIEN	c7	Formation de Dumes	<i>Globotruncana stuarti</i> , <i>G. falsostuarti</i> , <i>G. fornicata</i>	Couches de Dumes Marnes de Nay	Calcaire à géodes siliceuses Cal. marne	<i>Lepidorbitoides socialis</i> , <i>L. minor</i> , <i>Hellenocyclina</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>S. vidali</i> , <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Clypeorbis mamillatus</i> , <i>Globotruncana contusa</i>	Deloffre 1988 Cuvillier 1961
	CAMPANIEN	ATURIEN	c6	Formation de Pé-Marie	<i>Globotruncana calcarata</i> , <i>Globotruncana elevata</i>	Couches de Pé-Marie	Calc. glauconie	<i>Echinocorys heberti</i> , <i>E. arnaudi</i> , <i>Pycnodonta vesicularis</i> , <i>Pithonella ovalis</i> , <i>Pullenia jarvisi</i> , <i>Bulliminella hofkeri</i> , <i>Globotruncana elevata</i> , <i>G. lapparenti</i> , <i>G. arca</i> , <i>G. fornicata</i> , <i>Gavellina acutos</i> , <i>Spiroplectammina dentata</i> , <i>Marssonella oxycona</i>	Daguin 1948 Feinberg 1964
SENON. INF	SANTONIEN		c5		<i>Globotruncana lapparenti</i> , <i>G. fornicata</i> , <i>G. concavata</i>	Couches de	Calc. graveleux	<i>Micraster coranguinum</i> , <i>Præglobotruncana delrioensis</i> , <i>Globotruncana renzi</i> , <i>Lacazines</i> , <i>Accordiella</i>	Feinberg 1964 Deloffre 1988
	CONIACIEN		c4	Formation de Jouansalle	<i>Globotruncana schneegansi</i>	Jouansalle	Calc. argileux	<i>cuneolines</i> , <i>coskinolines</i> , <i>Nezzazatinella</i>	Deloffre 1988
CENOMANO	TURONIEN		c3		<i>Globotruncana helvetica</i> , <i>G. bicarinata</i> , <i>Heterohelix sp.</i>		Calc. micritique	<i>Biradiolites lumbricalis</i> , <i>Actæonella laevis</i> , <i>Valvulammina picardi</i> , <i>V. parellioides</i>	Reyt 1892 Feinberg 1964
	CENOMAN.		c1-2				Calc. dolomit.	<i>Præalveolina cretacea</i>	Feinberg 1964
			c1-2	Formation de Pilo	<i>Rotalipora apenninica</i> , <i>R. cushmani</i> , <i>R. reicheli</i>	Couches de Pilo	Marnes	<i>Daxia cenomana</i> , <i>D. orbigny</i> , <i>Dictyopsella kiliani</i> , <i>Flabellammina alexanderi</i> , <i>Thomasinella aegyptica</i> , <i>Chrysalidina gradata</i> , <i>Pseudolittunella reicheli</i>	Grosdidier St Marc 1964, Deloffre 1988
			c1-2				Calc. dolomit.	<i>Trocholina lenticularis</i>	Feinberg 1964

TAB.1-RECAPITULATIF STRATIGRAPHIQUE

La réalisation d'un transect (Figure 2) sensiblement Est-Ouest, parallèle au front nord-pyrénéen à partir de coupes affleurantes publiées de la série tertiaire, renseignées par des marqueurs chronologiques : La Roque d'Olmes, Courtalet, flanc nord de l'anticlinal du Mas d'Azil, flanc nord de l'anticlinal de la Plagne d'après Tambareau, Crochet, Villatte, Deramond 1995, Orignac d'après Charitat 1961, Ossun et Gan d'après Douvillé 1919 et Hourdebaigt 1988, met en évidence une progradation sédimentaire d'Est en Ouest parcourant l'avant-pays pyrénéen, mais aussi une disparité du niveau de connaissances entre l'Est du cône du Lannemezan et l'Ouest de celui-ci.

L'ensemble de ces constatations amène à reconsidérer et à homogénéiser les données pour rendre compte de la polarité sédimentaire Est-Ouest et donc de la zonéographie paléogéographique qui en découle.

2.3. PROPOSITIONS D'ACTUALISATIONS DES DONNEES STRATIGRAPHIQUES

2.3.1. Constat géologique

La bordure nord des Pyrénées au Mésozoïque, occupe une position intermédiaire entre le système atlantique à l'Ouest et le système téthysien à l'Est. Cette région a enregistré les événements géodynamiques qui ont accompagné l'ouverture puis l'extension du premier et la fermeture du second pendant le Crétacé puis le Tertiaire (Figure 3, Lemoine 1984). Entre la plate-forme aquitaine carbonatée considérée comme stable et les unités nord-pyrénéennes, s'intercale le sillon sous-pyrénéen en position de bassin flexural d'avant-pays. A partir du Sénonien supérieur le rapprochement Nord Sud participe à la fermeture progressive d'Est en Ouest de ce sillon et à son comblement par progradation des séries sédimentaires (Dubois-Seguin 1978). En effet l'espace pyrénéen se réduit d'abord dans la partie est, du fait de la rotation anti-horaire de la plaque ibérique durant sa collision avec la plaque européenne (Figure 4). Le résultat de cette convergence oblique se traduit par :

- une migration de l'Est vers l'Ouest de la déformation,
- une polarisation sédimentaire : faciès continentaux à l'Est et bassins marins profonds à l'Ouest (Plaziat in Synthèse géologique du Sud-Est de la France 1984).

Ma	EPOQUES	ATLANTIQUE NORD	TETHYS LIGURE
- 45	Paléocène - éocène	expansion fermeture partielle du golfe de Gascogne	collision
- 65	Crétacé supérieur	expansion	fermeture
- 110/-100	Crétacé inférieur	ritting	expansion

FIGURE 3

Les événements géodynamiques globaux majeurs du Crétacé - Paléocène (d'après LEMOINE, 1984)

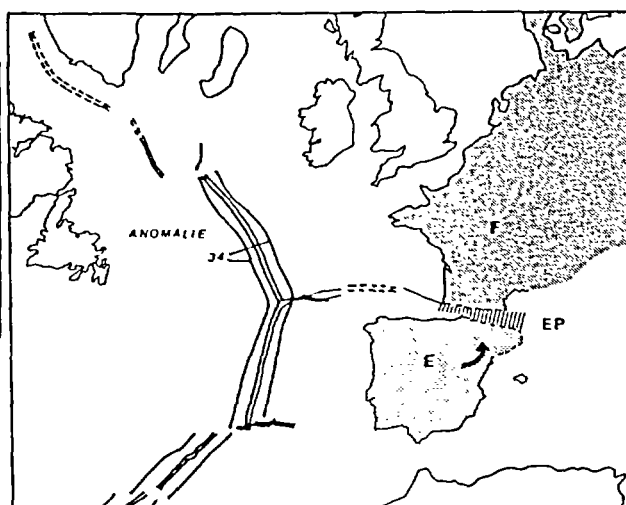


FIGURE 4

Situation des plaques Europe (F) et Ibérie (E) au Campanien inférieur d'après OLIVET et al. (1984) EP : espace pyrénéen.

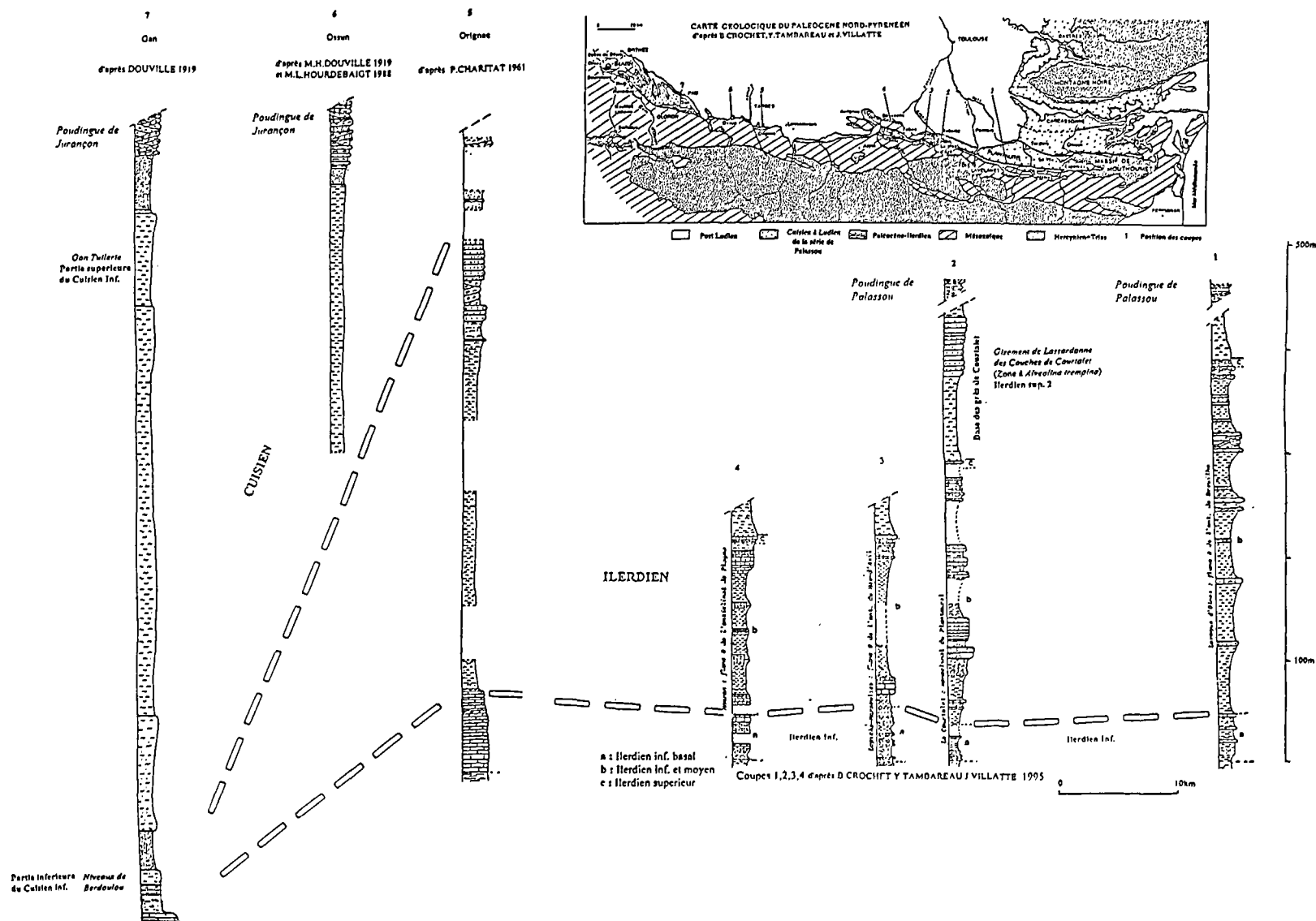


Fig. 2 - Transect Est-Ouest à base de coupe affleurantes publiées

2.3.2. Actualisations

La dynamique de fermeture Est Ouest entretient, en contexte régressif, un déplacement des différents systèmes sédimentaires en prismes progradants orientés vers la mer ouverte. Ce comblement par progradation décrit en Aquitaine méridionale en 1973 par Ricateau et Villemain, est à l'origine des diachronismes dans les dépôts entraînant les problèmes de corrélations stratigraphiques mis en évidence au § 2.2. En effet dans ce schéma classique les lignes isochrones sont obliques par rapport à l'extension horizontale du faciès (Figure 5).

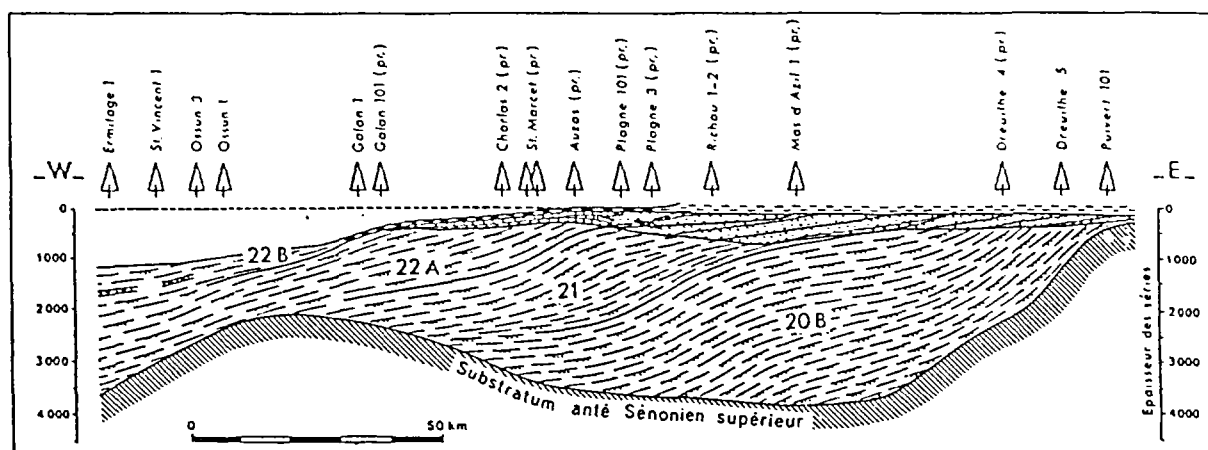


Fig.5- Coupe longitudinale de la zone flysch (Ricateau, Villemain 1973)
20B, 21, 22A, 22B : Zones isochrones définies à partir des
spores, pollens et dinoflagellés.

Ce diachronisme à polarité Est Ouest affecte aussi dans les Petites Pyrénées les marnes d'Auzas et les calcaires Nankin (Campanien, Maastrichtien, Bilotte 1991); il a été démontré de même pour le Dano-Paléocène et l'Eocène inférieur du Plantaurel (Tambareau et Al. 1995). Ce processus semble pouvoir être généralisé à tout le sillon sous-pyrénéen jusqu'à la côte atlantique.

On notera toutefois que le massif du Labourd et la structure de Ste-Suzanne agissent "*en poinçonnement*" vers le Nord déviant la polarité longitudinale (communication orale L. MOEN-MAUREL ELF)

Les difficultés interprétatives sont surtout ressenties à propos des terrains cénozoïques à l'Ouest de l'Adour. Cela tient en partie à la couverture par les nappes détritiques plio-quaternaires du Lannemezan qui occultent la continuité lithologique et amplifient le côté sporadique des affleurements.

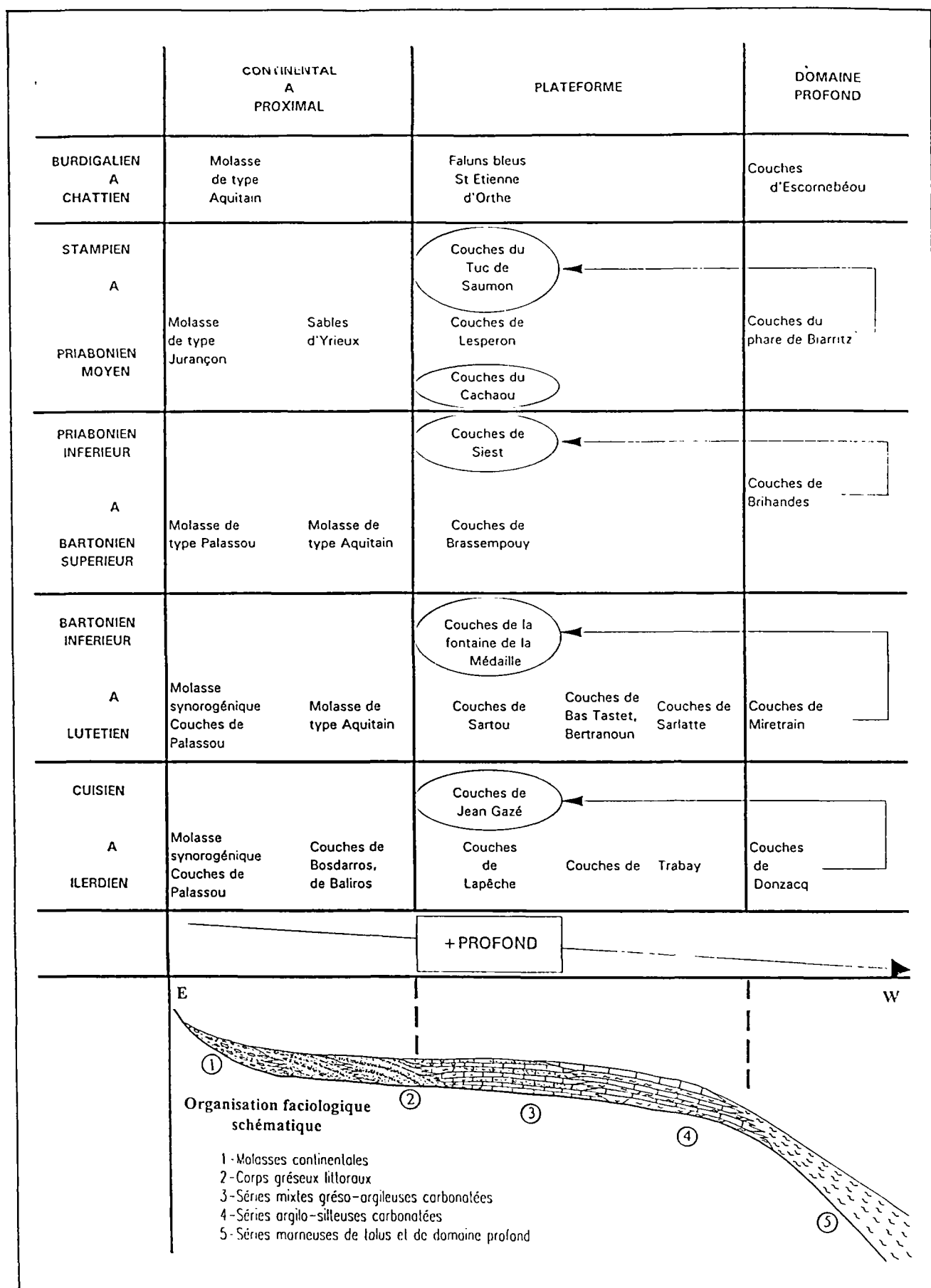


Fig. 6 Schéma d'organisation séquentielle de la sédimentation tertiaire d'Aquitaine occidentale

Le cadre référentiel adopté en matière de grandes coupures biostratigraphiques pour le Tertiaire pyrénéen (Cavelier, Molina, Serra-Kiel, Tambareau et Villatte, inédit 1988) s'établit ainsi :

- Limite Danien-Sélandien (environ 57.5 Millions d'Années) : est prise en Pays Basque à la base de la biozone NP5 de l'échelle nannoplanctonique de Martini et à l'intérieur de la biozone P3a (échelle des foraminifères planctoniques de Blow)
- Base de l'Yprésien (environ 53 MA) : se situe à la base de la biozone P5 à *Morozovella velascoensis*
- Limite Yprésien-Lutétien (environ 45 MA) : se place au sein de la biozone NP14 et entre les biozones P9 (*Acarinina pentacamerata*) et P10 (*Hantkenina nuttalli*)
- Limite Lutétien-Bartonien (environ 40MA) : la base du Barton clay britannique marquée par une inversion du champ magnétique se trouverait en Aquitaine dans la partie inférieure de la biozone NP16
- Limite Eocène-Oligocène (environ 33.5MA) : elle est indiquée par la disparition des foraminifères planctoniques *Globorotalia cerro-azulensis*.

L'organisation sédimentaire durant le Tertiaire de la région Aquitaine occidentale semble se répartir horizontalement (Figure 6), du continent (à l'Est) vers la mer ouverte (à l'Ouest) en :

1. Formations molassiques continentales (exemple : poudingues de Palassou, de Jurançon)
2. Corps gréseux littoraux (ex. sables de Bosdarros, Baliros, Lussagnet)
3. Séries mixtes grés-argileuses carbonatées de plate-forme proximale (ex. grès à nummulites, couches de Lapèche, couches de Brassempouy)
4. Séries argilo-silteuses carbonatées de plate-forme distale (ex. couches de Trabay)
5. Séries marneuses de talus et de domaine profond (ex. marnes de Gan, marnes de Donzacq), alors que verticalement, cinq séquences reprennent sensiblement le dispositif sédimentaire schématisé sur la figure 6. Chaque fin de séquence est marquée par un retour à des conditions marines proximales :
 - Couches de Jean Gazé au Cuisien,
 - Couches de la fontaine de la médaille au Bartonien inférieur,
 - Couches de Siest au Priabonien inférieur, prolongées par les couches du Cachaou
 - Couches du Tuc de Saumon au Stampien
 - Couches des faluns bleus de St Etienne d'Orthe.

A chaque nouvelle séquence, la ligne de rivage se déplace vers l'ouest . Cette mobilité de la zonéographie des milieux de sédimentation implique la migration des faciès proximaux à forte porosité susceptibles de contenir des aquifères . *On notera qu'en termes de dépôts potentiellement aquifères, les deux séquences supérieures ne représentent plus qu'une extension très limitée, puisque repoussée de plus en plus vers la côte atlantique.*

Le consensus scientifique à propos de ce concept géologique va permettre l'acquisition et l'actualisation des données selon un mode cohérent.

2.4. ANALYSES DES FORAGES

2.4.1. Protocole

Chaque forage est analysé à partir des données archivées à la banque de données du sous-sol du BRGM . En fonction de la coupe lithologique et éventuellement des diagraphies si elles existent, sont déterminés les côtes du toit, du mur et le faciès de l'aquifère potentiel de chaque étage géologique au sein d'une série couvrant du Crétacé supérieur au Tertiaire (selon le découpage stratigraphique fixé au §1.2.2) . Chaque sondage est caractérisé par son numéro d'identification auprès de la banque de données du sous-sol du BRGM, son code DHYCA pour les sondages pétroliers, ses coordonnées (en système Lambert III), l'origine sol NGF et la profondeur atteinte . Chaque fois que l'ouvrage est arrêté sur un terrain identifié comme antérieur au Cénomano-Turonien, cette formation est notée par une abréviation dans la colonne faciès (F) immédiatement à gauche du dernier aquifère potentiel identifié. Un commentaire explicite les abréviations utilisées sur les tableaux pour rendre compte des faciès et des terrains reconnus à la base des forages (voir page 7 du tableau 3) .

2.4.2. Compilation des données

L'enregistrement des données fournies par l'analyse des forages a permis d'établir informatiquement, sous format Excel 4.0, un fichier les regroupant. Pour l'ensemble du bassin concerné, 741 forages sont répertoriés sous la forme de tableaux (Tableaux 2 et 3 répartis sur 12 planches). Si l'on se réfère aux divisions administratives, 430 forages ont été retenus sur la région Aquitaine et 311 sur la région Midi-Pyrénées (Figure 7).

Dans l'en-tête des tableaux de compilation on remarquera que la formation des Sables Infra-molassiques est distinguée de l'entrée stratigraphique au §1.2.2. Cette individualisation laisse la possibilité de traitements séparés, en particulier sur la géométrie de ce réservoir . Par contre la formation des Grès à nummulites, toujours au mur des Sables Infra-molassiques, a été systématiquement rattachée à l'Eocène inférieur . Ensuite du Dano-Paléocène au Cénomanién, la correspondance stratigraphique des différentes formations sédimentaires reconnues par les forages pétroliers a été effectuée en référence au tableau 1 (Récapitulatif stratigraphique).

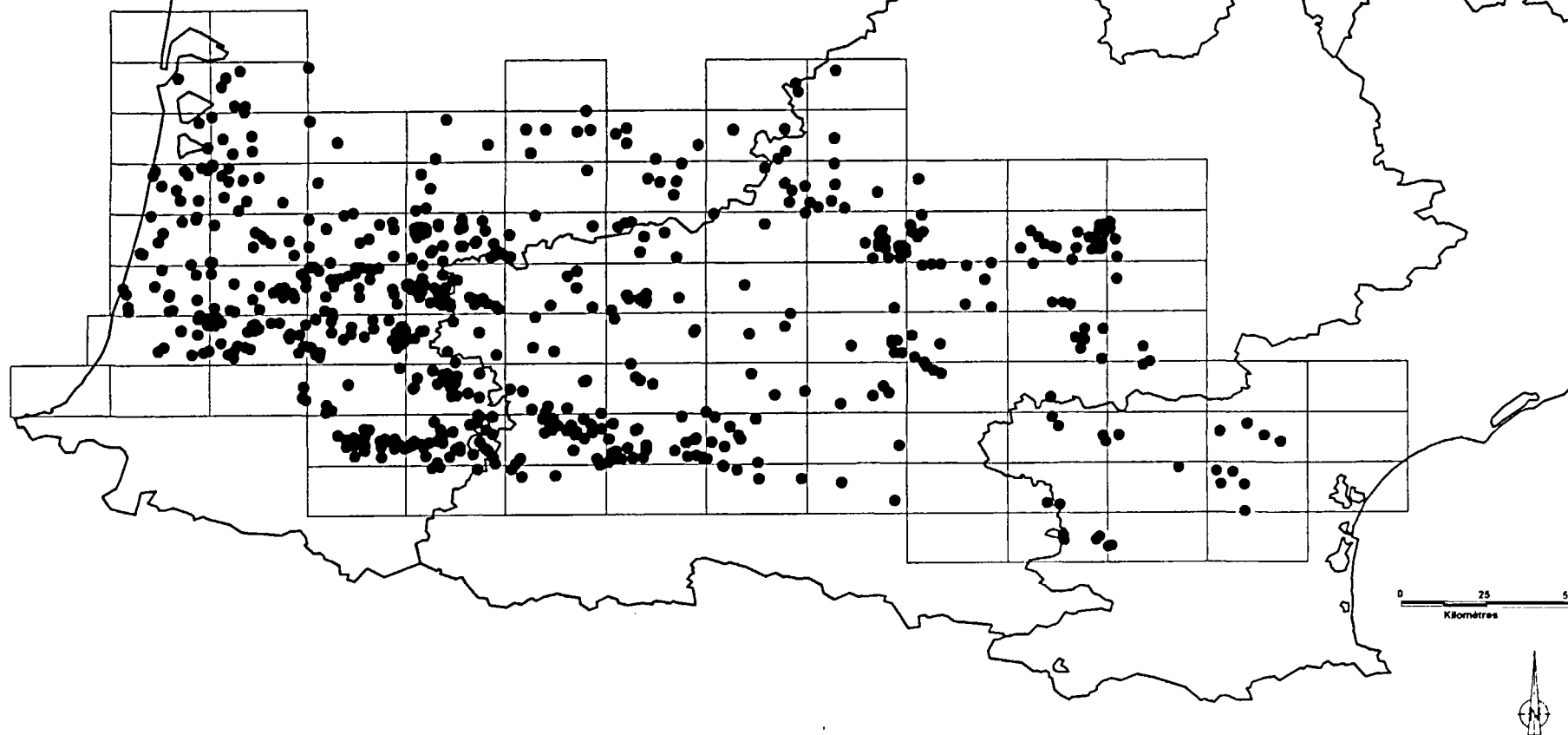


Fig. 7 - Modélisation nappes Nord-Pyrénéennes - Répartition des sondages utilisés

AQUIEMPY.XLS

TAB.2-AQUIFERES POTENTIELS REGION MIDI-PYRENEES

NO CLAS	SIGLE				CENO-TUR			SENO-INF			SENO SUP			D PAL			EOC-INF			S INFRA			EOC-MOY			OLIG			MIOC		
BSS	DHYCA	X	Y	Z	PROF	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F		
0855-4X-0202		496.630	3251.260	207	110								166	139	CG				172	166	S										
0855-8X-0230		497.275	3247.950	115	31	115	86	C																							
0856-2X-0020		508.175	3256.125	215	112	177	151	C		215	177	CS																			
0879-7X-0201		491.030	3221.850	126	343														JU	-32	-48	SA									
0879-8X-0207		493.280	3224.720	230	241																				61	51	S				
0880-6X-0023		507.350	3229.560	245	146														TO	-188	-230	SA	-106	-150	SA	-13	-22	G			
0903-4X-0006		498.725	3211.000	184	425														TO	-175	-251	SA	-88	-125	SA	5	6	G			
0903-4X-0007		492.890	3212.125	155	425														TO	-194	-238	SA				-26	-42	S			
0903-8X-0001		494.200	3204.650	182	446														LI	-217	-238	SA				9	8	S			
0903-8X-0002		494.900	3209.350	165	428														LI	-217	-238	SA									
0904-2X-0001		507.280	3219.720	125	154														JU	51	46	S									
0904-2X-0003		507.410	3211.330	218	389																										
0904-5X-0037		502.400	3202.550	78	329														LI	-183	-222	G									
0904-5X-0038		506.310	3204.935	115	312														LI	-180	-185	S	-149	-156	S						
0904-5X-0040		500.035	3204.535	96	343														TO	-213	-245	S	-144	-174	S	-36	-75	S			
0904-6X-0028		510.110	3202.010	74	238														TR	-116	-125	S	-76	-93	S	-30	-36	S			
0904-7X-0010		519.720	3208.150	105	214																										
0905-1X-0007		531.360	3213.110	145	386														JU	101	98	S									
0926-7X-0014		400.110	3189.960	120	110																										
0926-8X-0003		408.950	3186.200	117	63																										
0926-8X-0030		409.100	3186.200	117	133																										
0926-8X-0033		409.100	3186.200	117	200																										
0926-8X-0034		409.100	3186.200	117	195																										
0926-8X-0036		410.500	3186.400	159	85																										
0926-8X-0037		409.500	3186.600	163	92																										
0926-8X-0048		408.900	3186.070	118	199																										
0926-8X-0055		408.120	3185.380	102	596																										
0926-8X-0059		408.935	3185.840	112	423																										
0928-2X-0001	Mc101	452.250	3192.050	182	2035													JUR	-293	<-311	G										
0928-3X-0011		458.250	3193.600	115	84																										
0928-6X-0012		450.900	3185.950	140	142																										
0928-7X-0023		461.470	3183.600	77	1021																										
0929-3X-0123		487.030	3196.230	91	579														JU	-781	-899	SA									
0929-4X-0245		498.700	3200.500	67	238														JU	-428	-462	SA									
0930-3X-0002		520.550	3192.570	94	190														TR	-83	-93	AS				-1	-5	S			
0930-3X-0004		520.100	3191.560	82	192																										
0930-4X-0004		520.900	3193.100	94	120																										
0930-7X-0093		518.120	3182.120	99	200																										
0930-7X-0111		515.940	3188.200	99	334																										
0930-7X-0112		519.770	3186.730	91	150														TR	-201	-209	S									
0930-8X-0003		521.860	3189.540	85	220																										
0930-8X-0030		521.740	3189.670	83	234																										
0930-8X-0069		521.730	3185.750	87	350																										
0930-8X-0070		525.770	3185.600	119	179																										
0930-8X-0071		526.000	3181.845	172	287																										
0930-8X-0072		522.640	3182.235	90	332																										
0930-8X-0073		527.550	3183.950	129	201																										
0930-8X-0074		527.420	3185.470	99	180																										
0930-8X-0075		527.460	3185.970	114	132																										
0930-8X-0076		525.510	3186.600	105	260																										
0930-8X-0077		526.275	3186.210	102	140																										
0930-8X-0078		526.550	3186.835	99	122																										
0931-1X-0064		532.300	3199.000	88	268																										
0931-1X-0075		532.435	3192.270	182	313																										
0931-1X-0077		528.950	3195.080	105	298																										
0931-1X-0078		529.560	3192.235	125	201																										
0931-1X-0079		531.000	3190.400	210	283																										
0931-1X-0080		532.300	3199.000	88	496																										
932-1X-0004		563.590	3192.210	244	177																										
0932-3X-0006		577.230	3191.690	305	183																										
0932-4X-0011		584.420	3194.550	262	111																										
0932-4X-0023		585.300	3193.710	257	112																										
0932-4X-0025		584.610	3191.250	279	340																										

TAB.2-AQUIFERES POTENTIELS REGION MIDI-PYRENEES

[illegible]

AQUIFMPY.XLS
TAB.2-AQUIFERES POTENTIELS REGION MIDI-PYRENEES

NO CLAS	SIGLE	X	Y	Z	PROF	CENO-TUR			SENO INF			SENO SUP			D PAL			EOC INF			S INFRA			EOC MOY			OLIG			MIOC		
BSS	DHYCA					T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F
0954-6X-0016		450.900	3166.710	130	86																67	59 S										
0954-6X-0017		450.280	3167.220	140	67																106	77 SA										
0954-6X-0018		452.230	3166.750	155	51																136	106 SA										
0954-6X-0019		451.320	3167.650	158	27							106	<104	C							158	141 SA										
0954-6X-0022		450.275	3167.220	140	58							141	<131	C							106	<86	SA									
0955-2X-0001	AV101	480.820	3172.120	176	2329										M	-460	-470	C							-174	-190	S	-103	-135	S		
0957-1X-0010		532.120	3179.060	197	396																			TR								
0957-1X-0015		534.800	3179.470	166	350																											
0957-2X-0001		537.460	3179.420	135	431																											
0957-3X-0004		544.850	3178.820	200	317																											
0957-4X-0001		551.940	3179.710	222	408																											
0957-4X-0029		550.000	3173.090	127	193																											
0957-7X-0003		544.240	3163.140	114	800																											
0957-8X-0001	Lv101	551.950	3161.920	120	1782													LI	-637	-654	AS											
0958-2X-0010		564.200	3179.280	147	265													JU	-586	-600	C						-157	-187	SA			
0958-6X-0008		569.710	3163.700	143	325																											
0958-7X-0004		574.900	3162.950	155	274																											
0958-7X-0002		574.900	3162.900	155	550																PE	-92	-121	SA								
0958-7X-0029		572.750	3163.750	162	334																KI	-153	-165	AS								
0958-8X-0213		523.930	3162.050	125	77																											
0959-1X-0003		588.240	3173.040	240	93																											
0979-1X-0003		588.240	3173.040	240	93																PR	208	153	SA								
0979-2X-0026	But1	396.301	3160.083	108	3220	-1629	-1719	C	-1521	-1576	C	-1312	-1521	CD	-1256	-1312	C	-1086	-1164	GA	-964	-1086	SA									
0979-3X-0001	Rs1	403.760	3155.350	103	2542	-1491	-1517	CA	-1471	-1491	CD	-1357	-1471	C	-1143	-1357	CD	-1039	-1098	GA	-939	-1039	SA									
0979-6X-0006	VLe1D	394.280	3148.040	103	2860	-2086	-2178	C	-2078	-2080	C	-1822	-2076	C	-1568	-1822	CD	-1411	-1453	GA	-1263	-1411	SA									
0979-8X-0045	CRB1	408.584	3146.258	229	2940	-1990	-2030	C	-1970	-1990	C	-1763	-1970	CD	-1527	-1763	C	-1415	-1511	GA	-1292	-1415	S									
0980-2X-0019	BLJ1	420.275	3160.982	167	2438																											
0980-6X-0013	BA1	419.200	3148.830	138	3257				AL	-1407	-1465	C	-1235	-1407	C	-1115	-1235	C		M	-992	-1047	S									
0980-6X-0021	LLS1	425.300	3147.190	192	4962	-1400	-1466	C																								
0981-1X-0001	VF1	442.770	3159.660	124	1297				CM																							
0981-4X-0001	AC1	465.870	3153.730	180	3230																											
0981-4X-0002	AC2	466.285	3154.540	191	3480																											
0982-2X-0001	Gr1	481.800	3152.520	205	3043																											
0982-4X-0001	Ca101	493.660	3160.410	162	1916																											
0982-4X-0002		491.990	3155.390	153	1035																											
0983-6X-0137		511.160	3147.170	189	104																											
0983-8X-0203		524.550	3149.080	127	1493																											
0983-8X-0421		523.050	3149.090	146	1637																											
0983-8X-0617		523.725	3144.275	153	82																											
0983-8X-0618		525.890	3144.160	140	74																											
0983-8X-0624		525.965	3144.360	139	72																											
0983-8X-0628		523.030	3148.300	148	61																											
0983-8X-0666		523.140	3148.160	148	63																											
0984-1X-0222		528.820	3151.070	136	45																											
0984-5X-1256		529.530	3142.470	149	68																											
0984-5X-1276		532.210	3140.410	141	83																											
0984-5X-1296		532.160	3140.380	141	100																											
0984-6X-0020		536.820	3147.630	210	150																											
0985-4X-0005		579.015	3153.120	331	371																											
0985-4X-0006		584.240	3153.120	179	223																											
0985-7X-0085		577.870	3145.225	237	104																											
0985-7X-0104		576.350	3149.700	150	471																											
0985-8X-0100		583.750	3141.200	161	580																											
0985-8X-0215		578.993	3144.640	277	413																											
0985-8X-0216		578.978	3148.888	154	372																											
0986-6X-0074		597.750	3140.270	232	129																											
0986-6X-0075		595.875	3146.000	262	100																											

AQUIFMPY.XLS
TAB.2-AQUIFERES POTENTIELS REGION MIDI-PYRENEES

NO CLAS	SIGLE	X	Y	Z	PROF	CENO-TUR			SENO INF			SENO SUP			D-PAL			EOC INF			S INFRA			EOC MOY			OLIG			MIOC		
BSS	DHYCA					T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F
1006-7X-0016	Vcl1	428.450	3124.450	209	3548	-2271		-2366	C			-2184	-2259	CD	-1726	-2154	CA	-1487	-1726	CA	-1341	-1381	G	-1227	-1341	SA						
1006-8X-0012	SDL1	438.150	3122.310	264	3820				AL			-2255	-2323	CA	-1831	-2255	C	-1507	-1831	CS	-1430	-1484	G	-1372	-1430	SA						
1007-1X-0012	GIA1	447.157	3141.553	149	1750																-1550	<-1601	GA	-1473	-1550	SA						
1007-2X-0003	SmeH1	449.650	3134.930	180	895						AL	-193	-490	CG	-71	-193	C							-25	-61	SA						
1007-2X-0004	Sme1	449.700	3134.850	177	3076									AL	-140	-208	C			-74	-103	C	-47	-74	S							
1007-2X-0005	Sme3	448.480	3136.220	169	3692							-699	-816	CD	-548	-669	CD					GM	-355	-459	S							
1007-2X-0006	SMe2	453.370	3133.310	187	3870							-1444	-1468	C	-1229	-1422	C	-1141	-1229	CD	-1077	-1141	GC	-889	-1077	SA						
1007-8X-0001	Pm2	468.640	3122.060	221	3821							-1225	-1393	CG	-847	-1225	CG	-669	-778	D	-510	-669	CS	-270	-367	SA						
1008-2X-0001	Pol101	481.980	3138.780	215	2751						M	-660	-682	CD	-621	-660	CD							-560	-621	SA						
1008-7X-0001	Mtg1	488.590	3128.160	196	4483									M	-1216	-1242	CD	-1141	-1210	GA	-1051	-1067	SA									
1008-8X-0001	Mu102	497.300	3129.580	319	1911												JU	-515	-565	CD				-470	-479	SA						
1009-4X-0088	Mu101	520.340	3131.100	172	589												PE					A	-193	-221	GA				111	108	S	
1009-6X-0001	Mu1	507.770	3124.420	231	2730						M	-1795	-1857	CD	-1694	-1737	CG															
1009-7X-0003	Mu103	517.240	3127.380	174	1801									M	-1446	-1495	CG	-1433	-1446	C												
1009-8X-0004	Mu104	521.870	3128.510	174	1410						OR	-956	-1005	SD	-904	-952	CSA	-872	-897	GA	-847	-872	SA									
1010-1X-0286		532.900	3138.775	143	60																									94	88	S
1010-2X-0112		537.090	3135.930	167	70																									113	111	S
1010-2X-0113		534.870	3137.060	154	87																									102	96	S
1011-6X-0001		568.880	3126.160	215	105																			135	112	S						
1012-2X-0055		595.825	3138.800	217	177												PR							87	45	SA						
1030-3X-0204	Lav1	402.648	3122.167	350	3401	-1675	-1893	CD	-1595	-1675	CD	-1299	-1595	CA	-1082	-1166	CA	-626	-705	GA	-502	-626	SA									
1030-3X-0205	Lav5D	402.912	3122.068	353	2498							-1753	<-2138	C	-1523	-1753	CA	-1416	-1453	CA	-609	-626	GA	-495	-609	SA						
1030-3X-0206	Lav6D	402.717	3112.181	349	2150	-1644	<-1787	CD	-1586	-1644	CD	-1291	-1586	CA	-1057	-1147	CA	-623	-703	GA	-508	-623	SA									
1030-4X-0204	Cut1	404.707	3116.739	355	2025													-1344	-1624	GS	-734	-771	GS	-609	-734	SG						
1030-8X-0202	Azx1	406.860	3103.505	431	5333													-2300	-2330	C	-1862	-1915	GA	-660	-737	SA						
1031-2X-0001	SNc1	424.220	3120.470	222	5234	-2456	-2498	C	-2075	-2360	C				CM	-1291	-1514	CD	-966	-1027	GC	-817	-968	SA								
1031-2X-0002	BAZ1	421.250	3120.720	225	4275	-2589	-2665	C			M				CM	-1273	-1676	C	-1094	-1152	GA	-984	-1094	SA								
1031-2X-0009	Clu1	421.780	3115.195	255	2081													-1745	-1812	C	-1198	-1358	CS	-1079	-1198	SA						
1031-2X-0011	Clu101	424.450	3117.175	233	3420	-2589	-2693	C	-2224	-2589	C	-1712	-1924	C	-1148	-1557	C	-961	-1109	G	-836	-961	SA									
1031-2X-0012	LCE1	423.330	3118.310	246	3204	-2659	-2753	CA	-2257	-2659	C	-1766	-1969	C	-1230	-1634	CD	-1065	-1190	GC	-951	-1065	SA									
1031-2X-0013	Clu102	423.842	3116.087	246	3311	-2740	-2850	C	-2346	-2740	C	-1841	-2054	C	-1308	-1634	CD	-1025	-1189	GAC	-925	-1025	SA									
1031-2X-0015	Clu103	424.750	3118.497	230	2995	-2467	-2599	CA	-2109	-2467	CD	-1635	-1841	C	-1139	-1505	CD	-963	-1080	GC	-835	-963	SA									
1031-3X-0014	Lme1	429.445	3117.895	193	3099							-1523	-1818	C	-1030	-1103	C	-513	-881	CD	-363	-416	G	-302	-363	SA						
1031-3X-0018	OSS1	430.490	3114.225	234	4856	-2821	-2913	C	-2216	-2781	C	-1608	-1853	CA	-885	-1389	CD	-716	-832	GC	-665	-716	SA									
1031-3X-0019	Tle1	430.950	3115.360	285	3930	-2465	-2583	C	-2003	-2465	C	-1396	-1659	C	-787	-1235	CD	-624	-740	GAC	-553	-624	SA									
1031-3X-0020	Jac1	428.110	3115.810	216	3875	-2743	-2801	C	-2148	-2743	C	-1427	-1634	C	-904	-1256	CD	-647	-853	GC	-580	-647	SA									
1031-3X-0023	LCH1	429.496	3115.811	199	3908	-2597	-2708	C	-2037	-2597	C	-1396	-1648	C	-751	-1232	CD	-674	-721	GC	-528	-614	SA									
1031-3X-0026	Clu111	425.484	3117.880	292	3227	-2582	-2666	CD	-2130	-2582	C	-1549	-1702	C	-1038	-1431	CD	-847	-981	GC	-746	-847	SA									
1031-4X-0001	AT1	435.750	3116.500	275	2598				TR	-1301	-1625	C	-571	-846	C	-273	-408	CD			M	59	-65	S								
1031-4X-0002	AT3	435.144	3118.130	257	2507				TR	-1549	-1720	C				-609	-914	C	-438	-561	SG											
1031-4X-0020	MLS1	433.012	3120.182	319	3500	-2010	-2160	C							-1572	-1750	C	-1135	-1427	CD	-955	-1122	GA	-874	-955	SA						
1031-4X-0021	LBV1	433.083	3112.472	273	4317	-3090	-3301	CA	-2551	-3090	C	-1738	-2055	CA	-1135	-1508	CD	-835	-1101	GA	-785	-835	SA									
1031-4X-0024	LBT1	435.425	3114.844	294	2270							-1761	<-1969	C	-1176	-1308	C	-619	-1014	CD	-446	-619	GC	-375	-446	SA						
1031-4X-0025	Lay1	438.056	3116.169	300	1850	-1411	<-1543																									

TAB.2-AQUIFERES POTENTIELS REGION MIDI-PYRENEES

NO CLAS	SIGLE	X	Y	Z	PROF	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T</
---------	-------	---	---	---	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

TAB.3 - AQUIFERES POTENTIELS REGION AQUITAINE

[illegible]

AQUIFAQI.XLS

TAB.3 - AQUIFERES POTENTIELS REGION AQUITAINE

NO CLAS	SIGLE					CENO-TUR			SENO-INF			SENO SUP			D PAL			EOC-INF			S INFRA			EOC-MOY			OLIG			MIOC		
BSS	DHYCA	X	Y	Z	PROF	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F			
0926-3X-0001		400.200	3200.450	120	60																						70	60	GC			
0926-3X-0004		400.400	3197.400	119	81																						64	60	GC			
0926-3X-0009		399.340	3196.900	132	60																						96	85	C			
0926-3X-0015		400.220	3199.850	116	65																						61	52	C			
0926-4X-0002		406.700	3195.750	143	57																						112	-9	CG			
0926-4X-0021	Los1	406.096	3199.735	138	2701	-569	-669	C	-529	-569	C	-450	-529	C	-379	-439	C				-309	-329	SA			31	11	C				
0926-5X-0045		385.050	3185.840	91	45																						56	48	CG			
0926-6X-0001	VM1	393.966	3184.406	101	1034	-426	-478	CD				-356	-392	C				-316	-324	GA	-284	-316	S									
0926-6X-0003	LC1	391.288	3188.663	123	3088	-446	-481	CD				-404	-438	C			M	-347	-373	GA	-328	-347	S			-54	-93	GC				
0926-6X-0004	LC101	390.625	3187.785	107	4002	-438	-513	CA				-387	-438	C			M	-342	-387	GA	-318	-342	SA			-59	-84	CG				
0926-6X-0006		394.220	3190.400	75	160																						-41	-59	CG	50	38	C
0926-7X-0001		403.700	3191.000	142	68				117	77	CG																					
0926-7X-0013		404.150	3191.710	152	61																								122	99	C	
0926-7X-0014		400.110	3189.960	115	110							32	<5	C											73	62	C	105	103	C		
0926-7X-0017		399.600	3189.950	115	231																				18	-54	C					
0926-8X-0207		409.080	3190.530	152	100																								68	82	CG	
0927-1X-0001		413.660	3193.930	149	75																								127	107	GC	
0927-2X-0001		421.250	3201.200	92	72																								54	35	CG	
0927-4X-0203		437.550	3196.550	73	47																								46	26	C	
0927-5X-0204		413.780	3185.150	171	60																								156	131	CG	
0928-1X-0202		444.800	3196.100	106	87																				87	81	C					
0928-1X-0204		447.220	3198.420	135	145																											
0928-1X-0205		446.900	3197.650	115	101																								67	61	C	
0928-2X-0201		448.720	3198.050	90	103																								45	37	C	
0929-1X-0201	Cd101	472.610	3200.582	66	1825																-391	-441	SA									
0949-1X-0001	LF3	300.553	3179.232	13	1221																											
0949-1X-0002	LF7	299.982	3177.602	8	1221							-853	-1048	CD						M												
0949-2X-0001	LF1	309.195	3178.098	30	1204																											
0949-2X-0002	LF8	310.228	3176.503	36	1203																											
0949-3X-0002	L2	311.510	3184.570	25	2524							-1691	-1786	CD	-1624	-1691	CD			M												
0949-4X-0012		321.380	3182.250	55	124																											
0949-5X-0001	LH4	299.299	3175.227	11	1199																											
0949-5X-0005	Lch1	301.573	3170.494	9	940																											
0949-5X-0006	Lch2	301.132	3170.238	7	1057																											
0949-5X-0007	Mon1	301.210	3168.496	11	734																											
0949-5X-0018		300.750	3175.420	12	200																											
0949-6X-0003		306.460	3168.400	24	364																											
0949-7X-0001	Se2	313.000	3168.060	39	1928	-1664	-1750	CD	-1593	-1664	CD	-1417	-1593	C	-1398	-1417	C															
0949-7X-0009	Cp3	313.215	3174.685	48	1150																											
0949-7X-0010	Cp1	313.178	3173.904	45	1065																											
0949-7X-0014		313.900	3168.420	40	215																											
0949-8X-0001	Mg1	321.262	3172.042	59	1202	-822	-921	C				-395	-445	CD	-335	-355	D															
0950-1X-0002		332.330	3178.000	58	225																											
0950-3X-0001		345.900	3175.360	19	240																											
0950-3X-0002		345.780	3175.520	19	302																											
0950-3X-0006	Lar1	339.853	3176.550	28	2817	-1902	-2082	CD	-1795	-1902	CD	-1710	-1795	C				M	-1380	-1444	GA											
0950-4X-0001		347.250	3175.600	20	293																											
0950-4X-0002		352.910	3181.120	35	85																											
0950-4X-0003		352.380	3180.720	32	117																											
0950-4X-0020		353.850	3178.650	53	105																											
0950-4X-0022		353.520	3175.600	68	127																											
0950-5X-0034		328.700	3171.004	55	2208																											
0950-5X-0010		326.090	3168.370	42	400																											
0950-5X-0011		330.620	3167.400	25	150																											
0950-5X-0012		337.480	3171.450	33	181																									</		

TAB.3 - AQUIFERES POTENTIELS REGION AQUITAINE

NO CLAS	SIGLE	X	Y	Z	PROF	CENO-TUR			SENO-INF			SENO-SUP			D-PAL			EOC-INF			S-INFRA			EOC-MOY			OLIG			MIOC			
BSS	DHYCA					T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F				
0976-4X-0034	Gdx1	323.680	3161.950	6	2350	-2033	-2335	CD				-1829	-2033	C	-1584	-1829	C	-1498	-1584	C				CM	-265	-519	CG						
0976-6X-0008	San4	309.040	3151.880	55	2450				-659	-1022	D																						
0976-7X-0003	Sjm1	310.710	3153.470	32	998				-932	<-962	C													M									
0976-8X-0002	Si1	322.259	3150.724	70	131	-23	-57	C																									
0976-8X-0010	MS1	323.862	3151.348	57	1249	-783	-1137	CD	-694	-783	CD																						
0976-8X-0033	Si3	318.837	3149.936	66	2406	-1332	-1621	CD	-1268	-1332	CA													CM									
0977-1X-0091		325.000	3161.600	5	380																					-186	-219	CG	-15	-52	CG		
0977-1X-0092		325.800	3182.340	10	50																					0	<-40	CG					
0977-1X-0095		326.010	3161.670	20	58																					3	<-38	CG					
0977-1X-0099		327.780	3162.650	10	150																					-10	-111	CG					
0977-1X-0110		326.670	3164.790	23	405																					-322	<-482	CG	-14	-73	CG		
0977-1X-0111		325.900	3162.725	7	250							-182	<-243	D																			
0977-1X-0122		325.810	3162.860	7	650																					-7	-168	CG					
0977-1X-0123		326.016	3162.625	7	56							-34	-49	D																			
0977-1X-0124		325.900	3161.767	6	243							-178	<-237	D																			
0977-2X-0001		337.080	3161.090	45	88																									-16	-35	CS	
0977-2X-0008		338.560	3159.180	45	76																									5	-27	G	
0977-2X-0010		338.370	3160.110	44	92																									-7	-23	CG	
0977-2X-0013		336.250	3158.820	35	105																									21	10	G	
0977-2X-0014		335.540	3158.580	35	90																					-24	-55	CG					
0977-2X-0015		337.850	3161.450	47	80																					-29	-48	G					
0977-2X-0016		337.580	3158.950	40	101																									6	-29	G	
0977-3X-0004		339.000	3159.720	40	88																									16	-42	G	
0977-3X-0008		345.170	3161.680	82	75																									5		-32	GC
0977-3X-0010		342.780	3161.800	52	71																												
0977-4X-0001	BG1	347.820	3158.150	83	4162										-274	-529	C																
0977-4X-0002	BG1b	347.939	3158.010	77	4442	-767	-796	C							-302	-509	C	-128	-302	CGS													
0977-4X-0004	BG3	348.301	3157.060	91	3605	-578	-835	C	-542	-578	C	-475	-542	C	-203	-329	C	-48	-203	CG													
0977-4X-0007		348.180	3156.520	85	491										-116	-318	C	11	-116	CG													
0977-4X-0009	BGH3	351.025	3156.670	92	1128	-703	-1019	C							-144	-403	CD	-59	-144	CG													
0977-4X-0011	Bic1	348.479	3156.240	52	815							-215	-324	C	-58	-144	C																
0977-4X-0013	Ec1	348.080	3155.175	38	1202	-1011	<-1161	CA				-489	-731	CD	-176	-489	C																
0977-4X-0023	Bc2	352.941	3160.486	86	2714							-380	<-532	CD	-332	-380	CG																
0977-5X-0001	Be2	327.509	3154.207	67	1918	-295	-606	C										55	30	C													
0977-5X-0011	Pin1	331.025	3148.380	75	3911	-2941	-3026	D	-2783	-2897	C				-2588	-2624	C								-680	-846	CG						
0977-5X-0012		329.540	3149.800	54	202																									-50	-104	CA	
0977-6X-0001	Cil1	334.908	3152.167	26	3518	-1453	-1686	C				-1155	-1453	C	-1146	-1155	C	-1020	-1146	C													
0977-6X-0011	Pa101	331.305	3150.905	36	2809				-2324	-2384	CD																			-58	-124	C	
0977-6X-0012	Mim1	332.390	3152.969	40	1003	-811	<-960	CD	-775	-811	CD	-731	-775	C	-669	-573	C	-477	-507	CG					-231	-387	CD	28	-7	CG			
0977-6X-0022	Lel1	334.660	3152.434	25	2692	-1287	-1523	CD				-1127	-1287	C	-884	-1026	CA												-12	-92	CG		
0977-6X-0023	Ler1	336.202	3151.591	55	1208																								-51	-97	C		
0977-8X-0005	Gaq1	352.450	3151.820	59	5576	-1546	-1883	CA	-1288	-1546	C	-1041	-1288	CA	-749	-1041	C	-689	-749	C					-49	-161	C						
0977-8X-0006	Am1	350.530	3149.350	48	5543	-2227	-2439	CD	-1959	-2171	C	-1732	-1856	C	-1352	-1667	C	-1313	-1352	C													
0977-8X-0007	Gaq2	351.888	3151.880	60	3932	-1599	-1885	CD	-1334	-1599	CD	-1089	-1334	C	-796	-1089	C	-735	-796						-48	-235	C						
0978-1X-0001	A2	360.460	3161.665	99	2952	-27	-107	C				48	-27	C																			
0978-1X-0002	A4	360.457	3157.168	119	5003	-1255	-1613	C	-983	-1255	C	-620	-802	C	-266	-620	C																
0978-1X-0003	A11	355.878	3162.745	54	1692	52	-196	C																									
0978-2X-0002	A5	360.858	3163.532	77	2024	47	-182	CA																									
0978-2X-0004	Scb201	366.075	3158.155	127	4952	-924	-1212	CD	-672	-878	CD	-389	-415	C	-108	-355	C	-13	-108	CS													
0978-2X-0008		363.820	3154.300	87	700										-573	<-613	C	-508	-573	CG													
0978-3X-0001	A8	372.723	3161.669	74	128																												

TAB.3 - AQUIFERES POTENTIELS REGION AQUITAINE

NO CLAS	SIGLE					CENO-TUR			SENO-INF			SENO-SUP			D PAL			EOC-INF			S INFRA			EOC-MOY			OLIG			MIOC			
BSS	DHYCA	X	Y	Z	PROF	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	T	M	F	
1029-7X-0010	Ger1	373.470	3107.190	246	5212											-1375	-1493	C															
1029-7X-0011	LRE1	368.520	3109.910	257	5118											-1706	-1811	C															
1029-7X-0012	Lco101	368.770	3111.920	178	5048											-1978	-2004	C															
1029-8X-0004	Pa2	378.935	3112.025	178	2198											-993	-1078	CG															
1029-8X-0008	Sfr2	375.290	3113.460	170	4832			CM			CM			CM	-1152	-1239	C			CM													
1029-8X-0009	Rse1	377.500	3110.400	310	5215			CM			CM			CM	-1729	-1827	C			CM													
1029-8X-0011	Sst1	380.438	3110.379	190	5724			CM			CM			CM	-1757	-1967	C			CM													
1029-8X-0012	Sfr7	376.190	3113.375	293	4950										-1165	-1255	C																
1030-2X-0001	Mos1	391.219	3117.567	303	4304							CM			-1913	-1981	CG			CM	574	-677	S										
1030-2X-0002	Epe1	394.810	3116.465	336	4247										-2225	-2240	C	-596	-621	GA	-434	-596	S										
1030-2X-0003	Pa3	391.496	3116.242	318	3200																	-406	-517	S									
1030-2X-0004	Pa7	391.715	3113.895	270	3936			CM			CM			CM	-1161	-1266	C			CM	82	1	S										
1030-2X-0005	Ads1	391.640	3114.345	274	5560	-3094	-3317	C							-1268	-1338	C				-13	-92	S										
1030-2X-0006	Per1	389.563	3120.510	286	2881	-2375	-2587	C	-2156	-2375	C							-826	-894	GA	-736	-828	S										
1030-3X-0005	Sze1	400.035	3119.020	364	4200	-2585	-2706	CD	-2265	-2565	CD			M	-2105	-2112	C	-784	-857	GA	-707	-764	SA										
1030-3X-0007	Lev3	401.906	3119.864	269	2340	-1830	-1944	CD	-1657	-1830	CD				-1458	-1460	C	-650	-775	GA													
1030-4X-0001	Lmu1	406.575	3121.850	336	4566	-1883	-2218	CD							-1309	-1321	C	-753	-869	GA	-680	-753	SA										
1030-4X-0002	Pns1	406.425	3115.045	341	5730	-2059	-2482	C							-1950	-1953	C	-859	-918	GA	-749	-859	SA										
1030-4X-0003	Lav1	402.590	3122.670	348	2143	-1677	-1758	C				-1604	-1677	C				-613	-728	GA	-483	-613	SA										
1030-5X-0001	Uz1	382.810	3111.575	190	1469										-1088	-1150	CG																
1030-5X-0004	Mzs1	382.510	3112.030	187	3525			-3189	-3228	C					-1100	-1152	CA																
1030-5X-0005	Mzs2	382.455	3112.115	187	5143			CM	-3144	-3200	C			CM	-1077	-1175	CA																
1030-5X-0006	Ast1	385.990	3110.695	205	5420										-1162	-1235	C				152	99	SA										
1030-5X-0007	Brd1	386.563	3107.082	217	5825			CM			CM			CM	-1335	-1457	C	-1032	-1153	SG	171	141	S										
1030-5X-0008	Min1	385.315	3111.750	203	5151			CM			CM			CM	-1189	-1294	C	-682	-699	S													
1030-5X-0009	Ous1	387.815	3112.400	227	5664	-3158	-3183	C	-3116	-3158	C							-79	-138	GA	-34	-79	S										
1030-5X-0010	Lt1	383.450	3113.050	229	5378										-1571	-1666	CA																
1030-5X-0068	Mzs101	381.639	3111.011	311	5450			CM			CM			CM	-1277	-1432	CA																
1030-6X-0003	Min2	391.720	3112.210	273	6306																183	114	S										
1030-6X-0005	Bdx1	389.865	3104.403	245	5339										-1030	-1160	CA	-734	-801	S													
1030-6X-0006	Luc1	393.645	3106.510	393	5680	-3578	-4021	C	-3431	-3520	CG				-1288	-1411	CA				230	145	S										
1030-6X-0032	Arn101	390.138	3112.972	262	3656										-1139	-1224	CA				93	8	S										
1030-6X-0034		388.880	3109.000	230	104												M	135	127	GA	140	135	S										
1030-6X-0035		389.000	3108.650	220	98												M	135	132	GA	147	135	SA										
1030-7X-0001	Sou1	396.700	3110.170	378	3697			CM				-3089	-3272	CG	-1406	-1500	CA				26	-37	S										
1030-7X-0002	Esp1	396.855	3108.790	300	1700																118	58	S										
1030-7X-0014	Lvn1	400.650	3107.280	408	2350										-1827	-1905	C	-247	-312	GA	-147	-247	SA										
1030-7X-0016	Cet1	395.577	3109.501	294	5581										-1310	-1407	C				221	149	SA										
1030-8X-0001	Ger1	404.875	3108.545	406	6650										-2224	-2262	C	-1786	-1803	S	-521	-692	SA										
1030-8X-0002	Ger101	406.310	3105.870	426	3790	-2717	-2934	C							-2260	-2302	C	-1915	-1951	CG	-705	-832	SA										
1030-8X-0003	Ger201	404.200	3109.440	403	2185																-522	-594	SA										
1030-8X-0202	Azx1	406.860	3103.505	431	5333										-2304	-2334	C				-664	-741	SA										
1052-2X-0001	Bt1	388.385	3102.335	244	529										13	-138	CA																
1052-2X-0005	Are1	390.624	3102.662	256	5245							-893	-972	C	-506	-651	C	-409	-480	GA	-185	-264	S										
1052-3X-0207	Pog1	401.747	3101.306	370	4829										-1715	-1829	CG	-1348	-1625	GA	92	34	SGA										
T=TOIT M=MUR F=FACIES LA=LACUNE																																	
C=CALCAIRE CA=CALCAIRE ARGILEUX CG=CALCAIRE GRESEUX CD=CALCAIRE DOLOMITIQUE															CTU=CALCAIRE TUFFITIQUE					CM=CALCAIRE MARNEUX													
S=SABLE SA=SABLE ARGILEUX SGA=SABLE GRES ET ARGILE																																	
A=ARGILE																																	
G=GRES GA=GRES ARGILEUX GAC=GRES ARGILEUX ET CALCAIRE GCD=GRES ET CALCAIRE DOLOMITIQUE																																	
M=MARNE MG=MARNE GRESEUSE																																	
AL=ALBIEN AP=APTIEN																																	
KI=KIMMERIDGIEN LI=LIAS JU=JURASSIQUE																																	
TR=TRIAS																																	
PE=PERMIEN																																	
PR=PRIMAIRE																																	

3. Validation des données

Plusieurs stades de validation imbriqués et de fréquents retours vers les coupes de forages vont ensuite permettre de parvenir à un ensemble de données cohérent.

3.1. PAR CHARGEMENT SUR LE LOGICIEL STRIM

Le chargement sur le logiciel STRIM, de la base de données caractérisant la géométrie des aquifères, a permis de repérer les erreurs de saisie entraînant de faux positionnements géographiques ou des cotes aberrantes. *Un modèle numérique de terrain de la surface topographique* du sol a été comparé aux cotes affichées pour l'origine des forages, montrant ainsi les imperfections entachant ce type de valeurs. Ce MNT sera aussi utilisé pour façonner le modelé des affleurements considérés comme zones d'infiltrations potentielles.

3.2. PAR CROISEMENT AVEC LE FICHIER "STRATIGRAPHIQUE"

Le fichier dit "stratigraphique", élaboré par l'équipe ELF à partir des sondages pétroliers et étendu par le laboratoire de Géodynamique de Bordeaux III à certains forages d'alimentation en eau, regroupe les cotes toit et mur des étages géologiques reconnus par les différents ouvrages. Le croisement avec le fichier "aquifères" réalisé pour la présente étude permet de se rendre compte si une erreur ou une divergence d'analyse, ne rejette pas la partie de la formation retenue comme aquifère, hors de l'épure "stratigraphique".

3.3. PAR CONCERTATION

La recherche d'erreurs de saisie effectuée, les tableaux comportant les forages ont été soumis à critique des partenaires du projet ELF, GDF, Institut de Géodynamique (réunions du 5/12/96 à Toulouse, du 15/04/97 à Paris).

Au cours de ces réunions il a été constaté une convergence d'analyse sur le *Cénomano-Turonien, le Sénonien inférieur et le Sénonien supérieur*.

3.3.1. Améliorations d'ordre stratigraphique

- **Sables de Lussagnet** : cette dénomination s'applique à plusieurs corps détritiques surtout connus par forages et quelques rares affleurements (Baliros, Bosdarros, Orignac, Barbotan, Castéra-Verduzan). Il semble plus judicieux, dans l'état actuel des connaissances, de les désigner par le terme de **Sables infra-molassiques**, ce vocable étant moins contraignant au plan stratigraphique. Les diagnoses palynologiques et micropaléontologiques sont à étendre, seulement quelques points

sont renseignés : Gondrin (0953-3X-0016), Geaune (0978-8X-0015), Barbotan par le BRGM, Lussagnet 6 (0952-6X-0201) et Izaute 7 (0952-7X-0023) par ELF . Dans la mesure du possible tout nouveau forage reconnaissant ces horizons devrait être programmé pour recueillir des échantillons destinés à mieux définir cette formation .

- **Calcaires marins du Bartonien supérieur** : l'analyse micropaléontologique des cuttings de Grenade 1(0951-8X-0004), Grenade 2 (0951-8X-0005), Le Vignau (0952-5X-0027) et Maurin (0952-1X-0002) a permis à GDF de discerner une récurrence marine éocène supérieur de faible épaisseur, au sein de la série des molasses éocènes à oligocènes .

3.3.2. Améliorations d'ordre lithologique

- **Dano-Paléocène** : le potentiel aquifère des forages GMF1 (0900-5X-0002) et GMF2 (900-5X-0001) a été contesté dans un premier temps car l'épaisseur réservoir du Dano-Paléocène paraissait trop faible (3 et 1 m) pour être mentionnée . Mais pour contraindre et améliorer le tracé surfacique du logiciel modélisateur, les faibles valeurs, dénotant une forte diminution d'épaisseur, doivent être consignées .
- **Eocène inférieur** : Les Grès à nummulites, d'après les recherches de GDF, sont constitués par deux niveaux plus ou moins détritiques . Le niveau inférieur apparaît à l'Yprésien moyen à supérieur (NP 12 basale) et semble prograder vers le Sud-Sud-Ouest, se déposant au-dessus de l'horizon NP 13 de la manière de Gan . Le niveau supérieur pourrait représenter l'équivalent latéral (en zone littorale) des marnes de Donzacq (équivalence microfaunistique de Sztrakos 1996) . Les Grès à nummulites peuvent passer (Grenade 2) progressivement à leur partie supérieure aux Sables infra-molassiques . On gardera en mémoire les tests effectués sur le forage de Castelnau Rivière Basse (979-8-45) où une porosité de 7 à 11% a été mesurée dans les niveaux gréseux de cette même formation et de 18 à 34% dans les niveaux sableux.
- **Sables infra-molassiques** : Le tracé de la limite occidentale est considéré comme réaliste .
- **Eocène moyen** : la limite imperméable occidentale est redéfinie (la composante marneuse ayant été sous estimée) .

4. Préparation de l'exportation vers le logiciel de modélisation géométrique

Afin que le logiciel STRIM donne une relation géométrique la plus logique possible des couches potentiellement aquifères, il fallait auparavant apporter des précisions quant aux zones d'exclusions .

4.1. CARTOGRAPHIE DES ZONES D'INFILTRATIONS POTENTIELLES

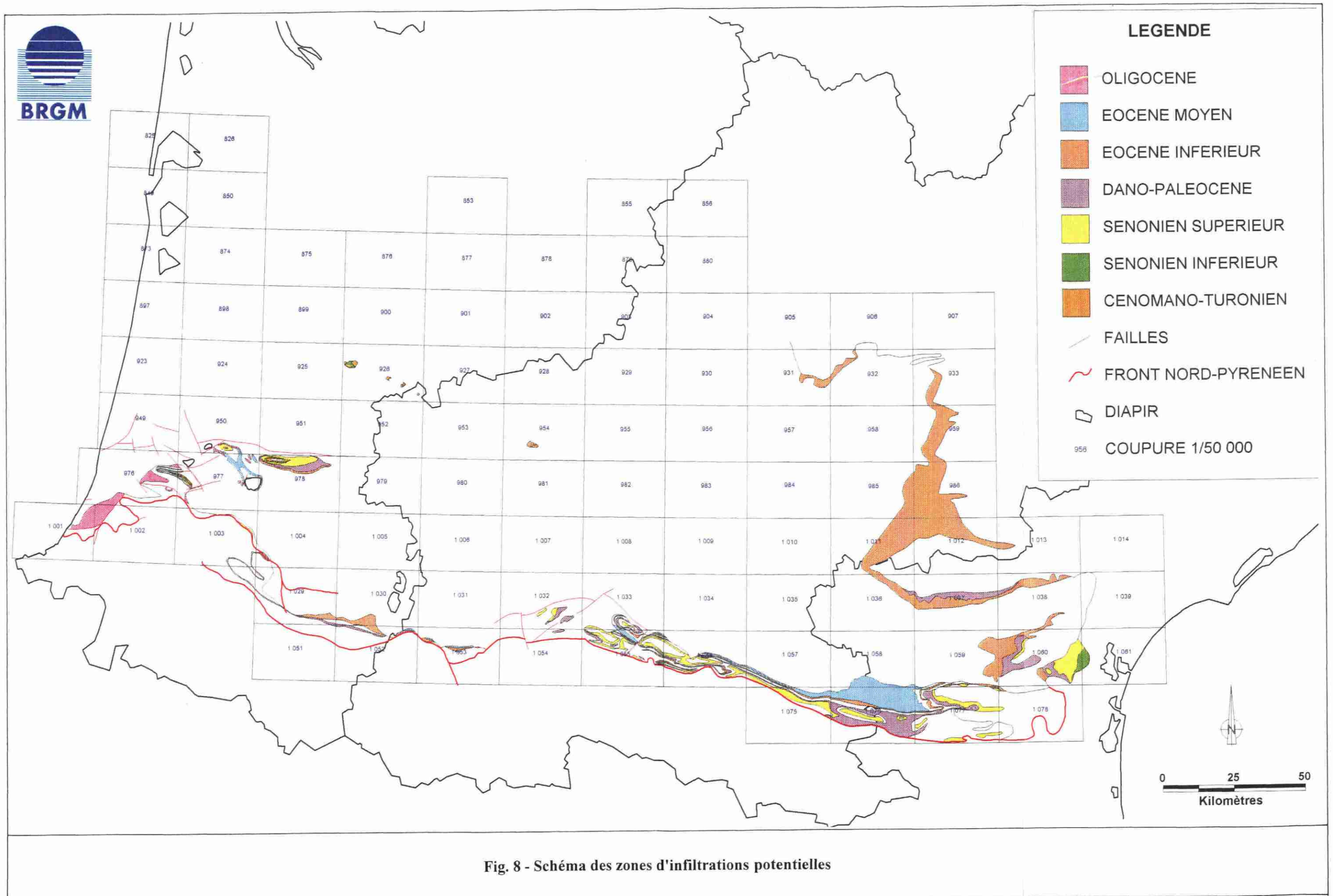
Les zones d'infiltrations potentielles ont été cartographiées et synthétisées sous forme de minute à l'échelle du 1/250 000 à partir des cartes géologiques existantes . Les affleurements crétacés, dano-paléocènes, éocènes inférieur et moyen dans leurs faciès susceptibles d'amener une recharge hydraulique, se limitent presque exclusivement à la périphérie du bassin, si l'on excepte les rares petits pointements anticlinaux ou diapiriques . Les zones ainsi déterminées ont été numérisées et géoréférencées sous le logiciel Mapinfo 4 (Figure 8) . Ces objets géologiques peuvent alors être transférés vers le modèleur et sont raccordables aux surfaces représentant toit et mur des formations aquifères définies par l'analyse des forages .

4.2. REPARTITION DES SONDAGES EN FONCTION DE CHAQUE AQUIFERE POTENTIEL

Les cartes de répartition des sondages ayant traversés un aquifère potentiel permettent d'approcher les limites horizontales de chaque réservoir (Figure 9 à 17) . Les tracés de ces frontières ont été confortés par comparaison avec l'Atlas géologique d'Aquitaine et les planches paléogéographiques de la Synthèse Pyrénées (édition à venir), puis soumis à la critique des partenaires (§3.3.2).

4.3. PROPOSITIONS DE REGROUPEMENT DE CERTAINS SYSTEMES AQUIFERES

Les cartes de connexions entre aquifères potentiels (figures 1 à 8 en annexe) ont été réalisées sondage par sondage. En tenant compte des zones d'exclusions fournies par le géologue (diapirs, pointements anticlinaux, limite de faciès), il a été possible d'estimer les plages de connexion potentielle liant verticalement deux systèmes aquifères superposés.



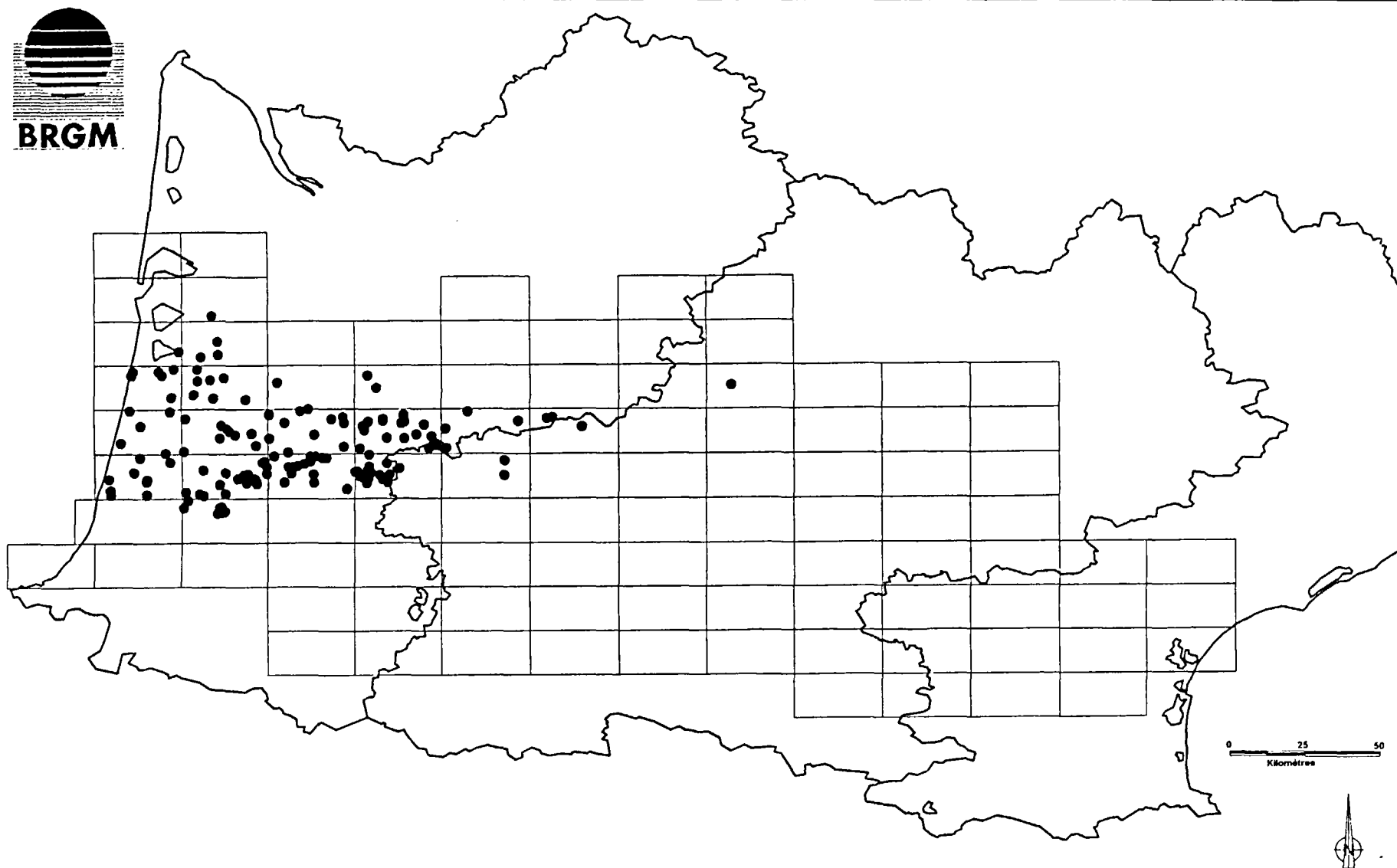
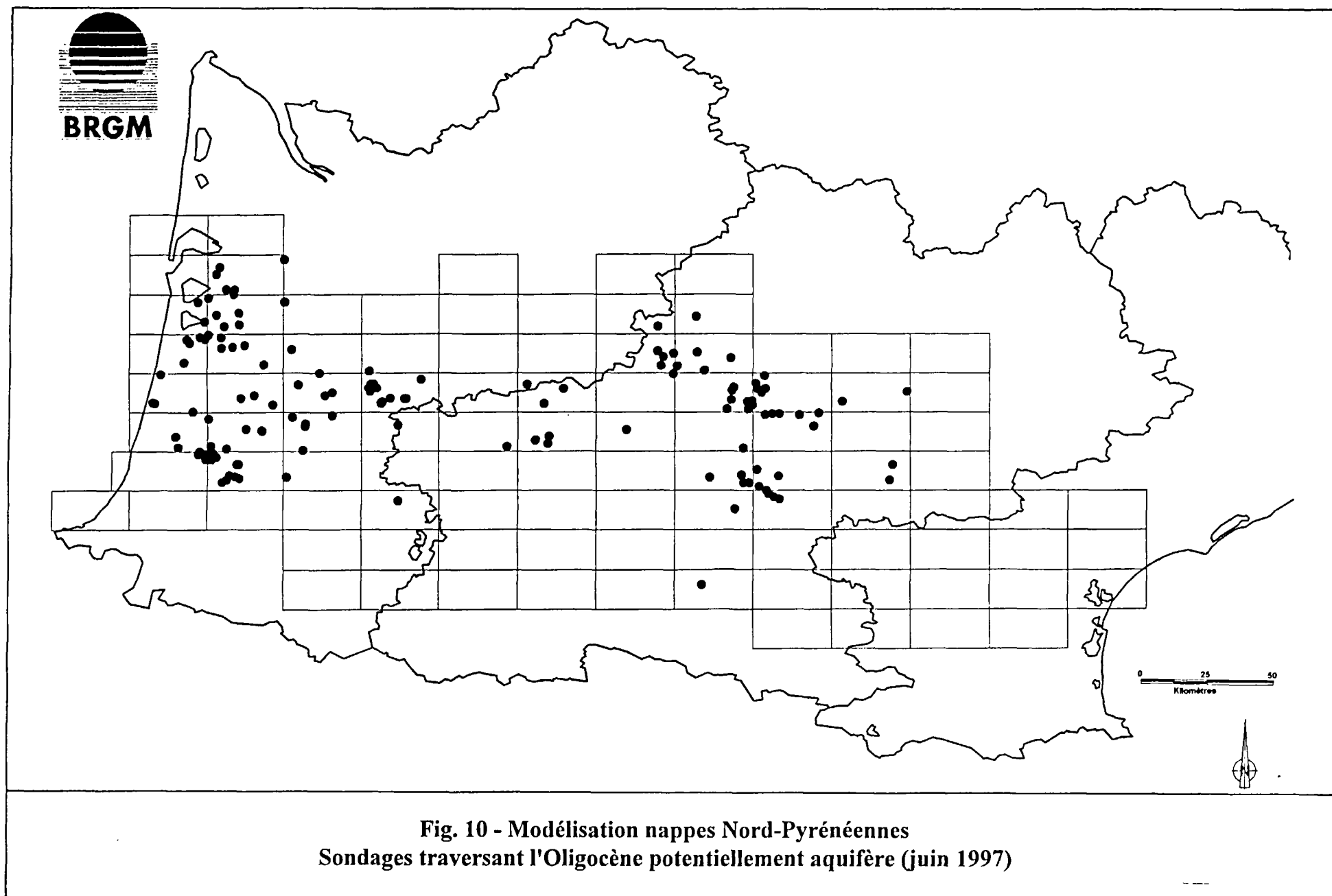


Fig. 9 - Modélisation nappes Nord-Pyrénéennes
Sondages traversant le Miocène potentiellement aquifère (juin 1997)



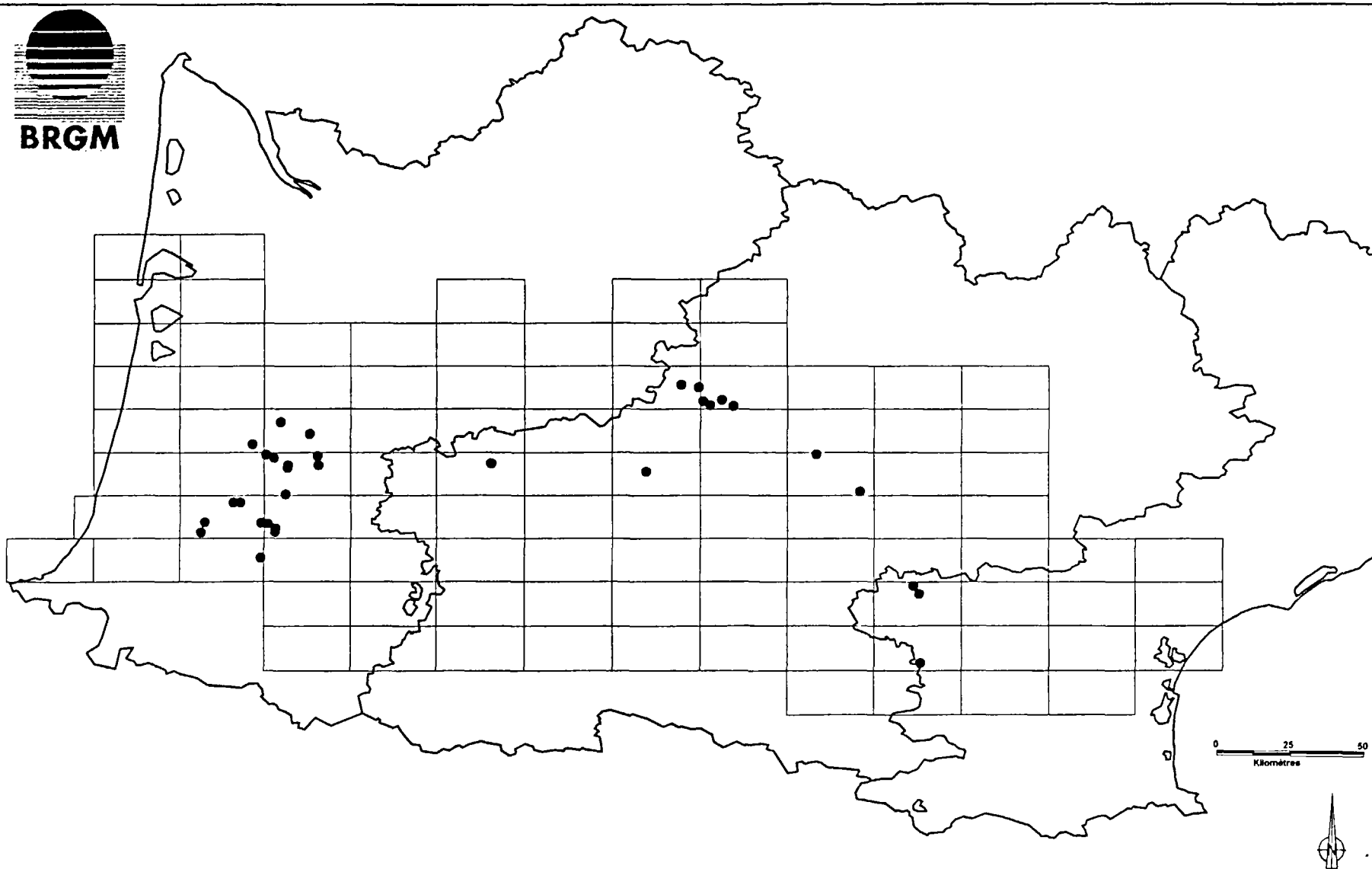
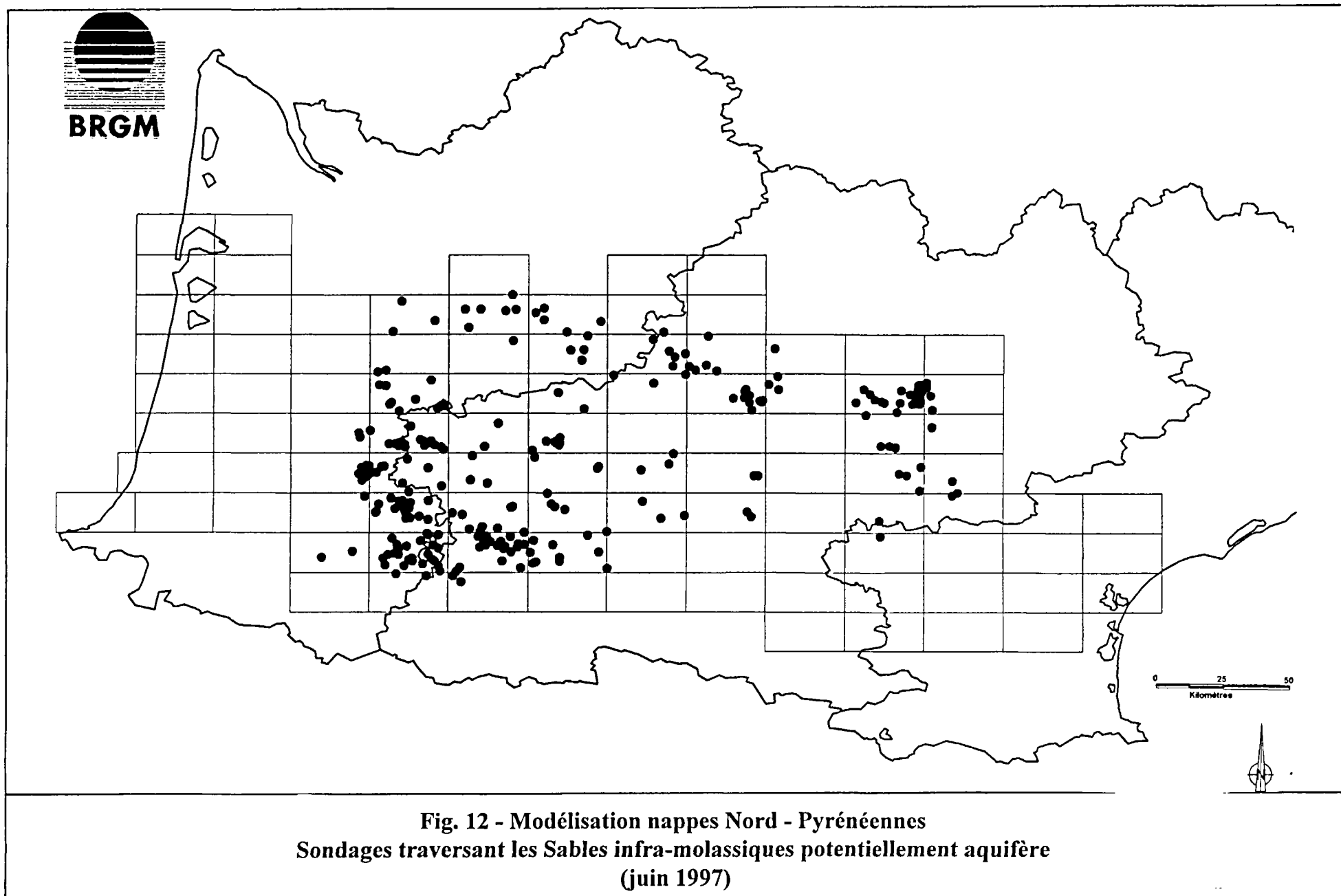
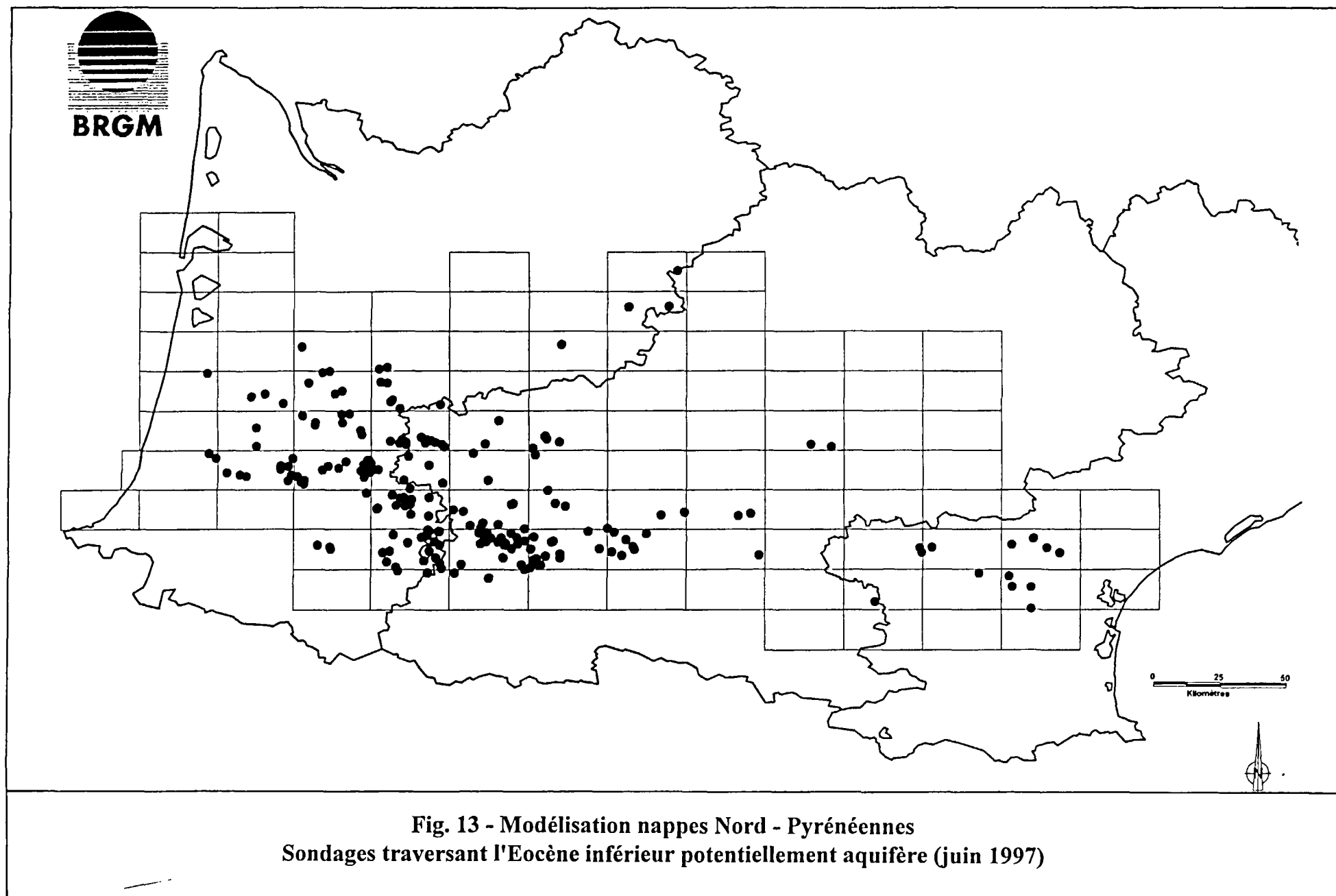


Fig. 11 - Modélisation nappes Nord - Pyrénéennes
Sondages traversant l'Eocène moyen potentiellement aquifère (juin 1997)





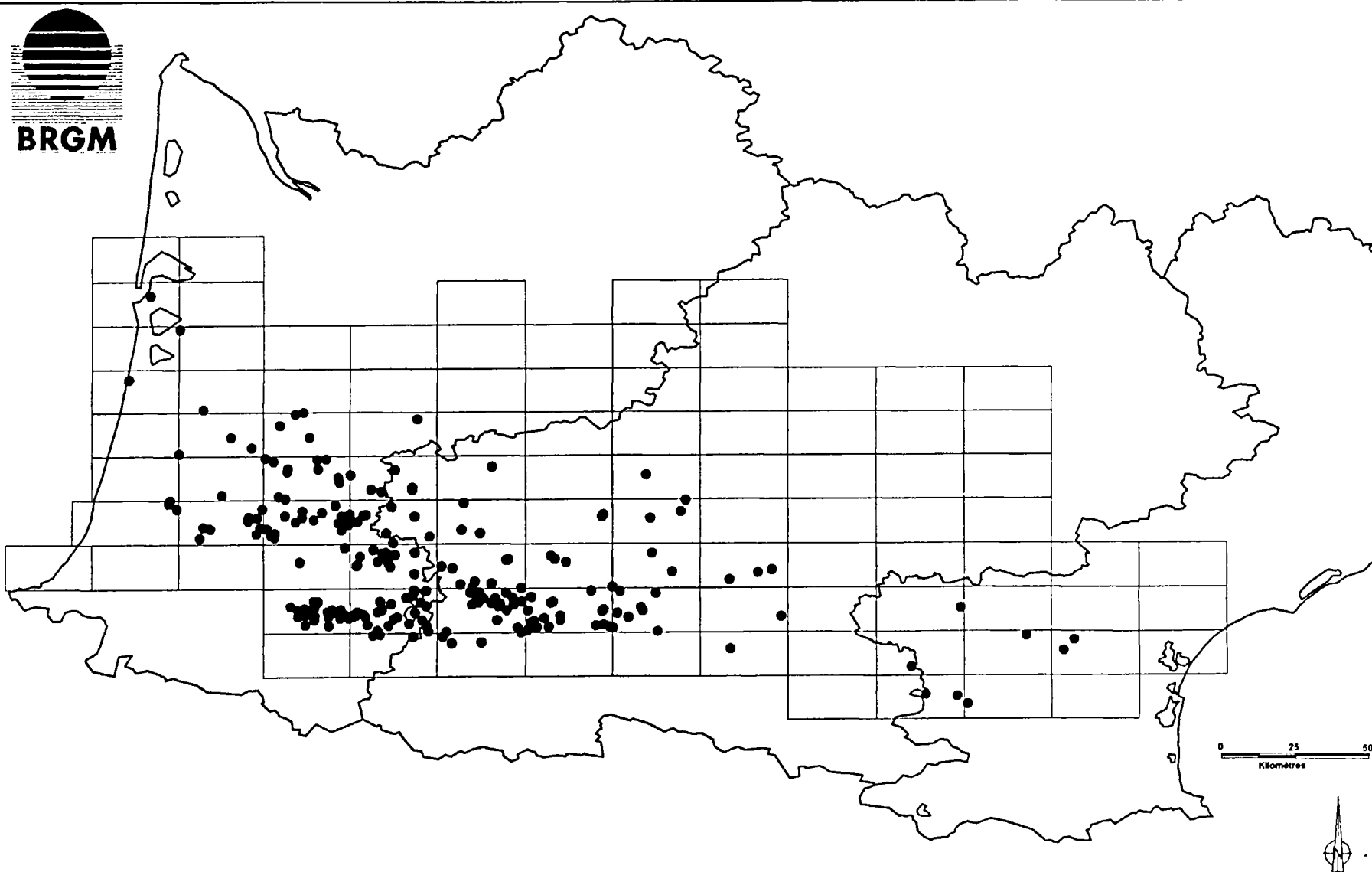


Fig. 14 - Modélisation nappes Nord - Pyrénéennes
Sondages traversant le Dano-Paléocène potentiellement aquifère (juin 1997)

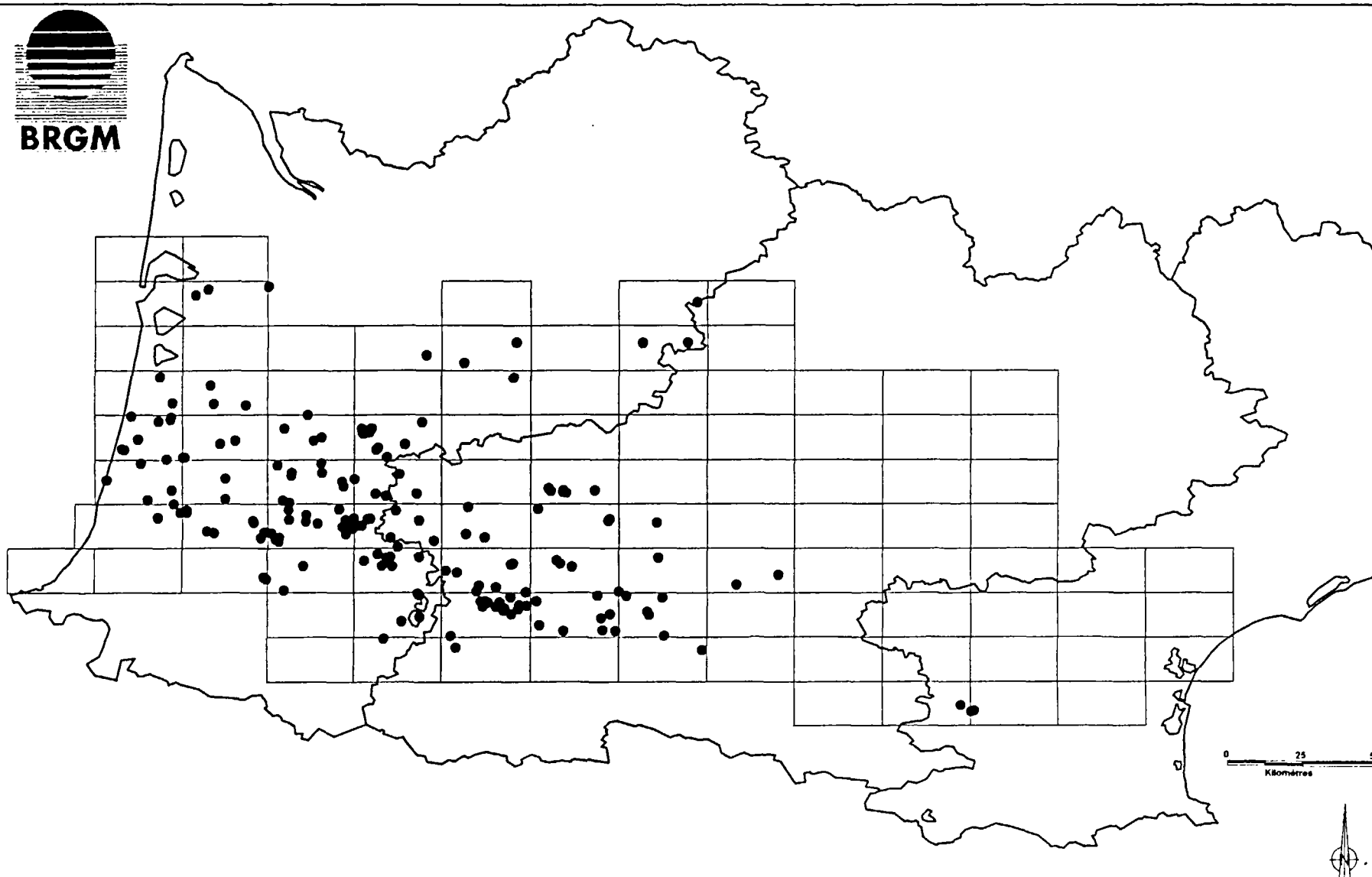


Fig. 15 - Modélisation nappes Nord - Pyrénéennes
Sondages traversant le Sénonien supérieur potentiellement aquifère (juin 1997)

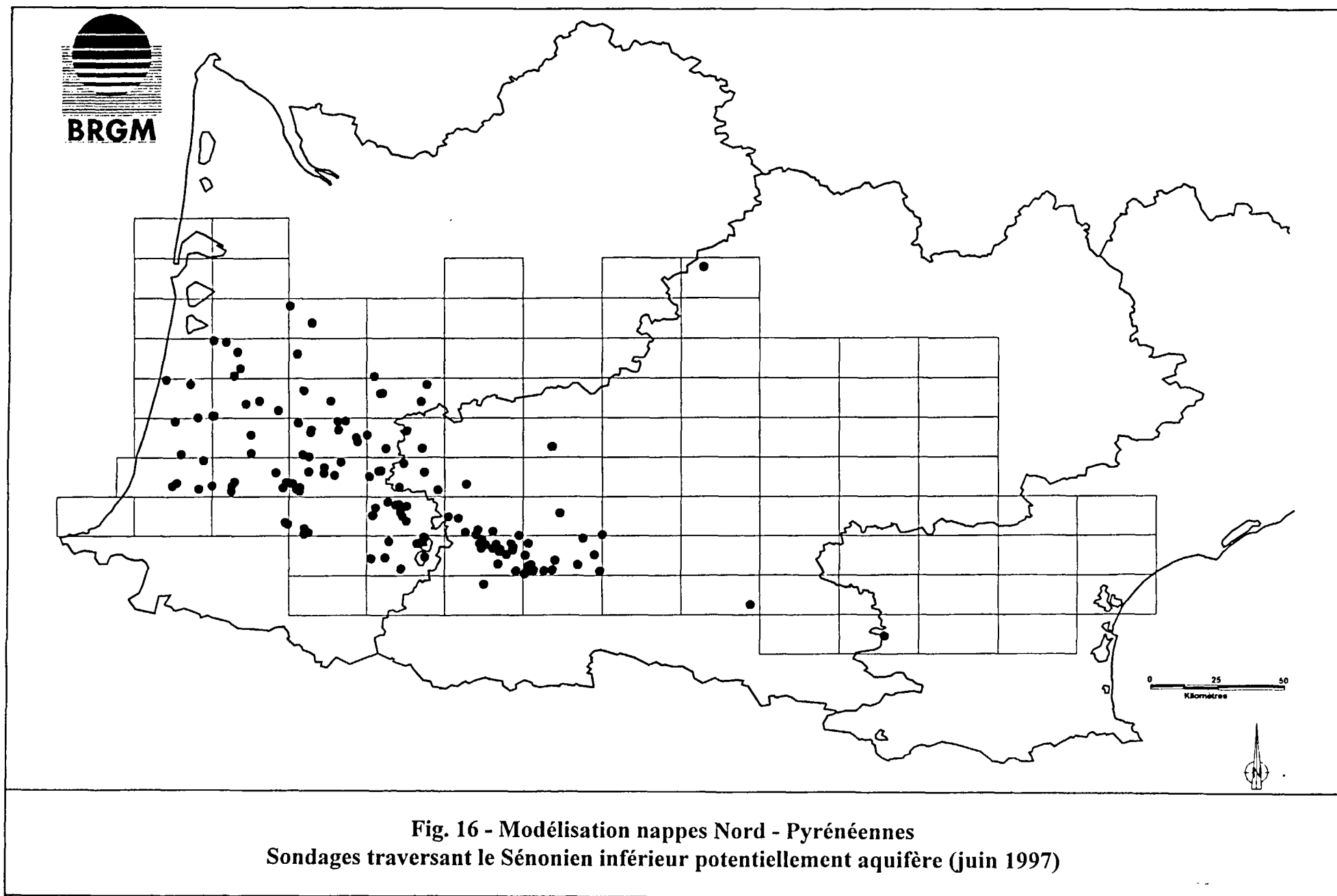
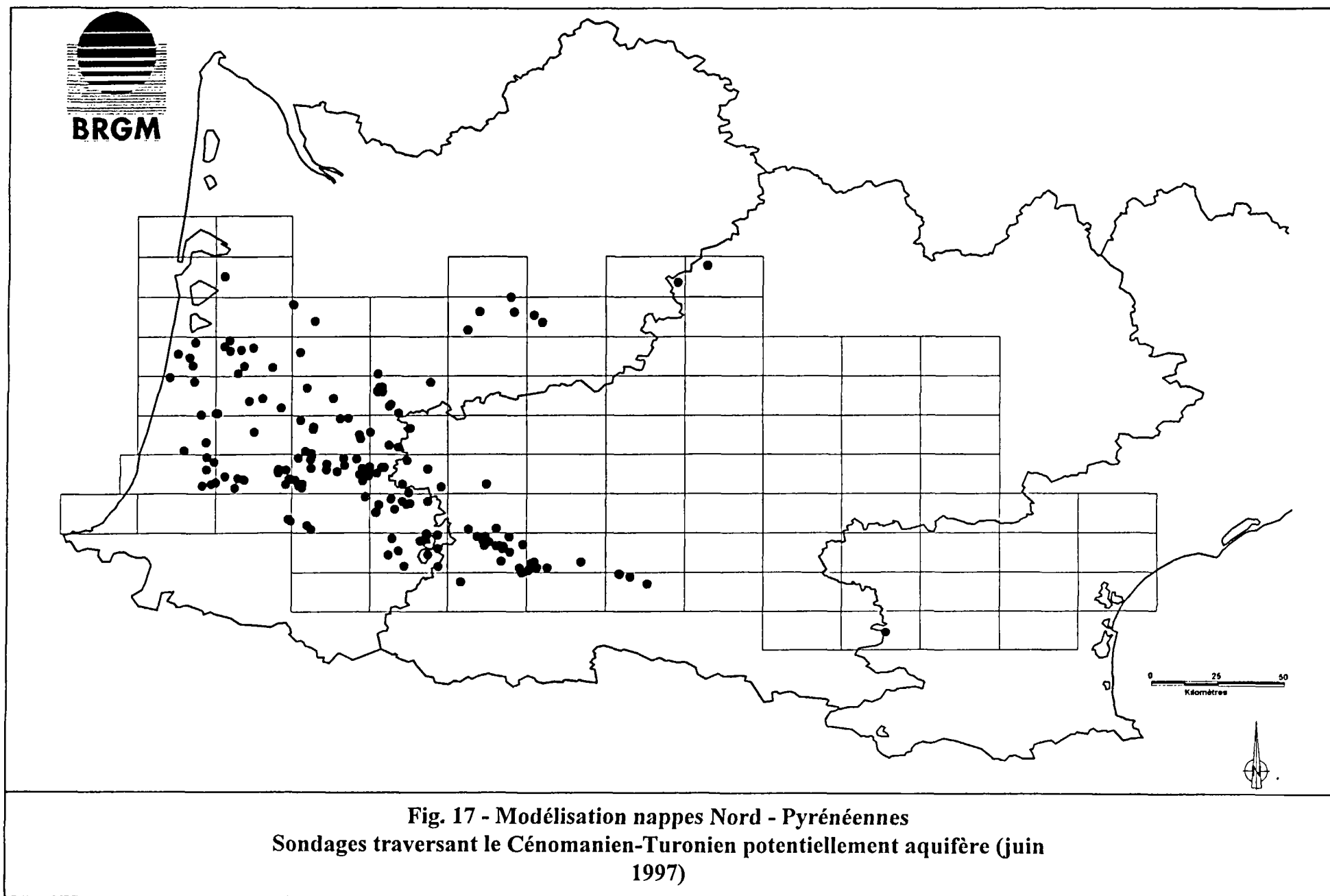


Fig. 16 - Modélisation nappes Nord - Pyrénéennes
Sondages traversant le Sénonien inférieur potentiellement aquifère (juin 1997)



Lors de la construction du modèle hydrogéologique, les épontes seront représentées par une couche intermédiaire d'épaisseur et de perméabilité variable (valeur infinie dans les connexions directes et totales : absence d'écran, valeurs intermédiaires et/ou faible selon les caractéristiques). Pour l'identification géographique de ces zones, le lecteur est renvoyé aux figures et cartes.

Afin d'alléger le modèle à réaliser et surtout sa mise en oeuvre du point de vue hydrogéologique, une simplification réaliste peut être effectuée, sans toutefois perdre de vue les zones particulières sur lesquelles des zooms ou des modèles gigognes peuvent être conçus. En tenant compte des différentes cartes de connexions, les systèmes aquifères appartenant au Cénomano-Turonien et au Sénonien inférieur ont été regroupés.

4.4. APPROCHE STRUCTURALE

La structure actuelle de la partie sud du bassin d'Aquitaine résulte d'une évolution complexe caractérisée par deux périodes de déformations majeures :

- **Une période d'extension tectonique au Crétacé inférieur** liée à l'ouverture du golfe de Gascogne. Elle est responsable de la création de bassins subsidents tels que les bassins d'Arzacq et de Tarbes au Sud et de Parentis au Nord. Les bordures faillées de ces bassins sont le siège d'importants phénomènes halocinétiques qui provoquent des remontées de sel triasique et conduisent à l'individualisation de diapirs et de rides salifères
- **Une période de déformation compressive** de la fin du Crétacé jusqu'à l'Oligocène qui correspond à l'orogénèse pyrénéenne. Cette phase de raccourcissement a eu de multiples effets sur la structure du bassin d'Aquitaine qui forme alors le bassin d'avant-pays de cette chaîne en cours d'édification : chevauchements multiples sur la bordure sud du bassin (chevauchements nord-pyrénéens), flexuration généralisée du bâti vers le Sud et création d'un axe de subsidence "pré-pyrénéen", inversion tectonique des bassins crétacés inférieurs et notamment des anciennes rides salifères, plissements anticlinaux et synclinaux synsédimentaires qui s'atténuent vers les zones externes septentrionales.

L'essentiel de la déformation pyrénéenne affectant le bassin d'Aquitaine s'est produit entre l'Yprésien et l'Oligocène.

Aussi il a été choisi de réaliser une carte structurale en isohypses de la base du Tertiaire qui correspond ainsi à un horizon stratigraphique "avant-déformation", pour rendre compte de la structuration actuelle des séries sédimentaires et donc des aquifères de ce domaine.

Cette carte basée principalement sur des données de sub-surface (forages, sismique pétrolière) est une synthèse des différentes cartes en isohypses de la base du Tertiaire (cartes géologiques de la France au 1/50.000, cartes géologiques des Pyrénées SNPA au 1/250.000, etc.) validée ou modifiée à partir de la réinterprétation des données de forages.

Nous avons considéré que le schéma structural pour la base du Tertiaire (Figure 18) pouvait être utilisé pour prémodéliser les aquifères du Crétacé supérieur et du Paléogène en tenant compte d'un amortissement du rejet des accidents pour les aquifères d'âge postérieur à la phase paroxysmale pyrénéenne de l'Eocène moyen (Lutétien supérieur). Le rejet miocène des accidents est d'autre part négligé, aucune faille importante n'affectant la base de cet étage (le positionnement des principales structures est désigné par une numérotation rouge sur la figure 18).

La carte structurale de la base du Tertiaire montre clairement une diminution de l'intensité de la déformation du Sud vers le Nord, c'est-à-dire en s'éloignant du Front Nord-Pyrénéen (1). On peut ainsi distinguer classiquement un domaine méridional mobile qui correspond au bassin d'avant-pays nord-pyrénéen et un domaine septentrional plus stable appartenant à la plate-forme centre-aquitaine.

Le domaine méridional est limité au Sud par le chevauchement frontal nord-pyrénéen. Il s'agit en fait d'un système de plusieurs chevauchements W.NW-E.SE à vergence nord, disposés en relais, le front de chevauchement se trouvant en position de plus en plus externe au fur et à mesure que l'on se déplace vers l'Ouest :

- dans les Pyrénées orientales (à l'Est de l'Ariège) : chevauchement du Pays de Sault et du Bugarach (2)
- dans les Pyrénées centrales (entre l'Ariège et le Gave d'Oloron) : chevauchement du Pech de Foix-Lannemezan-Ossun)
- dans les Pyrénées occidentales (à l'Ouest du Gave d'Oloron) : chevauchement de Ste-Suzanne - Bas-Adour.

Ce système de chevauchement assure la limite étanche méridionale des aquifères considérés.

- *Au Nord de ce front de chevauchement, la structure de la couverture méso-cénozoïque varie de part et d'autre du méridien de Lannemezan :*
- A l'Est, dans la région de Lavelanet, du Plantaurel et des Petites Pyrénées, la couverture crétacé-tertiaire est affectée d'un ensemble de plis anticlinaux et synclinaux sub-parallèles au front de chevauchement. On distingue d'Est en Ouest les anticlinaux de Dreuilhe, du Pech de Foix, de Plagne (6), de St-Marcet (9), d'Aurignac (12), de Gensac (7), etc. Ces anticlinaux sont associés à des chevauchements souvent aveugles (Dreuilhe, Plantaurel (3)) ou pouvant recouper la

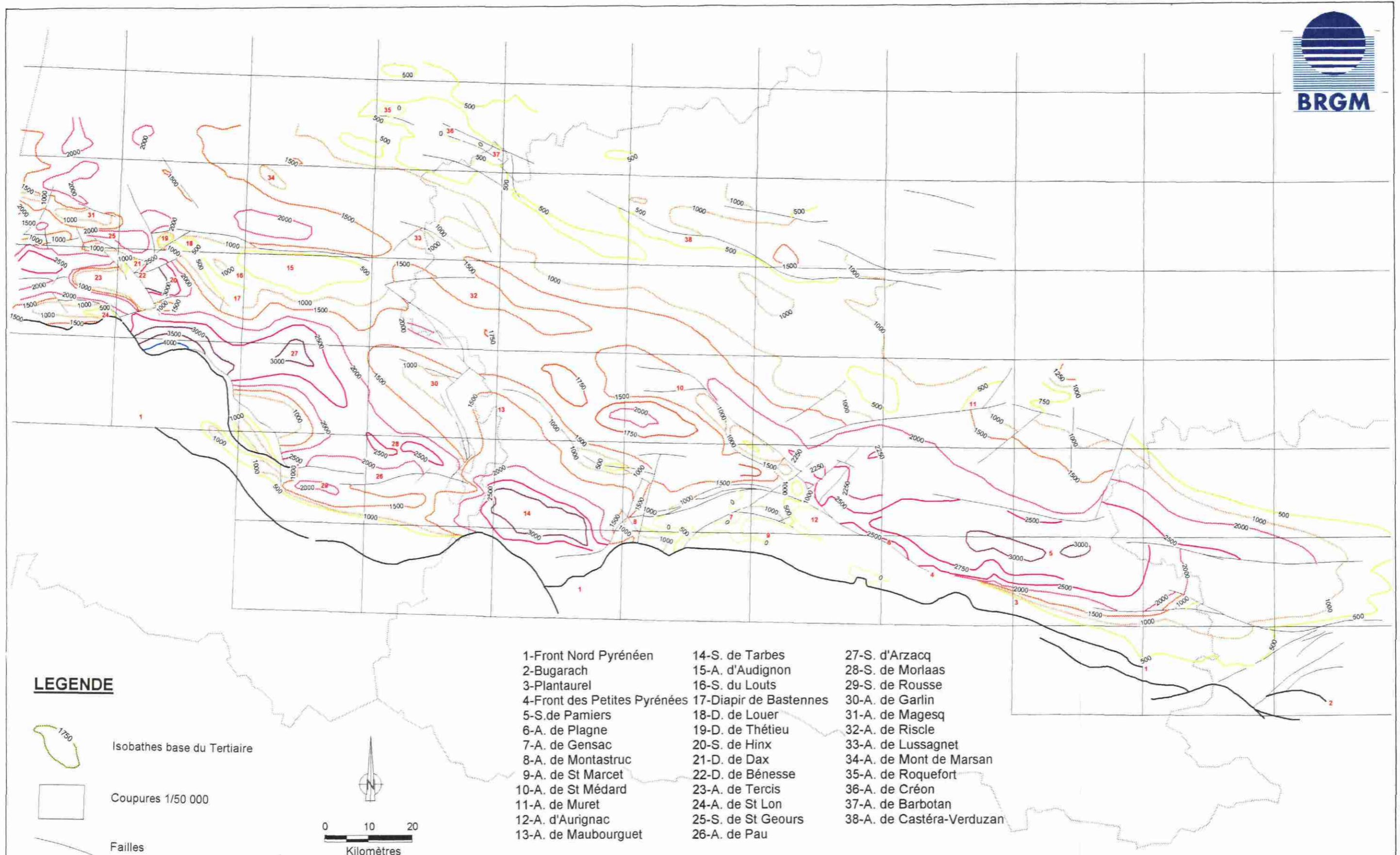


Fig. 18 - Schéma structural à la base du tertiaire

base du Tertiaire (Front des Petites Pyrénées (4)). Dans toute cette zone, la base du tertiaire se trouve à une altitude de + 200 à - 500 m. Les aquifères du sommet du Crétacé et de la base du Tertiaire se trouvent à l'affleurement sur le flanc des structures anticlinales qui constituent ainsi des zones de recharge potentielle.

- Au Nord de ce faisceau plissé, la couverture plonge vers le Nord, la base du tertiaire pouvant se trouver jusqu'à plus de 3000 m de profondeur dans l'axe du synclinal de Pamiers (5) au Nord de Plantaurel (3). La géométrie du flanc sud du synclinal de Pamiers (5) évolue d'Est en Ouest. A l'Est, il correspond à un flanc normal peu déformé en continuité des anticlinaux de Dreuilhe et du Pech de Foix. La série crétacée supérieure tertiaire se verticalise puis se renverse vers le Nord en se déplaçant vers l'Ouest (région du Mas-d'Azil) avant de se trouver impliquée encore plus à l'ouest dans les chevauchements des Petites Pyrénées, entraînant ainsi une déconnexion des systèmes aquifères.
- A l'Ouest de la Garonne, le chevauchement frontal des Petites Pyrénées forme un arc convexe dont le flanc ouest est souligné par les anticlinaux E.NE-W.SW de Gensac (7) Montastruc(8) Bonrepos qui forment la limite occidentale du faisceau plissé des Petites Pyrénées. Au Nord de ce système, se dessine un deuxième train d'anticlinaux faillés alignés selon une direction N130, qui se raccorde vers le Sud-Est, au système de plis et chevauchements de Plagne et Aurignac : anticlinaux de St-André, de Puymaurin et de St-Médard (10). La base du tertiaire culmine entre -100 et - 300 m au coeur de ces anticlinaux. Le flanc NE de ce chapelet d'anticlinaux est recoupé par une faille inverse qui décale très sensiblement les séries par rapport au synclinal de Pamiers (5) où la base du Tertiaire se trouve à une altitude inférieure à - 2000 m. Ce rejet s'amortit toutefois vers le NW (région de Mirande), en même temps que disparaissent le synclinal de Pamiers et l'anticlinal de St-Médard (10). Les synclinaux de St-Blancard, St-Michel et Marciac séparent les anticlinaux de St-André - St-Médard du chevauchement des Petites Pyrénées puis de la ride anticlinale d'Antin-Maubourguet (13) qui possède une orientation identique (NW-SE) . Les plis anticlinaux faillés de St-André-St-Médard (10) semblent résulter d'une réactivation de failles normales du Crétacé inférieur.

Sur le méridien de Lannemezan se produit une modification du style de la déformation des séries sud-aquitaines avec notamment un ennoyage axial vers l'ouest de l'anticlinal de Montastruc-Bonrepos au droit d'une zone de faille transverse N.NE-S.SW.

Cette zone correspond à la bordure occidentale d'un bassin crétacé très subsident, le bassin de Tarbes (14). L'inversion tectonique de ce bassin au cours du Tertiaire a engendré le développement d'un synclinal de direction pyrénéenne dans l'axe duquel la base du Tertiaire se retrouve à une profondeur de plus de 3000 m (région de Tarbes). Ce synclinal montre une nette dissymétrie puisque son flanc méridional est subvertical (région d'Ossun-Tournay) tandis que son flanc nord est plus faiblement incliné vers le Sud. Sur le flanc sud, la base du Tertiaire arrive à l'affleurement. Au Nord de l'axe synclinal se développe le système d'anticlinaux d'Antin-Maubourguet (13).

Ces anticlinaux faillés de direction N130 résultent également d'une inversion tectonique de rides salifères du Crétacé inférieur alignées sur la bordure faillée du bassin de Tarbes.

Vers l'Ouest, le synclinal de Tarbes est limité par un système de failles transverses NS à NW-SE plus ou moins discontinues qui séparaient les bassins subsidents de Tarbes (14) et d'Arzacq (27) au Crétacé inférieur. Il s'agit de la faille NS du Seron qui se prolonge vers le Nord-Ouest par l'accident du Larcis jusqu'à la terminaison orientale de l'anticlinal d'Audignon (15). Ces failles à fort pendage vers l'Ouest ou le Sud-Ouest ont été reprises lors de la compression tertiaire avec un jeu à la fois inverse et décrochant sénestre qui n'affecte la base des terrains tertiaires que d'un rejet modeste.

A l'Ouest de cette zone faillée, plusieurs grandes structures anticlinales et synclinales se succèdent du Sud au Nord :

- Le synclinal de Rousse (29)-Orriule est un grand pli étroit de direction NW-SE, déversé vers le Nord, allongé entre deux branches du chevauchement frontal nord-pyrénéen disposées en relais : au Sud, le chevauchement d'Oloron-St-Palais qui est le prolongement du chevauchement du Front Nord-Pyrénéen d'Ossun et s'amortit vers l'Ouest dans l'axe du Labourd, et au Nord, le chevauchement de Ste-Suzanne qui se développe et arrive à l'affleurement vers l'Ouest tandis qu'il devient aveugle et s'amortit vers l'Est dans l'anticlinal de Pau (26). La base du Tertiaire affleure le long du flanc sud vertical du synclinal et atteint une profondeur de plus de 2000 m sur son axe.
- L'anticlinal complexe de Pau (26) de direction E-W correspond à un anticlinal de rampe sur le chevauchement aveugle de Ste-Suzanne dans la zone d'amortissement. La base du Tertiaire culmine vers - 1100 m dans sa partie axiale.
- Le synclinal de Morlaas (28) correspond à l'extrémité sud-est du synclinal d'Arzacq (27) et coïncide avec l'axe de subsidence du bassin crétacé inférieur d'Arzacq. La série tertiaire préservée dans ce synclinal présente plus de 2500 m d'épaisseur.
- Le dôme anticlinal de Lacq de grand axe W.NW-E.SE, se développe au front du chevauchement de Ste-Suzanne. Il s'agit d'une structure positive dont l'histoire complexe a débuté dès le Crétacé inférieur sur la bordure sud-ouest du bassin d'Arzacq (27). Elle provoque une remontée de la base du tertiaire vers - 1000 m.
- Le synclinal d'Arzacq (27) proprement dit, se dessine au Nord de l'anticlinal de Lacq. Il rejoint vers le Sud-Est le synclinal de Morlaas (28) et s'engage vers l'Ouest sous le chevauchement frontal de Ste-Suzanne et du Bas-Adour. Dans l'axe du synclinal - qui coïncide sensiblement avec l'axe de subsidence du bassin crétacé - l'épaisseur de la série tertiaire atteint plus de 3000 m voire plus de 4000 m au droit du front de chevauchement nord-pyrénéen.

- Le synclinal d'Arzacq (27) est limité au Nord par plusieurs structures anticlinales qui coïncident pour la plupart avec d'anciennes rides salifères situées sur les bordures faillées du bassin crétacé d'Arzacq. Au Nord-Est, l'anticlinal de Garlin (30) de direction W.NW-E.SE, provoque la remontée de la base du Tertiaire vers - 800 m. Au Nord, celle-ci affleure sur les flancs de l'anticlinal d'Audignon. Le flanc nord de cet anticlinal E-W dissymétrique est très fortement incliné et recoupé par une faille inverse.

Vers l'Ouest, au front de l'avancée que dessinent les massifs basques, la structure de l'avant-pays sud-aquitain devient plus complexe. Elle se caractérise notamment par des structures diapiriques et des dômes anticlinaux dont certains s'alignent sur un axe transverse N.NE-S.SW sur le tracé de la faille de Pampelune : dôme de St-Lon (24), diapirs perçants de Bénésse-St-Pandelon (22), de Dax (21) et de Téthieu (19). Cette zone correspond sensiblement à la bordure ouest du bassin d'Arzacq. A l'Est de cet axe, la couverture dessine plusieurs plis anticlinaux-synclinaux entre le synclinal d'Arzacq (27) et les anticlinaux d'Audignon (15) et de Louer (18) :

- l'anticlinal de Clermont qui s'ennoie rapidement vers l'Est, dans le prolongement de la ride de Tercis (23)-Bénésse,
- le synclinal de Hinx (20) de forme très accusée (base tertiaire à - 3000 m),
- l'anticlinal NW-SE de Donzacq dont l'extrémité sud-est est marquée par l'intrusion du diapir de Bastennes-Gaujacq (17) de forme extravasée ;
- le synclinal du Louts (16) qui est relativement peu marqué, dans l'axe duquel l'altitude de la base du Tertiaire dépasse quelque peu 1000 m.

A l'Ouest de l'axe des diapirs, la couverture méso-cénozoïque dessine une succession de plis E-W, droits ou faiblement déversés vers le Nord qui participent à l'amortissement progressif de la déformation pyrénéenne dans la couverture sud-aquitaine. Il s'agit, du Sud au Nord, des anticlinaux de St-Lon (24)-Saubrigues, de Tercis (23)-St-Vincent, de Sébastopol-Soustons et de Magescq (31)-Moliets.

D'importantes dynamiques diapiriques de sel triasique se produisent au coeur de ces anticlinaux. Le noyau triasique ne perce à l'affleurement que dans le pli de Tercis tandis qu'il reste sous couverture plus ou moins épaisse dans les autres structures (200 m à Magescq, 1500 m à Sébastopol et de l'ordre de 3000 m à St-Lon). Ces plis anticlinaux résultent d'une inversion tectonique de paléofailles normales du Crétacé inférieur lors de la compression pyrénéenne. La base du Tertiaire arrive à l'affleurement sur les anticlinaux de St-Lons (24) et de Tercis (23), se trouve à des altitudes de - 200 m et - 800 m dans l'axe de ceux de Magescq (31) et Sébastopol. Ces anticlinaux séparés par des synclinaux relativement accusés au niveau desquels l'épaisseur des dépôts tertiaires dépasse 2000 m voire 2500 m (synclinal de St-Géours (25)).

Dans cette partie occidentale de la bordure sud-aquitaine les anticlinaux de Magescq (31) et d'Audignon (15) sont considérés comme les plis pyrénéens majeurs les plus externes. Le domaine situé immédiatement au Nord de ces anticlinaux comme celui situé au Nord des anticlinaux d'Antin-Maubourguet, est relativement peu déformé et assure ainsi la transition entre l'avant-pays pyrénéen et la plate-forme "stable" nord-aquitaine. Il se caractérise au Sud par une structure synclinoriale qui s'allonge au Nord des anticlinaux cités. La base du Tertiaire se trouve alors entre - 1500 et - 2000 m, ou au-delà de - 2000 m dans les synclinaux de St-Sever et de St-Michel. Au Nord se dessinent plusieurs structures anticlinales W.NW-E.SE qui s'alignent, pour la plupart dans le prolongement de l'anticlinal de St-Médard (10)-Puymaurin. Il s'agit des anticlinaux de Riscle (32), de Lussagnet (33) et de Campagne-Mont-de-Marsan (34). L'anticlinal de Nogaro se trouve quant à lui légèrement décalé au NE de celui de Lussagnet. La base du Tertiaire se trouve entre -750 et -1000 m dans l'axe de ces anticlinaux.

D'une manière générale, on observe dans cette zone un approfondissement de la base du Tertiaire vers l'Ouest.

Au Nord de ce domaine de transition, la série tertiaire s'amincit à moins de 1000 m à la faveur d'une grande structure anticlinoriale W.NW-E.SE qui se prolonge depuis la région de Carcassonne jusque dans les Landes.

Dans le détail cette structure générale présente des complications locales comme dans la zone faillée de Muret (11) et la zone des plis et failles de Roquefort (35), Créon-d'Armagnac (36), Barbotan (37) et Castéra-Verduzan (38) où le Crétacé arrive à l'affleurement. Les données disponibles, ne permettent pas de fournir une image précise de la structure de la base du Tertiaire au Nord de cette structure anticlinoriale.

5. Modélisation géométrique des interfaces

Cette modélisation comprend 2 volets :

- la réalisation de cartes du mur, de l'épaisseur et du toit de chaque aquifère. Ces cartes sont établies à partir d'un interpolateur géostatistique prenant en compte les failles ainsi que les corrélations spatiales des variables cartographiées,
- la restitution en 3 dimensions d'une surface de référence : le mur du Dano-Paléocène.

5.1 CONSTRUCTION DES TOITS ET MURS DES AQUIFERES PAR INTERPOLATION GEOSTATISTIQUE

Ce mode de construction informatisé consiste à calculer la variable d'étude, la cote du mur par exemple, aux noeuds d'une grille régulière couvrant le domaine. Le choix de la méthode de calcul de la grille a été porté sur une interpolation par géostatistique. En effet la méthode d'interpolation proposée par la géostatistique offre l'avantage de prendre en compte la structure spatiale du phénomène étudié: directions principales, anisotropies, degré de corrélation d'un phénomène d'un point à un autre. De plus elle fournit une mesure de l'erreur d'interpolation et donc de la précision du modèle. Le lecteur non familier à ces techniques trouvera en annexe un bref descriptif de la méthode. Nous ne donnerons dans le texte que le mode opératoire des traitements effectués ainsi que les résultats obtenus.

La construction des toits, murs et épaisseurs est menée de façon différente selon les formations considérées.

Pour les aquifères du Dano-Paléocène, du Sénonien supérieur, et du Sénonien inférieur + Céno-mano-Turonien, on construit d'abord tous les murs. Une surface de référence correspondant au mur du Dano Paléocène a été construite manuellement à l'aide de toutes les informations disponibles (forages, coupes sismiques). Cette surface étant ainsi relativement bien connue, on peut l'utiliser pour interpoler les murs des deux autres aquifères en supposant qu'ils sont sensiblement parallèles à celui du Dano-Paléocène puisque l'essentiel de la déformation pyrénéenne s'est produit après le Dano-Paléocène. Pour ceci on calcule au droit des sondages les différences entre le mur du Dano-Paléocène et le mur des 2 autres aquifères. Cette différence est ensuite interpolée aux noeuds d'une grille régulière. Puis cette différence est soustraite de la carte du mur du Dano-Paléocène pour obtenir le mur des autres aquifères.

Pour les aquifères situés au-dessus du Dano-Paléocène, du fait de l'amortissement progressif des déformations synsédimentaires à partir de l'Eocène inférieur et, corrélativement, du comblement progressif des bassins, il est préférable de ne pas imposer de contrainte de pseudo-parallélisme. Les murs des formations sont interpolés directement à partir des données seules des forages, sans prendre en compte la géométrie du mur du Dano-Paléocène.

Parallèlement on étudie les épaisseurs des formations aquifères. Le toit est ensuite obtenu indirectement par l'opération toit = mur + épaisseur.

L'avantage de travailler sur les variables mur et épaisseur plutôt que sur les variables toit et mur réside dans le fait que bien souvent la variable épaisseur est plus régulière que les variables toit et mur. De plus la carte des épaisseurs (isopaques) peut être obtenue directement, et offre l'avantage essentiel de rendre beaucoup mieux visibles d'éventuelles anomalies dans les données.

Le travail réalisé comprend les étapes suivantes :

1. Analyse statistique des données

Cela consiste à construire les histogrammes des cotes des murs et des épaisseurs mesurées sur sondages, ainsi qu'à calculer moyenne et écart-type de ces grandeurs. L'histogramme, combiné à la carte des données, permet de localiser rapidement les valeurs extrêmes, en particulier les fortes épaisseurs. Les points suspects sont transmis au géologue qui si nécessaire corrige les éventuelles erreurs d'interprétation ou de saisie des données.

Le tableau ci-dessous indique les principaux résultats statistiques concernant les épaisseurs et les murs des horizons modélisés.

aquifère	nombre de données	min. (m)	max. (m)	moyenne (m)	écart-type (m)
miocène	145	-547	156	-44.8	117
oligocène	139	-1460	306	-158	256
éocène moyen	30	-960	332	-430	343
sables infra-molassiques	280	-1576	235	-426	445
éocène inférieur	189	-1951	216	-734	510
dano-paléocène	239	-2923	225	-1189	622
sénonien supérieur	168	-3579	304	-1224	747
ensemble sénonien inférieur + cénomano-turonien	199	-4851	151	-1751	890

Tableau 4: Statistiques de base sur les cotes des murs des aquifères

aquifère	nombre de données	min. (m)	max. (m)	moyenne (m)	écart-type (m)
miocène	144	2	282	58.6	59
oligocène	139	1	443	72	88
éocène moyen	30	7	221	71	59
sables infra-molassiques	280	1	193	58	44
éocène inférieur	189	5	337	76	60
dano-paléocène	239	2	504	165	126
sénonien supérieur	168	4	649	163	113
ensemble sénonien inférieur + cénomano-turonien	199	19	1226	268	226

Tableau 5: Statistiques de base sur les épaisseurs des aquifères

2. Définition des limites des aquifères

Ces limites sont les limites d'extension des zones aquifères d'une formation donnée. Elles peuvent correspondre soit à un affleurement, soit à une limite d'extension proprement dite : la formation disparaît ou bien existe mais est non aquifère. Les limites d'extension sont matérialisées par des polygones fermés à l'intérieur desquels la formation est considérée comme aquifère. Il peut exister des trous à l'intérieur d'un polygone, correspondant à des zones où l'aquifère disparaît. Il s'agit en général de coeurs d'anticlinaux où le mur arrive à l'affleurement, ou encore de diapirs ayant percé les formations. Au niveau de l'interpolation, on utilise les limites des aquifères pour construire un "masque d'interpolation" : il s'agit d'une grille identique à la grille d'interpolation. Chaque noeud se voit attribuer un code différent selon qu'il se situe dans la formation aquifère ou en dehors. Les noeuds situés en dehors ne seront pas considérés au moment de l'interpolation et du tracé des cartes.

3. Prise en compte des affleurements

Les contours d'affleurement du mur sont des points de contrôle supplémentaire puisqu'en ces points on connaît la cote du mur, qui correspond à la cote topographique. Dans le cadre de cette étude, nous avons identifié les limites correspondant aux affleurements, échantillonné des points le long de ces limites, puis interpolé la cote topographique Z en ces points à partir du module numérique de terrain de l'IGN. Ceci a été fait pour chaque formation arrivant à l'affleurement. Les points supplémentaires obtenus ainsi ont été ajoutés aux données des sondages et utilisés pour l'interpolation des murs.

4. Prise en compte des failles

Les failles affectent tous les aquifères, sauf celui du Miocène. Les failles ont été prises en compte pour l'interpolation de la cote du mur des aquifères, et pour le tracé des cartes des toits et des murs.

Les failles n'ont en revanche pas été prises en compte pour l'étude des épaisseurs. Cette approximation revient à considérer que les failles n'ont pas contrôlé de façon significative les épaisseurs des sédiments. Si cela est probablement justifié au nord du domaine, c'est par contre plus discutable, voire erroné pour la bordure sud-aquitaine. En effet, certaines failles ont largement contrôlé la sédimentation. Malheureusement, nous ne disposons pas de données suffisamment précises pour caractériser le fonctionnement des différences synsédimentaires à différents stades de l'évolution structurale. Nous avons donc choisi de ne prendre en compte aucune faille pour l'interpolation des épaisseurs. C'est pourquoi on peut observer sur certaines cartes isopaques de forts gradients au droit de failles synsédimentaires probables.

5. Analyse géostatistique

Cette analyse consiste à calculer les variogrammes des épaisseurs et des murs des formations, puis à ajuster les courbes expérimentales par un modèle théorique qui servira au calcul de la fonction d'interpolation.

Les variogrammes des cotes des murs sont donnés figure 19. Le modèle ajusté correspond à la courbe continue. L'équation de chaque modèle est donnée dans chaque figure par une expression de la forme $g(h) = P + C \text{ Sph}(a)$ ou $g(h) = P + k h^a$, où:

$g(h)$	est la valeur du modèle ajusté au variogramme à la distance h
P	représente l'effet de pépité (discontinuité à l'origine du variogramme)
$C \text{ Sph}(a)$	représente une composante sphérique ¹ d'amplitude C et de portée a . La portée a représente la distance à partir de laquelle on observe un palier.
$k h^a$	représente un modèle puissance de coefficient k et de puissance a . Si $a=1$, c'est un modèle linéaire de pente k

¹Une composante sphérique est un polynôme de degré 3 qui a comme expression :

$g(h) = (3/2 d - 1/2 d^3)$ si $d \leq 1$, et $g(h) = 1$ si $d \geq 1$, avec $a =$ portée et $d = h/a$

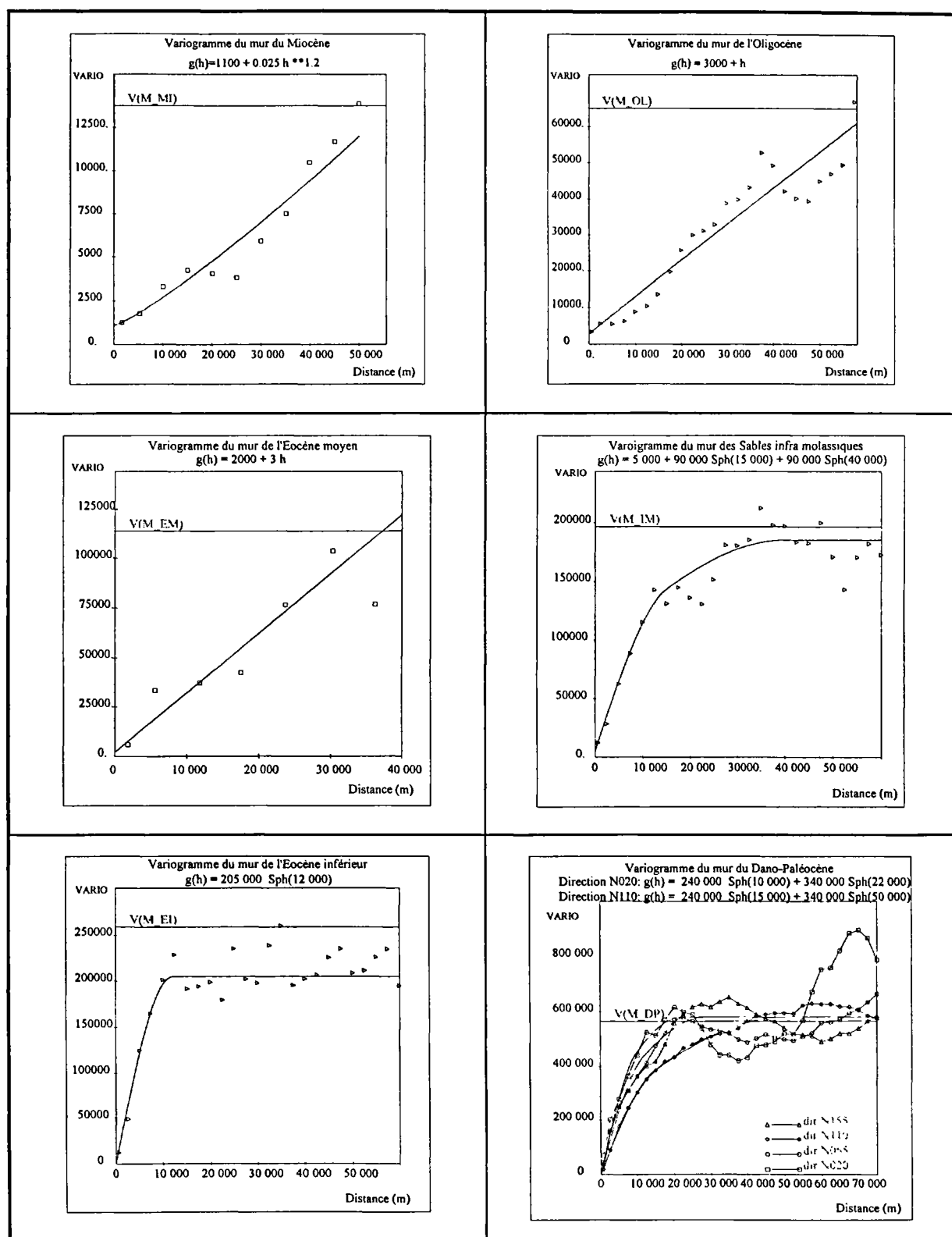


Figure 19 : Variogrammes des cotes des murs des aquifères

Les variogrammes des cotes des murs montrent des comportements linéaires ou en $k h^a$ pour les 3 aquifères supérieurs, ce qui traduit une certaine dérive (fig. 19). Ensuite, pour les aquifères suivants, on observe un comportement différent avec un palier et une portée. Le variogramme de la cote du mur du Dano-Paléocène, calculé à partir de courbes isovaleurs digitalisées, montre une anisotropie de direction principale N110°, qui traduit bien l'axe du bassin : les portées observées dans cette direction sont plus grandes.

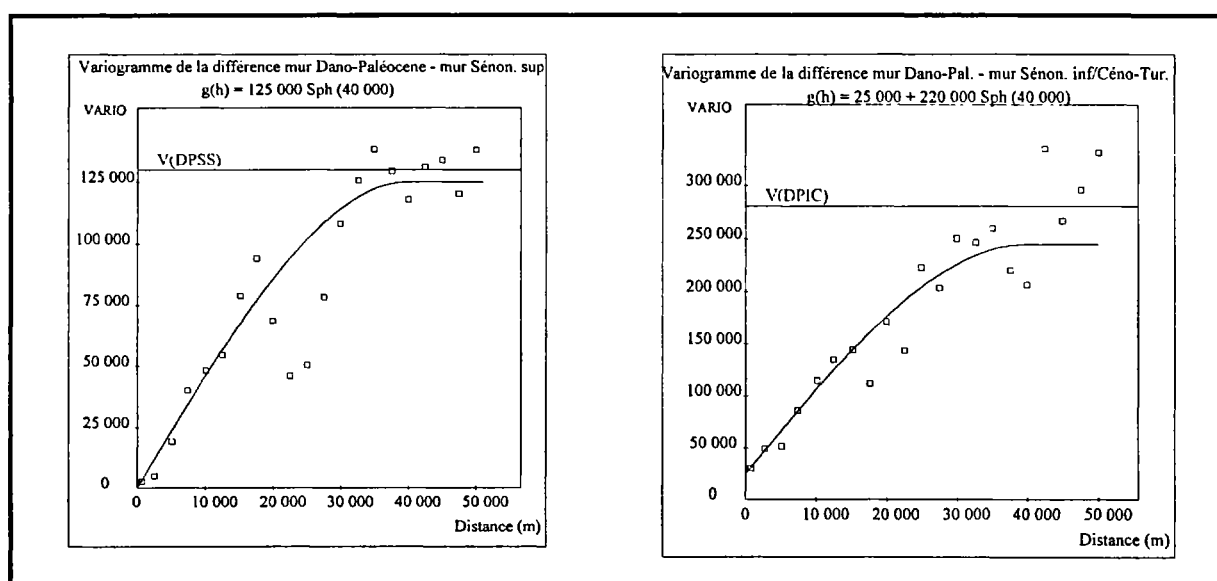


Figure 20 : Variogrammes des différences entre cote du mur du Dano-Paléocène et cotes des murs des aquifères sous-jacents

Les variogrammes des différences entre mur du Dano-Paléocène et murs des aquifères inférieurs (fig. 20) montrent une bonne structuration des variables différences, avec une portée de 40 km environ. Toutefois, on remarque l'apparition d'un effet de pépite dans le variogramme de la différence Dano-Paléocène / Sénonien Inf.+Céno-Turonien, qui traduit des variations locales (peut-être dues aux failles synsédimentaires non prises en compte dans le calcul).

En ce qui concerne les variogrammes des épaisseurs des formations, on note également que la variabilité à l'origine (effet de pépite) devient plus importante pour les 2 aquifères inférieurs (fig. 21).

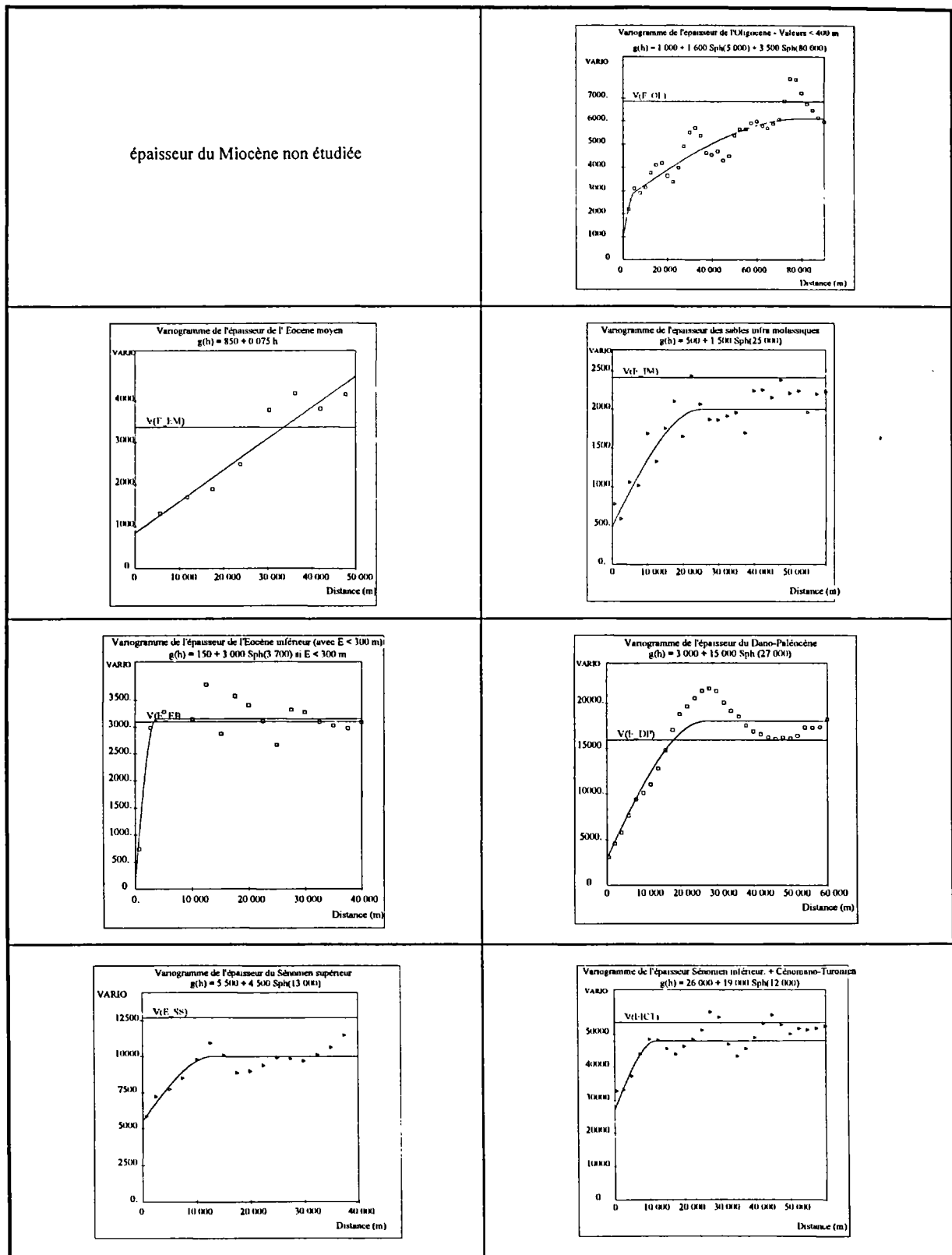


Figure 21: Variogrammes des épaisseurs des aquifères

6. Interpolation des épaisseurs et des murs

L'interpolation est réalisée aux noeuds d'une grille choisie suffisamment fine pour bien reproduire les limites des aquifères, les trous à l'intérieur de ces limites, et les compartiments créés par les failles.

Les caractéristiques de la grille d'interpolation sont les suivantes :

Origine : X = 280 km (Lambert III)

Y = 3050 km

maille DX = DY = 2 km

Nombre de noeuds : NX = 193 ; NY = 118

L'interpolation est réalisée par krigeage, ce qui signifie que la fonction d'interpolation prend en compte le variogramme ajusté pour chaque variable et chaque formation. Pour l'interpolation du mur, les failles sont prises en compte comme des discontinuités. Par contre, les failles ne sont pas prises en compte pour l'interpolation des épaisseurs, comme expliqué précédemment.

Enfin, pour estimer un noeud de grille, on va rechercher les informations (sondages, points d'affleurement) dans une région de 50 km autour du noeud. Ce voisinage est relativement grand mais est nécessaire dans les zones à faible densité d'information. Dans la plupart des cas, on dispose de suffisamment d'informations à distance beaucoup plus faible pour réaliser l'interpolation.

7. Calcul du toit des aquifères

La calcul est effectué simplement par l'addition des 2 variables interpolées :

toit = mur + épaisseur

8. Contrôle de cohérence

L'examen des anomalies sur les cartes permet de détecter des erreurs de saisie ou d'interprétation des données des forages. Il faut alors corriger ces erreurs et reprendre totalement ou partiellement les phases 1 à 7 pour obtenir de nouvelles cartes, et ceci plusieurs fois si nécessaire.

9. Tracé des cartes

Le tracé des cartes ne pose pas de problème spécifique si ce n'est le choix de l'échelle et le choix des palettes de couleur. Pour ce dernier problème, nous avons séparé les trois derniers aquifères (Dano-Paléocène, Sénonien supérieur et inférieur) des autres, afin d'obtenir des gammes de couleur mettant correctement en évidence les variations de cote ou d'épaisseur.

Toutes les cartes sont fournies en annexe, figures 9 à 30

5.2. RESTITUTION EN 3 DIMENSIONS DU MUR DU DANO-PALEOCENE

Cette modélisation surfacique 3D a été réalisée à l'aide du logiciel de CAO STRIM (MatraDatavision).

Ce logiciel a été utilisé à divers stades de l'étude.

1. Validation des données de forages

Les points représentant les intersections des toits et des murs des aquifères le long des sondages ont été chargés dans le logiciel. Leur visualisation dans l'espace a permis de contrôler l'absence de valeurs aberrantes que ce soit en localisation géographique ou selon l'axe vertical.

2. Validation du schéma structural

Pour ce faire, les surfaces du réseau des failles ont été construites en prenant en compte les pendages lorsqu'il étaient connus (par défaut, les failles ont été considérées comme verticales).

La visualisation couplée des failles et des données de forages permet de contrôler que les points d'un toit ou d'un mur forment des ensembles homogènes dans les panneaux limités par les failles.

3. Modélisation surfacique du mur du Dano-Paléocène

Cette modélisation s'est appuyée sur l'ensemble des données disponibles :
Une vue du modèle est fournie en annexe.

- points issus des forages
- réseau de failles
- isohypses
- contours des affleurements
- limites de l'emprise
- grille géostatistique

Il est théoriquement possible de construire des surfaces avec les points des forages. Il s'avère cependant qu'il est généralement préférable d'utiliser une grille régulière de points. Cela présente en effet l'avantage de disposer d'un semis de point répartis de façon homogène alors que les données de forages ne le sont que très rarement.

A cet effet, la grille issue de l'interpolation géostatistique a été chargée dans le logiciel STRIM.

Les isohypses du schéma structural ont également été utilisées d'une part dans des zones restreintes limitées par des failles où le nombre de points de la grille était insuffisant, d'autre part pour contrôler la forme des surfaces construites (comparaison entre les isohypses du schéma structural et les isohypses issues des surfaces).

Enfin, le calcul des distances entre les points des forages et les surfaces a permis de recaler localement les surfaces.

6. Propositions concernant l'introduction de nouvelles données dans le modèle géologique

Afin de conserver dans l'avenir sa cohérence au modèle géologique, sans pour autant lui ôter la possibilité d'une mise à jour efficace, il semble judicieux de créer une instance susceptible d'analyser, de filtrer et de valider tant l'acquisition de nouvelles données que l'évolution du concept géologique .

6.1. VALIDATION DE NOUVELLES DONNEES

L'intégration des résultats de nouveaux sondages au fichier des systèmes aquifères ou les modifications apportées aux valeurs déjà consignées pourraient être soumises à un comité de suivi du modèle géologique, garant de la cohérence de celui-ci. Ce comité déciderait alors des additions, des modifications ou des pondérations à apporter au fichier pour ensuite réactualiser le modèle .

6.2. AUTRES DOMAINES D'INTERVENTIONS POSSIBLES

Le comité de suivi pourrait aussi intervenir au niveau de la programmation technique de forages susceptibles de traverser certains aquifères et de proposer des opérations particulières visant à mieux connaître le support de l'aquifère ou l'aquifère lui-même (échantillonnages en vue d'analyses à but stratigraphique, diagraphies, pompages sélectifs...) .

7 Concept hydrogéochimique et isotopique

Réalisé par l'Institut Environnement Géodynamique Imagerie et Développement (EGID)
de l'Université Bordeaux III



SCIENCES — INGENIERIE
DES GEORESSOURCES DE L'EAU
DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'IMAGE
MILIEU POREUX — TELEDETECTION

auteurs : **L. CHERY (BRGM), M. FRANSCESCHI (EGID)**

7 Concept hydrogéochimique et isotopique

7.1 - INTRODUCTION

L'utilisation des données géochimiques des eaux souterraines (éléments majeurs) peut s'effectuer pour les nappes profondes à partir de quelques règles simples proposées par H. SCHOELLER pour les bassins sédimentaires :

- toutes les eaux d'une même région géographique se ressemblent,
- on peut cependant distinguer des provinces différentes,
- les eaux des nappes profondes (prélevées in-situ) sont en équilibre avec les minéraux de l'aquifère qui les contient,
- sachant la prédominance des roches carbonatées (en bassin sédimentaire), le faciès bicarbonaté-calcique est le faciès le plus représenté,
- des faciès chimiques différents sont à interpréter comme devant être reliés à des provinces sédimentaires différentes et/ou à des anomalies locales,
- les eaux souterraines d'origine profonde ont des faciès stables dans le temps et peu influencés par l'exploitation sauf aux voisinages des émergences naturelles où l'on observe souvent des mélanges,
- l'ion chlorure constitue souvent un traceur naturel, mais le faciès chimique est pratiquement fixé dès l'origine,
- les phénomènes fondamentaux qui peuvent modifier les faciès lors de l'écoulement souterrain profond sont :
 - la dissolution de sels solubles non contrôlée par le système carbonaté (SO_4Ca et NaCl par exemple),
 - l'échange de "base" $\text{Na}-(\text{Ca},\text{Mg})$,
 - la bioréduction des sulfates.

L'intérêt des isotopes de l'environnement peut être résumé ainsi :

- l'oxygène 18 et le deutérium permettent de bien clarifier les groupements par une analyse comparative de l'ensemble des données disponibles sur la zone d'étude, de mettre en évidence l'origine paléoclimatique des eaux. Il est possible de préciser l'altitude moyenne de l'aire d'alimentation d'un aquifère à partir des teneurs en oxygène 18 et deutérium, mais cela suppose que l'on connaisse régionalement les gradients isotopiques, c'est à dire la baisse des teneurs dans les pluies en fonction de l'altitude.
- le tritium est utile pour mettre en évidence et étudier les mélanges aux émergences par apport d'eaux récentes (post-1950),
- le carbone 14 et le carbone 13 sont utilisés pour déterminer le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère. Différents modèles plus ou moins complexes permettent d'estimer le temps de résidence. Les données ne peuvent généralement être interprétées comme caractérisant un système piston à l'intérieur d'un tube de courant. Les différences observées entre les données calculées par l'hydrodynamique et celles issues du radiocarbone ont conduit certains auteurs à envisager des systèmes hydrodispersifs.

Dans le cadre du programme "Outil de gestion des systèmes aquifères du sud du Bassin Adour-Garonne", l'ensemble des résultats doit fournir un schéma explicatif de l'origine des eaux et de l'évolution de leurs caractéristiques géochimiques afin d'aider à comprendre le fonctionnement du système hydrogéologique de l'Aquitaine Occidentale.

Ce programme est mené conjointement aux actions de Service Public du BRGM relatives à la connaissance des ressources thermo-minérales du Bas-Adour "Grille qualité des eaux du bas-Adour" (Rapport BRGM R39397).

La première partie présente le programme lié à l'outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du bassin Adour Garonne et les résultats. Une interprétation sommaire de cette campagne d'acquisition de données constitue la seconde partie. En conclusion est présenté le schéma conceptuel hydrochimique qui regroupe l'ensemble des conclusions des différentes études réalisées à ce jour, dans le contexte régional.

7.2 - PROGRAMME D'ACQUISITION DES DONNEES DANS LE CADRE DE L'OUTIL DE GESTION

7.2.1 - Intérêt de l'étude

Dans le cadre du programme "outil de gestion des systèmes aquifères du sud du Bassin Adour-Garonne", l'Institut E.G.I.D- Université Bordeaux III est chargé de la partie

hydrochimique et isotopique en collaboration avec le B.R.G.M. Le but du programme est de préciser et d'approfondir l'état des connaissances sur l'hydrochimie du système du Bas-Adour.

En effet à l'issue d'une première synthèse des connaissances (cf rapport R39397), il est apparu un déficit d'information de nature chimique et isotopiques concernant les aquifères de l'Oligocène, de l'Eocène, et du Miocène et sur le fonctionnement de la nappe alluviale à Dax.

Le programme prévoyait donc :

- de nouvelles analyses chimiques et isotopiques des eaux des aquifères Miocène, Oligocène, et Eocène,
- un suivi isotopique mensuel (Tritium, Deutérium, Oxygène 18) de l'Adour à Dax et de la nappe alluviale de l'Adour en amont de Dax. Ces aquifères et l'Adour peuvent, en effet, constituer une part de la fonction d'entrée dans le fonctionnement du système hydrogéologique du Bas-Adour.
- de nouvelles analyses chimiques et isotopiques des eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques afin de compléter la connaissance géochimique de cet aquifère.

Le programme de travail établi en collaboration avec le BRGM est résumé en annexe dans le tableau A-1.

7.2.2 Résultats

Les prélèvements ont été effectués entre le 05/09/96 et le 11/10/96 par l'Institut E.G.I.D., les analyses chimiques ont été réalisées au Laboratoire d'Hydrologie et Environnement-Université Victor Ségalen Bordeaux II et les analyses isotopiques par le Centre de Recherches Géodynamiques-Université Pierre et Marie Curie Paris VI à Thonon-les-Bains.

Les résultats analytiques obtenus sont regroupés en annexe :

- tableau A-2 pour les analyses chimiques,
- tableau A-3 pour les analyses isotopiques,
- tableau A-4 pour le suivi isotopique de l'Adour à Dax et de la nappe alluviale en amont de Dax.

L'ensemble des résultats sera discuté dans la partie 7.4.

On peut déjà faire quelques remarques :

- le faciès chimique des eaux des aquifères oligocène-miocène-éocène est bicarbonaté-calcaïque, avec une faible minéralisation (conductivité inférieure à 500 $\mu\text{S/cm}$),

- les eaux des aquifères de sub-surface (Miocène-Oligocène-Eocène) montrent des valeurs en $d^{18}O$ et d^2H plus enrichies par rapport à l'ensemble des eaux, ceci traduisant une origine plus récente de ces eaux,

- les isotopes radioactifs (3H et ^{14}C) indiquent :

* un apport d'eaux actuelles (post 1950) en certains points échantillonnés (teneur en tritium de 2.8 à 10 UT). Ces résultats sont regroupés dans le tableau suivant (tab. 6):

Désignation	Commune	Aquifère	Tritium (UT)	^{14}C (pcm)
Forage Soulu	Orthevielle	Oligocène	10.2 +/- 0.5	57.6 +/- 0.6
Forage Béziat	Arue	Oligocène	6.0 +/- 0.3	53.3 +/- 0.5
Pampara	St-Paul les Dax	Miocène	2.8 +/- 0.4	39.5 +/- 0.3

Tableau 6 : Forages échantillonnés montrant des teneurs en tritium détectable

* la mise en évidence d'eaux anciennes dans les aquifères éocène et oligocène (tableau 7) :

Désignation	Commune	Aquifère	Tritium (UT)	^{14}C (pcm)	Age calculé
F2 Castaing	Monfort en Chalosse	Eocène	< 0.8	19.5 +/- 0.4	7200 +/- 1000
F Bois de Nousse	Nousse	Eocène	0.7 +/- 0.3	5.8 +/- 0.3	17300 +/- 1300
F1 petche	Pontonx sur Adour	Oligocène	0.9 +/- 0.4	10.5 +/- 0.4	12300 +/- 1100
F Bourguignon	Tartas	Oligocène	< 0.8	2.6 +/- 0.5	23800 +/- 2300
F Lalanne	Pomarez	Oligocène	0.8 +/- 0.3	3.3 +/- 0.4	21800 +/- 1800

Tableau 7 : Temps de résidence estimés pour les eaux des aquifères Eocène et Oligocène - Zone du Bas-Adour.

- les eaux échantillonnées dans l'aquifère des sables infra-molassiques sont caractérisées par des valeurs appauvries en ^{18}O et 2H , une absence de tritium détectable et de faibles activités ^{14}C qui conduisent à des temps de résidence de 17000 à 25000 ans (tableau 8).

Désignation	Commune	Aquifère	Tritium (UT)	^{14}C (pcm)	Age calculé
G-LA 1	Lamazère	Sablés infra-molassiques	< 0.8	3.6 +/- 0.2	20900 +/- 1400
F AEP	Pléhaut	Sables infra-molassiques	< 0.8	4.5 +/- 0.2	17300 +/- 1300
Nogaro 2	Nogaro	Sables infra-molassiques	< 0.8	3.3 +/- 0.2	21800 +/- 1300
LUG 57	Le Houga	Sables infra-molassiques	< 0.8	2.3 +/- 0.3	25000 +/- 1900
F AEP	Demu	Sables infra-molassiques	< 0.8	4.5 +/- 0.6	17500 +/- 1100

Tableau 8 : Temps de résidence pour les eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques. Nouvelles datations.

- le suivi de l'Adour, sur la période juillet-96-avril-97, montre quelques fluctuations liées au régime des précipitations et le signal isotopique est proche de celui de la nappe alluviale. Les teneurs en tritium dans l'Adour et la nappe alluviale sont du même ordre de grandeur (7 à 8 UT).

7.3 - INTERPRETATIONS

7.3.1. Critères chimiques

7.3.1. 1.- Aquifères oligocène-miocène et éocène, région du Bas-Adour

Les eaux de ces aquifères sont caractérisées par une faible minéralisation (conductivité inférieure à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et une température inférieure à 20°C, certaines sont influencées par les eaux de surface : présence de nitrates.

Les eaux des aquifères oligocène et miocène présentent des caractéristiques d'eaux bicarbonatés-calciques avec une séquence (figure 1) :



avec une séquence différente dans la région dacquoise (figure 2) :



ou :



Cet enrichissement en sulfates à Dax a peut-être pour origine un contact avec les émergences d'eaux profondes ; ceci serait à confirmer.

Figure 1 - Profil géochimique des eaux - Aquifère Oligocène

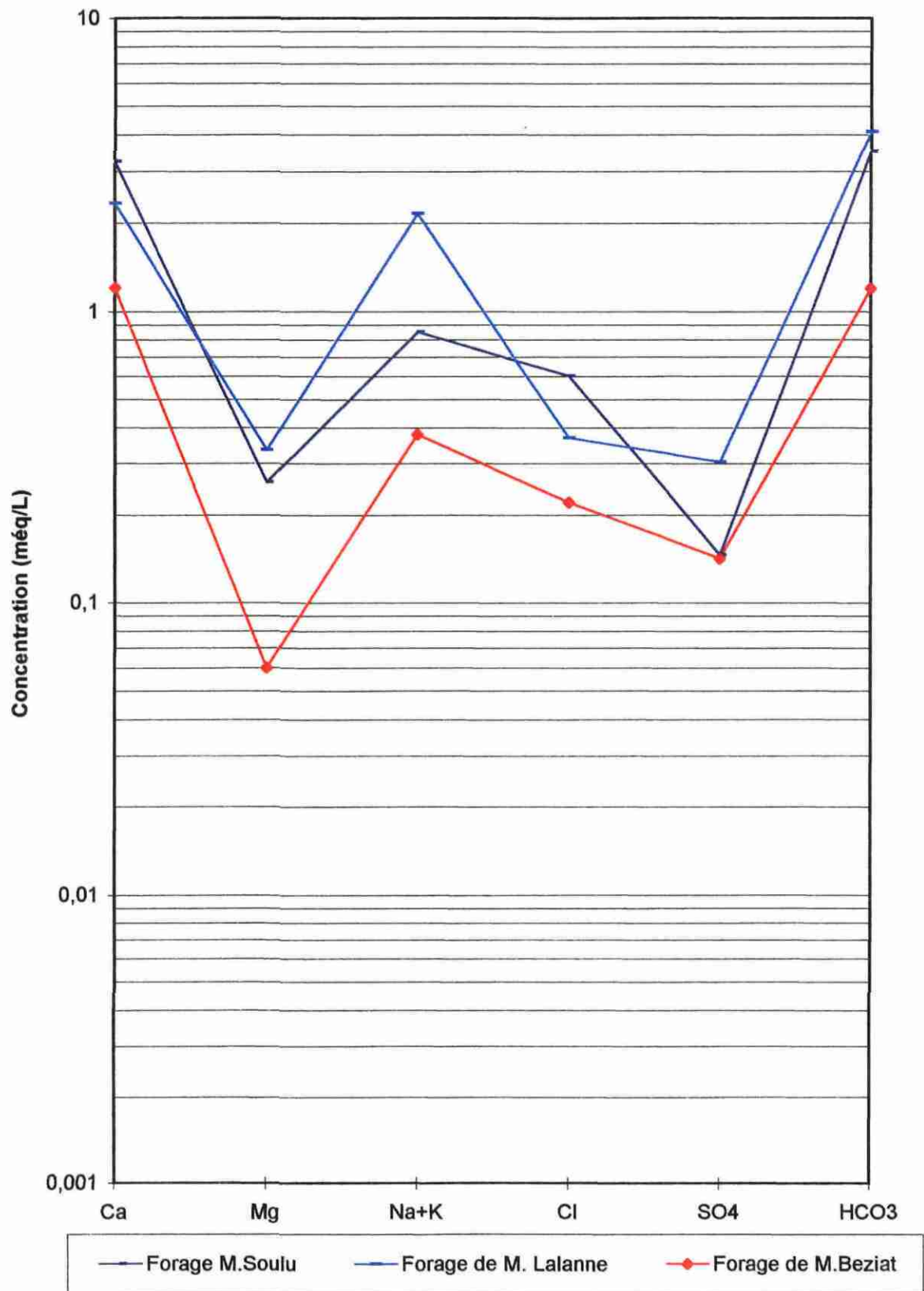
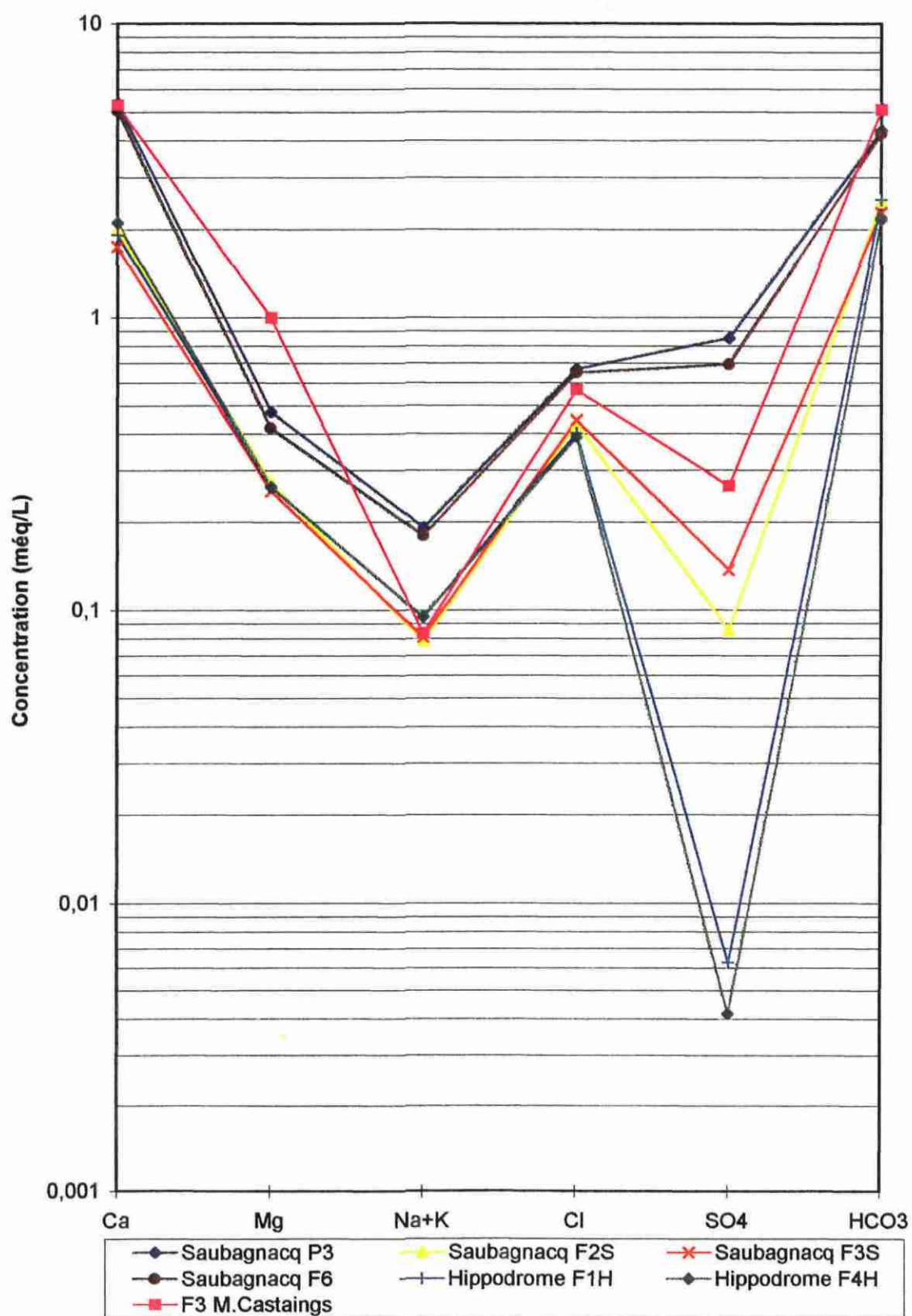
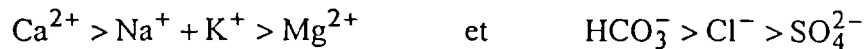


Figure 2 - Profil Géochimique - Aquifère Oligocène, région de Dax



L'Eocène montre un profil typique d'eau peu minéralisée (figure 3):



où seul les captages de Donzacq montrent un enrichissement en magnésium. On notera également un déséquilibre chlorures-alcalins parfois inversé qui traduit un échange Ca-Na qui peut être plus ou moins important localement.

7.3.1.2 - Aquifères Dano-Paléocène et Crétacé supérieur, région du Bas-Adour

Dans ces aquifères les faciès chimiques peuvent être rassemblés en 3 groupes :

- ① *un groupe caractérisé par une faible minéralisation et des températures < 20°C, avec un profil bicarbonaté-calcique typique d'un aquifère carbonaté (figure 4) :*

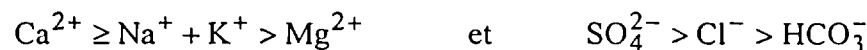


Certains points, tout en gardant un profil d'eau de sub-surface, montrent un enrichissement en magnésium (figure 5) avec un rapport Mg/Ca supérieur à 0.4 traduisant un contact avec des phases minérales porteuses de magnésium comme la dolomite et un indice de sursaturation ($\log(\text{IAP/Ks})$) par rapport à la dolomite supérieur à 0.

- ② *l'ensemble des eaux "thermo-minérales" sulfatées-calciques (aquifères dano-paléocène et crétacé supérieur), (figures 6 et 7) :*

Ces eaux sont minéralisées (conductivités supérieures à 1000 $\mu\text{S/cm}$) avec des températures entre 50 et 60° C. Elles regroupent Dax, St Paul-les-Dax (SPDX), les eaux de Préchacq (Montaigne), Eugénie (Christine-Marie et Lalanne), landes de Siougos (LS), géothermie à Mont-de-Marsan (GMM).

La séquence cations-anions est :

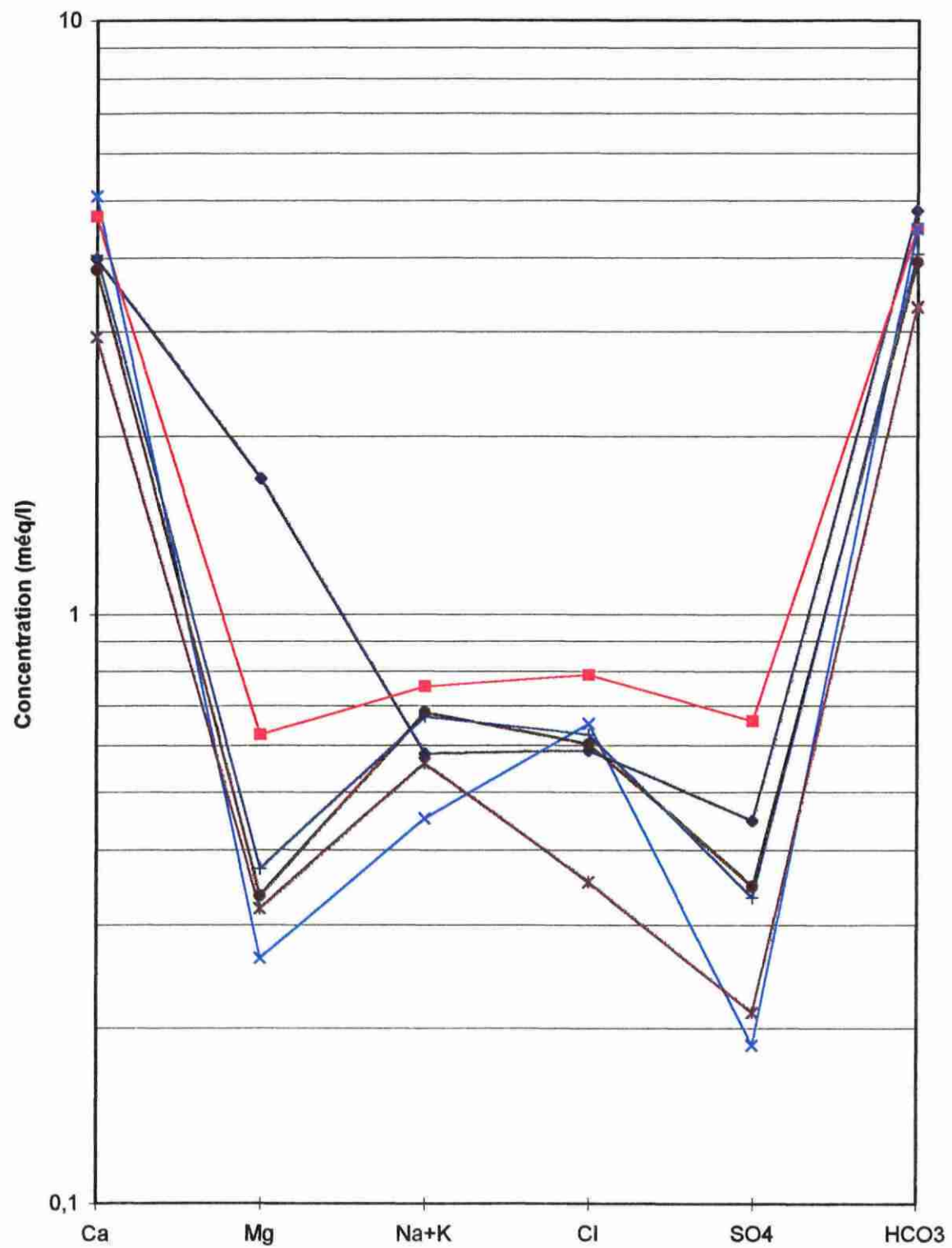


Avec un rapport Mg/Ca supérieur à 0.4 traduisant un contact avec des phases minérales porteuses de magnésium comme la dolomite.

Les eaux de Dax et de Préchacq sont enrichies en sodium et sulfates - chlorures (figure 7). Il faut également noter la similitude entre l'eau de Gourbera 1 et les eaux sulfatées-calciques de Dax.

Le calcul des indices de saturation (modèle Phreeqc 1.5) montre que les eaux sont sursaturées par rapport à la calcite et la dolomite, toujours sous-saturées par rapport au gypse, même pour les plus riches en sulfates.

Figure 3 - Profil géochimique des eaux - Aquifère Eocène



—◆— F1 Tuilerie Donzacq

—■— F2 Maillou lourquen

—×— F Cassen Nousse

—●— F1 Barthe Orist

—+— F2 Barthe Orist

—*— Bois de Nousse

Figure 4 - Dano-Paléocène et Crétacé supérieur

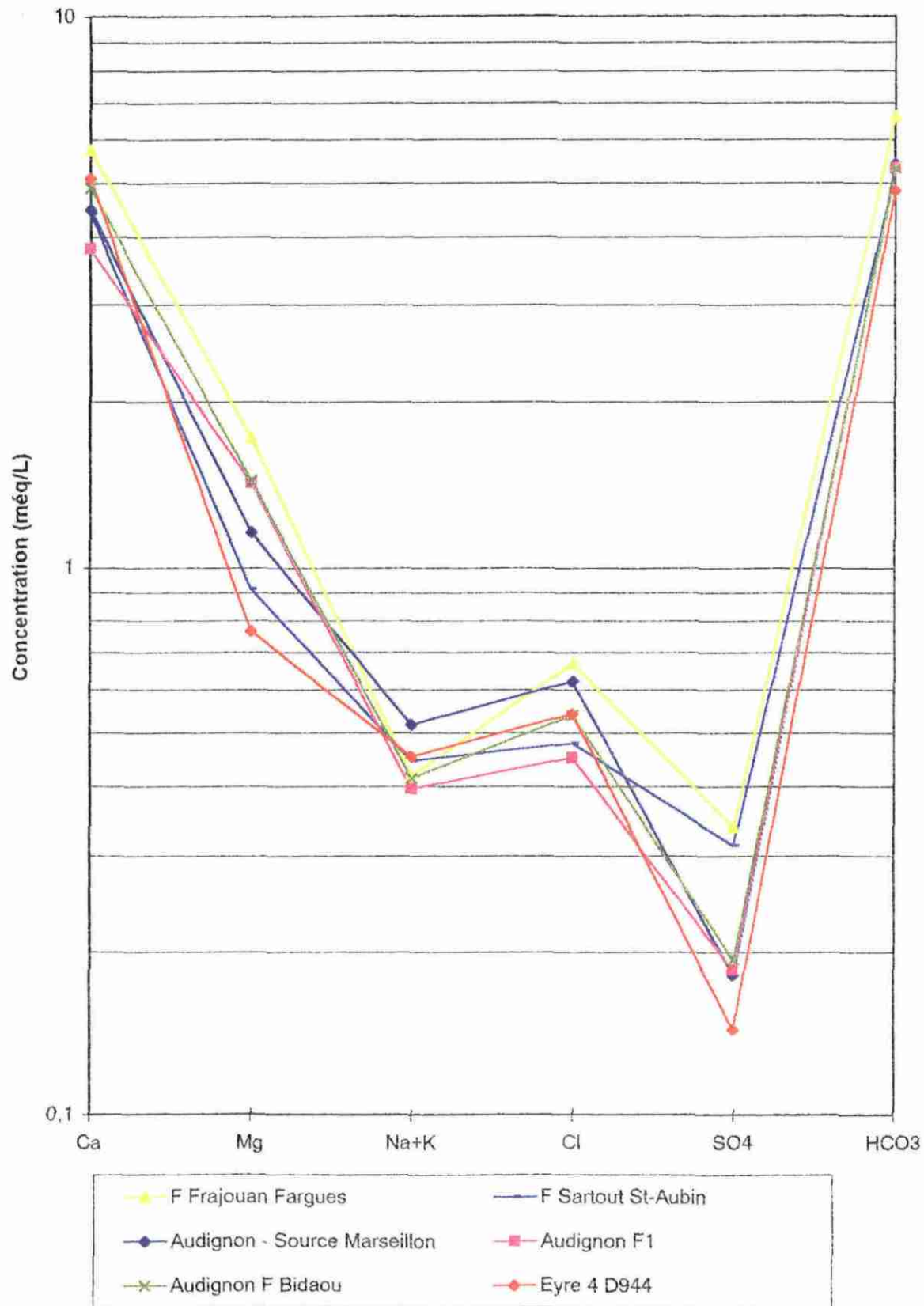


Figure 5- Dano-Paléocène et Crétacé supérieur

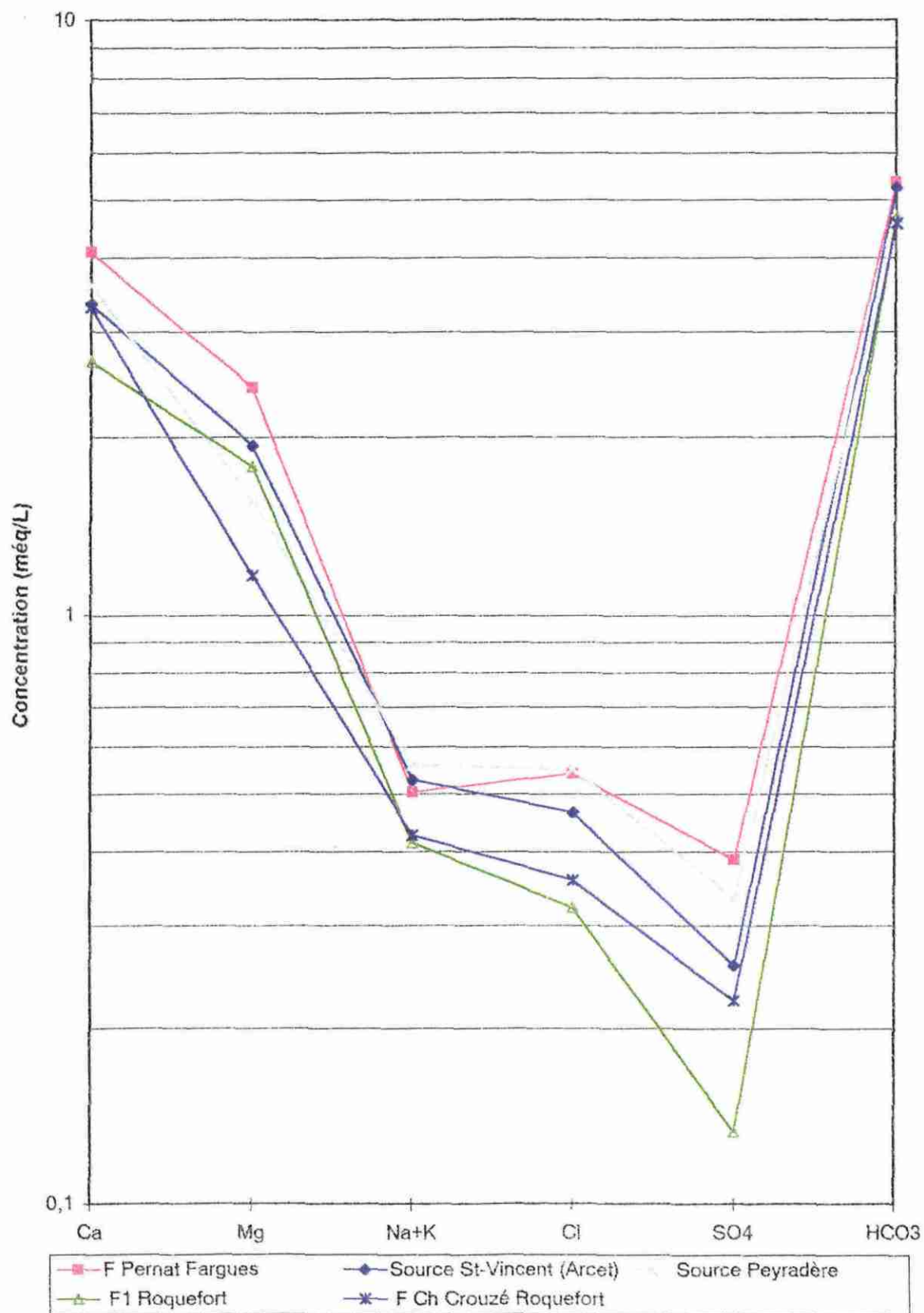


Figure 6 - Dano-Paléocène et Crétacé supérieur
Landes de Siougos

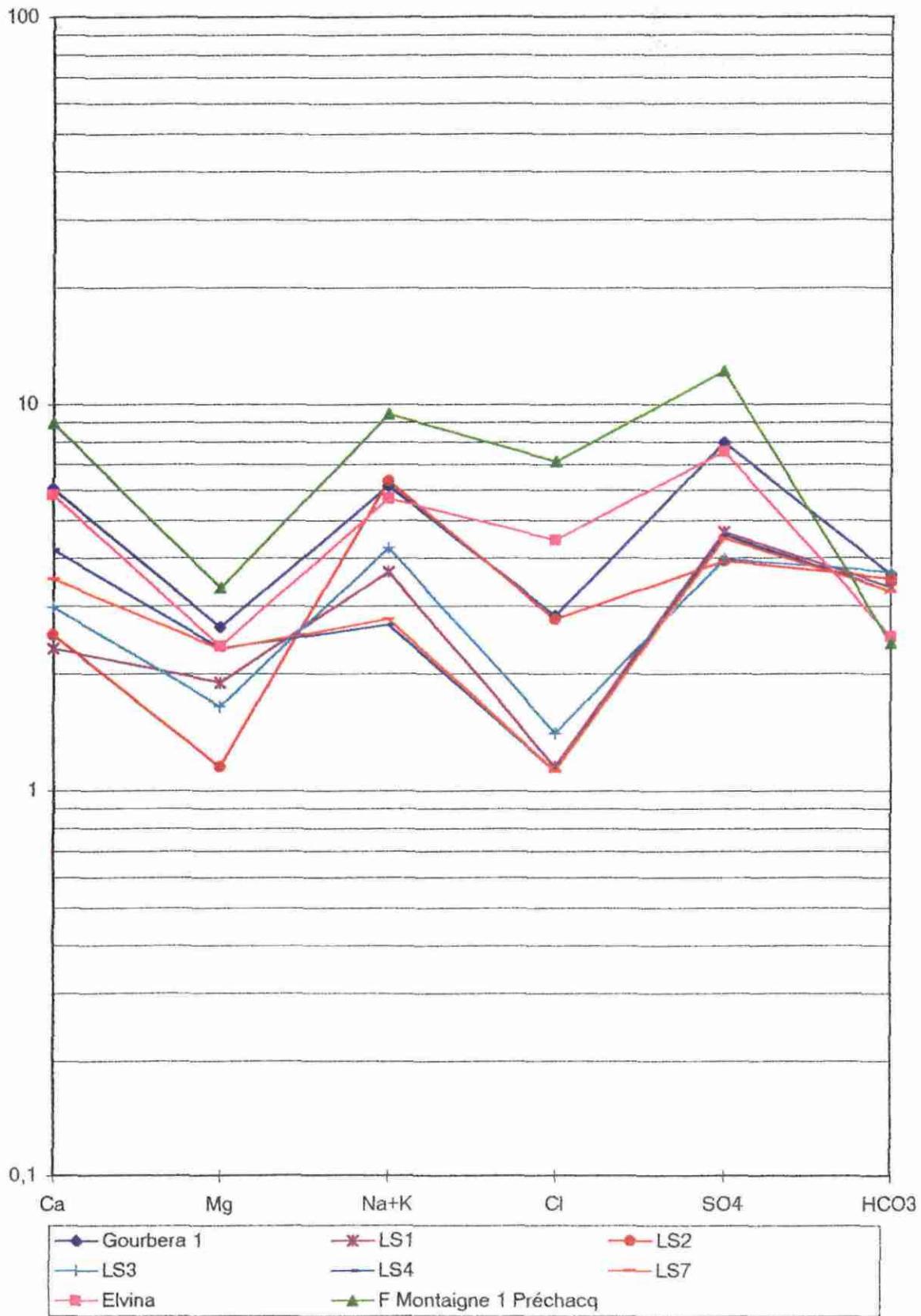
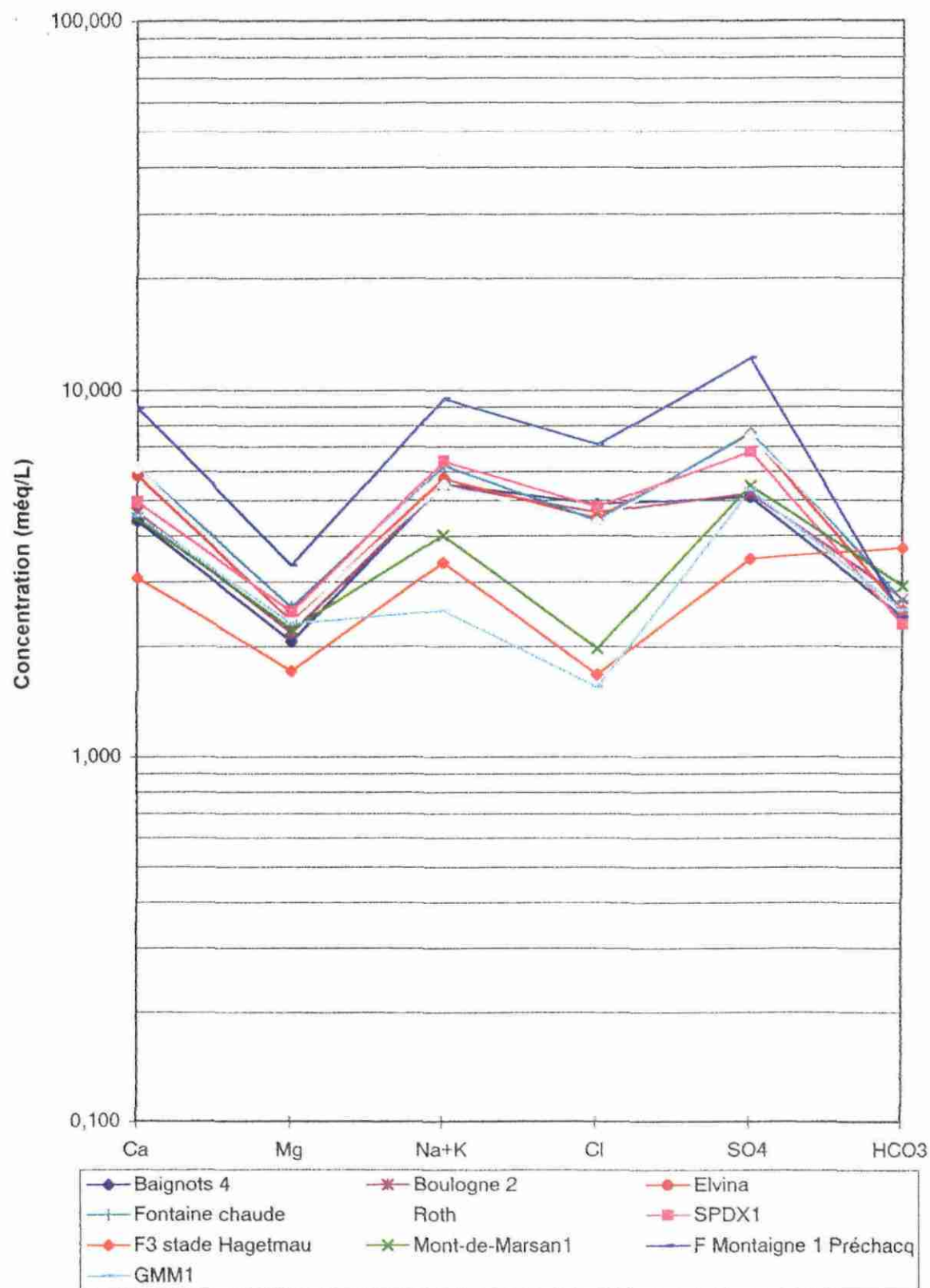


Figure 7 - Crétacé supérieur et Dano-Paléocène



③ *les eaux chlorurées-sodiques* (figure 8) :

Ce sont généralement les plus minéralisées de la zone du Bas-Adour : conductivité supérieure à 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Tercis.

Elles regroupent : Tercis les Bains et les eaux de Saubusse auxquelles on peut rattacher les forages GDX1 à Dax et Sébastopol à St Paul-les-Dax, et enfin les eaux "froides" de Gamarde et Préchacq Trou-Madame.

La séquence cations-anions est la suivante :



Cette distinction peut être affinée et l'on peut distinguer des sous-groupes en tenant compte des différences de températures et des teneurs en éléments traces.

7.3.1.3 - Aquifère des sables infra-molassiques (Eocène)

De manière générale les faciès chimiques des eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques sont plus homogènes à l'extérieur de la région du Bas-Adour : minéralisation moyenne des eaux (conductivité moyenne de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) avec un faciès bicarbonaté-calcique. On constate une augmentation de la minéralisation globale vers le nord du bassin.

Si l'on excepte les captages de Bordes-Angaïs (zone de Pau) qui se situent dans une zone d'affleurement des sables, on peut distinguer 4 groupes :

① un groupe Geaune-Lussagnet jusqu'à Barbotan (figure 9), avec une séquence :



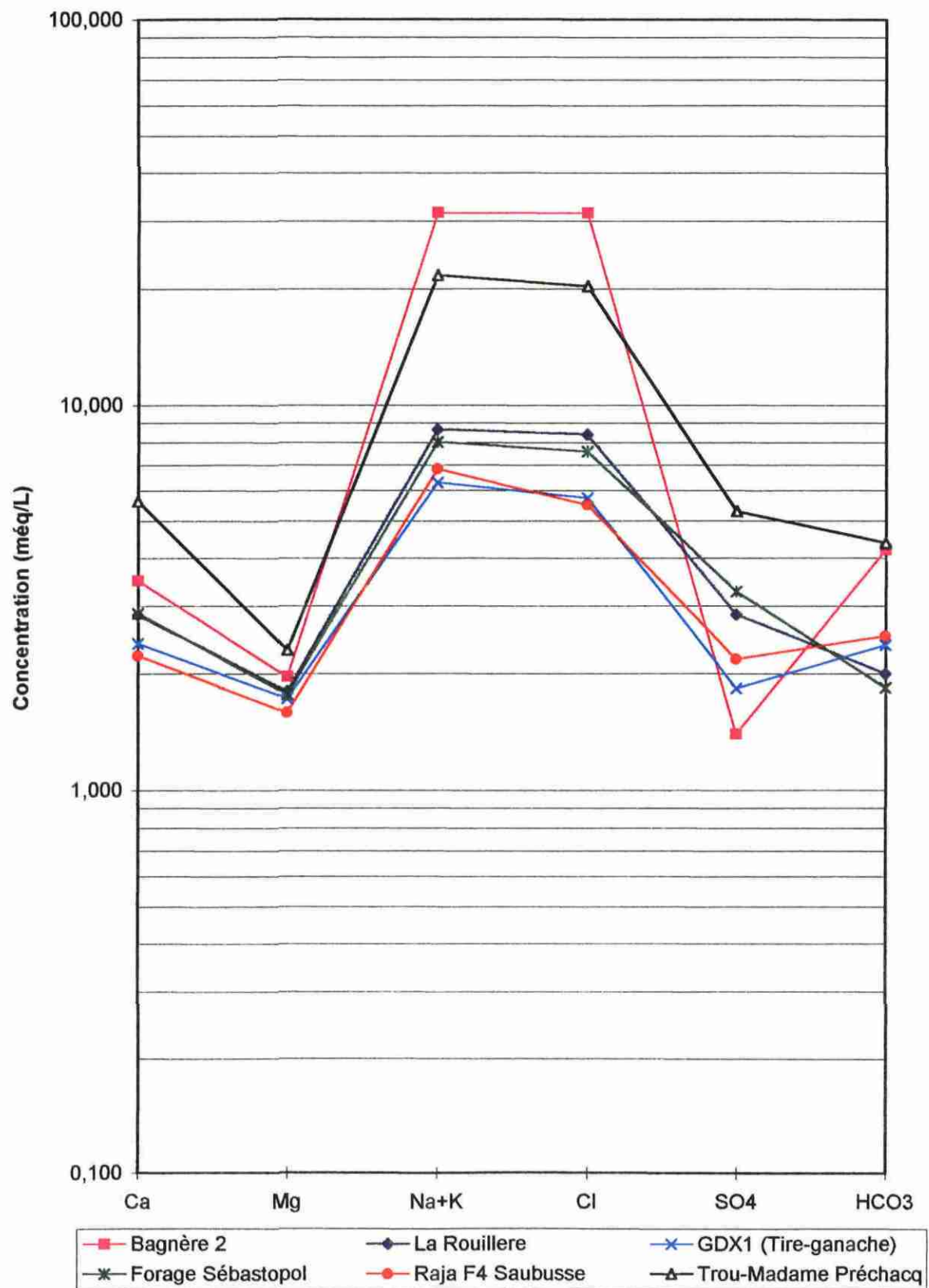
② situé géographiquement plus au Sud du précédent, un groupe qui se distingue du premier par de faibles concentrations en sulfates (Lalongue-Lespielle-Demu-Nogaro) (figure 10), soit une séquence :



On peut rattacher Eugénie-Impératrice à ce groupe bien qu'il soit géographiquement situé plus au Nord-Ouest. En fait les eaux à Eugénie ont sûrement évolué dans un contexte local différent afin d'acquérir un profil bicarbonaté-sodique,

③ au sud-est un groupe caractérisé par de plus fortes teneurs en magnésium et en fluor (Lamazère-St Médard-Pléhaut) (figure 11).

**Figure 8 Dano-Paléocène et Crétacé supérieur
Eaux Chlorurés-Sodique**



**Figure 9- Aquifère des sables sous-molassiques - Profil
géochimique des eaux**

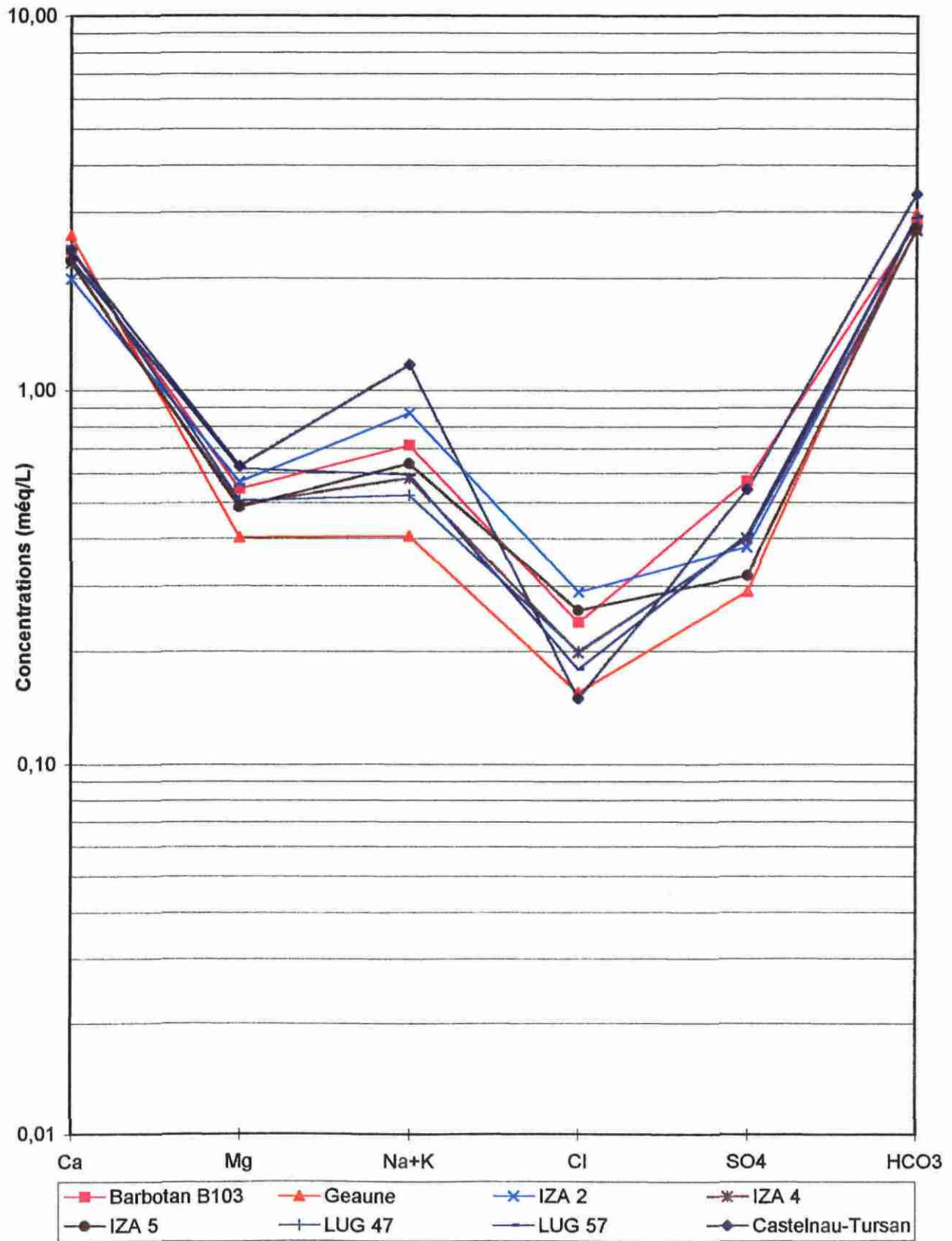


Figure 10- Profil géochimique des eaux - Sables sous-mollassique

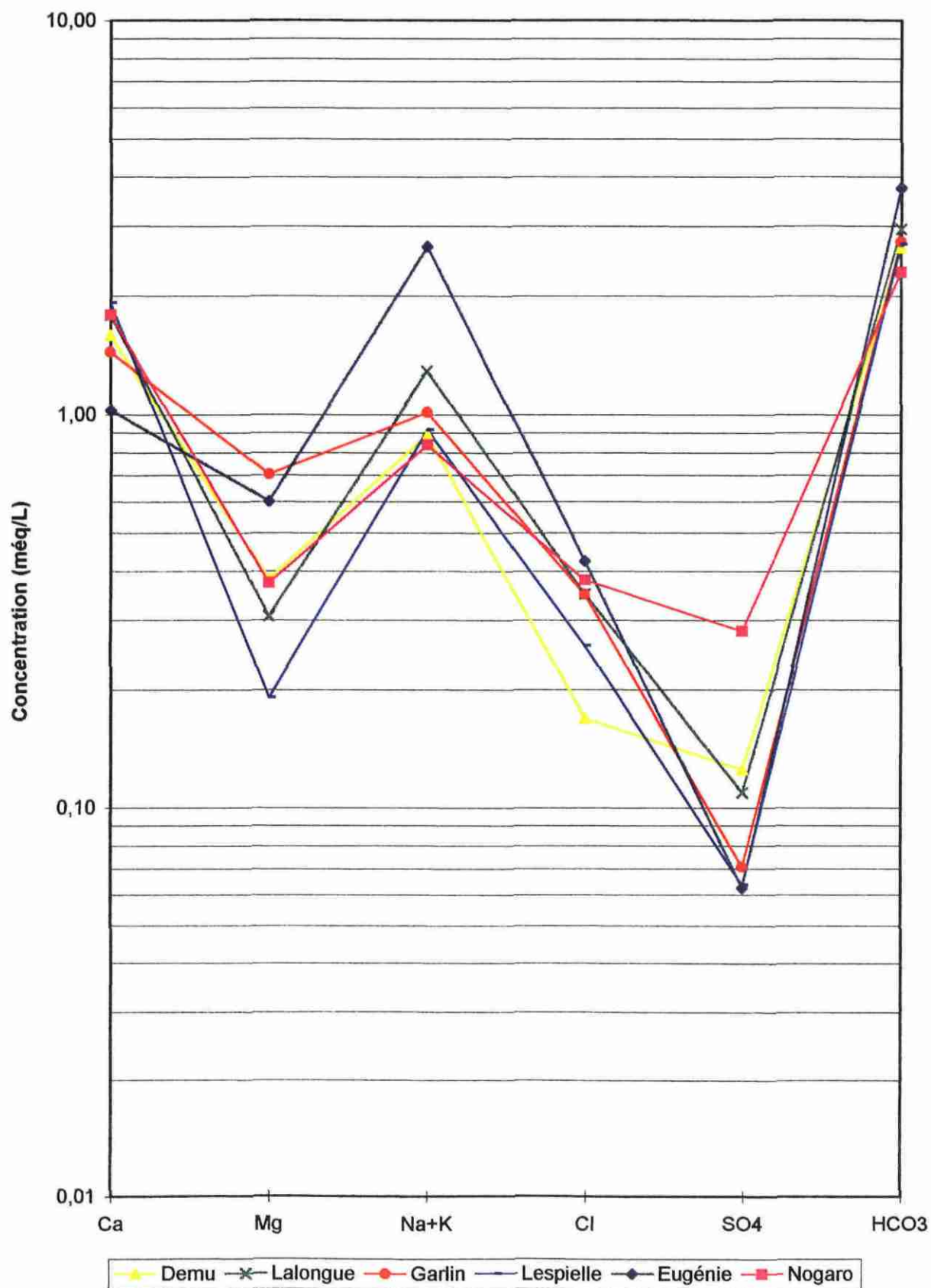
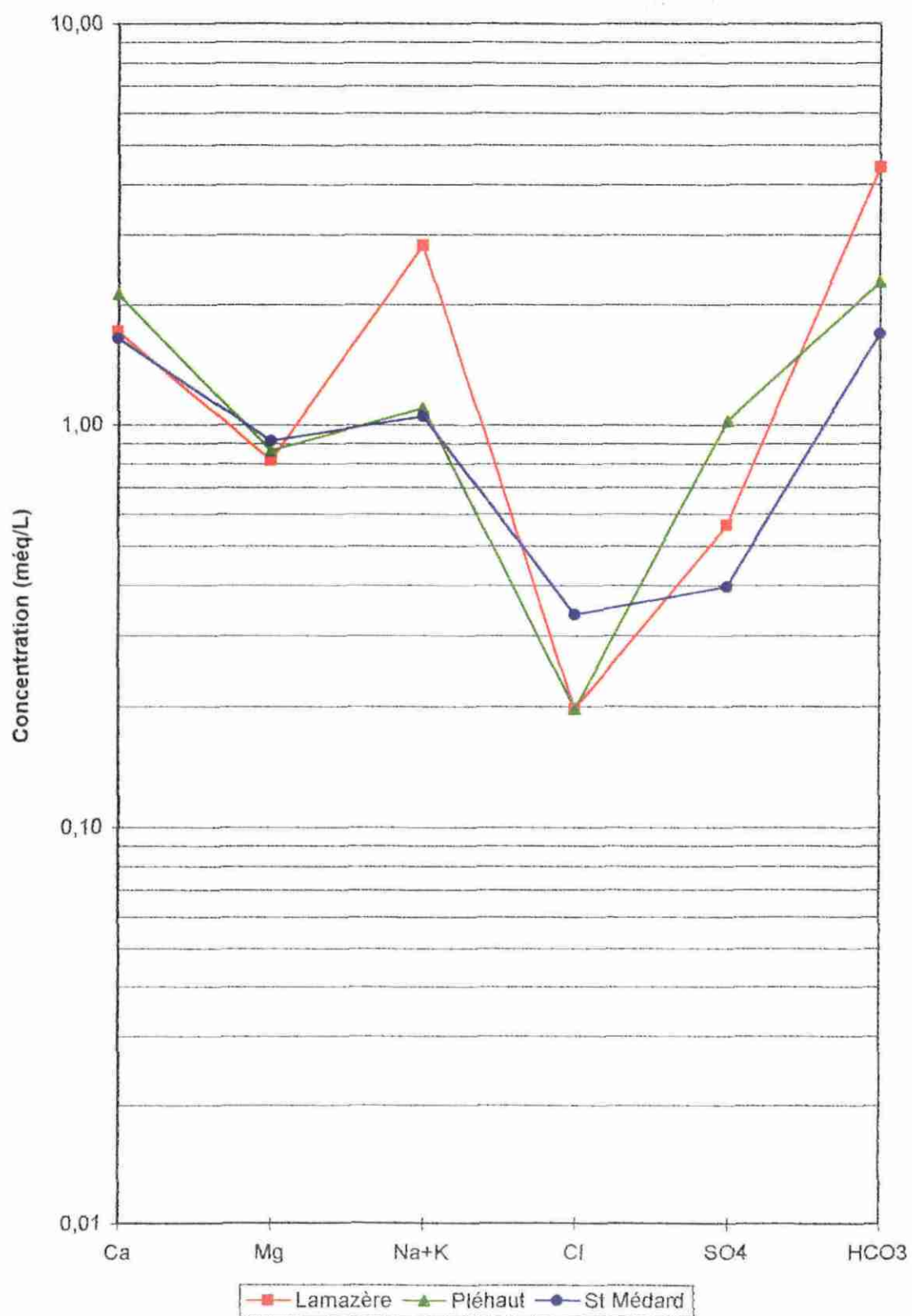


Figure 11 - Profil géochimique des eaux - Aquifère des sables sous-molassiques



Le forage de Lamazère G-LA 1 se distingue par de plus fortes teneurs en sodium, indication d'une évolution du faciès chimique de l'eau.

Toutes ces eaux ont un indice de saturation par rapport à la silice amorphe et au quartz constant (proche de 0.3) et sont proches de la saturation avec la calcite. Elles sont également fortement sous-saturées par rapport au gypse (figure 12).

④ au nord une zone plus minéralisée : Lectoure - Beaucaire - Mezin (figure 13).

Ces eaux ont un faciès très particulier avec une séquence :



7.3.2 - Critères de distinction basés sur l'analyse isotopique.

7.3.2.1 - Aquifères Oligocène-Miocène et Eocène, région du Bas-Adour

Le report des points d^{18}O et d^2H sur le graphique d^{18}O - d^2H montre que les points s'alignent légèrement au dessus de la droite mondiale des eaux météoriques d'origine océanique ($\text{d}^2\text{H} = 8 \times \text{d}^{18}\text{O} + 10$) (figures 14 et 15).

Les eaux souterraines étudiées sont d'origine météorique, il n'y a pas d'indice d'évaporation, de mélange avec d'autres fluides ou d'échange de l'oxygène avec les phases minérales en profondeur.

Les eaux des aquifères de sub-surface (Miocène-Oligocène-Eocène) montrent les valeurs en ^{18}O et ^2H les plus enrichies dans le contexte régional.

Dans les échantillons analysés au cours de cette campagne, les isotopes radioactifs (^3H et ^{14}C) indiquent l'apport d'eaux actuelles (post 1950) en certains points échantillonnés (teneurs en tritium de 2.8 à 10 UT). Ces apports d'eaux récentes concernent les trois niveaux aquifères. D'autres données provenant d'études précédentes ont été utilisées. L'incertitude sur les niveaux aquifères captés ne permet pas de donner une image correcte de chaque niveau aquifère, et notamment d'étudier les temps de résidence.

Les eaux qui contiennent du tritium (celles du tableau 1) ont une alimentation locale. Au sein de ces mêmes aquifères, quelques points sont dépourvus des tritium et présentent de faibles activités ^{14}C , avec cependant des teneurs en ^{18}O comparables aux précédentes. Ceci peut en première hypothèse indiquer une zone d'alimentation semblable.

7.3.2.2. - Aquifères Dano-Paléocène et Crétacé supérieur, région du Bas-Adour

Les eaux "thermo-minérales" du Bas-Adour présentent des valeurs en d^{18}O et d^2H légèrement plus appauvries mais proches de celles des eaux des aquifères superficiels :

Figure 12 - Evolution des indices de saturation en fonction de la température

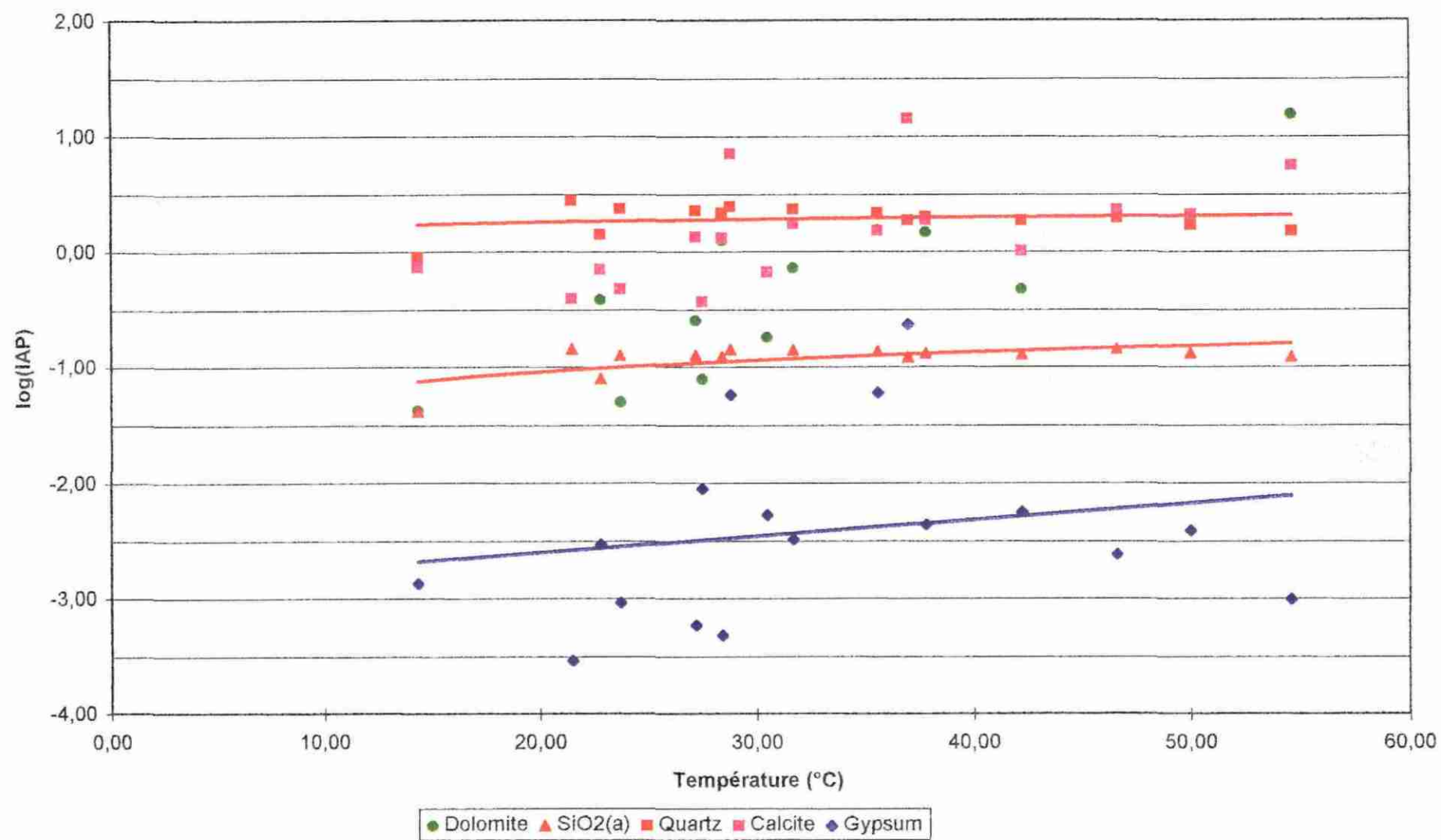


Fig 13 - Profil géochimique des eaux - Aquifère des sables sous-molassiques

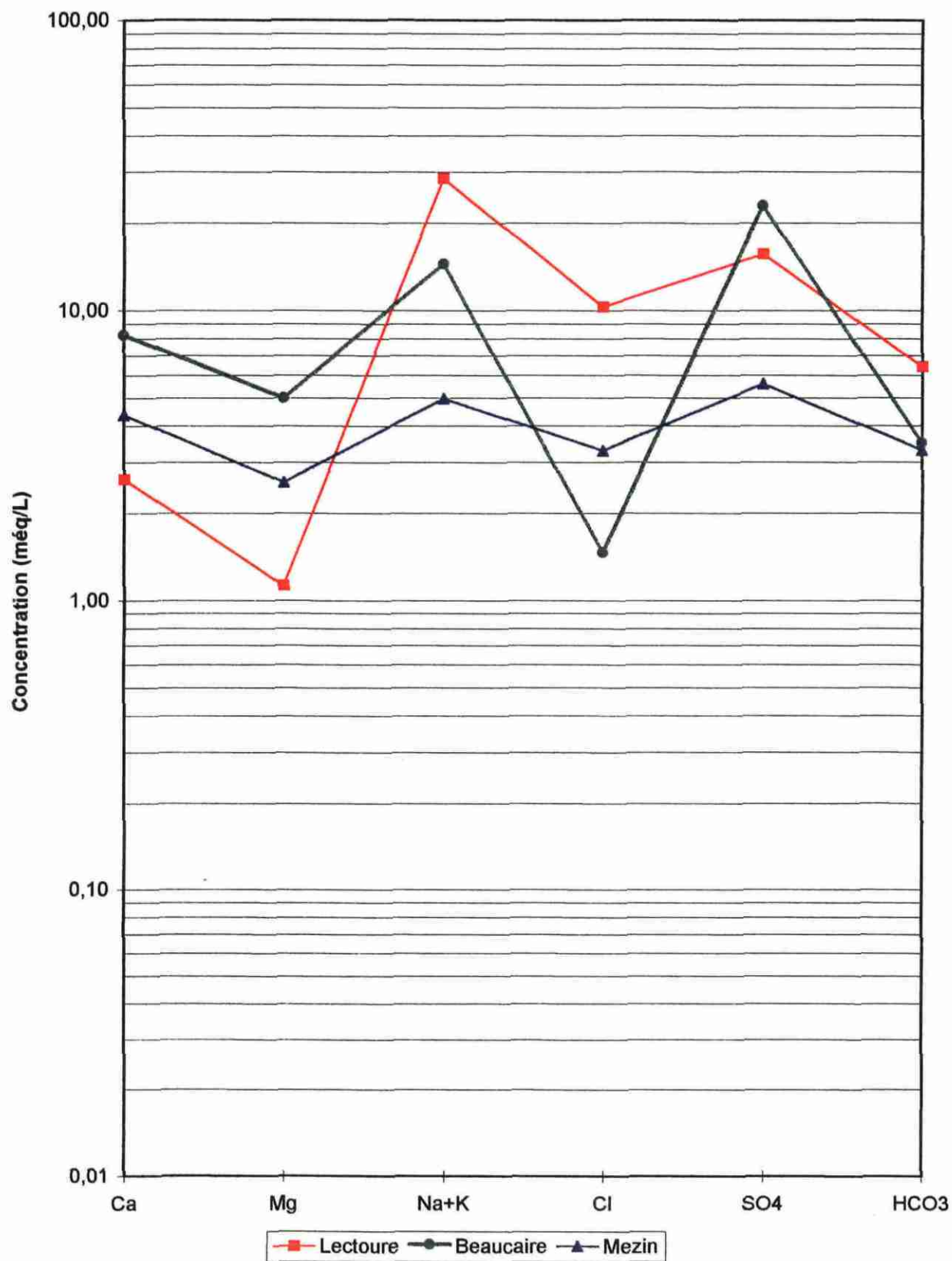


Figure 14 Deutérium - Oxygène 18 - Région du Bas-Adour

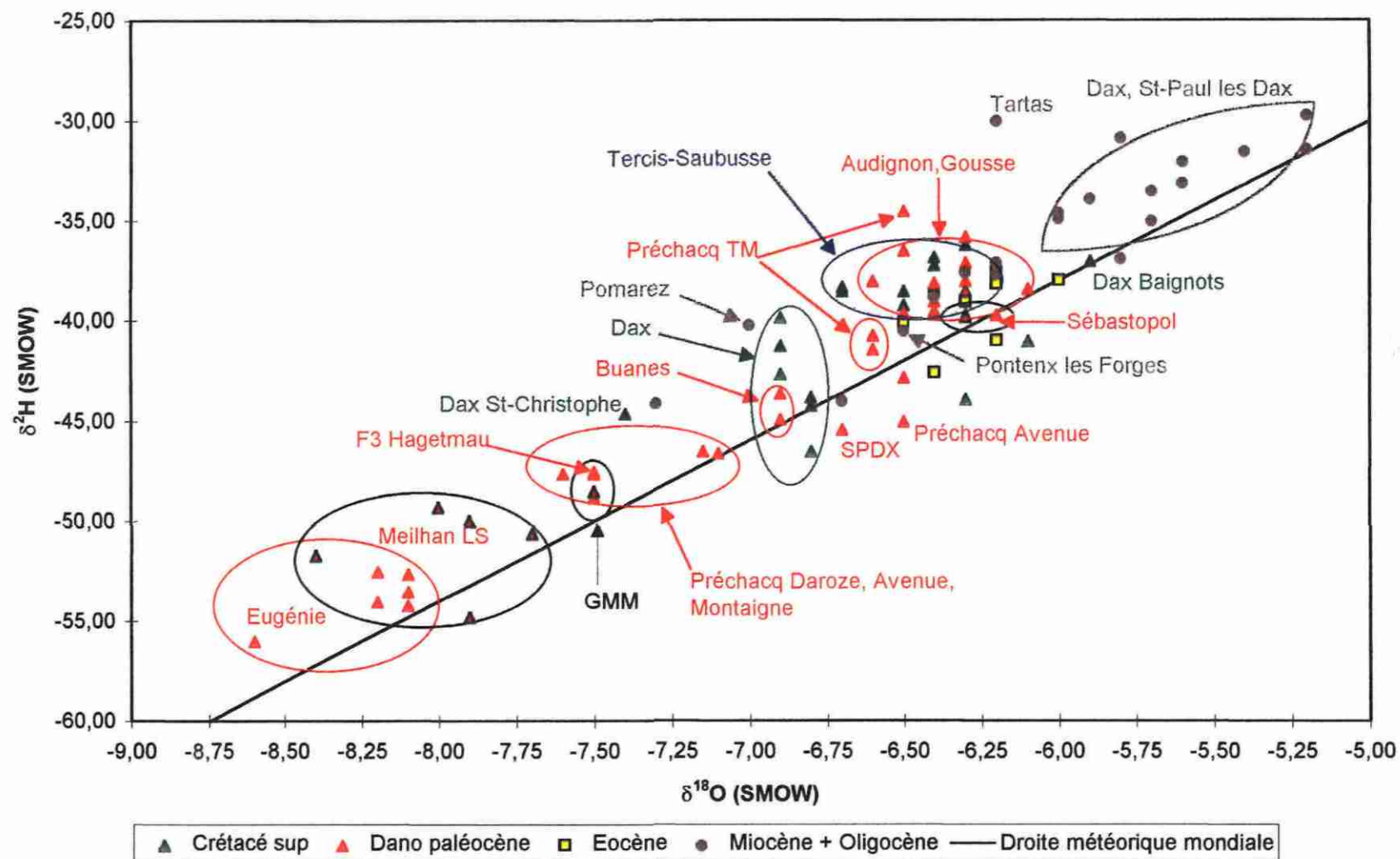
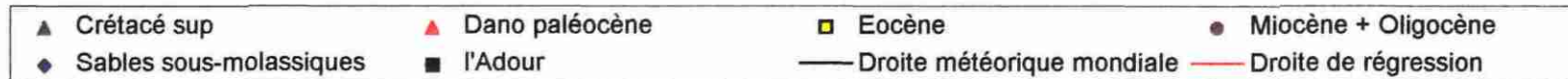
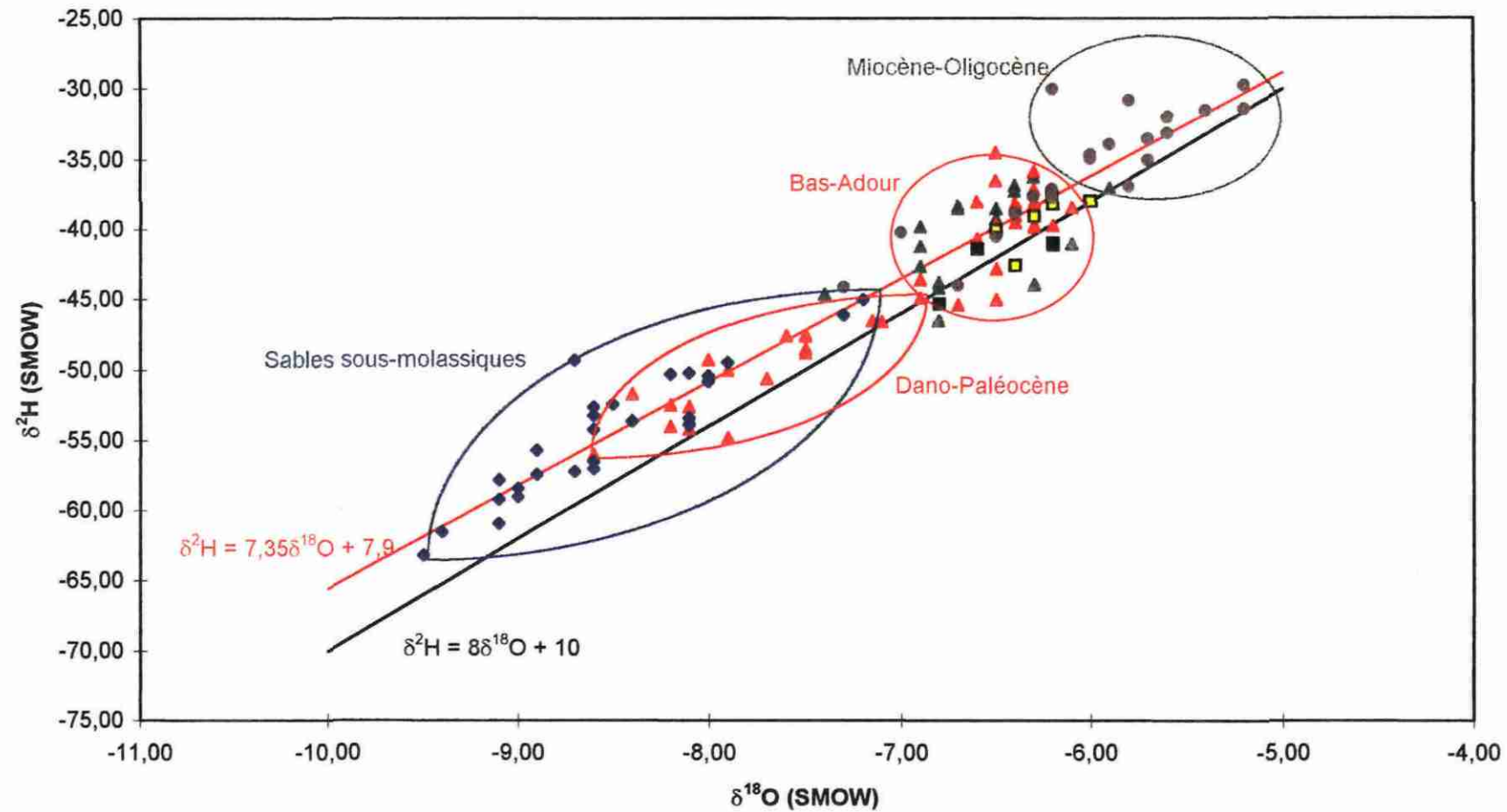


Figure 15 - Corrélation Deutérium - Oxygène 18



ceci peut indiquer un mélange avec les eaux des aquifères supérieurs (Miocène, Oligocène, Eocène), mélanges pouvant intervenir lors de l'émergence.

Les activités ^{14}C montrent également un rajeunissement des eaux qui ne peut s'expliquer que par un contact avec des eaux récentes. Ceci est confirmé par le tritium détectable sur certains forages.

Les eaux captées dans le Dano-Paléocène et le Crétacé supérieur hors Bas-Adour tels que Hagetmau, Lannecaube, GMM1 (Mont-de-Marsan) et Landes de Siougos se caractérisent par des valeurs en ^{18}O et ^2H plus appauvries. Les activités ^{14}C sont également plus faibles avec des temps de résidence calculés compris entre :

- 11000 et 27000 ans à Eugénie,
- 19000 et 20000 ans pour Hagetmau,
- 18000 et 20000 ans à Lannecaube,
- 15550 et 21000 ans à Toulouzette,
- 26500 et 28000 ans pour IZA 101.

7.3.2.3 - Interactions entre les eaux profondes du Bas-Adour et les eaux superficielles : Intérêt du suivi de l'Adour et de la nappe Alluviale

Les figures 16 et 17 montrent les fluctuations en d^{18}O et d^2H pour l'Adour à Dax et la nappe alluviale respectivement. Sur la figure 18 sont représentées les fluctuations en tritium.

Le suivi isotopique de l'Adour à Dax (pont de la Ribeyre) montre une bonne stabilité des teneurs en ^{18}O , ^2H et tritium, pendant la période estivale et quelques fluctuations pendant la période hivernale.

Le suivi isotopique de la nappe alluviale de l'Adour (forage agricole Mr Sensacq) montre peu de fluctuations sur la période suivie, la nappe alluviale jouant le rôle de "tampon".

Le report des points représentatifs de l'Adour et de la nappe alluviale dans le graphique d^{18}O - d^2H pour l'ensemble des eaux du contexte régional (figure n° 14) montre que ces points se situent à proximité des valeurs mesurées pour les eaux "thermo-minérales" du Bas Adour et pour les eaux de la zone de la ride d'Audignon (Audignon, Donzacq, Gousse etc..).

Nous avons vu précédemment que les eaux des aquifères Miocène et Oligocène montrent les valeurs en ^{18}O et ^2H les plus enrichies.

Figure 16 : l'Adour à Dax, variation mensuelle ^{18}O et ^2H

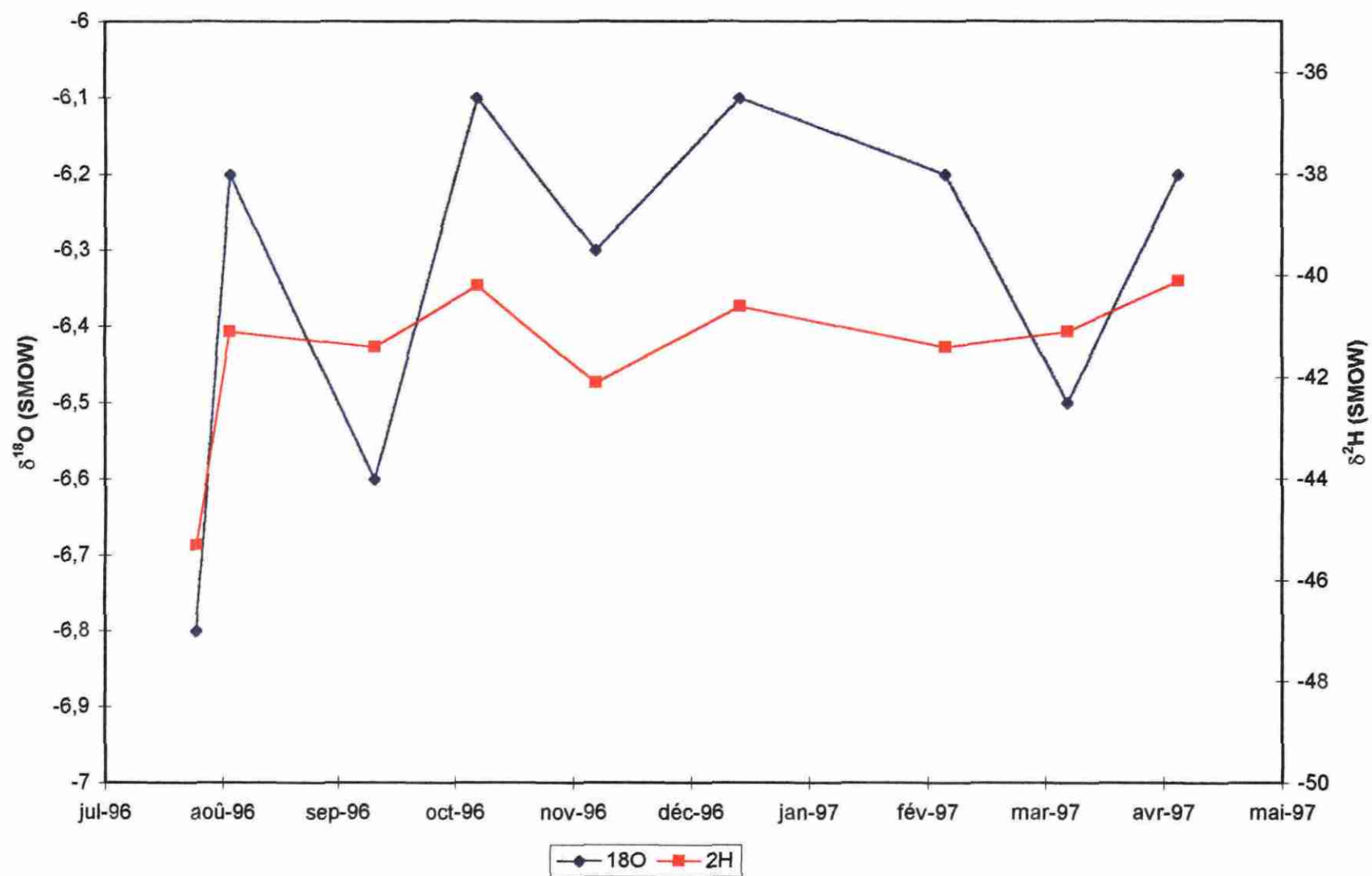


Figure 17 - Nappe alluviale de l'Adour à Dax , variation mensuelle en ^{18}O et ^2H

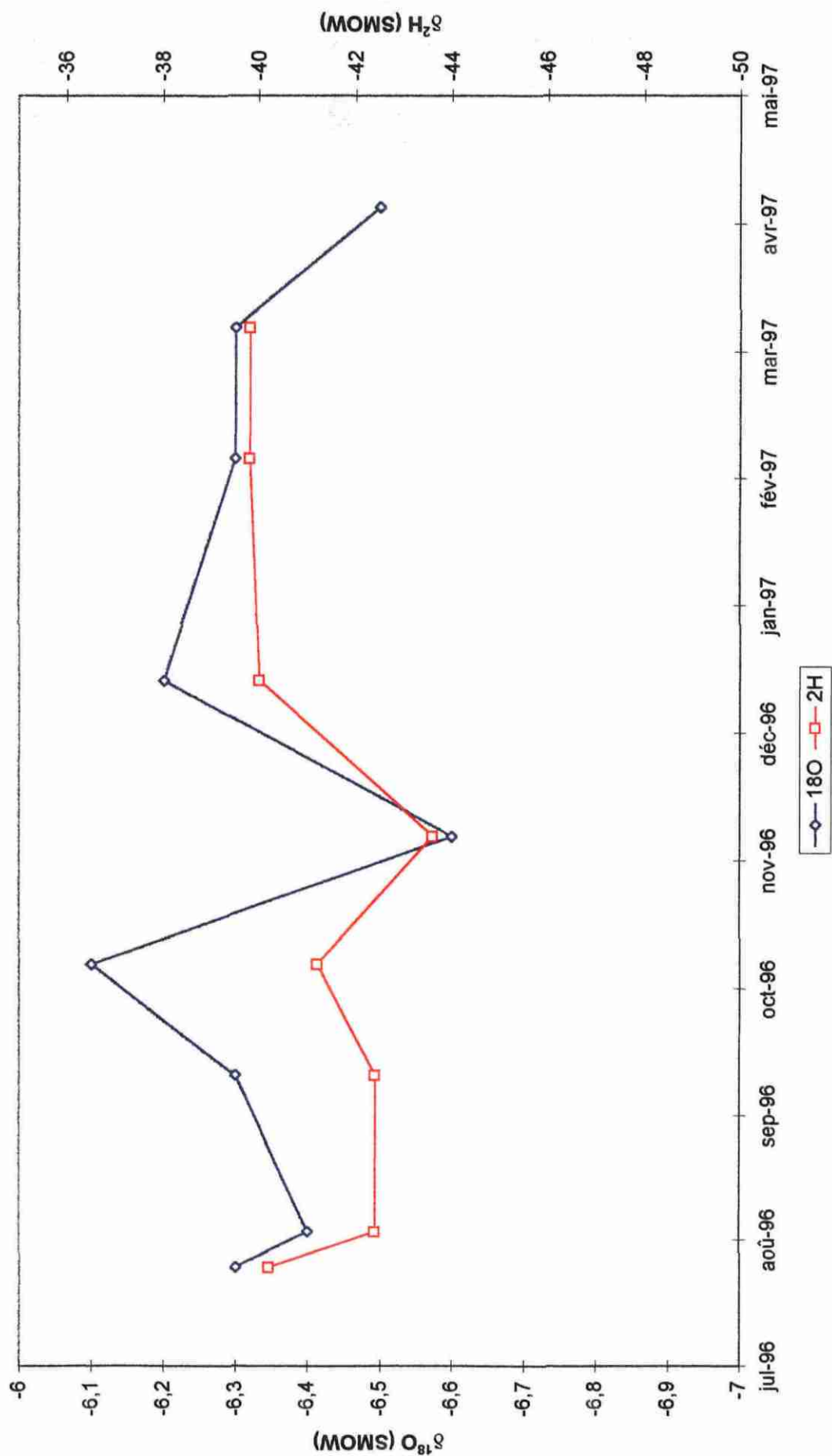
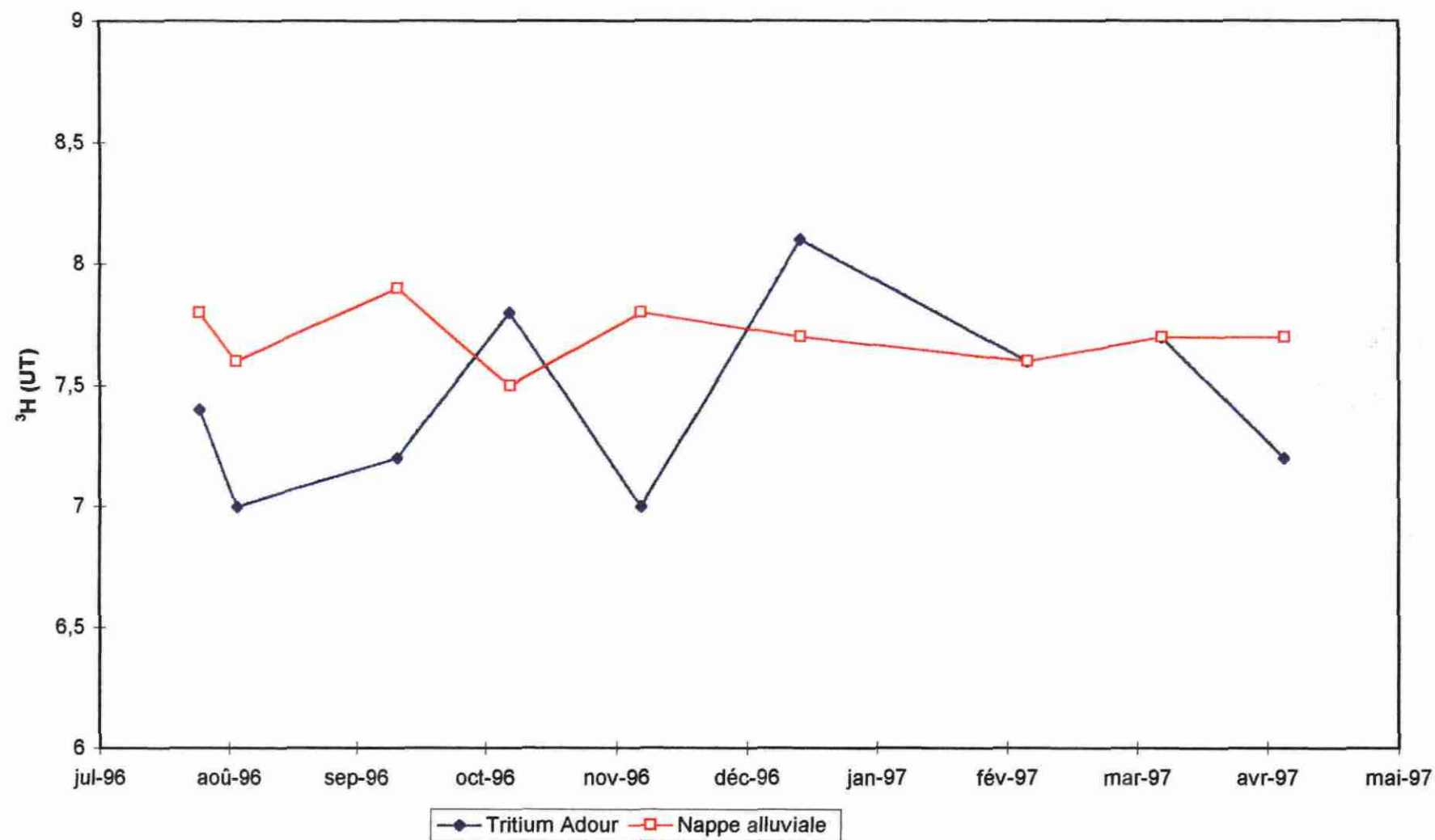


Figure 18 - Variation mensuelle de la teneur en tritium, l'Adour et la nappe alluviale à Dax



Les données tritium parallèlement montrent :

- des valeurs comprises entre 7 et 8 UT pour l'Adour et la nappe alluviale pour la période suivie,
- des valeurs <10 UT dans le secteur des eaux minérales du bas-Adour.

D'autre part, un point captant le Plio-Quaternaire à Seignosse présente une valeur en tritium de 16 UT, une activité ^{14}C de 90 % et une signature en isotopes stables proche de celle des aquifères Oligocène-Miocène-Eocène.

Il apparaît que la signature isotopique de l'Adour et de la nappe alluviale représente une composition moyenne sur l'ensemble du bassin, (l'hypothèse d'apports d'eaux profondes, venant masquer la signature réelle de la fonction entrée sur le système reste à vérifier).

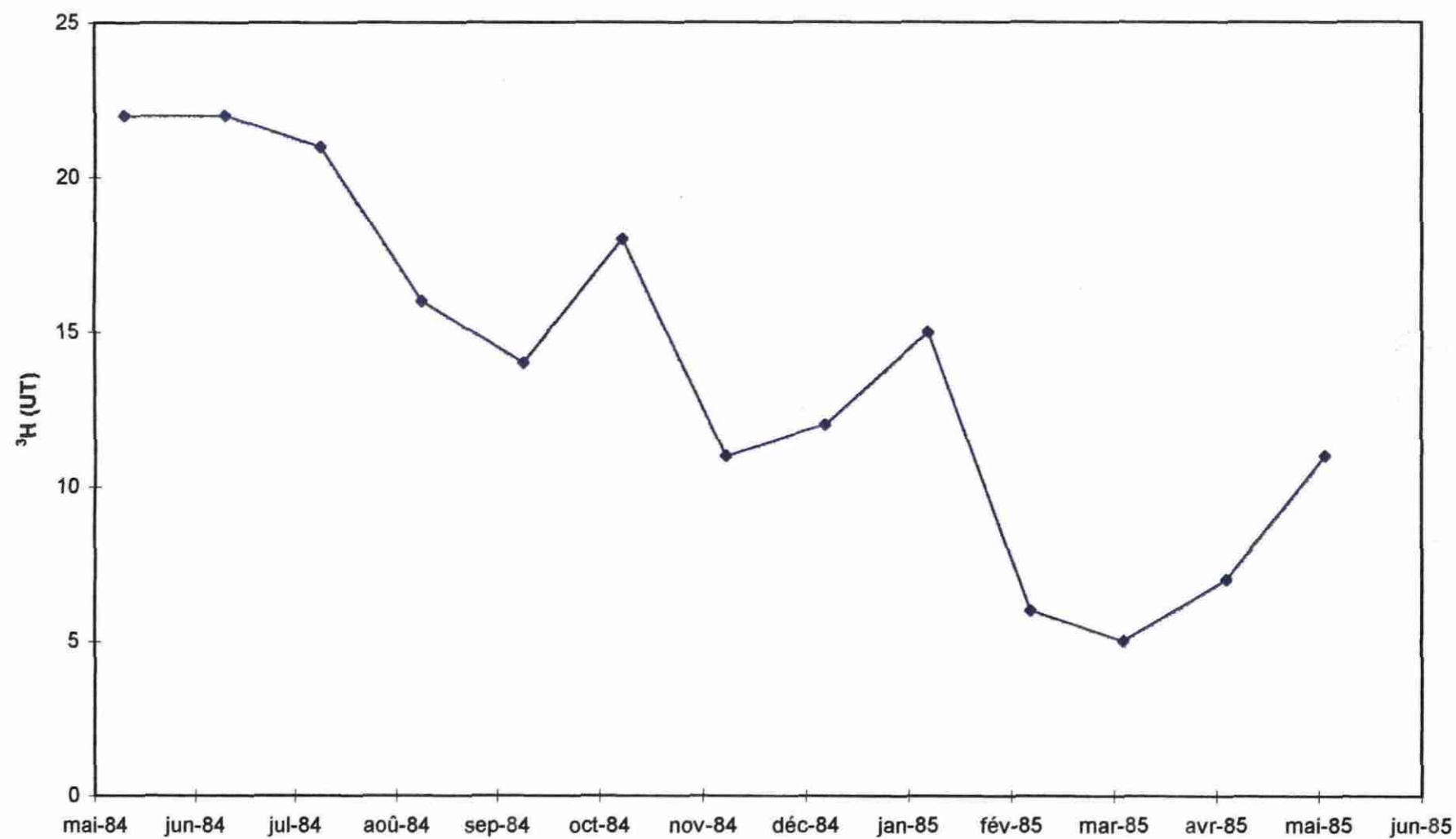
A la vue de ces premiers résultats, il conviendrait d'effectuer en parallèle quelques mesures de composition isotopique directement sur les précipitations, sur la zone d'étude, afin de compléter ce suivi et pour quantifier de manière précise les apports d'eaux récentes. Un suivi des teneurs en tritium, réalisé sur les précipitations à proximité du lac de Parentis entre 1984-1985, pendant un cycle hydrologique, est représenté sur la figure 19. Il confirme la gamme de valeurs attendues pour la fonction entrée du Bas-Adour.

Il est possible d'estimer un pourcentage de mélange si l'on suppose une "dilution" des eaux de l'ensemble dacquois par des eaux de surface (comme le confirme le tritium et les nitrates détectables sur certains captages).

En première approximation, si l'on retient la valeur de 2 UT en ^3H détectée à Dax (valeur maximale) et en supposant un mélange avec des eaux superficielles (environ 7 UT pour la nappe alluviale) on obtient un pourcentage de 30 % de mélange. Cette valeur paraît très importante, on peut cependant faire remarquer que 2 UT en ^3H correspond à un maximum et que cette valeur n'est pas constante dans le temps. De plus les analyses mettant en évidence la présence de tritium ont toujours été réalisées entre les mois d'avril et d'octobre. Ces mois correspondent au maximum d'activité des stations thermales donc à des débits prélevés importants. Les forts rabattements de la nappe thermique ont donc pu provoquer une infiltration d'eaux plus superficielles. Ce pourcentage pourrait donc être une valeur maximale. Un apport direct par les eaux de l'Adour est également possible, avec des teneurs en tritium comparables à celles de la nappe alluviale.

Si l'on compare les teneurs en nitrates détectables dans la nappe alluviale (26.9 mg/l le 25/07/96), aux concentrations en nitrates mesurées au forage Fontaine chaude (2.56 mg/l le 25/07/94) le pourcentage de mélange calculé est de l'ordre de 10 %.

Figure 19 Teneurs en Tritium dans les précipitations à Parentis - Période de mai-84 à mai-85



En conclusion pour le suivi de l'Adour et de la nappe alluviale :

- le suivi a permis de réaliser une première caractérisation isotopique des eaux qui peuvent constituer un signal d'entrée du système du Bas-Adour.
- les teneurs en $d^{18}O$ et d^2H de l'Adour et la nappe alluviale sont comparables à celles des eaux des aquifères superficiels et des émergences thermales du Bas-Adour ; une hypothèse d'interaction locale n'est donc pas impossible.
- les teneurs en tritium mesurées dans la nappe alluviale et l'Adour sont compatibles avec l'hypothèse d'une interaction à l'émergence des eaux d'origine profonde avec des eaux superficielles.

7.3.2.4 - Aquifère des sables infra-molassiques (Eocène)

Les nouvelles analyses isotopiques effectuées confirment la plus grande homogénéité des caractéristiques isotopiques des eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques.

L'étude des isotopes stables de la molécule d'eau montre que les eaux des sables infra-molassiques correspondent aux eaux les plus appauvries en oxygène 18 et deutérium. Les valeurs en $d^{18}O$ et d^2H s'alignent au-dessus de la droite météorique mondiale avec un excès d'environ +5 en moyenne. Il faut noter que les eaux les plus enrichies en $d^{18}O$ et d^2H se situent à :

- Bordes, les teneurs en tritium et en ^{14}C indiquent qu'il s'agit d'une zone d'alimentation ($^3H = 10$ UT et $^{14}C > 70$ pcm).
- Lectoure, où l'absence de tritium et une faible activité ^{14}C , alliées à une plus forte minéralisation des eaux, confortent la distinction d'une zone isolée au nord du bassin. De même l'analyse des gaz rares permet d'estimer une température d'infiltration de $11.8^\circ C$ soit des conditions d'infiltration et d'alimentation nettement différentes du reste de l'aquifère.

Il serait intéressant de disposer d'autres analyses isotopiques dans le nord du bassin.

Pour le reste du bassin, les analyses isotopiques nouvelles et celles déjà en notre possession (tableau 3) montrent :

- l'absence de tritium détectable (limite de détection : 0.8 UT), hormis à :
 - ♦ Bordes : zone d'affleurement des sables,
 - ♦ Barbotan : indication d'une relation avec des eaux superficielles (teneurs détectables en tritium dans les eaux des forages Lotus).

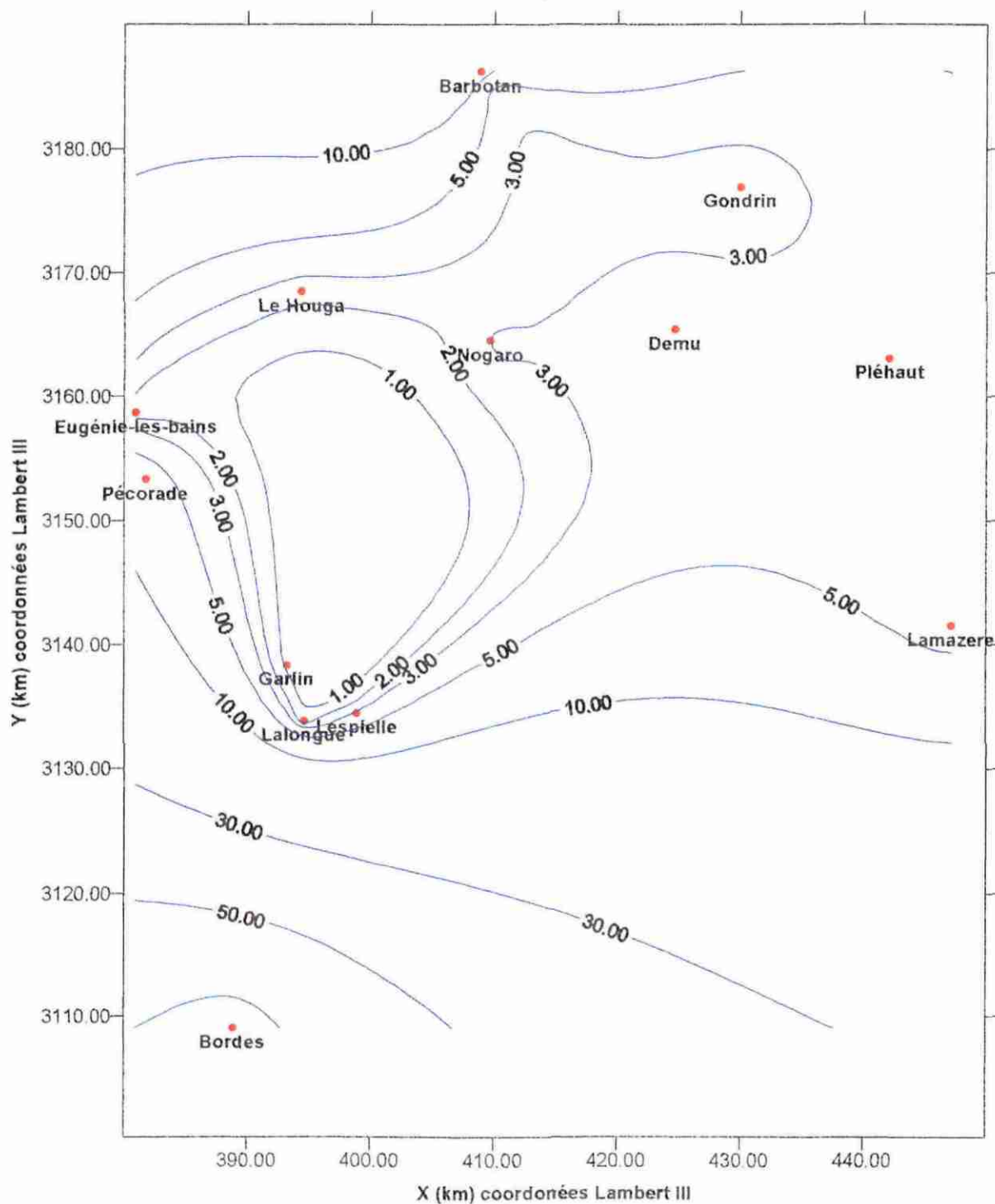
- des faibles activités ^{14}C qui conduisent à des temps de résidence calculés proches ou supérieurs à 20000 ans (tableau 4).
- des paléo-températures, calculées à partir des gaz rares, entre 5 et 9° C ; soit une infiltration des eaux au cours d'une période plus froide que l'actuel (probablement au Pléistocène).

Ainsi si l'on cartographie (à l'aide d'un krigeage) l'activité ^{14}C pour la nappe des sables, le centre du bassin apparaît comme une zone d'eaux très anciennes avec de faibles activités ^{14}C (Figure 20), la zone Est étant caractérisée par des activités ^{14}C plus élevées (Demu, Pléhaut, Lamazère). Cette première image doit être confirmée par de nouvelles données, afin d'affiner la représentation.

Désignation	Commune	Aquifère	Tritium (UT)	^{14}C (pcm)	Age calculé
G-LA 1	Lamazère	Sables infra-molassiques	< 0.8	3.6 +/- 0.2	20900 +/- 1400
F AEP	Pléhaut	Sables infra-molassiques	< 0.8	4.5 +/- 0.2	17300 +/- 1300
Nogaro 1	Nogaro	Sables infra-molassiques	0.0	2.3 +/- 0.54	26500 +/- 1500
Nogaro 2	Nogaro	Sables infra-molassiques	< 0.8	3.3 +/- 0.2	21800 +/- 1300
LUG 57	Le Houga	Sables infra-molassiques	< 0.8	2.3 +/- 0.3	25000 +/- 1900
F AEP	Gondrin	Sables infra-molassiques	0.0	2.1 +/- 0.34	2750 +/- 2500
F AEP	Demu	Sables infra-molassiques	< 0.8	4.5 +/- 0.6	17500 +/- 1100
F2 AEP	Geaune	Sables infra-molassiques	0.5 +/- 0.23	6.9 +/- 0.62	18000 +/- 2000
Lespielle 2	Lespielle	Sables infra-molassiques	0.92 +/- 0.3	3.0 +/- 0.76	24000 +/- 2000
F AEP	Lalongue	Sables infra-molassiques	< 0.8	1.39 +/- 0.6	29100 +/- 4200
B 102	Barbotan	Sables infra-molassiques	< 0.8	9.49 +/- 0.3	13200 +/- 1100
Geyser 2	Barbotan	Sables infra-molassiques	< 0.8	9.42 +/- 0.32	13400 +/- 1100
F AEP	Garlin	Sables infra-molassiques	0.8 +/- 0.3	< 0.7	-
M Repassac	Lectoure	Sables infra-molassiques	< 1.2	2.54 +/- 0.21	23500 +/- 2500

Tableau 4 : Temps de résidence estimés pour les eaux de l'aquifère des sables infra-molassiques.

Figure 20 Aquifère des sables sous-molassiques
Iso-activité en carbone 14



7.3.2.5 - Conclusions

La région Ouest de la zone d'étude est caractérisée par :

- *des eaux d'aquifères superficiels avec un profil classique bicarbonaté-calcique,*
- *la présence d'eaux très anciennes dans les aquifères miocène-oligocène et éocène,*
- *des interactions entre les eaux de surface et les eaux profondes aux émergences, ce qui entraîne un "rajeunissement" des eaux.*

L'Adour et la nappe alluviale présentent des caractéristiques isotopiques et chimiques qui permettent d'expliquer localement les teneurs en tritium et nitrates détectées aux émergences des eaux profondes. Il serait utile d'étendre le suivi isotopique entrepris aux précipitations afin de mieux quantifier cette influence.

Dans la région Est, l'aquifère des sables infra-molassiques présente des caractéristiques hydrochimiques et isotopiques plus homogènes :

- températures d'infiltration comprises entre 5 et 9° C et des temps de résidence proches ou supérieurs à 20000 ans,
- singularité de la zone située au Nord qui présente des caractéristiques différentes avec une plus forte minéralisation et des indices d'alimentation dans un contexte paléoclimatique différent (température d'infiltration estimée à 11.2° C à Lectoure). Cependant les données disponibles sur cette zone sont fragmentaires et demanderaient à être complétées.

7.4.CONCLUSIONS ET SCHEMA CONCEPTUEL

Ces conclusions sont issues de l'ensemble des travaux réalisés sur le Bas-Adour, et étendus dans le contexte régional.

Un programme démarré dès 1995, élaboré en concertation avec la DRIRE, le SGR Aquitaine et la Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales (DNEMT), englobe un recueil des données existantes, l'acquisition de données complémentaires (analyses chimiques et isotopiques sur quelques points d'eau), et la définition du cahier des charges de l'outil de suivi et de gestion de l'aquifère du Bas-Adour (rapport BRGM R38720, décembre 1995).

Le programme de l'étude menée en 1996 (Rapport BRGM R 39397) est basé sur l'acquisition de données physico-chimiques et isotopiques avec une périodicité

bisannuelle (hautes et basses eaux), avec un protocole de prélèvement préétabli, identique pour l'ensemble des points.

L'étude géochimique a été plus approfondie sur la zone du Bas Adour (Dax, Gamarde, Préchacq, Saint-Paul-lès-Dax, Saubusse et Tercis) où se focalisent la complexité du sous-sol et les problèmes d'exploitation de la ressource thermique. Le lien a néanmoins été fait avec le contexte régional, notamment par la géochimie isotopique.

7.4.1. Influence des mélanges avec les eaux superficielles

L'impact des phénomènes de mélange avec des eaux superficielles a été étudié à l'aide de différents outils : les variations saisonnières, les teneurs en nitrates, la mesure de l'activité tritium.

En confrontant l'ensemble des critères, on constate des convergences :

- la plupart des eaux thermales sont concernées par un phénomène de mélanges avec des eaux superficielles
- ces mélanges sont d'ampleur variable suivant la période de l'année ; ils sont cependant limités dans la plupart des cas
- ils ne résultent pas seulement de l'infiltration directe de la nappe alluviale (Saubusse); celle-ci peut avoir des relais
- les forages de Saint-Paul-lès-Dax et dans une moindre mesure ceux de Préchacq sont plus épargnés par le phénomène
- à Dax, le groupe ouest (Baignots, Boulogne) est plus touché que les autres forages.

Le suivi à l'échelle mensuelle de l'Adour et de la nappe alluviale montre :

- que les teneurs en $d^{18}O$ et d^2H de l'Adour et la nappe alluviale sont comparables à celles des eaux des aquifères superficiels et des émergences thermales du Bas-Adour ; une hypothèse d'interaction locale n'est donc pas impossible.
- que les teneurs en tritium mesurées dans la nappe alluviale et l'Adour sont compatibles avec l'hypothèse d'une interaction à l'émergence des eaux d'origine profonde avec des eaux superficielles.

7.4.2. Les faciès hydrogéochimiques du Bas-Adour

On peut établir une première classification de l'ensemble des points d'eau analysés dans les 6 stations thermales du Bas-Adour (Dax, Gamarde, Préchacq, Saint-Paul-lès-Dax, Saubusse et Tercis). Six groupes distincts principaux s'individualisent. Ils ne se

superposent pas toujours avec les domaines des stations et suggèrent ou confirment des similitudes entre les eaux de zones diverses.

*** Groupe des aquifères sus-jacents**

Ce groupe est constitué par les analyses des eaux de l'Oligocène, du Miocène, de l'Eocène et de la nappe alluviale de la zone de Dax. S'y superposent assez bien les analyses des points d'eau situés en amont (sables infra-molassiques.). Ces eaux sont peu minéralisées (en général $<500\mu\text{S/cm}$) et bicarbonatées calciques.

On constate au sein de l'aquifère des sables infra-molassiques une augmentation de la minéralisation globale vers le nord du bassin.

*** Groupe de Tercis**

Eaux les plus minéralisées de la région ($>3500\mu\text{S/cm}$), de composition relativement homogène, elles sont nettement chlorurées sodiques. De températures moyennes ($36-40^\circ\text{C}$) ces eaux présentent des traces de sulfures (1mg/l)

*** Groupe de Saubusse**

Moyennement minéralisées, ces eaux ont un faciès bien homogène mais sans trait réellement dominant. Les températures y sont moyennes ($36-42^\circ\text{C}$) et les sulfures n'y ont pas été mesurés. Les analyses de GDX-1, forage géothermique de Dax, et les moins minéralisées du forage Sébastopol se rattachent à cette série (quoique plus chaudes et potassiques pour ces dernières). Signalons que l'analyse de l'eau de GDX fortement minéralisée ($6,2\text{ g/l}$) possède un rapport SO_4 / Cl identique aux autres analyses GDX-1. Les rapports entre les autres espèces sont par contre différents. N'ayant pas, à ce jour, d'information complémentaire sur cet échantillon nous ne pouvons conclure à l'existence d'un pôle minéralisé profond sur GDX-1.

*** Groupes de Gamarde**

Un premier groupe est formé par les analyses du forage et de la source de "Vieux Buccuron". Malgré une différence de profondeur de captage de plusieurs centaines de

mètres, les eaux du forage et celles de la source analysées en 1991 sont homogènes: chlorurées sodiques, sulfurées (55mg/l), bicarbonatées, magnésiennes et relativement riches en bore et en brome. D'autres analyses de la source de Vieux Buccuron montrent une nette tendance à se rapprocher des eaux des aquifères sus-jacents (appauvrissement en Cl^- , en Mg^{++} , en Na^+ , en K^+ et en B^+ mais pas en Ca^{++} , ni en HCO_3^-). Il s'agit d'eaux froides ($<20^\circ\text{C}$) dans tous les cas.

Deux sous-groupes peuvent se rattacher au groupe de Gamarde :

- celui de Trou Madame (à Préchacq) qui présente cependant des teneurs en Br nettement plus élevées (2,5 mg/l) et une température plus forte (30°C)
- celui de Avenue (également à Préchacq) lui, plus riche en K^+ (31mg/l).

* Groupes de Dax

Un premier groupe ("Dax 1") est constitué par les eaux des forages d'Elvina, de Fontaine Chaude, de Place de la Course, du Stade, de Roth (en partie) et de Saint Christophe. Les eaux y sont sulfatées, calciques et potassiques et riches en silice ($>30\text{ mg/l}$). Leurs températures sont relativement élevées ($52-63^\circ\text{C}$). Les analyses de SPDX, forage géothermique de Saint-Paul-lès-Dax, présentent le même faciès. Les analyses des forages Baignots 4, Boulogne 2 ainsi que le niveau à -232m du forage Roth formant le sous-groupe "Dax 2", présentent des caractères proches de "Dax 1" mais tendant vers ceux des aquifères supérieurs. L'étude des variations saisonnières concluait aussi à un mélange plus poussé de ces eaux avec les eaux superficielles. Enfin, dans le forage Boulogne 2, des concentrations anormalement élevées en Ni (270 $\mu\text{g/l}$), en Cu (735 $\mu\text{g/l}$) et, dans une moindre mesure en Zn (79 $\mu\text{g/l}$) sont dosées sur l'échantillon prélevé à -220m . Ces éléments peuvent être considérés comme marqueurs de la présence d'ophite au contact du fluide à cette profondeur (des valeurs moins élevées sont détectées également à -232m). On peut également attribuer au lessivage de cette roche magmatique les valeurs plus élevées en silice ($>40\text{mg/l}$) rencontrées dans plusieurs analyses d'eaux dacquoises.

* Groupe de Préchacq

Ce groupe comprend les analyses des eaux des forages Montaigne 1 et 2, du puits T5, des sources Darroze et La Hire. C'est le groupe le plus riche en sulfates ($>500\text{mg/l}$); légèrement sulfuré (6-7 mg/l), assez riche en silice, il est fortement calcique, magnésien et potassique. Les eaux de ce groupe sont chaudes ($57-60^\circ\text{C}$). Les eaux les plus minéralisées du forage Sébastopol se rattachent à ce groupe.

* Les saumures de Saint Pandelon

Lessivant les évaporites du diapir de Benesse-Saint Pandelon, plusieurs sources de saumure sont exploitées. Les analyses de trois d'entre elles (Salines de Dax, Miradour et Splendid) font apparaître leur diversité, tant au niveau de leur état de saturation que de la répartition des espèces dissoutes.

La comparaison des rapports entre éléments provenant a priori de la dissolution d'évaporites conduit aux remarques suivantes :

- Les rapports Na/K mettent en évidence des similitudes entre saumures elles-mêmes et entre saumures et groupes d'eaux minérales. Les autres éléments (Ca, Mg, SO₄) sont plus ou moins sollicités au cours de la circulation ultérieure de l'eau minérale et leurs rapports se modifient.
- Schématiquement deux groupes se distinguent parmi les saumures (les "sodiques" comme Salines et Miradour et les "potassiques" comme Splendid). **Les eaux minérales ont les mêmes rapports et la même subdivision: les "sodiques" avec Tercis et Gamarde, les "potassiques" avec Préchacq et Dax. Saubusse se situe entre les deux tendances.**
- Les différences chimiques entre saumures reflètent les différences minéralogiques des évaporites, elles mêmes fonction des stades d'évaporation/cristallisation du milieu marin triasique.

L'examen des données chimiques brutes permet d'esquisser des rapprochements entre les différents points d'eau du Bas-Adour. Dans chacun des 6 groupes dégagés, les eaux ont dû connaître des évolutions chimiques voisines. L'observation des variations saisonnières met en évidence l'influence plus ou moins prononcée des eaux superficielles. Plus généralement, les données chimiques témoignent de l'existence de mélanges, dans la plupart des groupes, avec les aquifères sus-jacents. Parallèlement des relations peuvent être suspectées entre eaux minérales et saumures.

7.4.3. Acquisition de la minéralisation

La diversité des faciès hydrochimiques rencontrés sur le Bas-Adour résulte d'un contexte lui-même assez hétérogène dans une zone réduite, tant au niveau hydrodynamique que de la nature des roches présentes. Trois processus majeurs vont déterminer la composition chimique des eaux :

- l'équilibre momentané avec les évaporites (à dominantes sulfatées calciques mais avec des composantes sodiques, potassiques et chlorurées non négligeables et variables)
- la réduction des sulfates en sulfures d'intensité variable

- l'équilibre calco-carbonique pouvant conduire à la précipitation de CaCO_3 comme à la "karstification" de la dolomie du réservoir.

• Les différentes étapes de l'évolution des eaux de cette région peuvent s'ordonner ainsi :

-1) eaux provenant du Dano-Paléocène ou du Sénonien bicarbonatées calciques

-2) contact avec les bordures évaporitiques des diapirs ou équivalents triasiques; réchauffement (de 60 à 100°C) enrichissement en SO_4 , Cl, Br, B, Mg, K, Na,...; équilibre atteint avec l'anhydrite. Les évaporites au contact des eaux sont de compositions variables : potassiques vers Dax et Préchacq, appauvries en brome sur Tercis et Saubusse, enrichies en bore à Gamarde. Des évaporites plus récentes (éocènes ?) peuvent également avoir joué un rôle à Saubusse. D'une manière générale, l'eau ne pénètre pas dans le milieu évaporitique mais reste à son contact.

-3) suivant les conditions hydrodynamiques (cheminement "karstique per ascensum" rapide à Dax ou évolution lente en milieu confiné à Gamarde) réduction plus ou moins poussée des sulfates et équilibre atteint partout avec la dolomite. A Gamarde, Trou Madame, Avenue, la majeure partie des sulfates (au moins) a été réduite et l'est demeurée. A Tercis, elle a été largement ré-oxydée. A Préchacq et Dax une faible partie seulement a été réduite.

- 4) mélanges avec des aquifères sus-jacents plus ou moins important pour les mêmes raisons; ré-oxydation plus ou moins complète des sulfures; sursaturation par rapport aux carbonates due à la baisse de PCO_2 ; refroidissement d'ampleur variable. Il convient de noter que le refroidissement n'est pas lié au mélange: les eaux les moins chaudes sont aussi les moins contaminées par les eaux superficielles (Gamarde, Trou Madame, Avenue mais aussi T5 à Préchacq). Le refroidissement résulterait aussi essentiellement des conditions hydrodynamiques.

7.4.4. Origine des eaux

- Apport de l'étude hydrochimique

- Gamarde et Préchacq se situent dans une zone relativement étroite limitée par le prolongement de la faille d'Audignon par le diapir de Thétieu et l'anticlinal de Louer. S'ajoute à ces limites un accident possible séparant les eaux de Trou Madame et Avenue des autres points d'eau de Préchacq. Ces conditions justifient le confinement de l'aquifère thermal de "Gamarde-Trou Madame-Avenue". Les affleurements au niveau du dôme de Louer peuvent expliquer la contamination des eaux de Gamarde à un niveau superficiel.

Une structure faillée sépare **Gourbera** de **Préchacq** par rapport au sens d'écoulement régional.

- la géochimie confirme une relation entre **Préchacq** sensu-stricto et une partie des eaux du forage Sébastopol 1 bis. Celui-ci, situé sur un anticlinal peut être à la limite de deux domaines : celui de **Préchacq** à l'est-nord-est et celui de **Saubusse-GDX1** au sud avec lequel d'autres eaux de **Sébastienopol** ont des affinités. Peut-on envisager une circulation entre les diapirs de **Dax** et **Saint Pandelon** ?
- Tercis a bien une position à part, au sud d'une ride et à l'ouest du diapir de Saint Pandelon. La relation suspectée avec la saumure de Saint Pandelon est compatible avec cette position géographique et le sens d'écoulement proposé.
- A **Dax**, les forages de l'ouest (Baignots et Boulogne) ont bien une position particulière, à l'ouest du site et à proximité de la masse d'ophite. Le forage **SPDX1** appartient à l'ensemble dacquois mais les similitudes chimiques observées avec **Gourbera** demanderaient à être confirmées (par des analyses isotopiques par exemple).

- Apport de l'étude isotopique

A la vue des résultats, la composition isotopique des eaux échantillonnées reste très proche de la composition isotopique de la fonction d'entrée. L'origine des eaux est météorique. La composition isotopique de l'eau n'a pas été modifiée lors de la circulation en profondeur. Il n'y a pas eu échange entre l'oxygène des eaux d'infiltration et l'oxygène des minéraux des roches traversées au cours du transfert, ni mélange avec d'autres fluides.

Quelques points présentent un excès en Deutérium légèrement supérieur à +12 (entre autres : forages de la Bagnère 1 et 2 à Tercis, du Stade à Dax, de Trou Madame à Gamarde, de Toulouzette ou de Barbotan) : influence méditerranéenne? On peut supposer, au moins pour Tercis et Trou Madame que la formation d'hydrogène sulfuré et son dégazage a pu contribuer à enrichir le fluide en deutérium (hypothèse à vérifier).

Les teneurs les plus enrichies en ^2H et ^{18}O correspondent à des eaux superficielles (aquifères de l'Oligocène et du Miocène) et à des eaux minérales mélangées. En revanche les eaux échantillonnées principalement au sein des sables infra-molassiques à l'Est (région d'Eugénie-les-Bains, Garlin, Barbotan, Gondrin) sont beaucoup plus appauvries par rapport aux eaux du bassin de Dax (incluant Dax, Préchacq, Tercis, Saubusse), de 2 ‰ en Oxygène-18 et de 14 ‰ en Deutérium. Cet appauvrissement s'accompagne d'activités faibles en carbone 14 (fig. 10), et de températures, calculées à partir des gaz nobles (néon, argon, krypton, xénon), de 5 à 7°C plus faibles que la température actuelle de l'air. Blavoux *et al.* (1993) indiquent une origine dans le Pléistocène tardif (20 000-30 000 ans).

Les sources thermominérales de la partie Ouest présentent des caractéristiques isotopiques différentes. Ces eaux circulant au sein d'un aquifère calcaire crétacé très fissuré avec localement des écailles dolomitiques auraient une origine plus récente, qui se situerait à la fois au **Pléistocène** et à l'**Holocène** (<15 000 ans).

Ceci pourrait être expliqué par deux types de circulation, l'une rapide à travers la porosité de fractures, l'autre, à l'échelle plus régionale de l'aquifère, plus lente dans la microporosité.

7.4.5. Temps de résidence.

- étude par le tritium

La composition isotopique en tritium de la majorité des points échantillonnés au sein du système aquifère régional (Sables infra-molassiques, Eocène, Dano-Paléocène, Crétacé-sup) indique une recharge ante 1952 (pour des valeurs en tritium inférieures à 2 UT, compte-tenu des incertitudes relatives sur la mesure). Elle témoigne de l'absence de mélange notable avec des eaux superficielles actuelles. Ces eaux ont un temps de résidence au sein de l'aquifère d'au moins une quarantaine d'années. Ceci renforce les hypothèses apportées par les isotopes stables, les gaz nobles et par le carbone 14 (fig. 11 et 12).

Certains points des aquifères profonds présentent des teneurs en tritium supérieures à 2 UT, ce qui indique la présence d'eaux récentes :

- **des eaux thermales du Bas-Adour** (St-Christophe, le Stade, Fontaine Chaude, Elvina à Dax, Raja à Saubusse, Bagnère 1 à Tercis et Buccuron à Gamarde), de 2 à 4 UT,
- **quelques points du Dano-Paléocène** (Marseillon, Audignon, Fargues, Donzacq), de 3 à 17 UT,
- **quelques points des Sables infra-molassiques** (Barbotan, Bordes), de 2 à 14 UT. Pour Le premier, interaction avec l'aquifère superficiel, à Bordes, il s'agit d'une zone d'alimentation.

Pour ces points, afin de préciser les temps de transfert, et les mécanismes de mélange mis en jeu, les programmes futurs devaient s'attacher à suivre l'évolution saisonnière des teneurs et calculer des % de mélanges (rôle de recharge de la structure anticlinale d'Audignon).

Pour les aquifères superficiels (Miocène, Oligocène, Eocène), une image par niveau aquifère représentative des écoulements pourra être obtenue avec une mise à jour des coordonnées géographiques de points existants (avec signature isotopique complète), et leurs niveaux captés respectifs. Pour l'instant une caractérisation ponctuelle a été établie.

- Etude par le carbone-14

Une **estimation** des âges obtenue avec les différents modèles de correction, exprimée sous forme d'une fourchette "min-max", a été réalisée pour l'ensemble des stations thermales du Bas-Adour, et pour quelques points d'eau sur l'ensemble du système aquifère régional (Dano-Paléocène et Sables-infra-molassiques).

Les fourchettes d'estimation de ces âges confirment les conclusions apportées par l'étude des isotopes stables de l'eau et des gaz nobles par Blavoux et al. (1993).

- Les eaux les plus anciennes (>20 000 ans) sont observées au sein de l'aquifère des Sables infra-molassiques (forages de Gondrin, Buros, Lespielle, Nogaro), avec une période de recharge estimée au Pleistocène. La figure 10 montre que les eaux les plus anciennes présentent les teneurs en ^{18}O les plus appauvries (entre -8 et -9.5 ‰ vs SMOW).
- Malgré un sens d'écoulement général estimé par les données piézométriques, globalement du Sud Est vers le Nord Ouest, des apports d'eau récente sont observés au sein du Dano-Paléocène :

* Les forages captant le Dano-Paléocène (forages d'Hagetmau, Lalongue, Lannecaube) au sud du Bas Adour (vers le front Nord Pyrénéen) présentent des âges anciens proches de 20 000 ans. Par rapport à la zone de recharge (zone des piémonts où la perméabilité est supérieure à 10^{-9} m/s), l'écoulement se fait avec une perméabilité voisine de 10^{-5} m/s. De même au Nord de la structure d'Audignon, les forages captant le Dano-Paléocène (forages des Landes de Siougos, de Toulouzette, de Mont-de Marsan) présentent eux aussi des âges anciens, en accord avec un écoulement Sud-Est - Nord Ouest.

Remarque : en observant en détail les résultats il est constaté des variations énormes d'activités au niveau des forages de Siougos, puisqu'en quelques centaines de mètres, on passe de 2.6 à 25 % d'activité. Ces variations sont difficilement explicables d'un point de vue hydrogéologique (variations de faciès, contamination au moment du prélèvement?).

* Au sein de la structure d'Audignon, on observe des activités plus élevées qui témoignent d'âges très rajeunis : les teneurs en tritium (>5 UT) observées confirment ces âges carbone-14, de l'actuel à 3500 ans (fig.13 et 14). Cette structure joue le rôle de zone de recharge potentielle au sein du Dano-Paléocène.

Remarque : l'estimation des âges par les modèles d'activités initiale du carbone 14 est rendue difficile par la présence de tritium qui témoigne d'un mélange entre une eau plus ancienne et des arrivées d'eaux météoriques récentes.

* Les sources thermominérales du Bas-Adour présentent des âges très rajeunis, qui confirment leurs caractéristiques isotopiques différentes (signal isotopique en isotopes stables plus proche du signal des eaux météoriques locales actuelles, teneurs en ^{18}O comprises entre -7 et -6 ‰ vs SMOW). Les âges sont inférieurs à 15000 ans, ce qui suppose une origine au Pleistocène tardif et à l'Holocène (confirmés par les études sur les gaz nobles de Blavoux et al. 1993). Ces eaux présentent parfois des teneurs en tritium non négligeables confirmant l'existence de ce rajeunissement. L'origine de celui-ci peut être lié d'une part à la zone de recharge de la structure d'Audignon, associée ou non à l'existence d'une circulation plus rapide à travers un faciès de calcaires karstifiés, et/ou d'autre part à des interactions avec les aquifères plus superficiels de l'Oligocène ou de la nappe alluviale de l'Adour (les caractéristiques chimiques montrent la présence de nitrates et des variations au niveau des chlorures). Les nouvelles analyses effectuées par l'Institut de Géodynamique sur l'Adour et l'aquifère alluvial au droit de Dax renforcent ces affirmations. Les analyses effectuées en période de basses eaux et de hautes eaux montrent des variations, c'est le cas du forage Bagnère 1 à Tercis (respectivement de 16.4 à 25.8). Cette variation peut témoigner d'un mélange avec un aquifère plus superficiel. L'observation de ces variations saisonnières est capitale pour identifier ce type d'interactions.

Le suivi de ces analyses montre aussi des variations importantes d'activité ^{14}C au sein d'un même groupe, identifié à partir des faciès hydrochimiques. C'est le cas pour le groupe de Gamarde où les activités sont respectivement de 6.2% pour le forage de Buccuron 2 et de 45% pour la source Vieux Buccuron. Pour cette dernière, située à faible profondeur, l'âge ne peut être estimé en raison du manque de mesure sur la teneur en ^{13}C , le rajeunissement pourrait être expliqué par un mélange avec une eau plus superficielle (l'étude des isotopes des sulfates dissous montre également une origine différente).

* Le groupe d'Eugénie-les Bains présente des caractéristiques très différentes de celles des stations du Bas-Adour. Le rajeunissement n'est pas observé. Seule une différence est visible entre les forages Christine-Marie, Moulin de Bougnères et Impératrice, liée à la différence de faciès. Le faciès du Dano-Paléocène plus carbonaté présente des teneurs en ^{13}C beaucoup plus enrichies que celles observées *au sein des Sables infra-molassiques* (fractionnement isotopique plus important).

Estimation des âges à partir de l'activité ^{14}C

Pour les stations thermales du Bas Adour :

Système aquifère Identification BSS	Nature du point	Activité ^{14}C mesurée (p.m.c.)	Age réel en années
<i>Groupe de Dax</i>			
0977-1X-0163	St-Paul-les-Dax - SPDX1	17.5	1000-9000
0977-1X-0015	Dax - place de la Course	22.8 - 23.6	3000-7500
0977-1X-0021	Dax - Fontaine Chaude	26.9 - 28.2	2500-6000
0977-1X-0089	Dax - Elvina 1	27.5	1800-6000
0977-1X-0124	Dax - Boulogne 2	25.6	3000-6500
<i>Groupe de Saubusse</i>			
0976-3X-0079	Saubusse - Hourat F3	26.1	2000-6000
0976-3X-0086	Saubusse - Raja F4	39.3 - 40.6	2000-6000
0976-4X-0005	St-Paul-les-Dax - Sébastopol	3.9	6000-21000
0977-4X-0034	Dax - GDX	12.4 - 13.9	7000-11000
<i>Groupe de Préchacq</i>			
0950-6X-0045	Préchacq -Trou Madame	9.8 - 10.3	3500-13000
0950-6X-0006	Préchacq - l'Avenue	6	^{13}C ?
<i>Groupe de Gamarde</i>			
0950-7X-0033	Gamarde - sce Vieux Buccuron	45.1- 45.9	200-2000
0950-7X-0031	Gamarde - forage Buccuron 2	6.2	^{13}C non mesuré
<i>Groupe de Tercis</i>			
0976-4X-0033	Tercis - Bagnère 1(hautes eaux)	25.8	1500-6000
"	Tercis - Bagnère 1(basses eaux)	16.4	2000-7000
0976-4X-0053	Tercis - Bagnère 2	12.0	4000-13000
<i>Groupe d'Eugénie-les-Bains</i>			
0978-4X-0020, Dano-Pal	Eugénie -moulin de Bougnères	3	11000-19000
0978-4X-0018, Dano-Pal	Eugénie - Christine-Marie	1.8	21000-27800
0978-4X-0024, Sab.SM	Eugénie - Impératrice	1.5	27000 -31000

Estimation des âges à partir de l'activité ^{14}C

Pour l'aquifère régional, Dano-Paléocène :

Système aquifère Identification BSS	Nature du point	Activité ^{14}C mesurée (p.m.c.)	Age réel en années
	<i>Nord structure Audignon</i>		
0926-1X-0008	Roquefort - AEP F1	51	actuel-700
0951-3X-0021	Mont-de-Marsan - GMM1	1.9 - 4.3	7000-20000
0951-1X-0016	Meilhan - Siougos LS1	0.9 - 2.7	10000-24000
0951-1X-0068	Meilhan - Siougos LS8	2.6	11500-24000
0951-1X-0069	Meilhan - Siougos LS3	24.2 - 25	2000-7000
0951-5X-0027	Toulouzette - TLZ1	3.9	15000-21000
	<i>Structure d'Audignon</i>		
0978-2X-0006	Audignon -Source Marseillon	51	actuel
0978-2X-0024	Audignon - forage Coulaou	53	actuel
0978-4X-0028	Buanes - for.La Violette	34 - 36.7	3500-8000
0950-7X-0039	Cassen - forage Sudou	52.9 - 54.4	act-2500
0977-4X-0026	Donzacq -F1 Tuilerie	34 - 39 - 41.7	700-3000
0978-3X-0019	Fargues - for.Pernat	44.7 - 50	800-1500
0950-6X-0059	Gousse - sce des Gourgues	50 - 51.8	600-1500
0951-5X-0039	Montaut - sce st-Vincent (d'Arcet)	48.9	act-800
0978-3X-0027	Montsoue - Montgaillard	35.9	1600-3200
0978-1X-0007	St-Aubin - for.Sartout	69.7	actuel
0978-3X0018	Sarraziat - for.Taulade	54.3 - 58.3	act-500
	<i>ouest structure d'Audignon</i>		
0950-7X-0045	Louer -F1 Lavigne	18	6000-9000
	<i>Sud Structure d'Audignon</i>		
0978-4X-0021	St-Loubouer - for.Lamaison	6.9	6000-16000
0978-2X-0008	Hagetmau - stade F3	1.5	19000-29000
1005-2X-0037	Lasseppe - Lalongue	1.4	30000-35000
1005-2X-0038	Lasseppe - Lannecaube	4.7	15000-20000

Estimation des âges à partir de l'activité ^{14}C

Pour l'aquifère régional, sables sous-molassiques :

Système aquifère Identification BSS	Nature du point	Activité ^{14}C mesurée (p.m.c.)	Age réel en années
<i>Sables sous-molassiques - nord du Bas-Adour</i>			
0926-8X-0061	Barbotan B103	5.1	18000-21000
<i>Sables sous-molassiques - sud du Bas Adour jusqu'au front Nord-Pyrénéen</i>			
0953-3X-0016	Gondrin	2.1	26000-29000
0953-6X-0008	Demu - forage AEP	4.5	17500*
1005-2X-0006	Buros - AEP Garlin	<0.7	38000-42000
1005-3X-0002	Lespielle - LEFPI	3	23000-27000
0928-7X-0023	Moulin de Repassac - Lectoure	2.5	21000-26000
0978-8X-0004	Pecorade - AEP Tursan	6.9	16000-20000
0952-6X-0210	Le Houga - LUG57	2.3	25000*
1007-1X-0012	Lamazere - F1- GLA	3.6	20900*
0954-5X-0018	Plehaut- forage AEP	4.5	17300*
0952-8X-0026	Nogaro - Nogaro 2	3.3	21800*
0952-8X-0002	Nogaro - Nogaro 1	2.3	26000-29000

Pour les aquifères superficiels :

Système aquifère Identification BSS	Nature du point	Activité ^{14}C mesurée (p.m.c.)	Age réel en années
<i>Eocène</i>			
0977-3X-0014	F2 Castaing - Montfort-en-Chalosse	19.5	7200*
0977-3X-0001	F Bois de Nousse - Nousse	5.8	17300*
<i>Oligocène</i>			
0950-6X-0004	F1 Pêche-Pontonx-sur-Adour	10.5	12500*
0950-4X-0001	F Bourguignon - Tartas	2.6	23800*
0977-7X-0003	F Lalanne - Pomarez	3.3	21800*

les données avec une * sont des données récentes calculées sur la base d'un seul modèle de correction d'activité initiale.

7.4.6. Conclusions

Derrière une diversité réelle de composition chimique et isotopique, les eaux des nappes du sud du bassin Adour Garonne reflètent bien les conditions hydrodynamiques caractérisant les aquifères d'où elles sont issues. Les phénomènes de réduction des sulfates, de ré-oxydation des sulfures sont en effet variables suivant les sites et fortement dépendants des conditions de circulation (+/- confinée). L'étude du comportement du bicarbonate peut préciser les conditions de circulation profonde notamment vis à vis des évaporites (à leur contact ou en leur sein). Par ailleurs l'hétérogénéité de ces évaporites est mise en évidence aussi bien par les alcalins (Na, K) que par les halogènes (Cl, Br) et les sulfates dans les eaux thermales et les saumures.

Les eaux superficielles parviennent fréquemment mais en faible quantité à se mélanger avec les eaux thermales. Enfin, sur la base de leur composition des relations peuvent être établies entre les différents points d'eau, confirmant ce qui pouvait être avancé par l'hydrogéologie. Les profils chimiques sont mis en relation avec les sens d'écoulements des eaux.

L'origine des eaux thermominérales du Bas-Adour est clairement météorique. Leur âge systématiquement et nettement plus jeune que les eaux des Sables infra-molassiques du nord-ouest pyrénéen, résulte d'un apport récent.

Un schéma d'acquisition de la minéralisation pour les différents niveaux aquifères a été présenté au niveau du contexte régional. L'origine des eaux a été identifiée et principalement dans le secteur complexe du Bas-Adour où différents processus se superposent. Une estimation des temps de résidence a été réalisée et montre le caractère ancien de la ressource. Les sources thermominérales de la partie Ouest présentent des caractéristiques isotopiques différentes. Un concept de double circulation, l'une rapide à travers la porosité de fracture, l'autre plus lente dans la macroporosité à l'échelle régionale de l'aquifère, peut être envisagé

Le concept hydrogéochimique est en cohérence avec les conclusions apportées par le concept géologique.

Les aquifères du Tertiaire (Miocène, Oligocène, Eocène inf.) présentent un faciès géochimique similaire avec une faible minéralisation bicarbonatée-calcique, très différent de celui des aquifères profonds. Aucune distinction de faciès géochimiques n'est observée entre Eocène inf. et Sables infra-molassiques, de même au sein des aquifères profonds, entre Crétacé sup. et Dano-Paléocène.

Les connections proposées par le modèle géologique :

- du CénoMano-Turonien vers le Sénonien inf.,
- du Sénonien inf. vers le Sénonien sup.,
- du Sénonien sup. vers le Dano-Paléocène,
- Du Dano-Paléocène vers l'Eocène inf.,

- De l'Eocène inf vers les Sables infra-molassiques, montrent un ordre décroissant de communication du bas vers le haut de la série stratigraphique avec une disconnection des aquifères supérieurs (Eocène moyen à Plio-Quaternaire). *Ce dispositif est en cohérence avec les résultats de l'étude hydrogéochimique.*

Dans le secteur du Bas-Adour, ces relations sont toutefois à nuancer. De nombreux mélanges ont été mis en évidence à la faveur d'accidents structuraux (diapirs, failles,...) ou au niveau d'émergences provoquant des mélanges avec les aquifères superficiels.

Bibliographie

ANDREIEFF P. 1988

Diagnoses micropaléontologiques in notice carte à 1/50 000 Tartas (950) . BRGM Orléans .

ANDREIEFF P. 1989

Diagnoses micropaléontologiques in notice carte à 1/50 000 Mont de Marsan (924) . BRGM Orléans .

ARMAND C. - SOURISSEAU B. - 1990

Qualité, protection, évaluation et surveillance des ressources en eaux profondes des nappes nord-pyrénéennes. Rapport BRGM R 33211 AQI 4S 90.

AUROUZE J. - SOURISSEAU B. - VOUVE J. - 1996

Synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques du département de Lot-et-Garonne. Rapport BRGM R 39036 - CDGA hydrogéologie Bx I - CH 96.4 - 1996

BESEME P. 1962

Contribution à l'étude géologique du Danien et du Paléocène en Aquitaine occidentale . Thèse 3ème cycle Fac.Sci. Paris .

BERARD P. - CHERY L. - LOPOUKINE M. - PLATEL J.P. - SOURISSEAU B.

Synthèse des connaissances hydrogéologiques sur les ressources thermominérales du Bas-Adour. Rapport BRGM R 39396 - Mars 1997

BILOTTE M. 1991

Séquences de dépôt et limites de bloc dans le Crétacé terminal et le Paléocène basal du bassin d'avant-pays sous-pyrénéen .Bull. Centre de rech. explo. prod. ELF Aquit. 15,2, p.411-437

BLES J.L., DOMINIQUE P., GRELLET B. 1993

Recherche sur la sismotectonique du sud-ouest de la France . Rapport BRGM R 36712 GEO-SGN 93

BLES J.L., DOMINIQUE P., GODEFROY P. 1994

Recherche sur la sismotectonique du sud-ouest de la France (Pyrénées et bassin Aquitain) . Rapport BRGM R 37977 .

BOULANGER D. 1968

Révision du Nummulitique de Chalosse, du Béarn et du bas-Adour (Landes et basses-Pyrénées) . Thèse d'Etat Paris

BOURDILLON C. 1988

Micropaléontologie des sédiments à nummulites des sondages de GER 1(Tarbes) et LVG 1(Aire sur Adour) . BRGM 88GEO GSB116 .

BRUNET M.F. 1991

Subsidence et géodynamique du bassin d'Aquitaine . Relations avec l'ouverture de l'Atlantique . Thèse d'Etat Paris VI, 288 p.

BURGER J.,CUVILLIER J.,SCHOEFFLER J. 1945

Stratigraphie du nummulitique de la Chalosse de Monfort . B.S.G.F.(5),15,p.207-220

CAHUZAC B.,JANIN M.C.,STEURBAUT E. 1995

Biostratigraphie de l'Oligo-Miocène du bassin d'Aquitaine fondée sur les nannofossiles calcaires . Implications paléogéographiques.Géologie de la France n°2,p.57-82

CHARITAT P. 1961-Etude géologique de la région Montgaillard-Capvern (Hautes-Pyrénées) - Thèse 3ème cycle Sciences Paris p.101

CHERY L. - GADALIA A. - Mars 1997

Ressources thermominérales du Bas-Adour. Synthèse géochimique et isotopique des eaux souterraines - Rapport BRGM R 39397.

COSSMANN M.,O'GORMANN G. 1923

Le gisement cuisien de Gan. - Tortellier imp., p.188

CROCHET B. 1991

Molasses syntectoniques du versant nord des Pyrénées : la série de Palassou . Thèse d'Etat, Doc. BRGM, 199, p.387

CUVILLIER J. 1956

Stratigraphic correlations by microfacies in western Aquitaine. 2nd. edit. p.L-LXXVI, Brill, Leiden

CURNELLE R. 1983

Evolution structuro-sédimentaire du Trias et de l'Infra-Lias d'Aquitaine. Bull. Centre de rech. explo. prod. ELF Aquit. 12,2, p.707-737

CURNELLE R.,DUBOIS P. 1986

Evolution mésozoïque des grands bassins sédimentaires français (Bassin de Paris,d'Aquitaine et du Sud-est) .B.S.G.F.(8),2,p.529-546

DAGUIN F. 1948

L'Aquitaine occidentale - Géologie régionale de la France. Herman Paris p.232

DEBOURLE A. 1974

Les bryozoaires du nummulitique d'Aquitaine sud-occidentale, systématique, paléoécologie . Thèse d'Etat Fac. Sci. Bordeaux

DELBOS J. 1854

Essai d'une description géologique du bassin de l'Adour. Thèse d'état . Fac. Sciences Paris

DELOFFRE R. 1988

Itinéraire géologique en Chalosse. Bull. Centre de rech. explo. prod. ELF Aquit. 7,1, p.68-89

DOUVILLE H. 1905

Le terrain nummulitique du bassin de l'Adour. B.S.G.F.(4),5,p.9-55

DOUVILLE H. 1919

L'Eocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées. Mém. cart. géol. France Paris, p.1-38

DUBALEN P.E. 1910

Rapport géologique sur les environs de Dax. Tixier-Legrand Mont de Marsan p.8

DUBOIS P.,SEGUIN J.C. 1978

Les flyschs crétacés et éocènes de la zone commingeoise et leur environnement . B.S.G.F.(7),20,5p.657-671

DUPOUY-CAMET J. 1952

Recherches structurales sur les accidents triasiques du sud-ouest de l'Aquitaine. B.S.G.F.(233),49,p.287

FABRE A. 1939

Description des terrains tertiaires du Médoc. Thèse univ. Paris, Drouillard edit. Bordeaux

FARJANEL G. 1988

Diagnoses palynologiques in carte géologique à 1/50 000 Hagetmau (978) . BRGM Orléans .

FEINBERG H. 1964

Contribution à l'étude stratigraphique et structurale de l'anticlinal d'Audignon (Landes) . Thèse 3ème cycle Fac. Sci. Paris

FONDECAVE-WALLEZ M.J., PEYBERNES B., EICHENE P. 1995

Mise en évidence micropaléontologique d'un flysch yprésé-lutétien, ex-crétacé, à matériel triasique résédimenté, dans la coupe de Bidart nord (Pyrénées Atlantique) . Géologie de la France n°3, p.47-56

GRANDJEAN G. 1992

Mise en évidence des structures crustales dans une portion de chaîne et de leur relation avec les bassins sédimentaires . Application aux Pyrénées occidentales au travers du projet ECORS Arzacq . Doctorat Univ. Sc. Tech. Languedoc 291p.

GROSDIDIER E., SAINT MARC H. 1964

Sur la présence de *Thomasinella* (foraminifère) en Aquitaine . C.R.Séa.Soc.Géol.France, fas.II, p.68-70

HEBERT E. 1879

Sur les calcaires à *Echinolampas michelini* du midi de la France. B.S.G.F.(3),7,p.740-741

HEBERT E. 1882 - Sur le groupe nummulitique du midi de la France. B.S.G.F.(3),10,p.364-391

HOUREDEBAIGT M.L., VILLATTE J., CROCHET B. 1986

Le poudingue de Jurançon au sud de Pau appartient à la série syntectonique de Palassou : preuve par la découverte d'une malacofaune éocène. C.R.Ac.Sci.Paris,303,10,p.951-956

HOUREDEBAIGT M.L. 1988

Stratigraphie et sédimentologie des molasses synorogéniques en Béarn et en Bigorre . Thèse 3ème cycle Univ. P.Sabatier Toulouse, p.206

JACQUOT E., MUNIER-CHALMAS E. 1886

Sur l'existence de l'Eocène inférieur de la Chalosse et sur la position des couches de Bos d'Arros. C.R.Ac.Sci.Paris,102,p.1261-1264

JACQUOT E., RAULIN V. 1888

Statistique géologique et agronomique du département des Landes . Delaroy Mont de Marsan p.674

LEMOINE M. 1984

La marge occidentale de la Téthys ligure. in Marges continentales et fossiles autour de la France . Masson Paris édit., p.342

MATHELIN J.C. 1988

le Paléogène des falaises de Biarritz : révision stratigraphique, paléoenvironnements et diapirisme . Thèse 3ème cycle Paris VI

MATHELIN J.C., SZTRAKOS K. 1993

L'Eocène de Biarritz (Pyrénées atlantiques) Stratigraphie et paléoenvironnement. Monographie des foraminifères. Cahiers de micropal. 8,1,n.ser.,p.5-85

MARTINET I., BELLIER J.P., BILOTTE M., LAMBERT B. 1990

Le comblement diachrone du sillon sous-pyrénéen au Crétacé sommital : un cadre stratigraphique tiré de l'étude micropaléontologique (Plantaurel, Petites Pyrénées, France) C.R.Ac.Sci.Paris, 2, 310, p.1315-1320

MAUROUX B. - DANNEVILLE L. - Mars 1996

Outil de gestion des systèmes aquifères du Sud du Bassin Adour-Garonne - Inventaire des prélèvements - Rapport BRGM R 38871.

NEUMANN M. 1945-Etude des petits foraminifères du Lutétien inférieur de la Chalosse occidentale . D.E.S. Bordeaux p.123

OLIVET J.L., BONIN J., BEUZART P., AUZENDE J.M. 1984

Cinématique de l'Atlantique nord et central . CNEXO (Brest), 54, p.1-108

PLAZIAT J.C., TOUMARKINE M., VILLATTE J. 1975

L'âge des calcaires pélagiques et néritiques de la base du Tertiaire (Danien, Paléocène) . Bassins basco-cantabrique et béarnais (Espagne, France). Mise au point sur les échinides. Eclogae géol. Helv. Vol.68/3, p.614-647

POUCHAN P. et al, 1994

Etude hydrogéologique, géochimique et isotopique des quifères profonds du département des Landes, Service hydrogéologique de la Direction de l'Agriculture et de l'Espace rural, Conseil Général des Landes, Institut de Géodynamique, Université Bordeaux III, Lab. d'Hydrogéologie, Univ. Avignon, CRG de Thonon, Université Pierre et Marie Curie, Institut für Umweltphysik, Univ. d'Heidelberg.

REYT L., DUBALEN J. 1892

Notice géologique et agronomique sur la protubérance crétacée des environs de Saint Sever (Landes) . A.F.A.S. Pau, 21 ses., p.382-387

RICARD J. - BONNERY H. - SOURISSEAU B.

Aquifère des Sables infra-molassiques en régions Aquitaine et Midi-Pyrénées (à fin 1995) - Rapport BRGM R 39035 - Septembre 1996.

RICATEAU R., VILLEMIN J. 1973

Evolution au Crétacé supérieur de la pente séparant le domaine de la plate-forme du sillon sous-pyrénéen . B.S.G.F.(7), 15, p.30-39

SCHAUB H. 1981

Nummulites et Assilines de la thétys paléogène . Taxonomie, Phylogénèse et biostratigraphie . Mém. suisses Pal. n°104-106

SCHOEFFLER J. 1971

Etude structurale des terrains molassiques du piémont nord-pyrénéen de Peyrehorade à Carcassonne . Thèse d'Etat Bordeaux p.371

SEUNES J. 1890

Recherches éologiques sur les terrains secondaires et l'Eocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du sud-ouest de la France (Basses Pyrénées et Landes). Thèse Sci. Paris, édit. Dunod Paris p.250

SEYVE C. 1984

Etude micropaléontologique du passage Crétacé-Tertiaire du Paléocène et de l'Yprésien au sud de Pau. Thèse 3ème cycle Univ. P. et M. Curie Paris, p.129

SEYVE C. 1984-

Le passage Crétacé-Tertiaire à Pont-Labau (Pyrénées-Atlantique).
Bull. Centre de rech. explo. prod. ELF Aquit. 8,2, p.385-423

SPECHT M.,DERAMOND J.,SOUQUET P. 1991

Relations tectonique et sédimentation dans les bassins d'avant-pays : utilisation des surfaces stratigraphiques isochrones comme marqueurs de la déformation .
B.S.G.F.(162),3,p.553-562

SOROSTE M. 1987

Origine et évolution d'un réservoir carbonaté paléocène aquitain . Structure des Landes de Siougos (40) . Thèse 3ème cycle Bordeaux III

SZTRAKOS K. 1996- Le Thanétien supérieur et l'Yprésien du bassin de l'Adour (Aquitaine, France) . Stratigraphie et paléoenvironnement . Etude des foraminifères .
Cahiers de micropal. N.S. 1996-vol.10-n°1, p.25-63

TAMBAREAU Y. 1972

Thanétien supérieur et Ilerdien inférieur des Petites Pyrénées du Plantaurel et des Chainons audois . Thèse d'Etat Toulouse p.377

TAMBAREAU Y.,CROCHET B.,VILLATTE J.,DERAMOND J. 1995

Evolution tectono-sédimentaire du versant nord des Pyrénées centre-orientales au Paléocène et à l'Eocène inférieur . B.S.G.F.,166, 3,p.311-320

TOURNOUER R. 1870

Sur la présence de nummulites dans l'étage à *Natica crassatina* du midi de la France .
B.S.G.F.,2, 27,p.504

VASSEUR G. 1891

Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France. B.S.G.F.,2, p.16-19

VASSEUR G. 1902

Révision de la carte géologique d'Orthez.
B.S.G.F.,12,85, p.135

VIENNOT P. 1927

Recherches structurales dans les Pyrénées occidentales françaises.
B.S.C.G.F.,163,60,p.267

VILLATTE J. 1962

Etude stratigraphique et paléontologique du Montien des Petites Pyrénées et du Plantaurel . Thèse d'Etat Toulouse, Privat edit. p.331

WINNOCK E. 1974

Le Bassin d'Aquitaine
in DEBELMAS J., Géologie de la France, Doin Paris

Ouvrages de synthèse

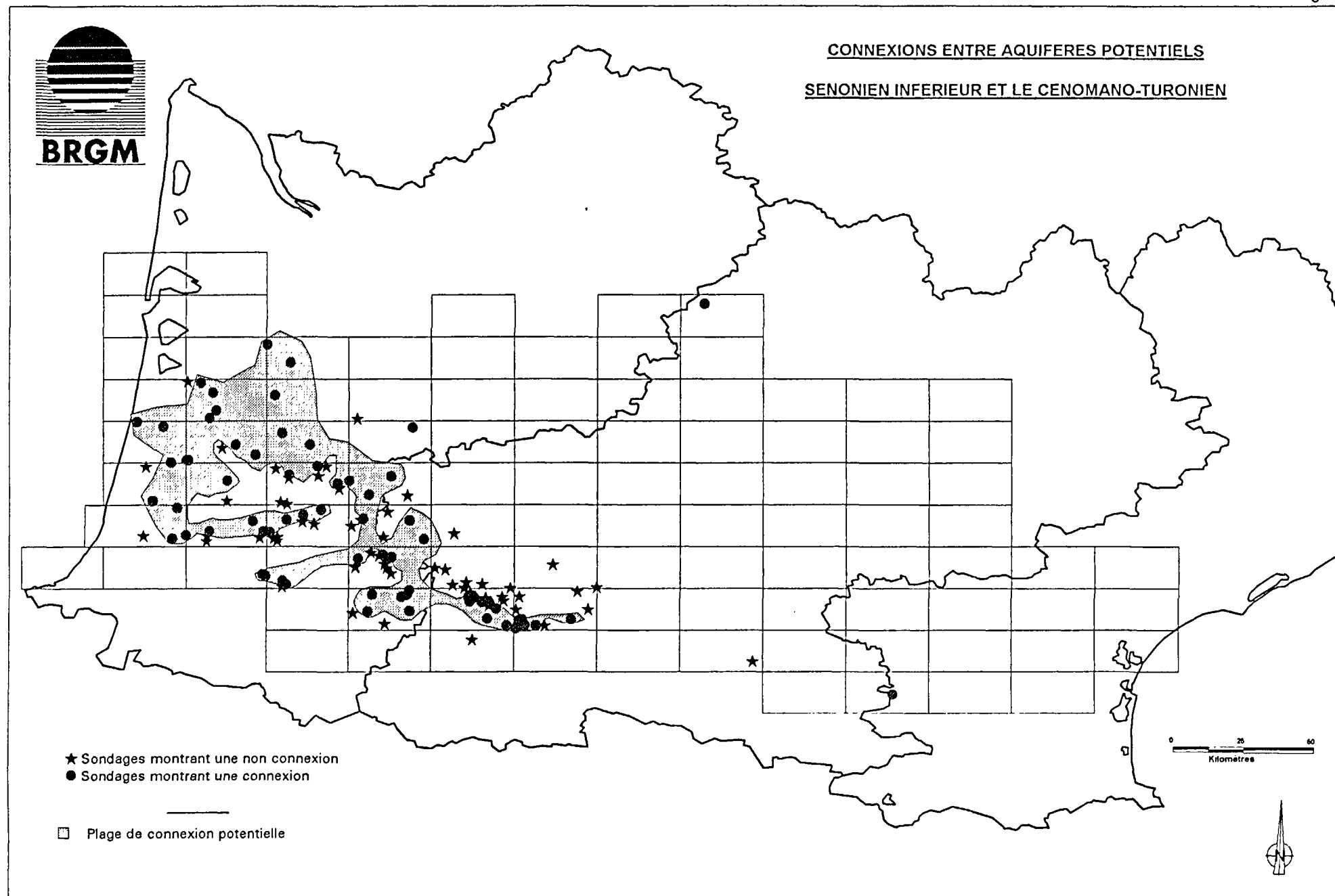
ATLAS GEOLOGIQUE DU BASSIN D'AQUITAINE 1974-B.R.G.M., ELF RE, ESSO-REP, SNPA . pl.27 . BRGM édit. Orléans

SYNTHESE GEOLOGIQUE DU SUD-EST DE LA FRANCE 1984-Mémoire BRGM n°125 et 126. Edit. BRGM Orléans .

CARTES GEOLOGIQUES DES PYRENEES (4 feuilles) 1/250 000 : SNPA, Soler, Sampere, Henry, Winnock - 1972

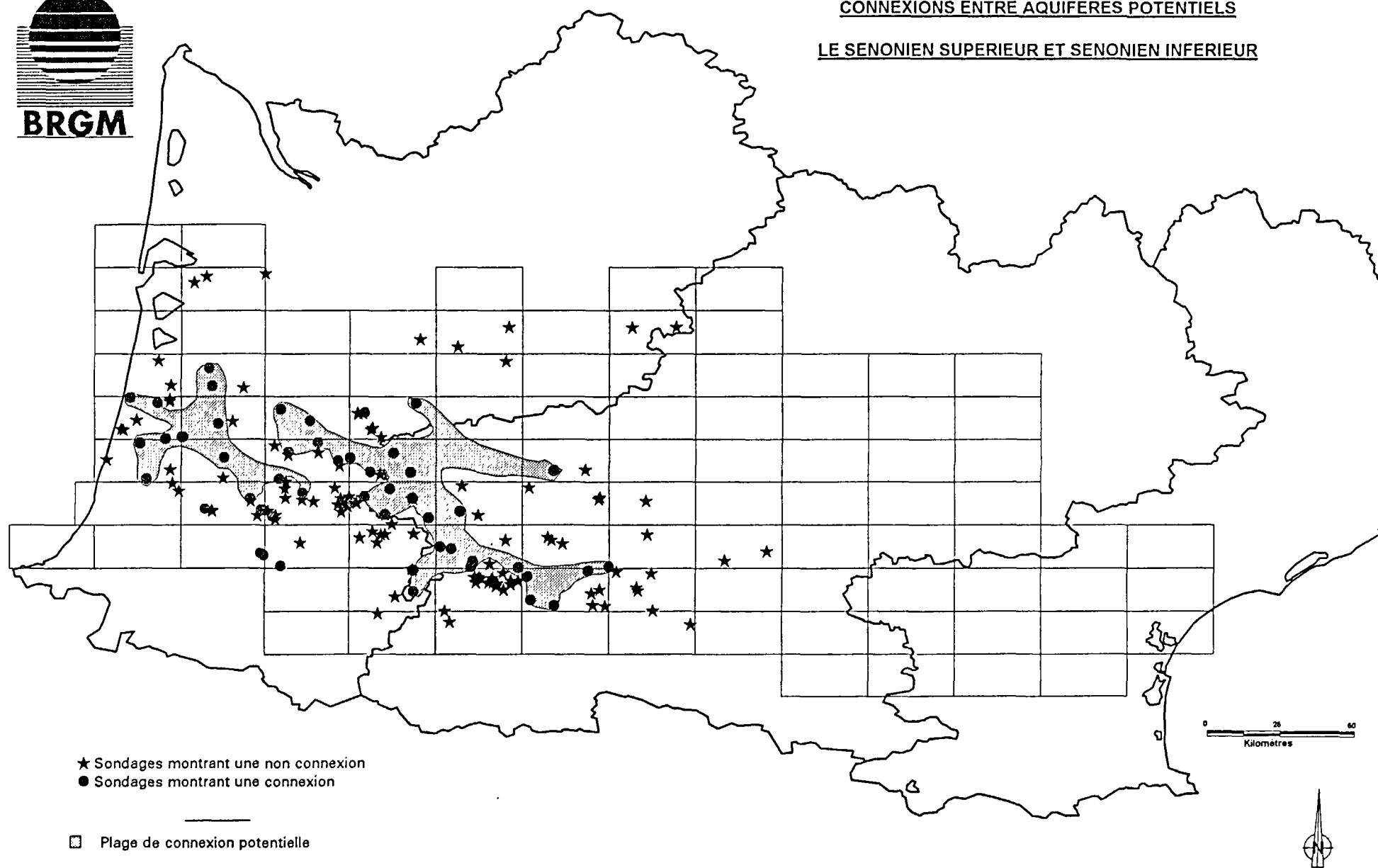
POTENTIEL GEOTHERMIQUE DU BASSIN AQUITAIN - BRGM - SN ELF AQUITAINE - Décembre 1977 - DGRST - Comité Géothermie contrat n° 76.1.1332.

ANNEXES



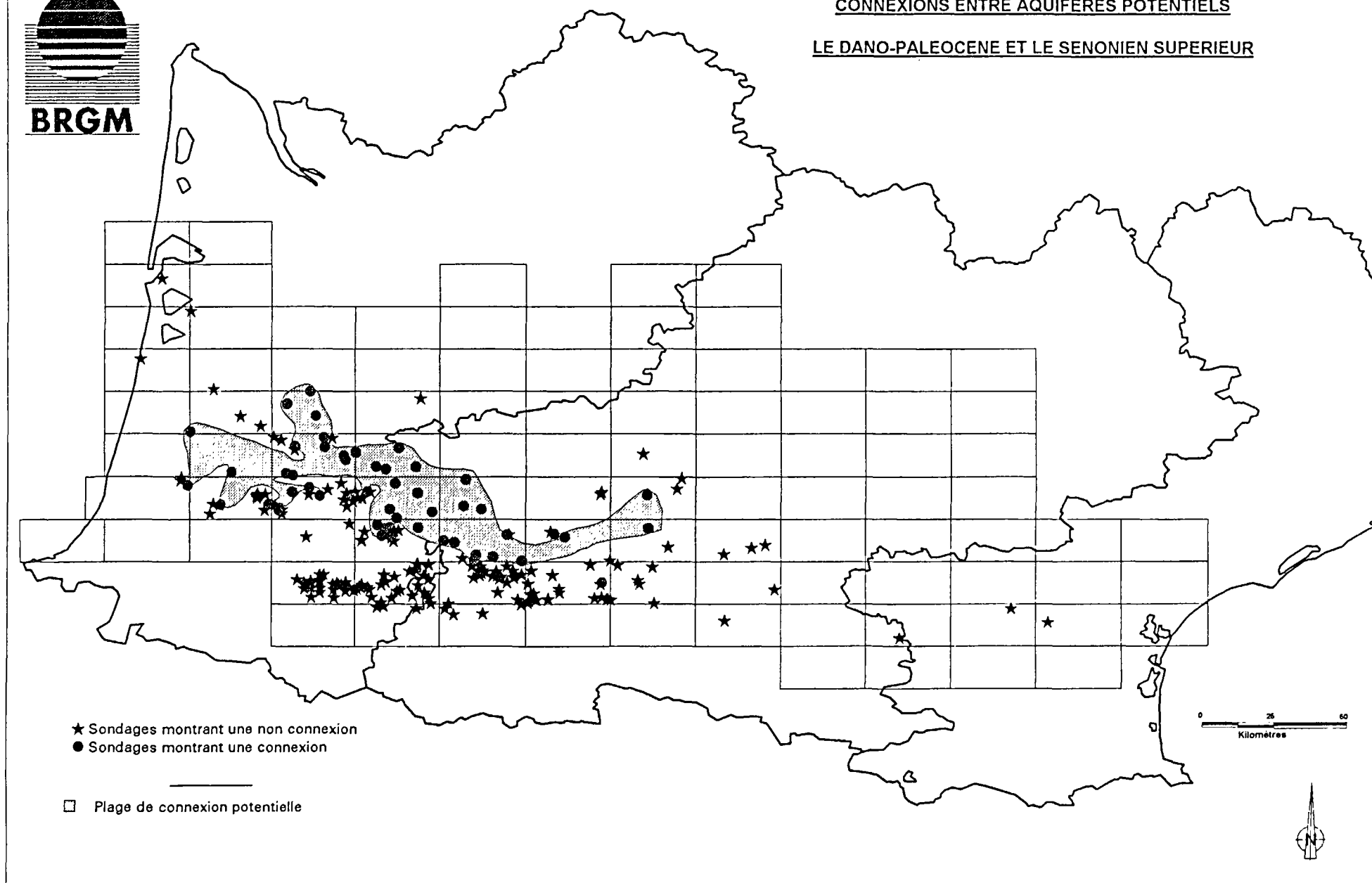


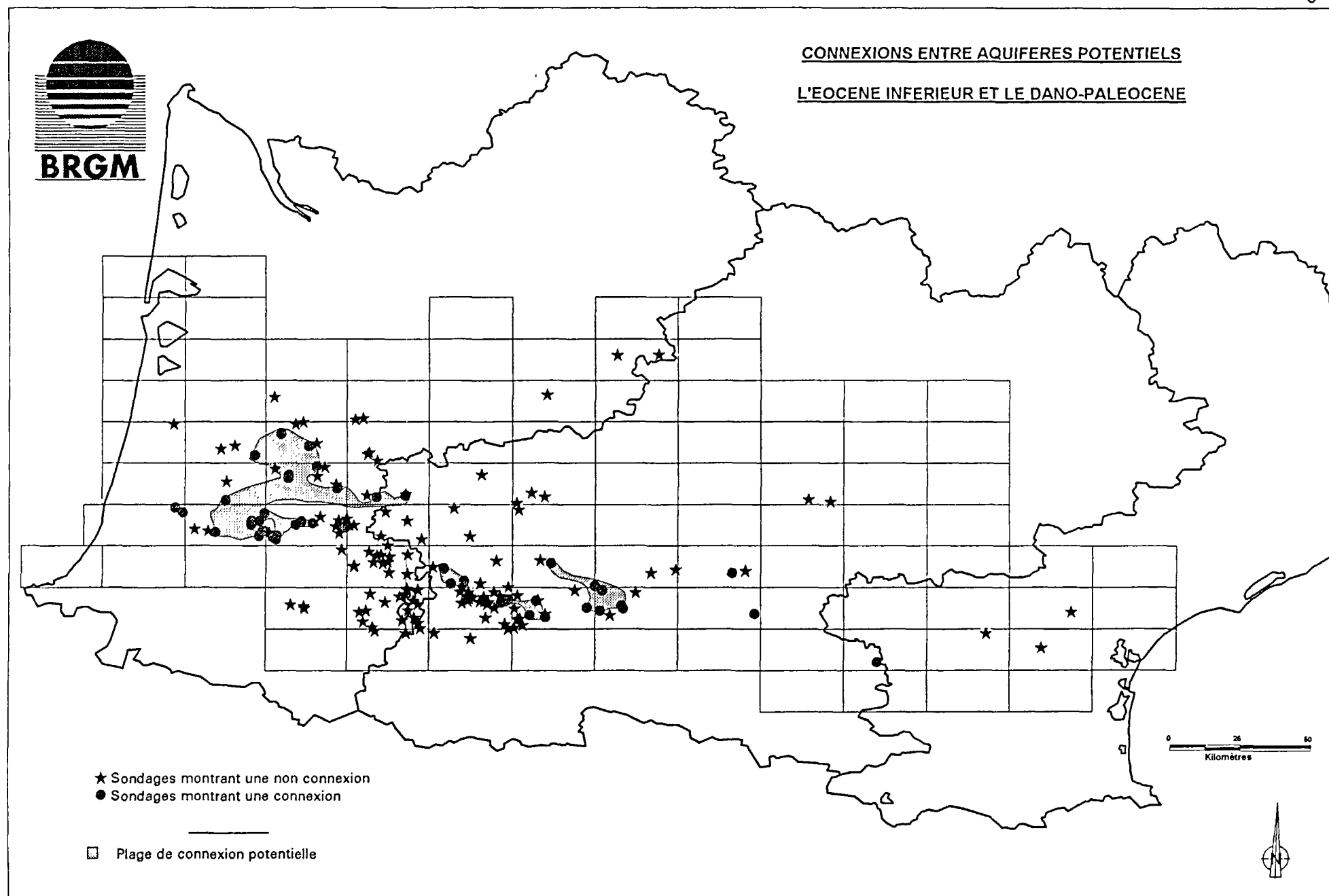
CONNEXIONS ENTRE AQUIFERES POTENTIELS
LE SENONIEN SUPERIEUR ET SENONIEN INFERIEUR





CONNEXIONS ENTRE AQUIFERES POTENTIELS LE DANO-PALEOCENE ET LE SENONIEN SUPERIEUR

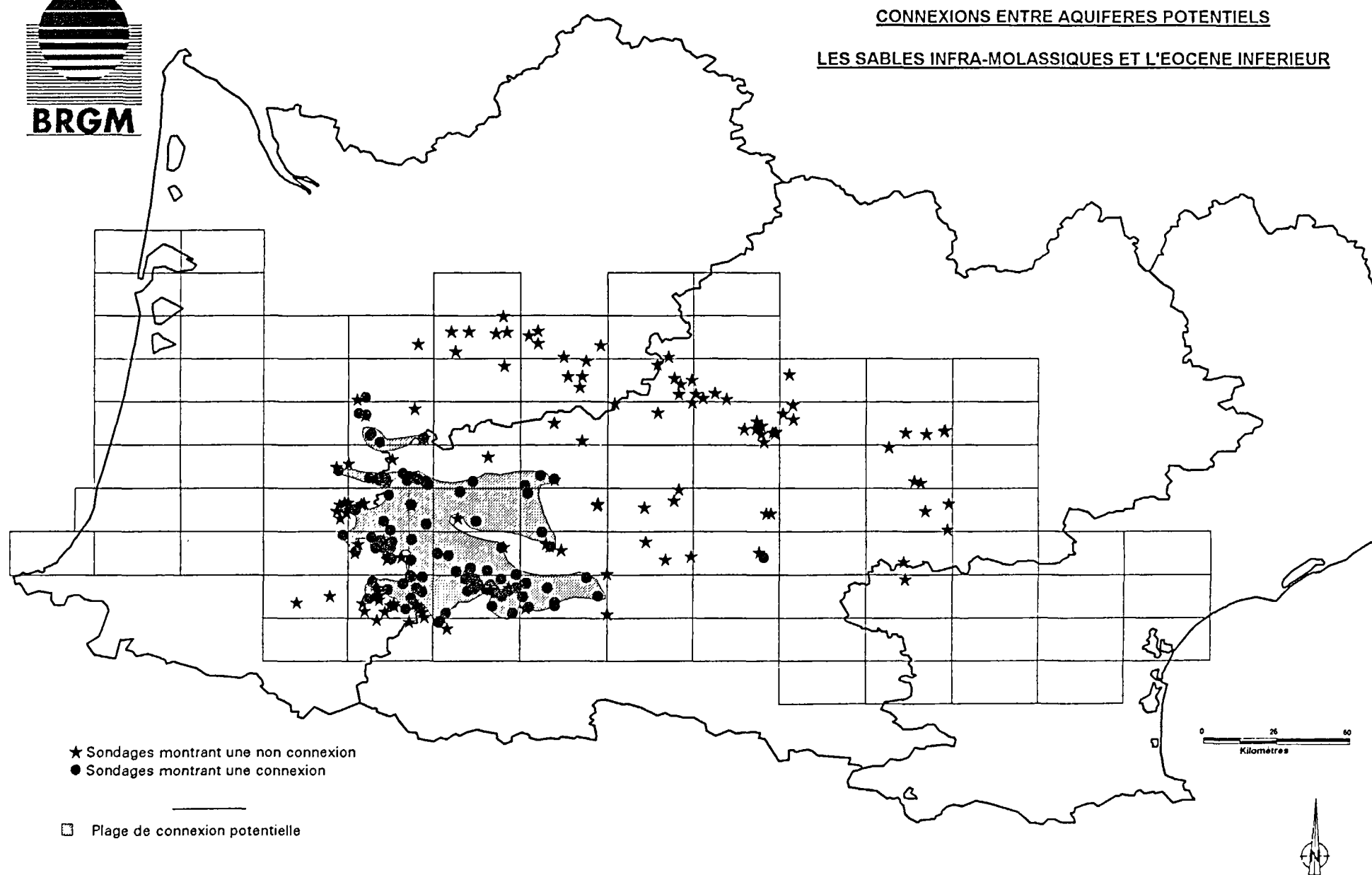


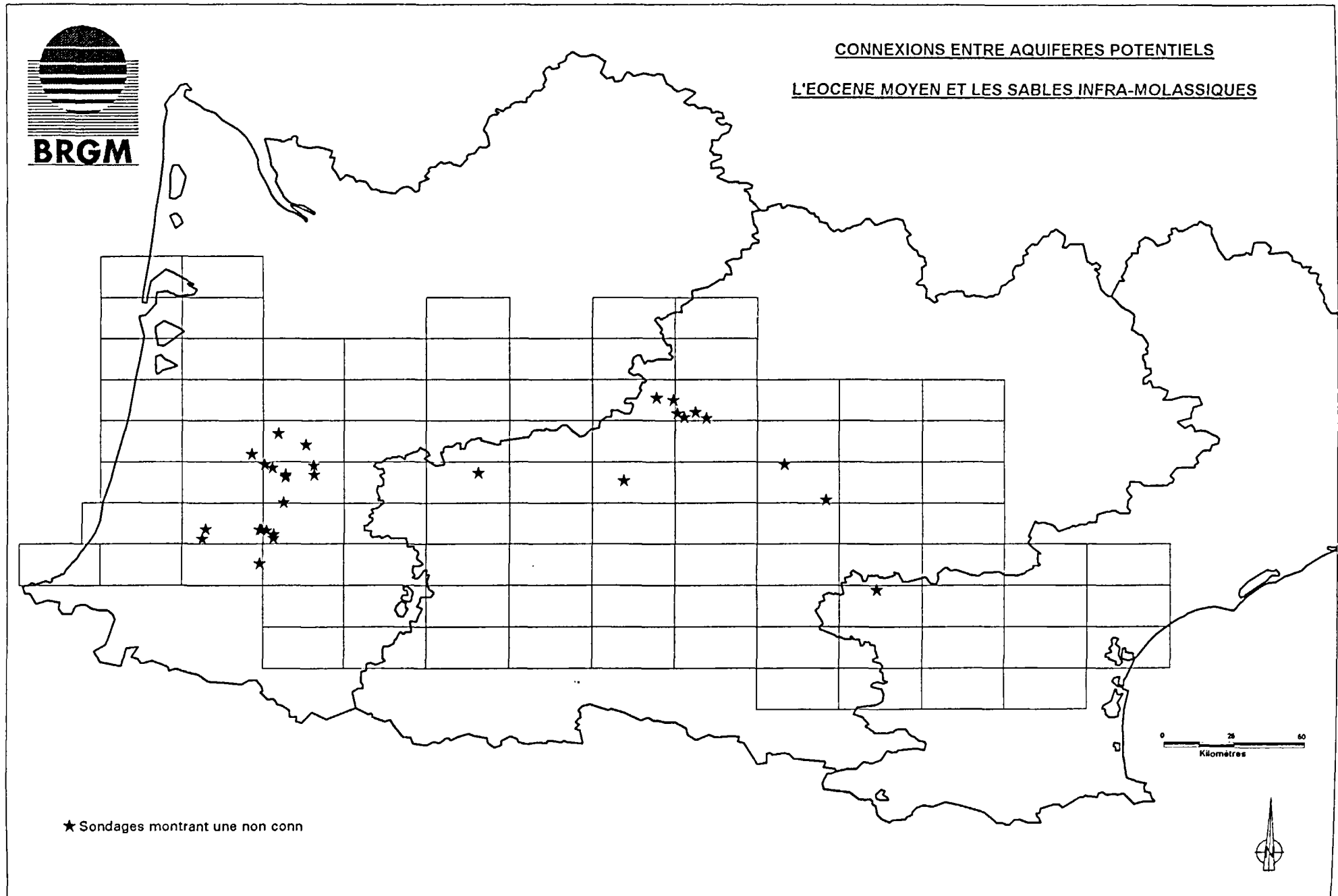


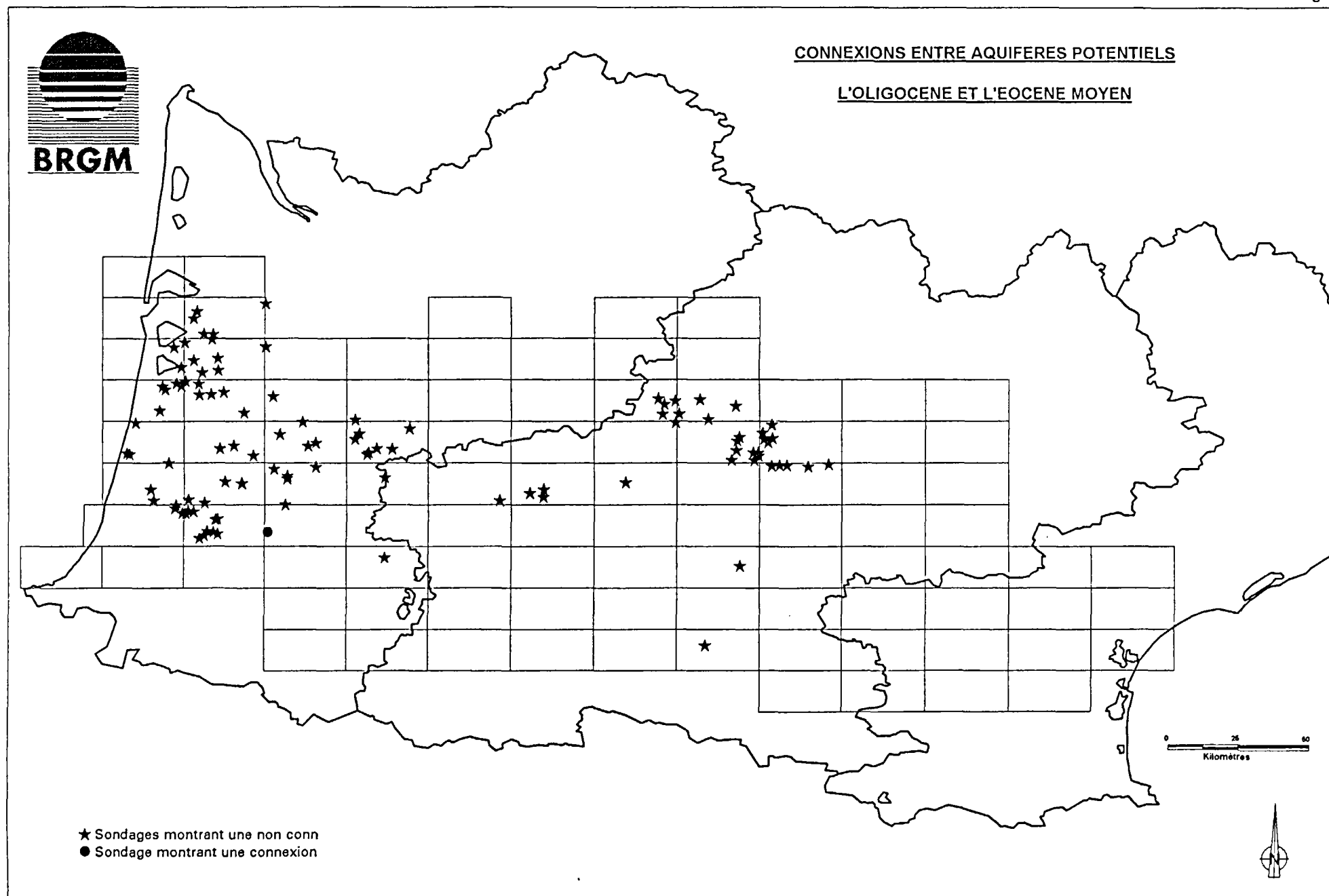


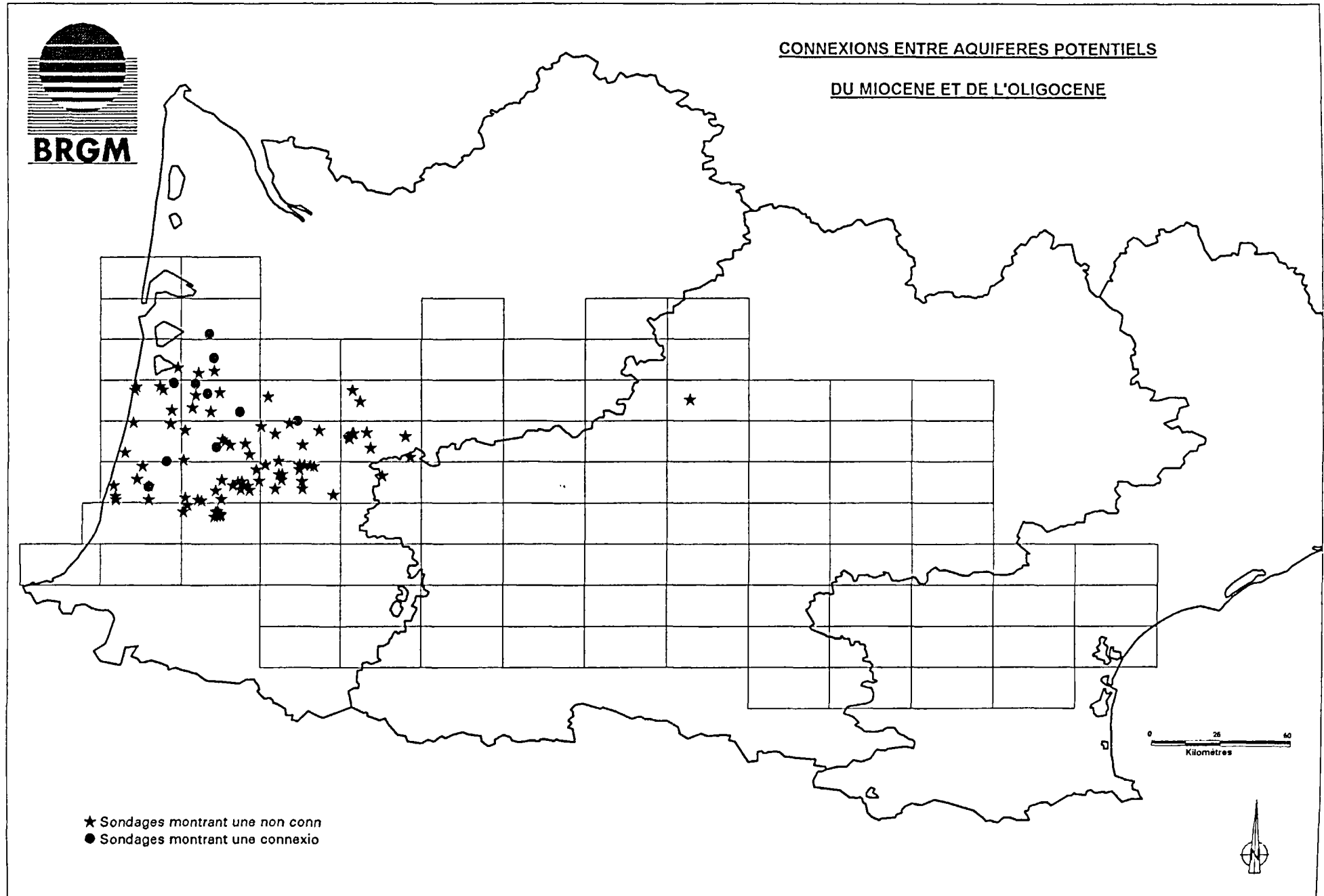
CONNEXIONS ENTRE AQUIFERES POTENTIELS

LES SABLES INFRA-MOLASSIQUES ET L'EOCENE INFERIEUR







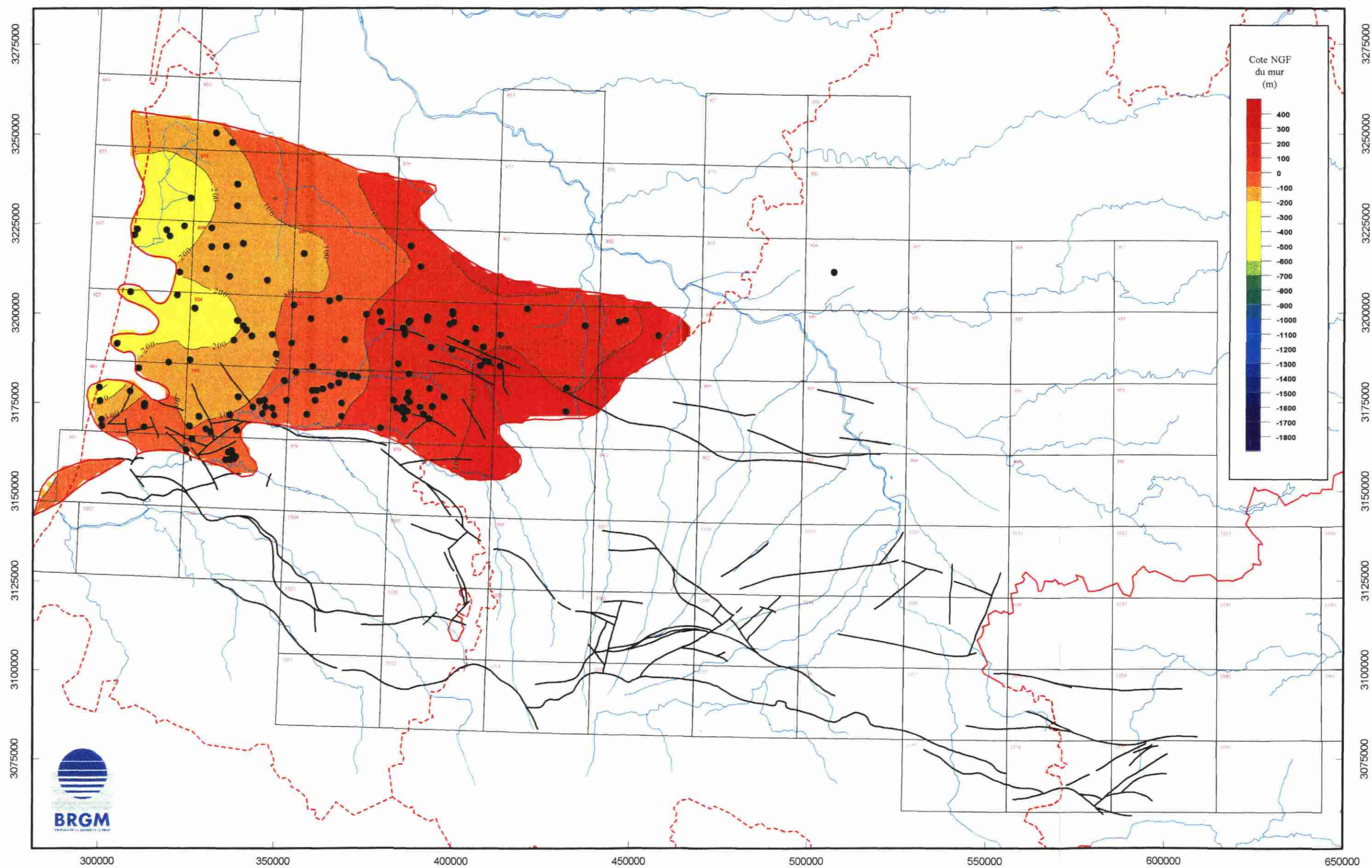


ANNEXE A

Cartes des cotes des toits et murs et des épaisseurs des aquifères potentiels

Aquifère potentiel du Miocène
Cote du mur

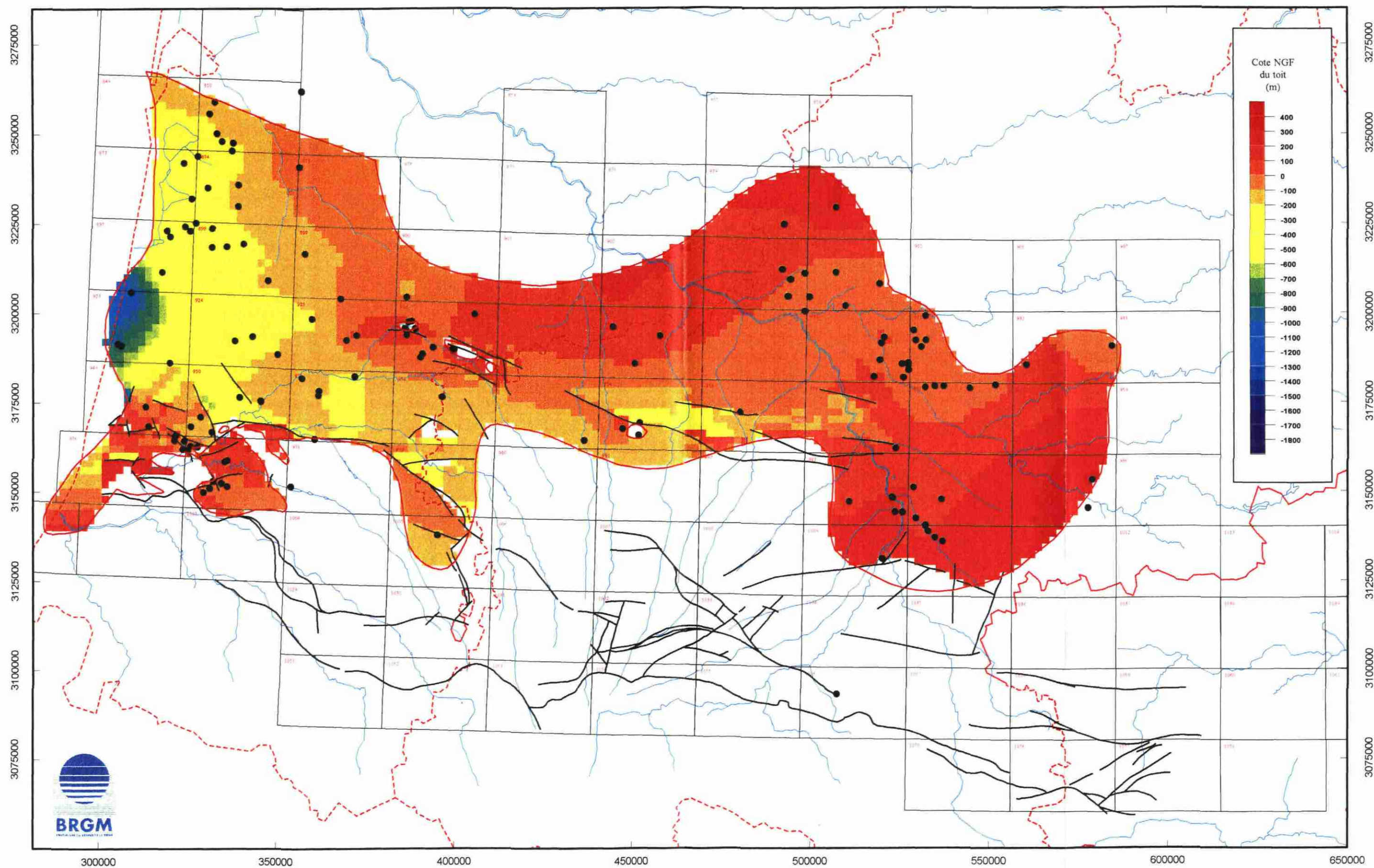
ANNEXE Fig. 9



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

Aquifère potentiel de l'Oligocène
Cote du toit

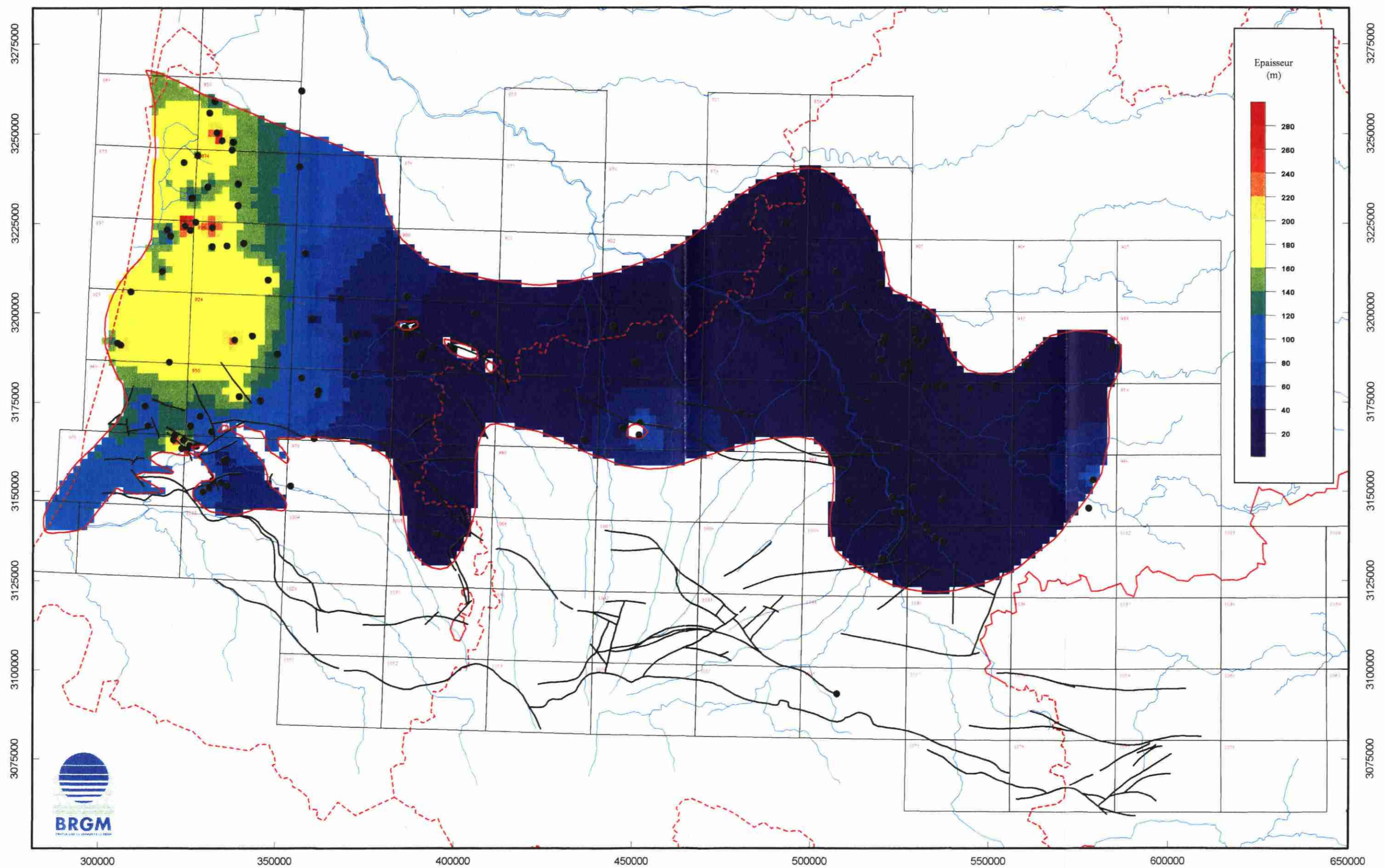
ANNEXE Fig. 10



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

Aquifère potentiel de l'Oligocène
Epaisseur

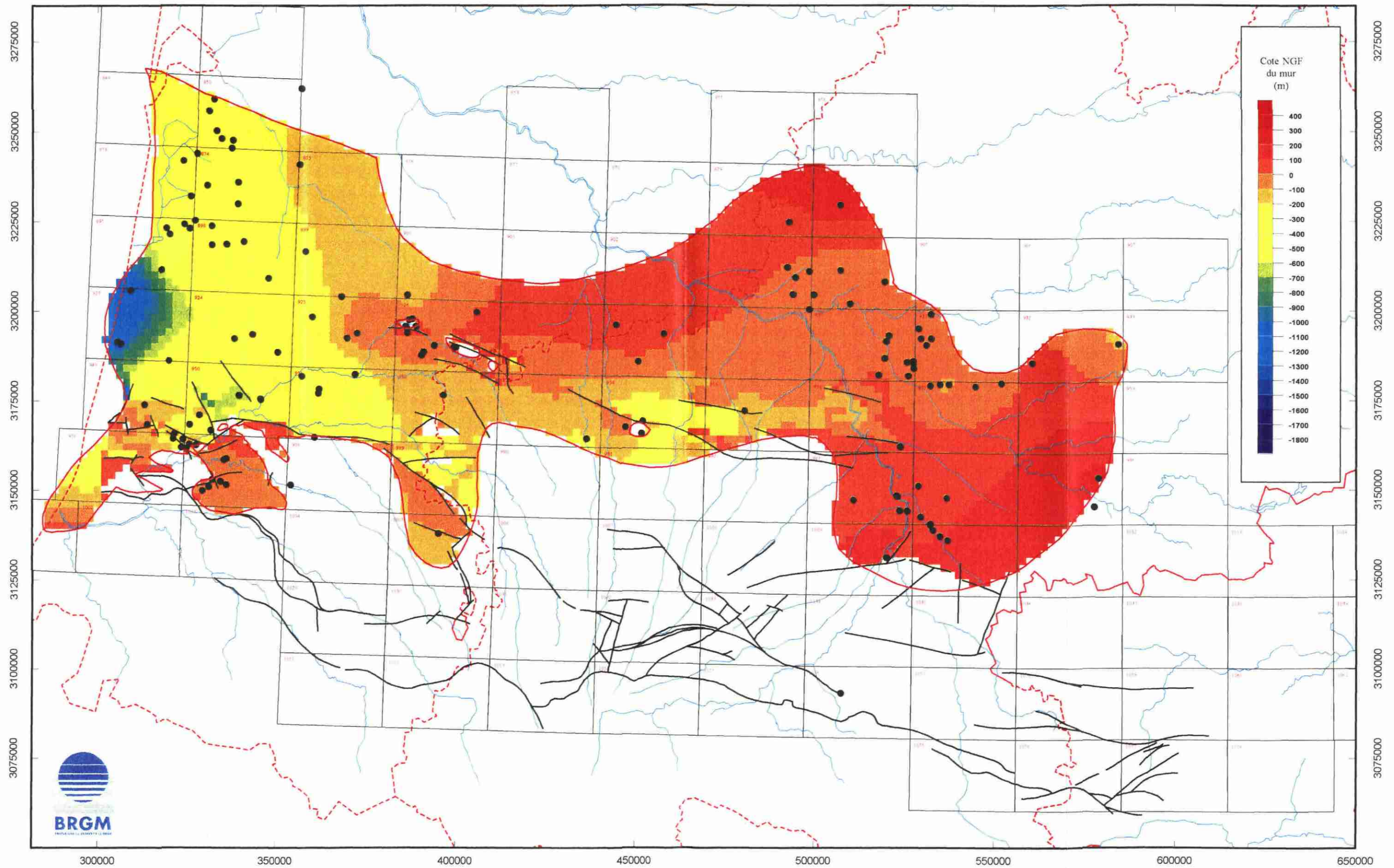
ANNEXE Fig. 11



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

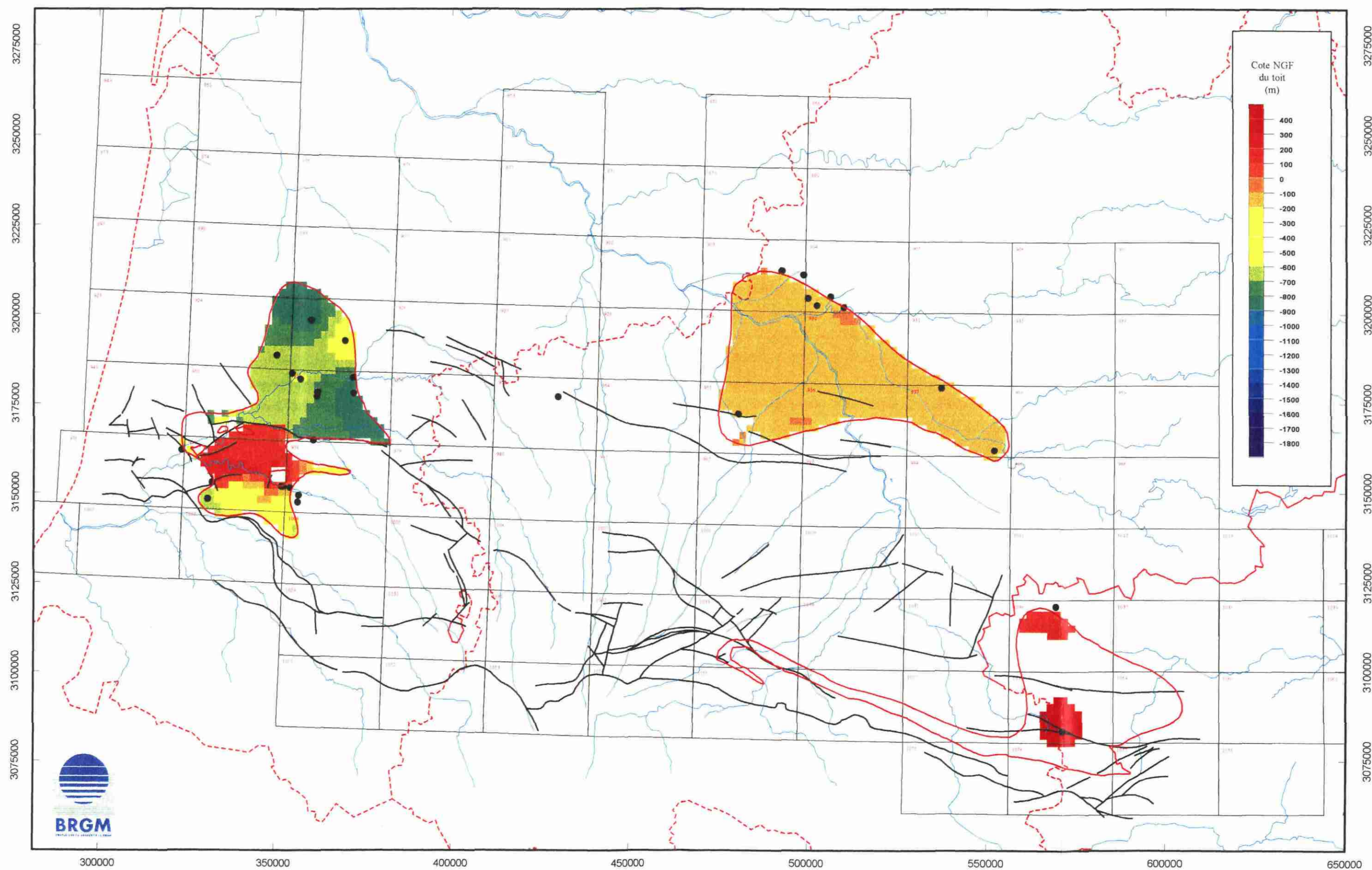
Aquifère potentiel de l'Oligocène
Cote du mur

ANNEXE Fig. 12



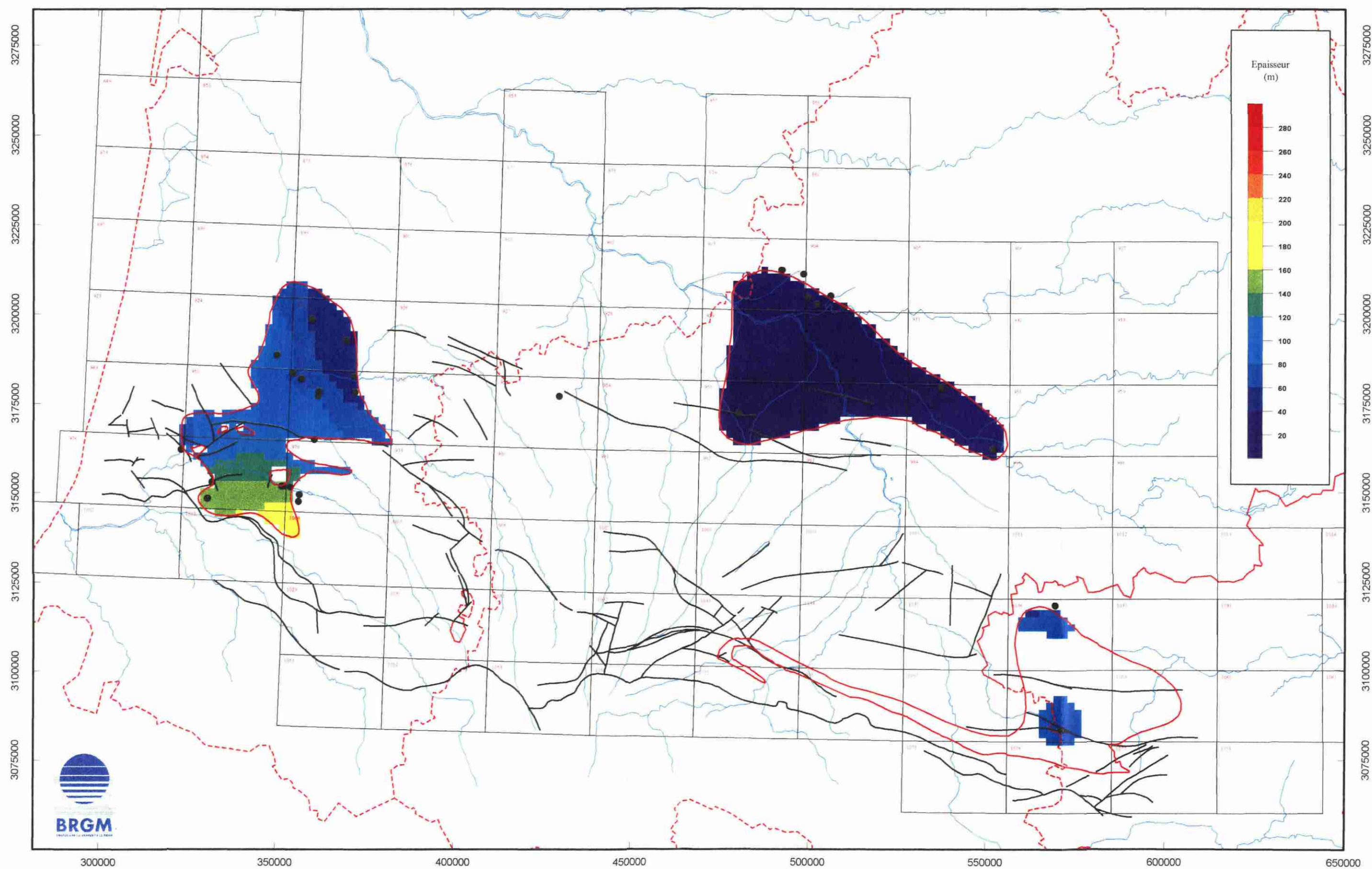
Aquifère potentiel de l'Eocène moyen
Cote du toit

ANNEXE Fig. 13



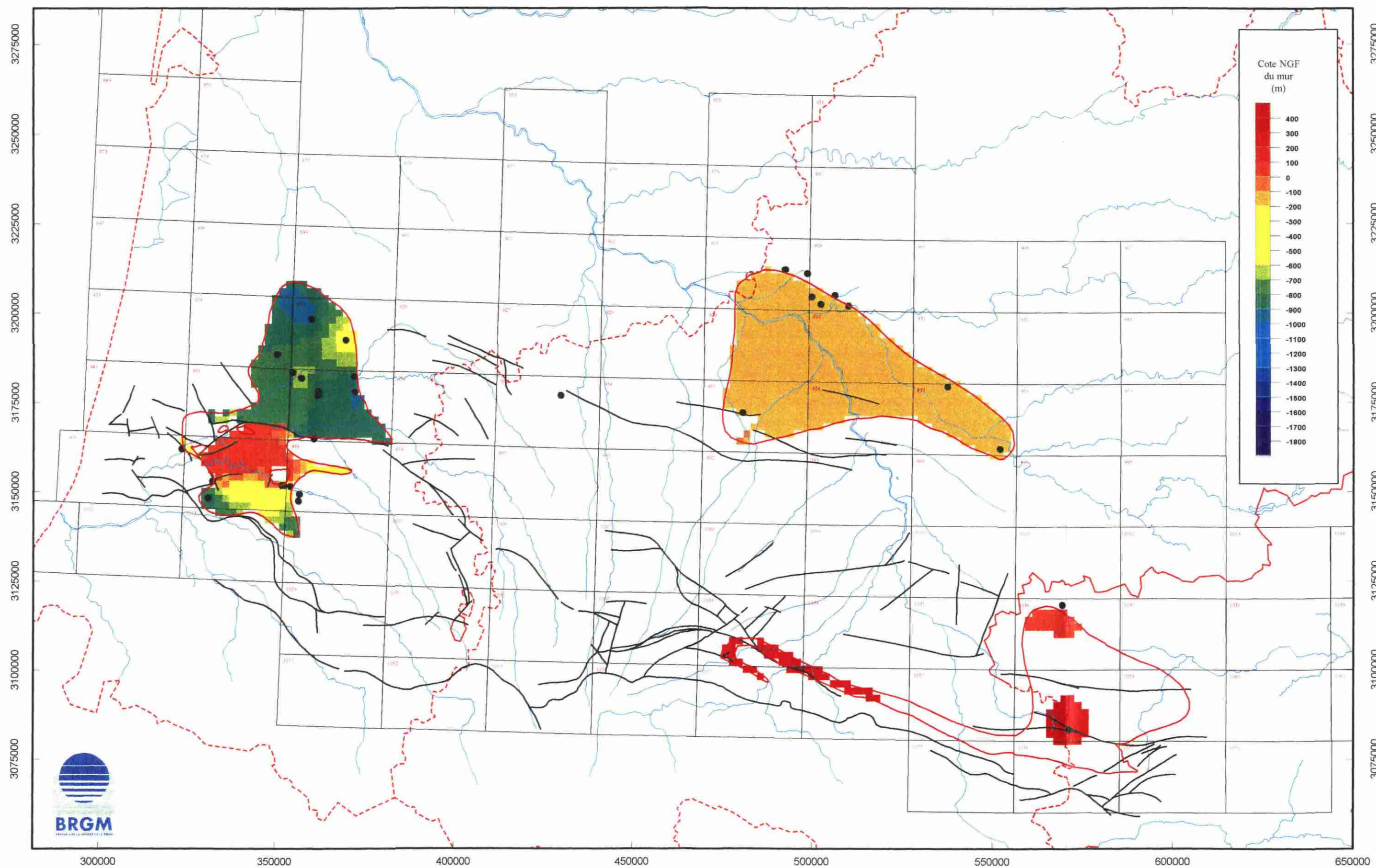
Aquifère potentiel de l'Eocène moyen
Epaisseur

ANNEXE Fig. 14



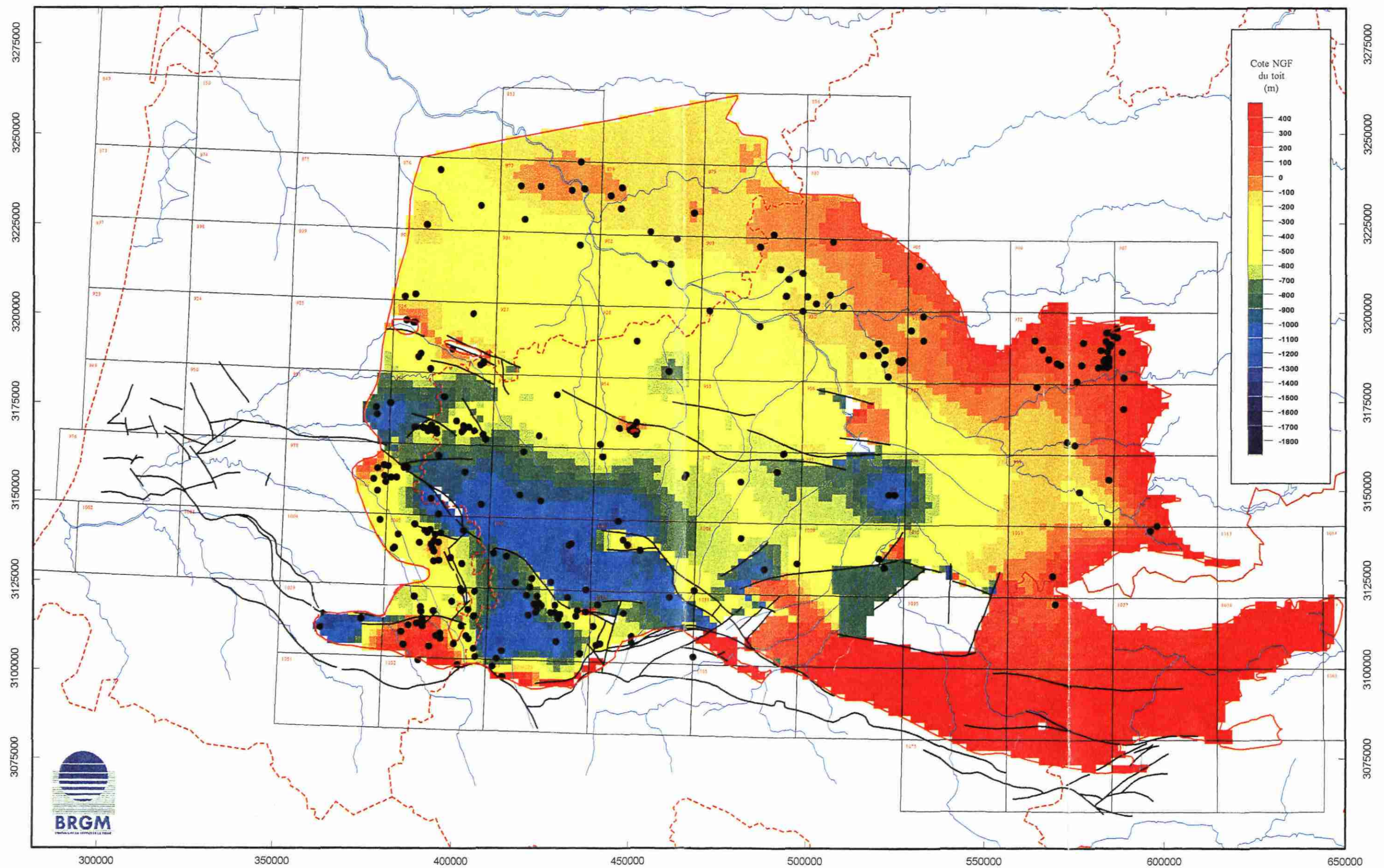
Aquifère potentiel de l'Oligocène
Cote du mur

ANNEXE Fig. 15



Aquifère des Sables Infra-molassiques
Cote du toit

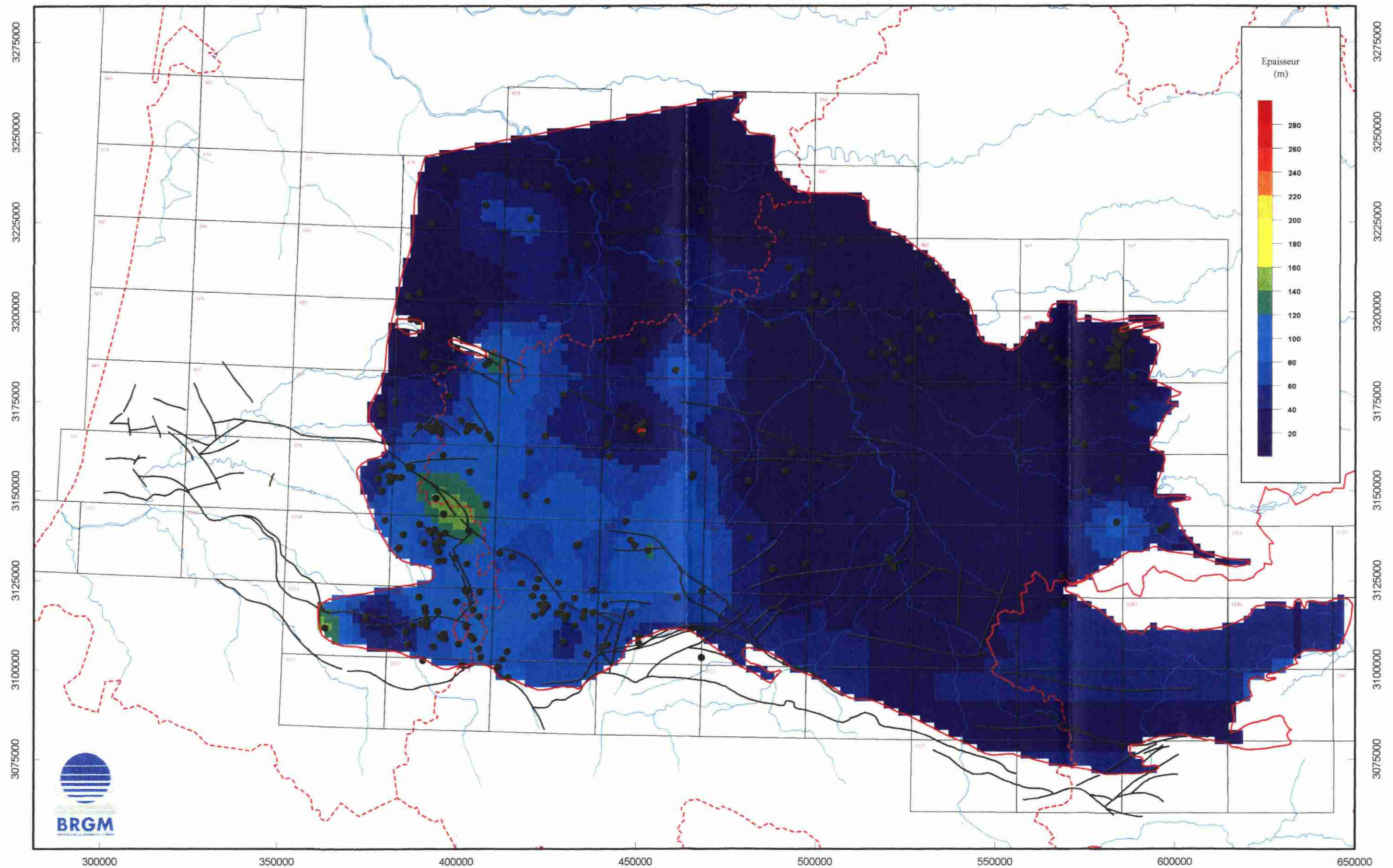
ANNEXE Fig. 16



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

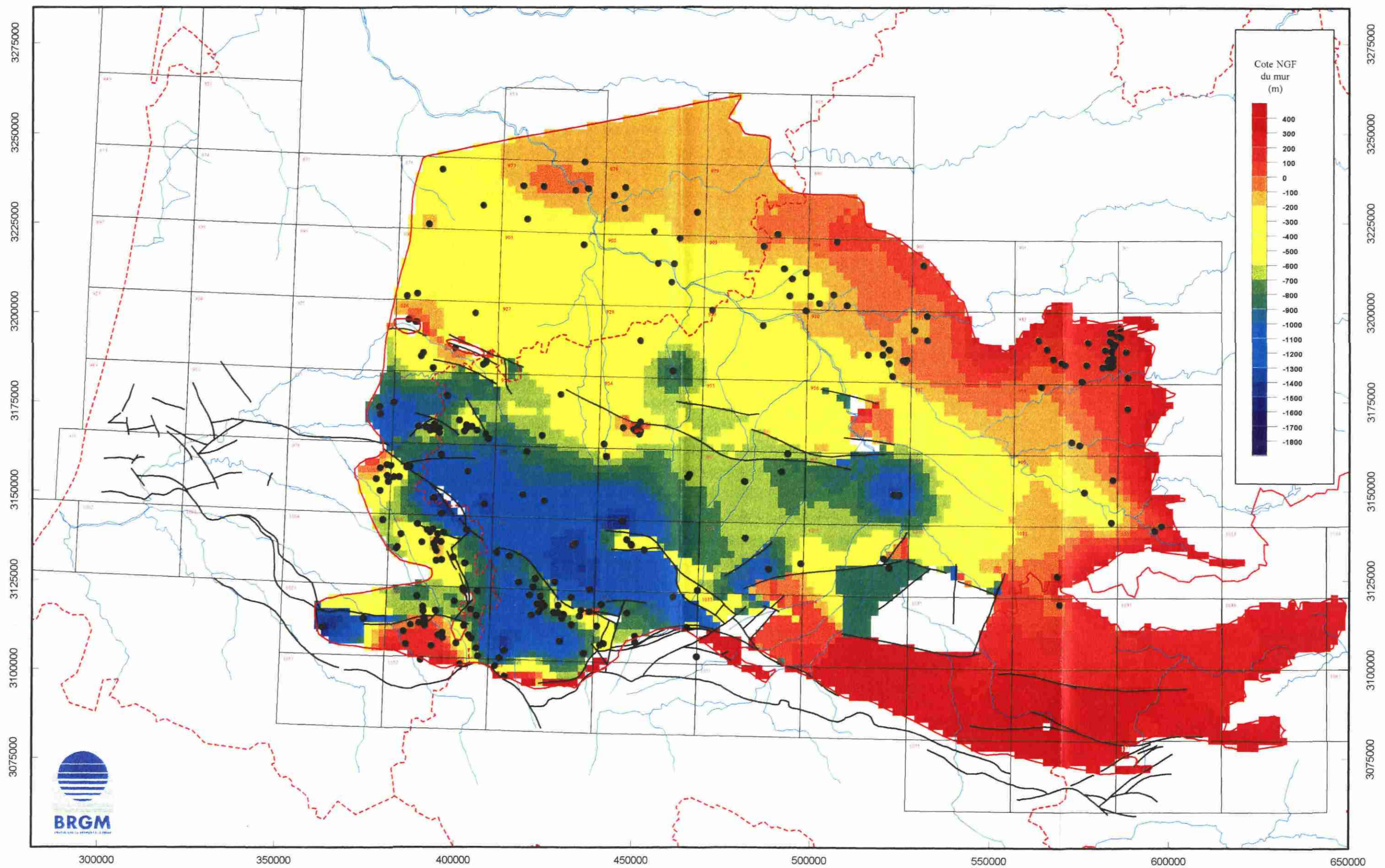
Aquifère potentiel des Sables Infra-molassiques
Epaisseur

ANNEXE Fig. 17



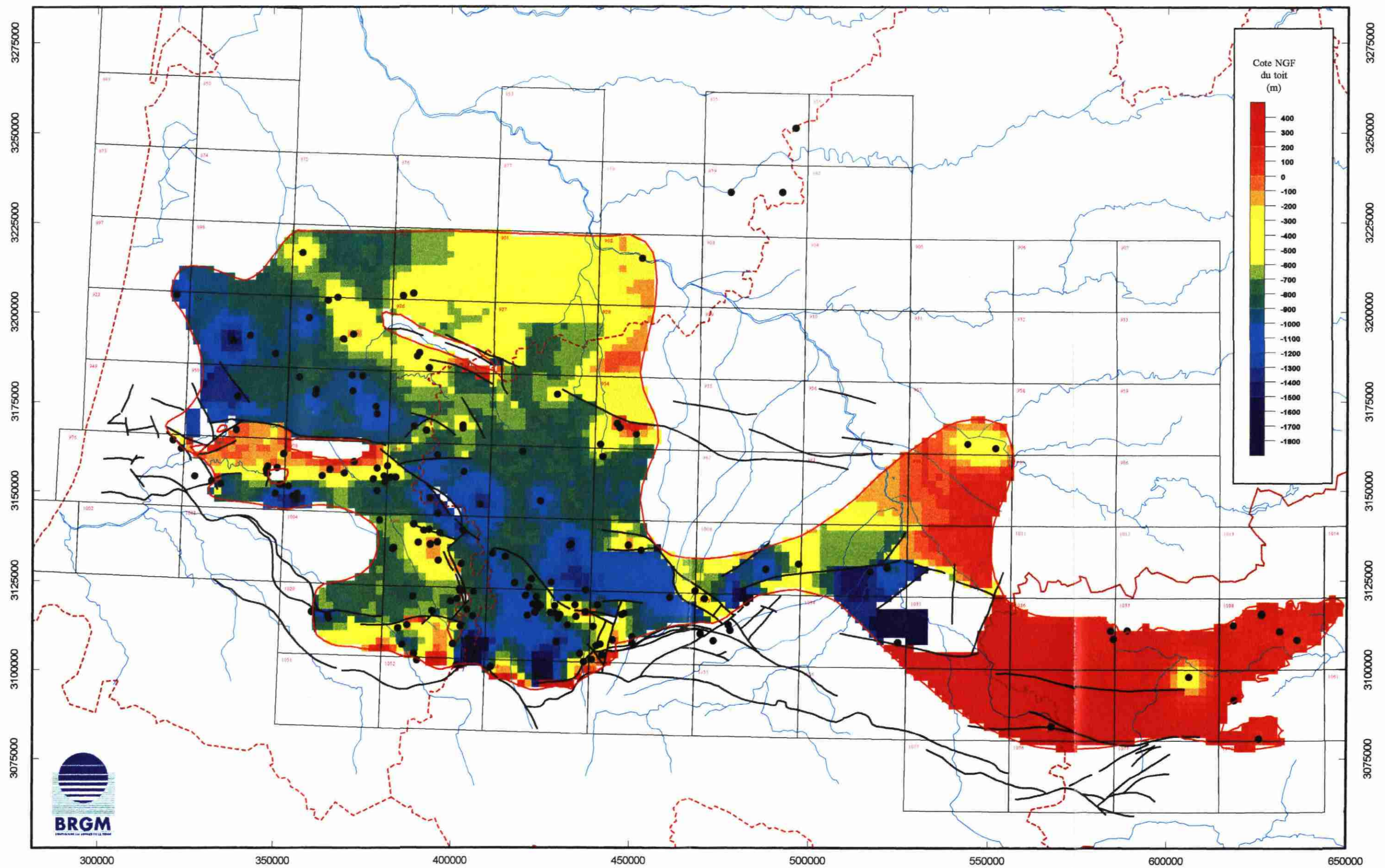
Aquifère potentiel des Sables Infra-molassiques
Cote du mur

ANNEXE Fig. 18



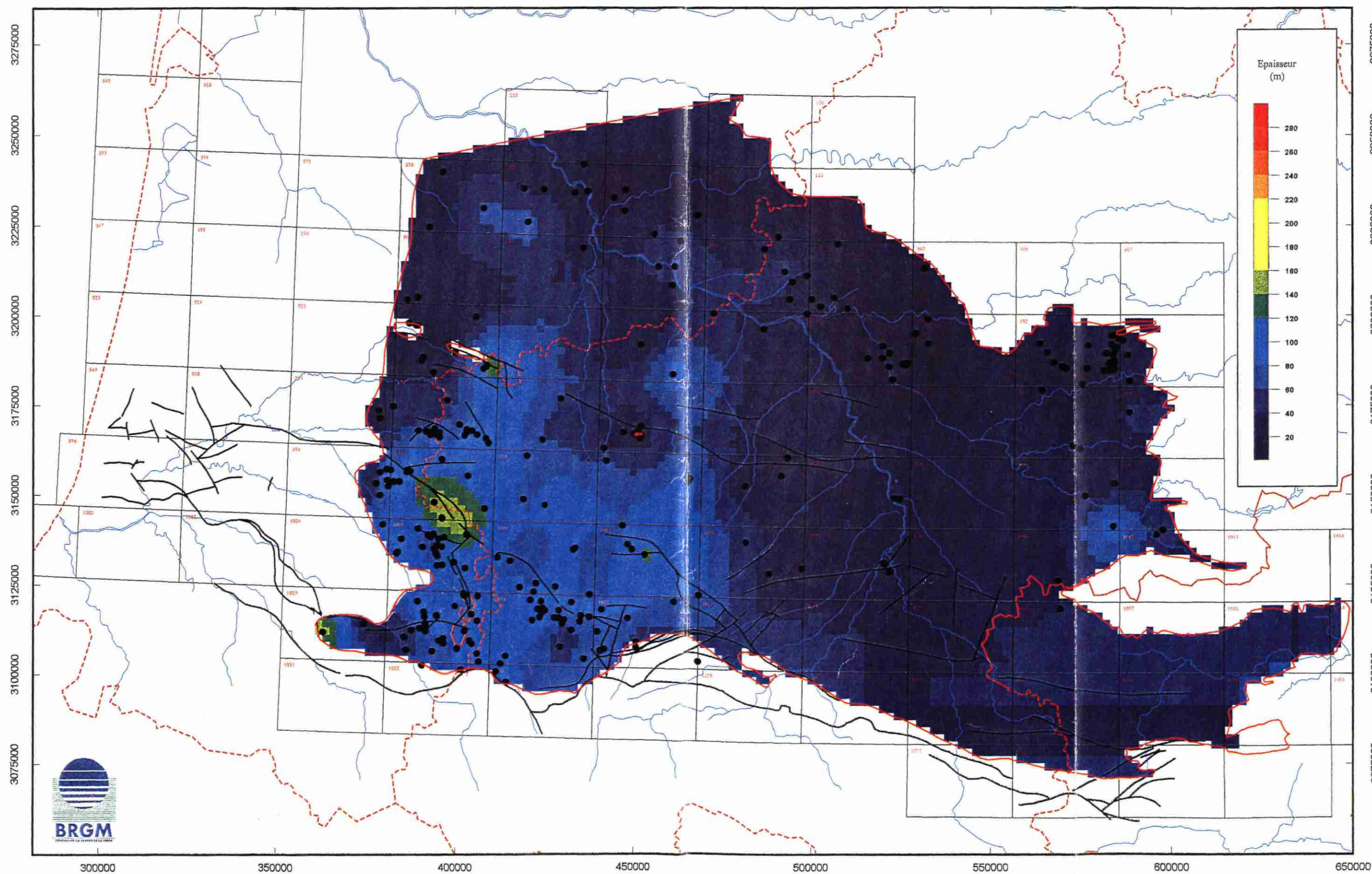
Aquifère potentiel de l'Eocène inférieur
Cote du toit

ANNEXE Fig. 19



Aquifère potentiel des Sables Infra-molassiques
Epaisseur

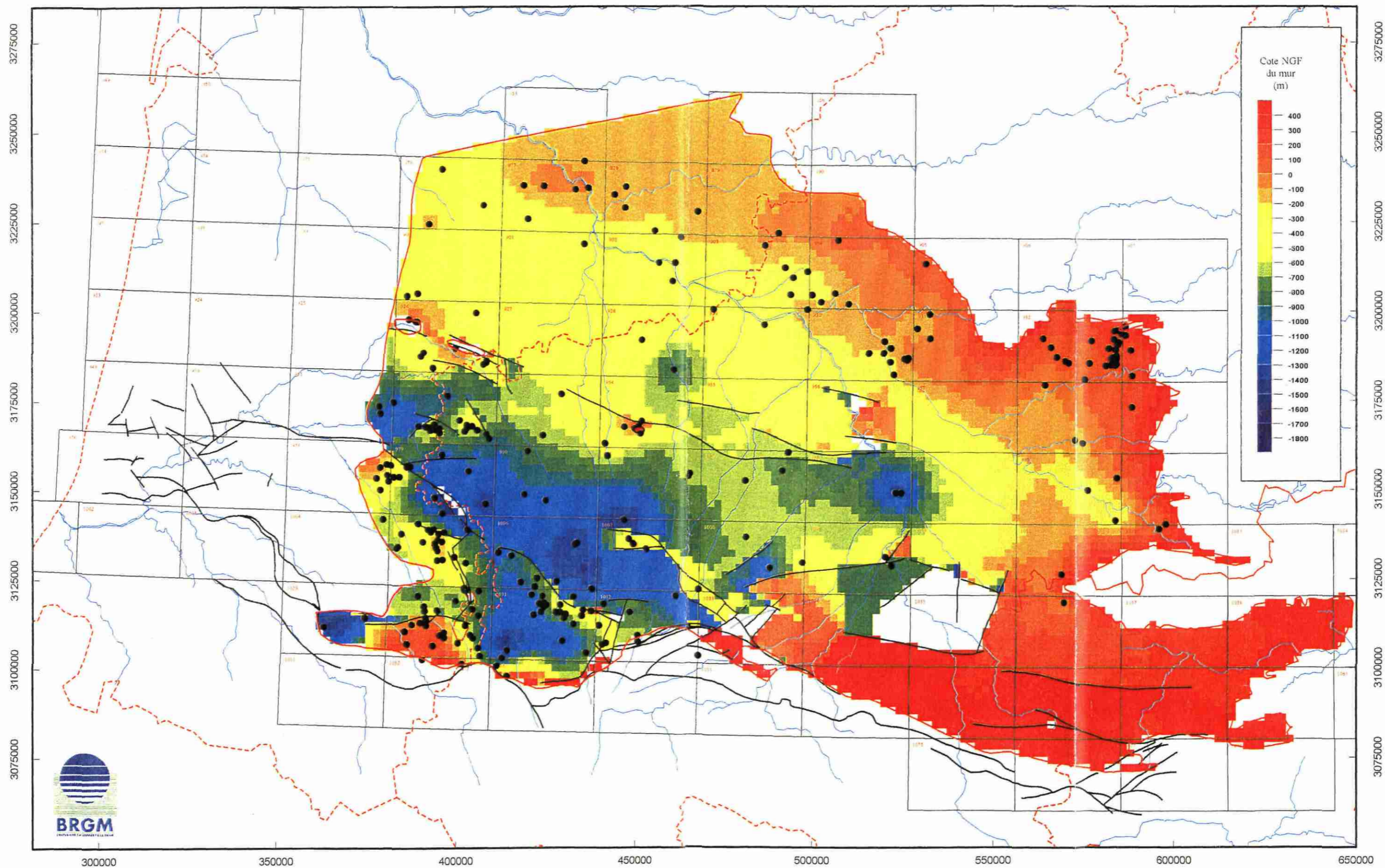
ANNEXE Fig. 20



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

Aquifère potentiel des Sables Infra-molassiques
Cote du mur

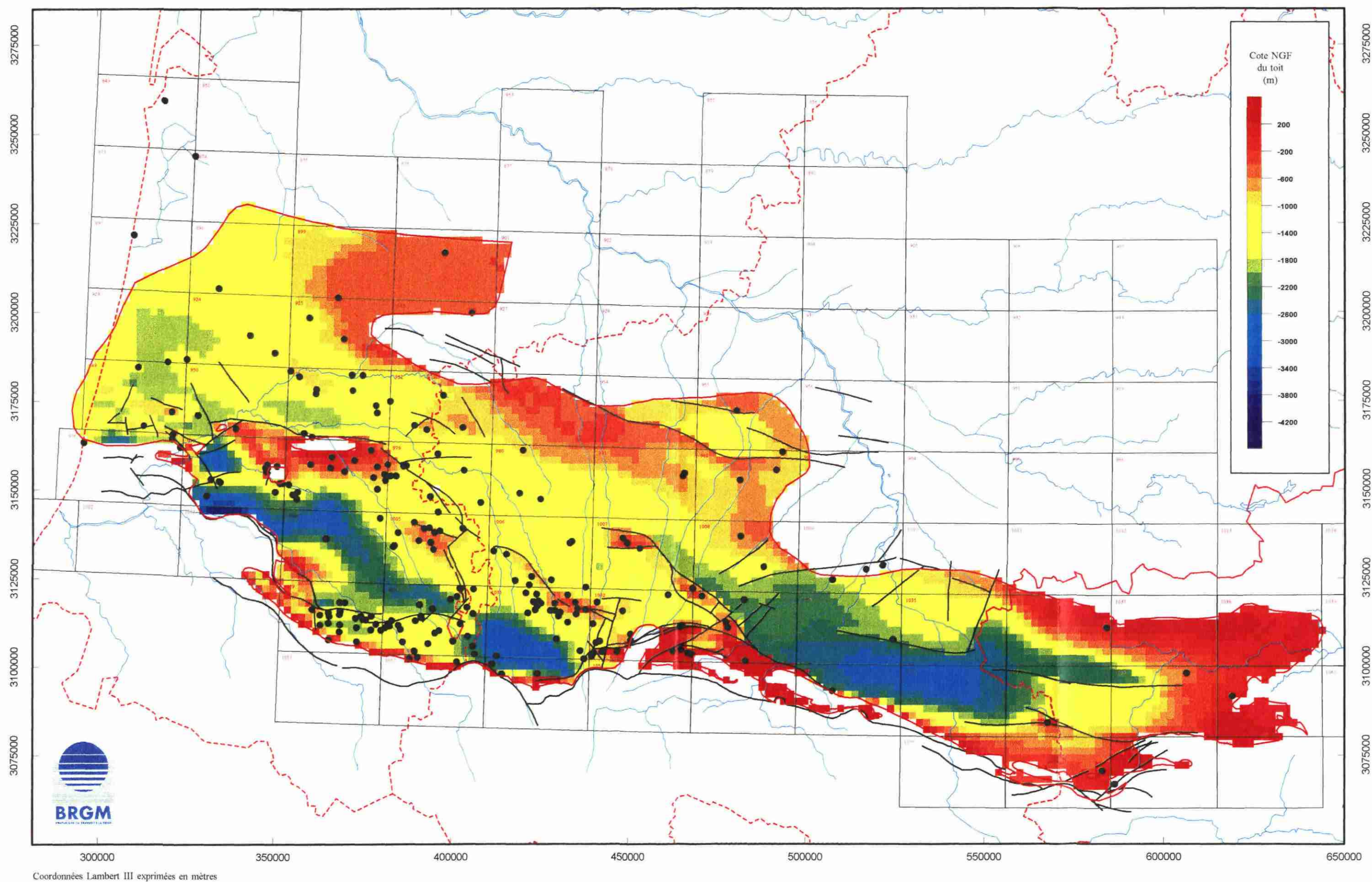
ANNEXE Fig. 21



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

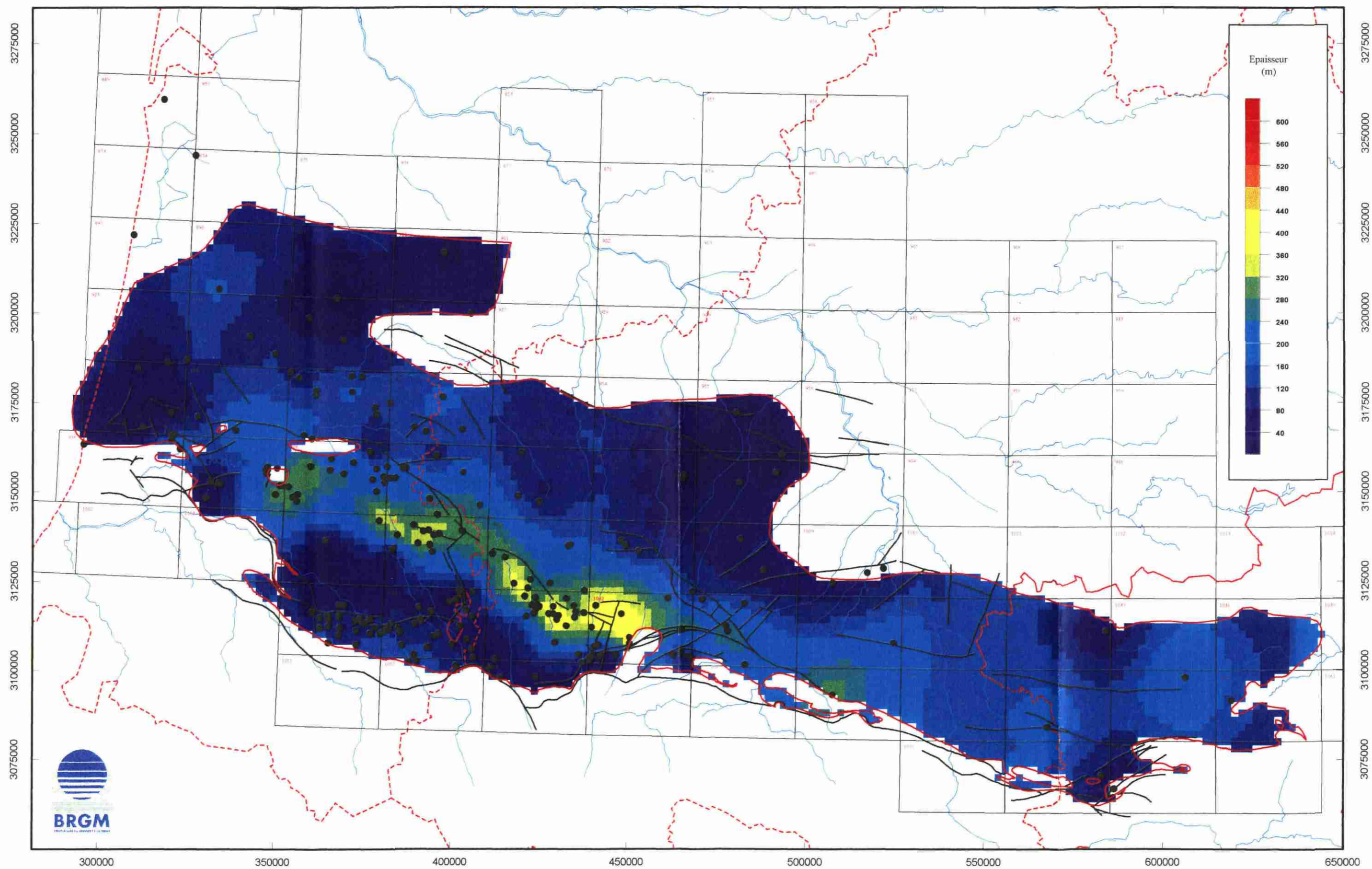
Aquifère potentiel du Dano-Paléocène
Cote du toit

ANNEXE Fig. 22



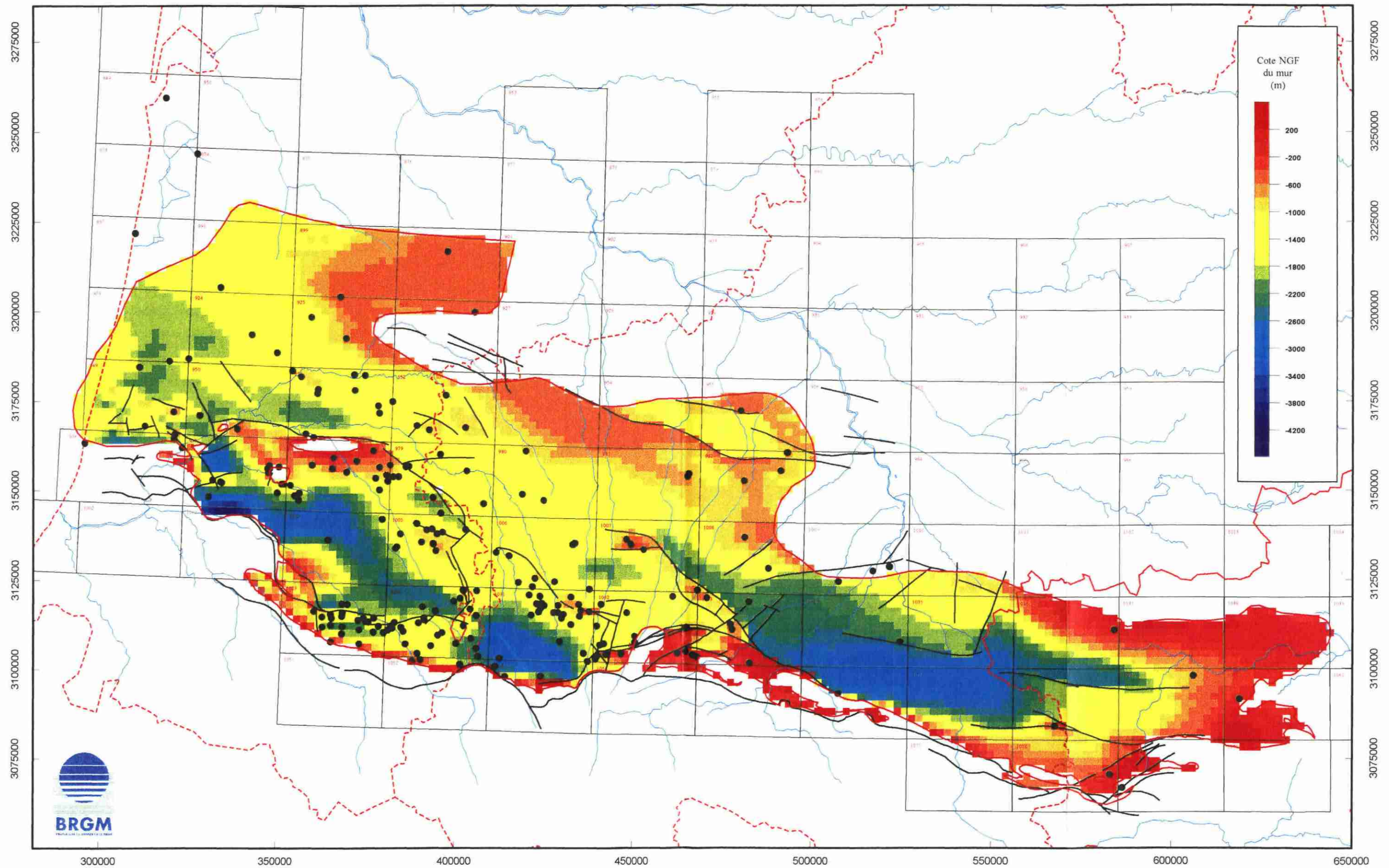
Aquifère potentiel du Dano-Paléocène
Épaisseur

ANNEXE Fig. 23



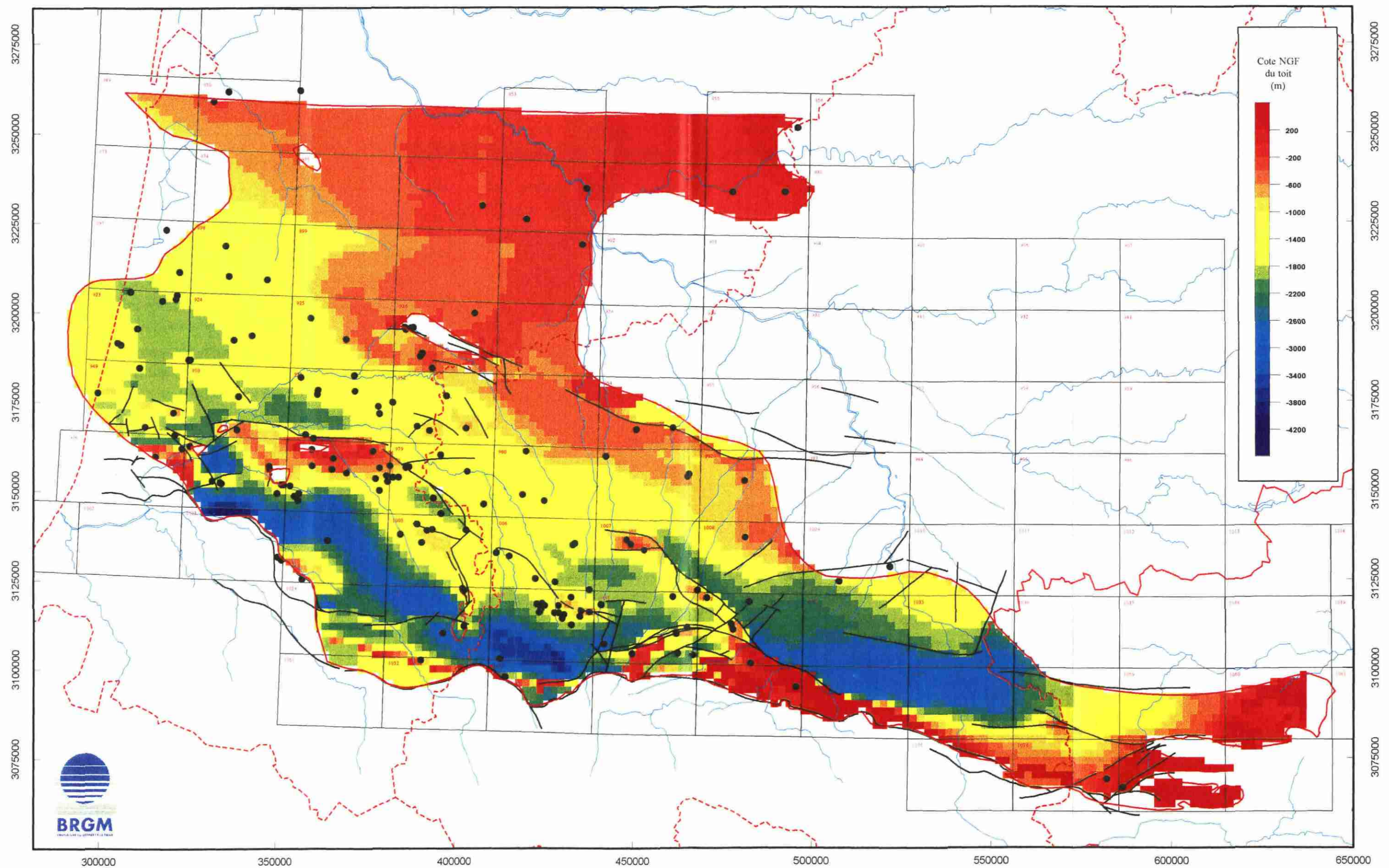
Aquifère potentiel du Dano-Paléocène
Cote du mur

ANNEXE Fig. 24



Aquifère potentiel du Sénonien supérieur
Cote du toit

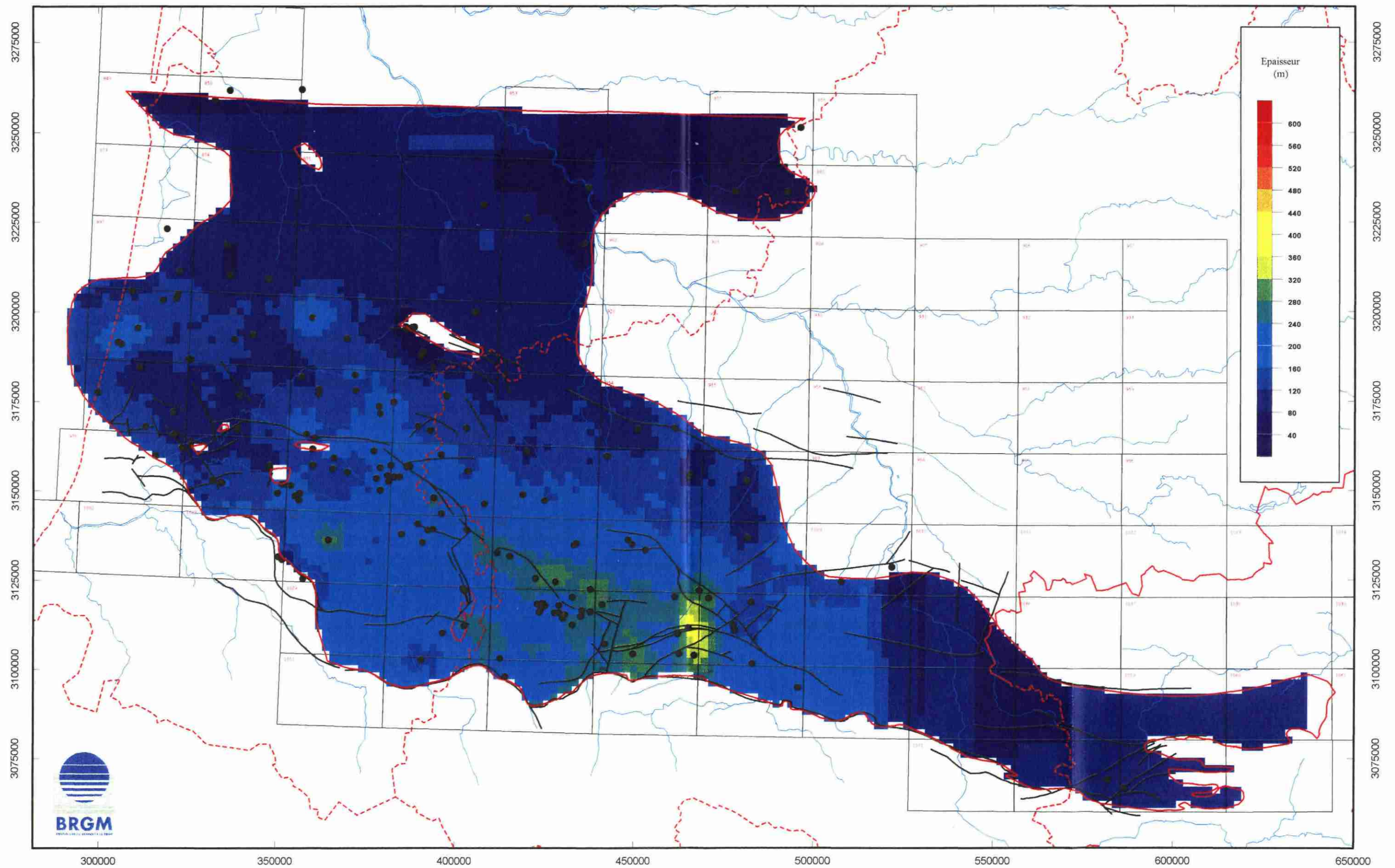
ANNEXE Fig. 25



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

Aquifère potentiel du Sénonien supérieur
Epaisseur

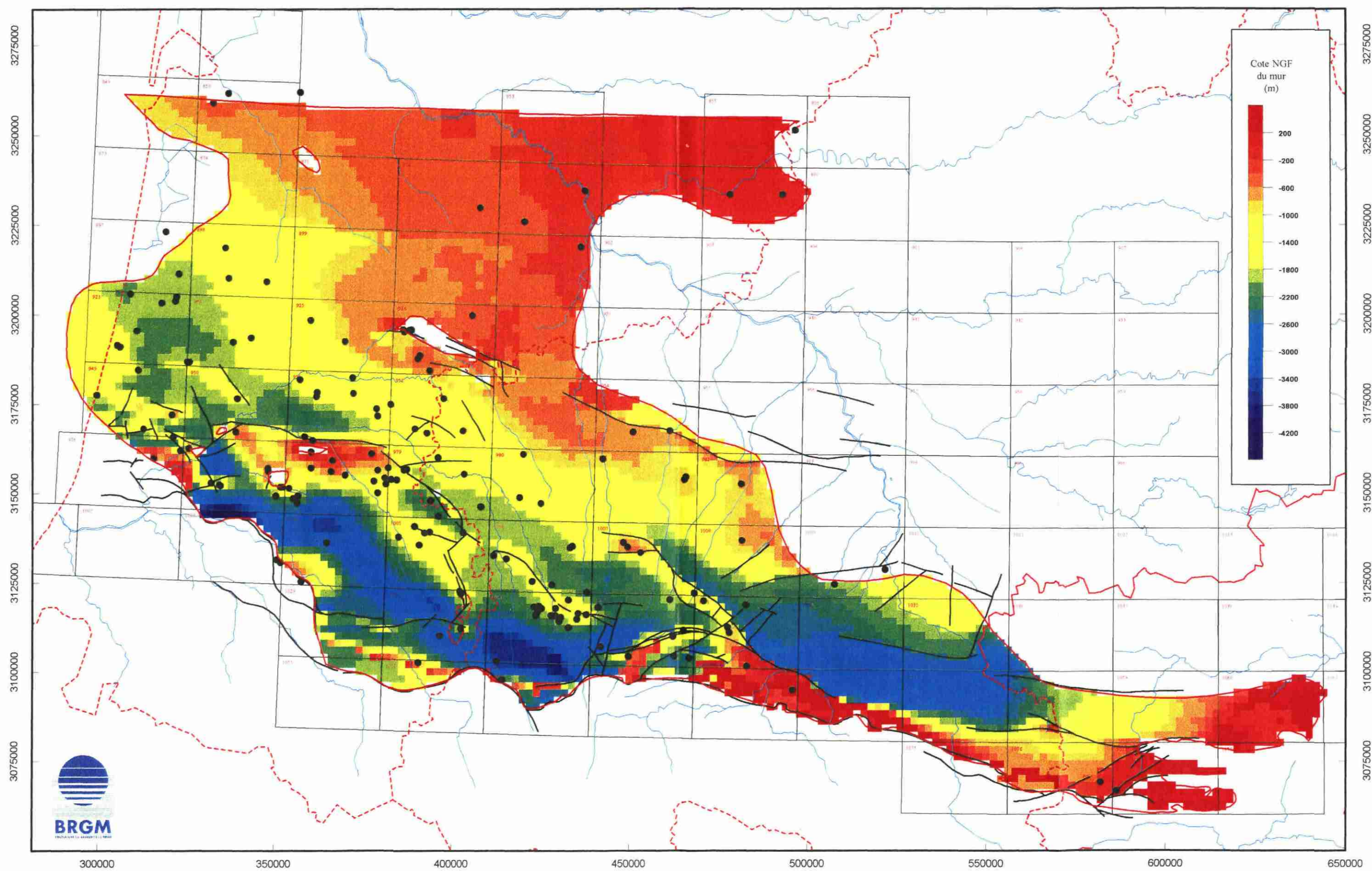
ANNEXE Fig. 26



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

Aquifère potentiel du Sénonien supérieur
Cote du mur

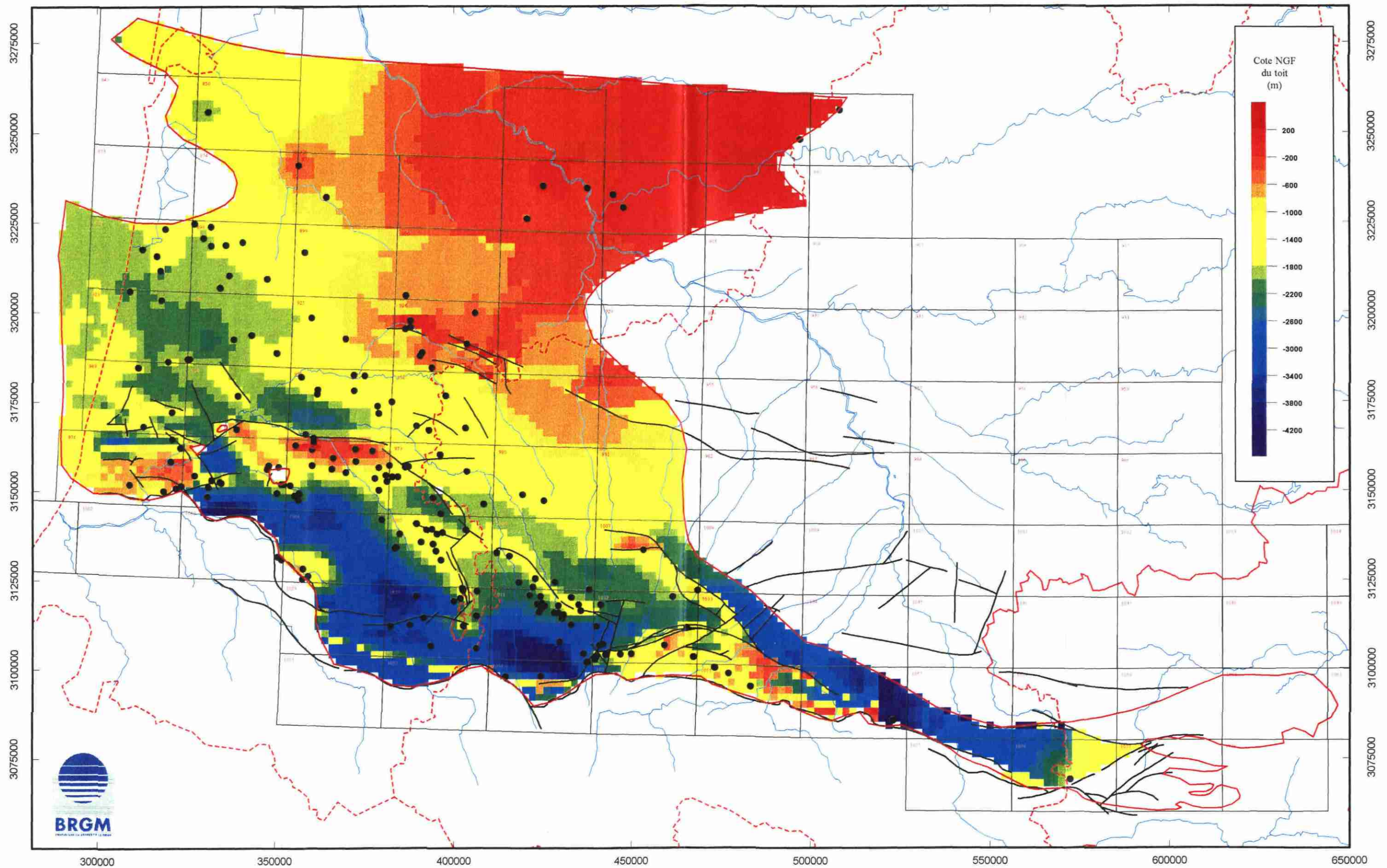
ANNEXE Fig. 27



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

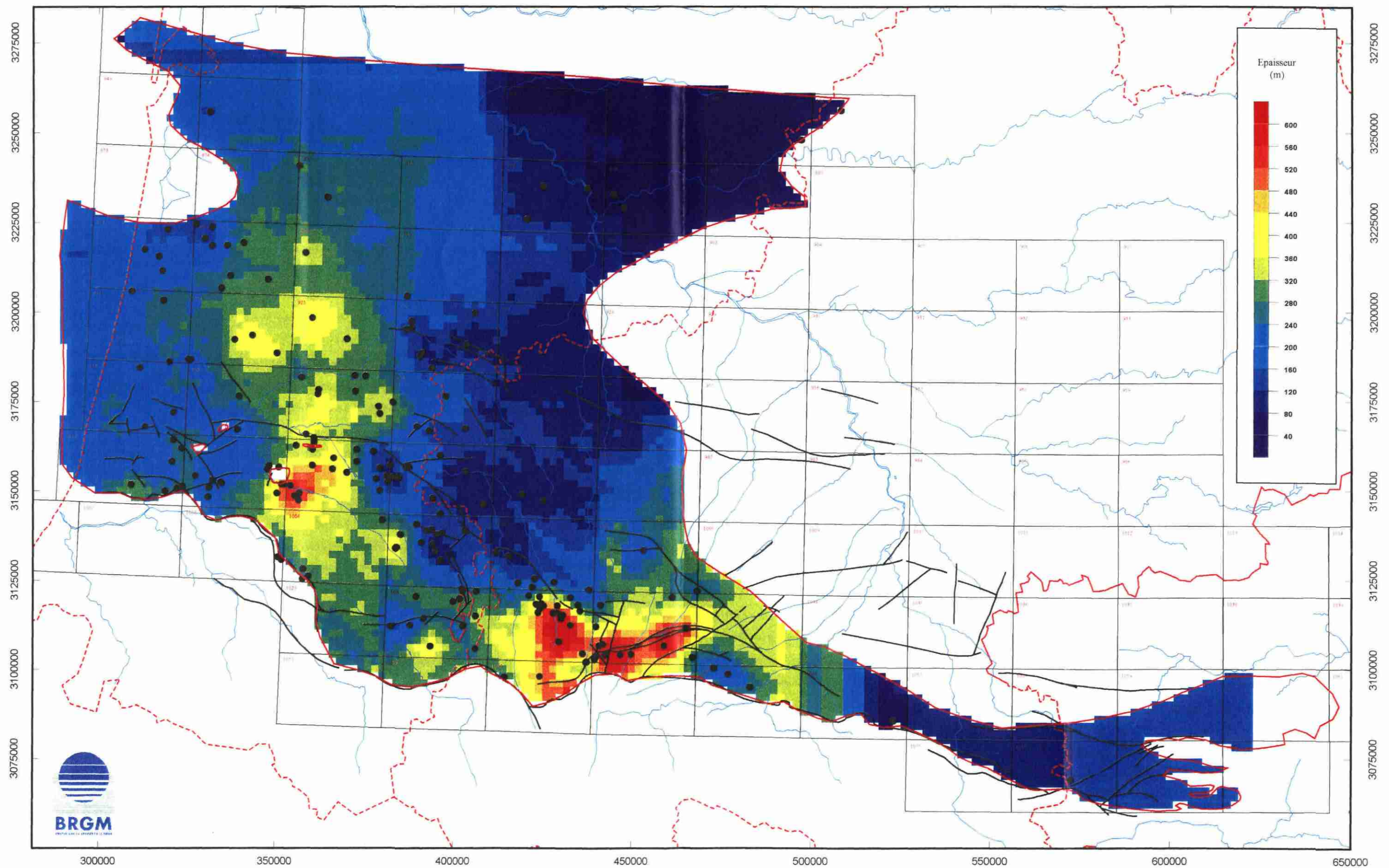
Aquifère potentiel Sénonien inférieur +
Cénomano-Turonien - Cote du toit

ANNEXE Fig. 28



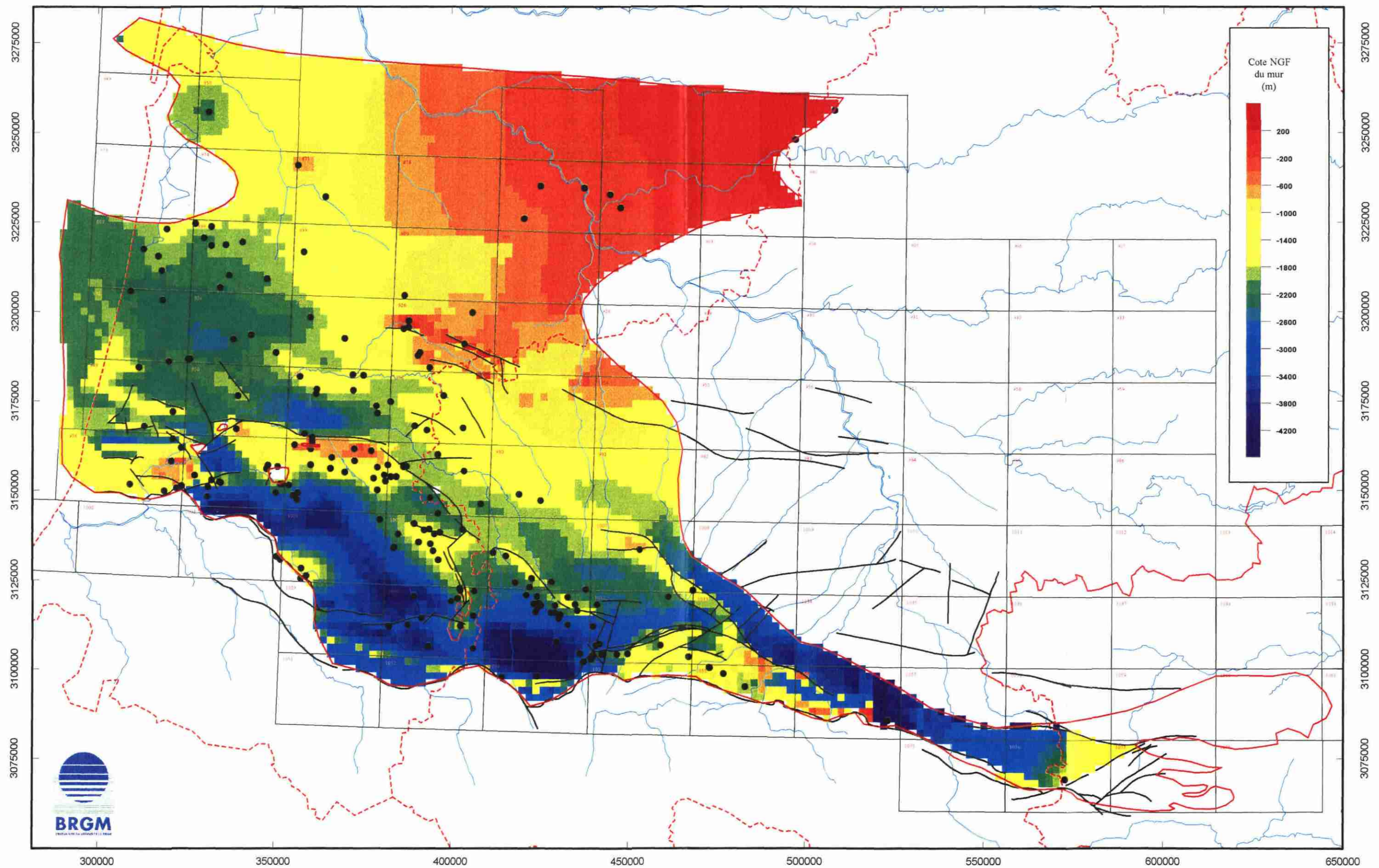
Aquifère potentiel Sénonien inférieur +
Cénomano-Turonien - Epaisseur

ANNEXE Fig. 29



Aquifère potentiel Sénonien inférieur +
Cénomano-Turonien - Cote du mur

ANNEXE Fig. 30



Coordonnées Lambert III exprimées en mètres

ANNEXE B

Les méthodes de la géostatistique

La géostatistique classique utilise 2 outils fondamentaux :

- le variogramme ;
- le krigeage ;

Le variogramme

Dans un phénomène naturel comme la topographie, les cotes mesurées en différents points, bien que variables d'un point à l'autre, ne sont pas indépendantes de leur localisation. La différence de cote Z entre deux points x et $x+h$ est d'autant plus faible que la distance h qui les sépare est petite. D'un point de vue statistique, il y a une corrélation spatiale entre les données. Cette corrélation est d'autant plus forte que les points expérimentaux sont rapprochés et que le phénomène est continu et régulier. Pour quantifier le degré de corrélation spatiale, ou plutôt la détérioration de cette corrélation avec la distance, la géostatistique fait appel à la fonction variogramme $\gamma(h)$. Cette fonction donne, en fonction de la distance h qui sépare deux points, la valeur moyenne de $1/2[Z(x+h)-Z(x)]^2$. La figure 31 illustre ce calcul.

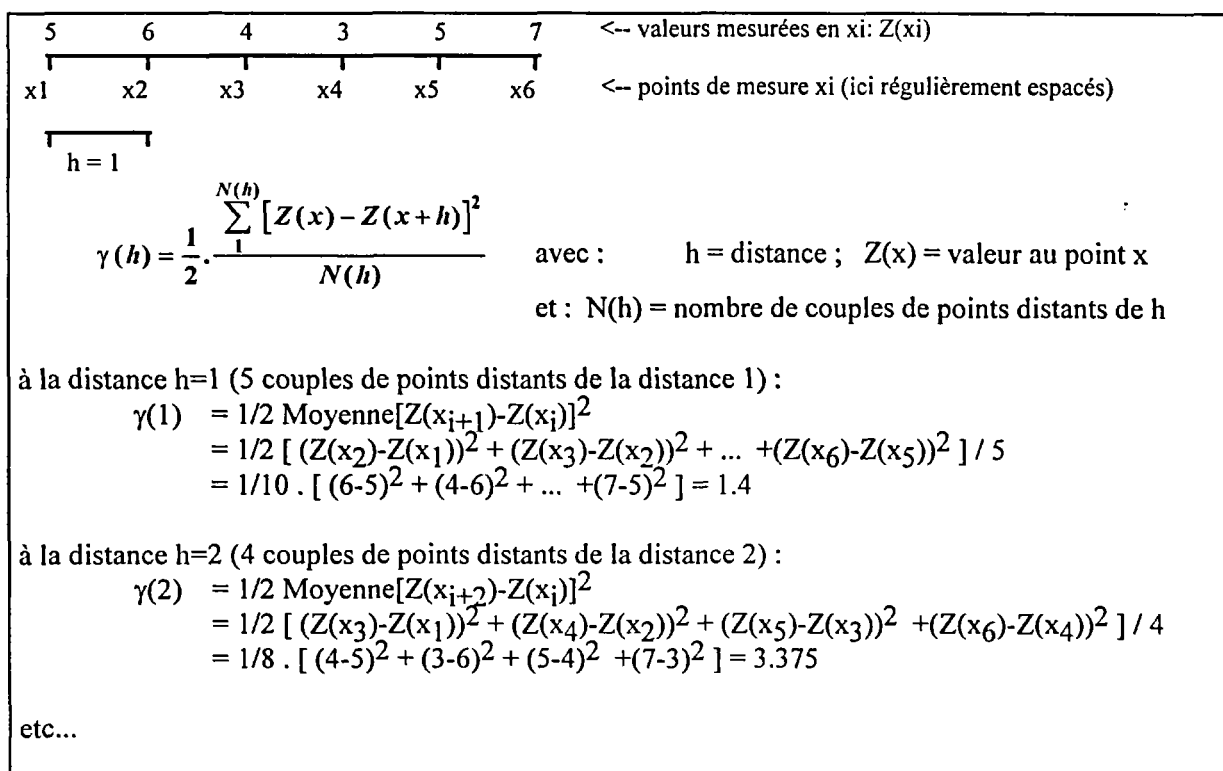


Fig. 31 - Principe de calcul du variogramme.

Le variogramme est d'abord un outil d'analyse des phénomènes naturels. En effet, l'allure et le comportement du variogramme expérimental fournissent une image synthétique des principaux traits structuraux du phénomène étudié :

- continuité à l'origine. En principe $Z(x)$ et $Z(x+h)$ sont égaux quand h tend vers 0. En pratique toutefois, ceci n'est pas toujours vérifié. En effet il peut exister une discontinuité apparente à l'origine, qui peut être liée soit à une erreur de mesure, soit à des variations à "petites distances", en tout cas à des distances inférieures à la maille d'échantillonnage. Cette discontinuité à l'origine est appelée "effet de pépité". Elle traduit la part de variabilité du phénomène que l'on ne peut expliquer soit en raison de la maille d'échantillonnage, qui ne permet pas de mettre en évidence des variabilités locales, soit en raison d'erreurs de mesure. La figure 32-b montre un exemple d'effet de pépité.
- continuité spatiale au delà de l'origine, traduite par les observations suivantes :
- portée (distance de corrélation), phénomène stationnaire - figure 32-a ; classiquement la valeur du variogramme est plus faible à l'origine: $Z(x)$ et $Z(x+h)$ sont voisins quand h est faible, donc la valeur du variogramme est faible) et augmente quand la distance augmente. Au bout d'une certaine distance entre points de mesure, la différence entre $Z(x)$ et $Z(x+h)$ n'augmente plus statistiquement, car les points ne sont plus corrélés. Cette distance limite est appelée portée (distance maximale jusqu'à laquelle des points peuvent être corrélés). A partir de cette distance, la valeur du variogramme se stabilise autour d'un palier
- anisotropie ;
- imbrication d'échelles de variabilité ;
- absence de portée finie - figure 32-b, dérive ou tendance régionale, phénomène non stationnaire.

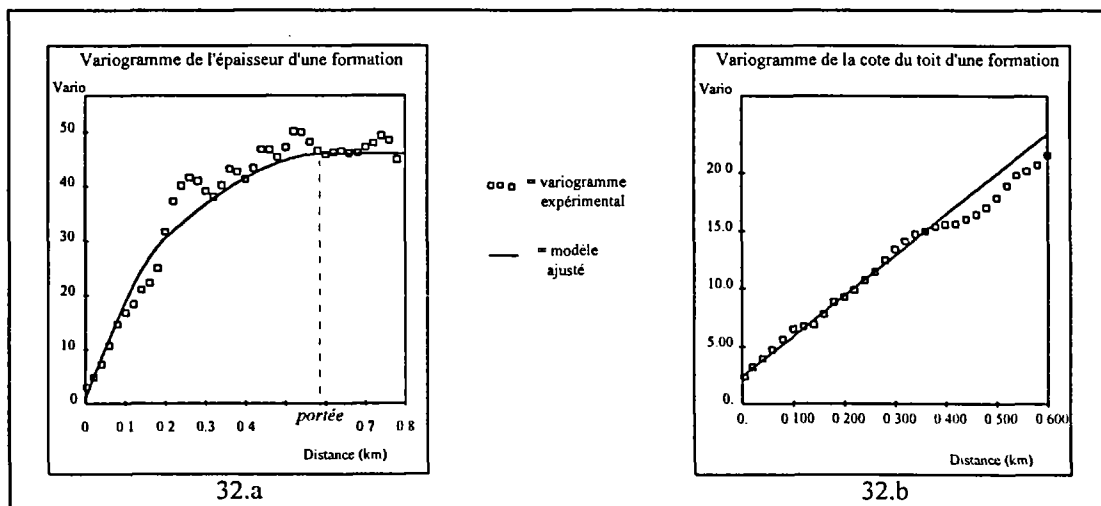


Fig. 32 - Exemples types de variogrammes. A gauche, variable stationnaire avec portée visible. A droite, variable non stationnaire, sans portée.

Le krigeage

La méthode d'interpolation de la géostatistique est le krigeage. Par rapport aux autres méthodes d'interpolation automatique, le krigeage présente l'avantage de reposer sur une interprétation du phénomène : l'étude variographique préalable. Le krigeage présente un double intérêt :

1. Il remplace le dessin par un calcul qui permet d'estimer en tout point la valeur la plus probable du paramètre étudié. Cette interpolation prend en compte :

- la densité et la répartition des données sur le domaine étudié ;
- la plus ou moins grande continuité spatiale modélisée par le variogramme ;
- les diverses erreurs de mesure et incertitudes associées aux données.

2. Il quantifie l'incertitude qui entache toute valeur interpolée. Cette incertitude, qui est une mesure de la qualité locale de la carte obtenue, est essentielle dans tous les projets où les risques encourus doivent être connus, et minimisés le cas échéant par de nouvelles mesures.

Formalisme du krigeage "ordinaire"

Le krigeage le plus utilisé est le "krigeage ordinaire". Il s'agit d'une interpolation par combinaison linéaire des données de base $Z(x_i)$. La valeur interpolée au point x , notée $Z^*(x)$, est donnée par :

$$Z^*(x) = \sum_{i=1,n} \lambda_i Z(x_i)$$

Le non biais est assuré à la condition que la somme des poids ou pondérateurs λ_i soit égale à 1 :

$$\sum_{i=1,n} \lambda_i = 1$$

Les pondérateurs sont alors choisis de façon à minimiser la variance d'estimation. Ceci conduit aux équations du krigeage ordinaire suivantes :

$$\sum_{j=1,n} \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_i, x) \quad \forall i \text{ (n équations)}$$

$$\sum_{i=1,n} \lambda_i = 1$$

n	=	nombre d'informations disponibles
i, j	=	indices des points de mesure ; i et j varient de 1 à n
x_i, x_j	=	points de mesure x_i et x_j
$Z(x_i), Z(x_j)$	=	valeurs mesurées en x_i et x_j
x	=	volume à estimer (point ou bloc)
λ_i (ou λ_j)	=	pondérateur (ou poids) affecté à la valeur mesurée en x_i
μ	=	paramètre de Lagrange
$\gamma(x_i, x_j)$	=	valeur du variogramme $\gamma(h)$ pour h =distance entre x_i et x_j
$\gamma(x_i, x)$	=	valeur du variogramme $\gamma(h)$ pour h =distance entre x_i et x , si x est un volume, on prend la valeur moyenne de γ entre x_i et ce volume.

Enfin la variance de l'erreur d'estimation, appelée **variance d'estimation** ou **variance de krigeage**, vaut :

$$S_k^2 = \sum_{i=1,n} \lambda_i \gamma(x_i, x) - \bar{\gamma}(x, x) + \mu$$

$\bar{\gamma}(x, x)$ est la valeur moyenne du variogramme entre deux points appartenant au volume x . Si le volume se réduit à un point, la distance qui sépare ces points est nulle et on a $\bar{\gamma}(x, x) = 0$.

Dans les expressions ci-dessus on voit que dans le krigeage interviennent :

- les positions des informations x_i par rapport au volume ou au point à estimer x , par le biais des valeurs de $\gamma(x_i, x)$;
- la répartition des informations, par le biais des valeurs de $\gamma(x_i, x_j)$;
- la fonction structurale variogramme γ .

Exemple de krigeage ordinaire avec 2 points

Pour une estimation d'un point x à partir de deux informations ponctuelles situées en x_1 et x_2 , la valeur estimée au point x vaut $Z^*(x) = \lambda_1 Z(x_1) + \lambda_2 Z(x_2)$ et le système s'écrit :

$$\begin{aligned}\lambda_1 \gamma(x_1, x_1) + \lambda_2 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_1, x) \\ \lambda_1 \gamma(x_2, x_1) + \lambda_2 \gamma(x_2, x_2) + \mu &= \gamma(x_2, x) \\ \lambda_1 + \lambda_2 &= 1\end{aligned}$$

$\gamma(x_1, x_1)$ vaut 0 puisque la distance entre x_1 et lui-même vaut 0. De même pour $\gamma(x_2, x_2)$. Par ailleurs, $\gamma(x_1, x_2)$ et $\gamma(x_2, x_1)$ sont égaux à la valeur de $\gamma(h)$ pour h = distance entre x_1 et x_2 .

Le système se simplifie de la façon suivante :

$$\begin{aligned}\lambda_2 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_1, x) \\ \lambda_1 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_2, x) \\ \lambda_1 + \lambda_2 &= 1\end{aligned}$$

La variance de krigeage vaut :

$$S_k^2 = \lambda_1 \gamma(x_1, x) + \lambda_2 \gamma(x_2, x) + \mu$$

Variantes du krigeage

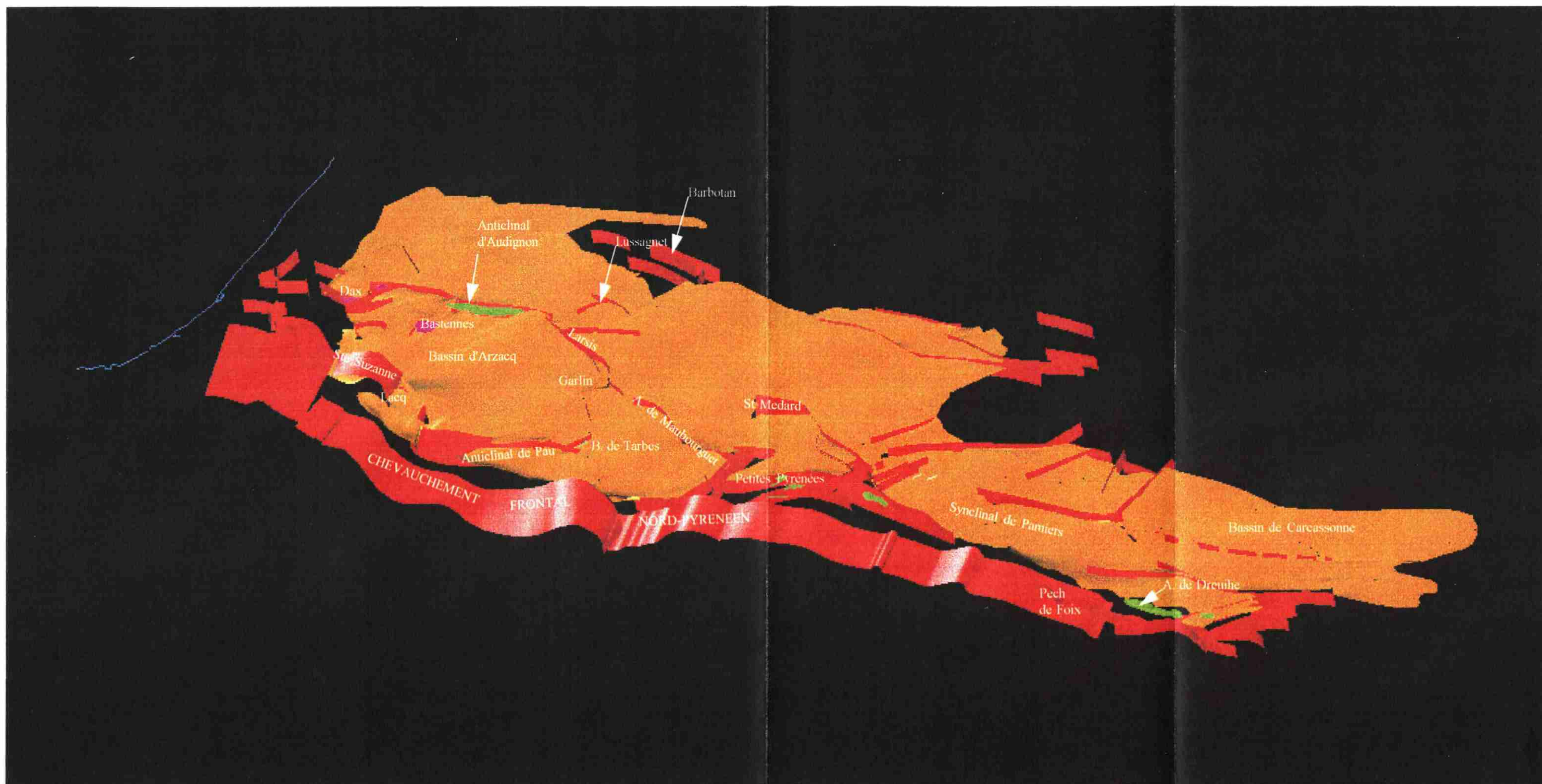
Des variantes du krigeage ordinaire permettent de traiter des phénomènes présentant une tendance ou dérive (krigeage universel), d'estimer la probabilité de dépassement d'un

seuil (krigeage d'indicatrice, krigeage disjonctif), ou sont adaptées à des distributions particulières (krigeage lognormal).

De plus, les techniques de krigeage se sont enrichies pour tenir compte des interprétations des autres spécialistes : un exemple courant est celui de la prise en compte des failles et discontinuités reconnues.

ANNEXE C

Modèle 3D du mur du Dano-Paléocène



Représentation 3D du système aquifère du Dano-Paléocène

ANNEXE D

Concept hydrochimique et isotopique

Tableau A-1 : Programme de travail

N°BSS	Dénomination	Commune	De pt	Aquifère	X	Y	Z	Analyses chimiques	Analyses isotopiques
	Adour (au niveau de Dax)	Dax	40	l'Adour				2(BE-HE)	12 analyses TDO
	Nappe alluviale (amont Dax)	Dax	40	nappe alluviale				2(BE-HE)	12 analyses TDO 1 analyse ¹⁴ C
	Pampara	St Paul les Dax	40	Miocène				2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
	Aliénor	St Paul les Dax	40	Miocène				2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0950/7X/0042	F3 M.Castaigns	St Geours d'Auribat	40	Oligocène	344.15	167.5	62.5	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0950/6X/0004	F1 Petche	Pontons l'Adour	40	Oligocène	337.48	171.45	33	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0950/4X/0001	Forage Bourguignon	Tartas	40	Oligocène	347.25	175.6	20	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0976/8X/0034	Forage M.Soulu	Orthevielle	40	Oligocène	319.25	147.2	45	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0977/7X/0003	Forage de M.Lalanne	Pomarez	40	Oligocène	345.88	153.04	27.5	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0925/4X/0047	Forage M.Béziat	Arue	40	Oligocène Stampien	383.08	196.7	76	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0976/3X/0076	Forage M.Danguin	Saubusse	40	Eocène	315.22	157.93	20	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0977/3X/001	Bois de Nousse	Nousse	40	Eocène	346.25	163.5	27	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0977/3X/0014	F2 M.Castaigns	Montfort en Chalosse	40	Eocène	344.38	159.2	35	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
1007/1X/0012	F1	Lamazere	32	Eocène	447.16	141.55	148.84	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0952/6X/0210	Lug 57	Le Houga	32	Eocène	394.34	168.52	127.32	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0952/8X/0026	Nogaro2	Nogaro	32	Eocène	409.68	164.54	97.2	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0953/6X/0008	For eau potable	Demu	32	Eocène	424.66	165.45	155	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0954/5X/0018	For eau potable	Pléhaut (Vicq-Fezensac)	32	Eocène	442.08	163.08	105	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C
0978/2X/0021	F4 stade	Hagerman	40	Dano-Paléocène	363.84	154.33	87	2(BE-HE)	1 analyse TDO 1 analyse ¹⁴ C

Tableau A-1 Analyses chimiques de la campagne 1996-1997

Numéro	N°BSS	Nom	Commune	Dépt.	aquifère	date prélèv.	Laboratoire d'analyses	T °C	pH	Cond µS/cm	TDS mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l
1		Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	25/07/1996	Labo Bx II	15,1	8,1	385	253	35	2	8
2		Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	12/03/1997	Labo Bx II	10,3	8,3	390	271	40	2,6	9,1
3		Nappe alluviale (amont Dax)	Dax	40	nappe alluviale	25/07/1996	Labo Bx II	14,2	7,2	236	134	24,6	2,25	13
4		Nappe alluviale (amont Dax)	Dax	40	nappe alluviale	12/03/1997	Labo Bx II	14	7,2	250		26	2,5	13
5		Pampara	St-Paul-les-Dax	40	Miocène	09/09/1996	Labo Bx II	18	7,9	428	255,4	57,9	5,4	20
6		Pampara	St-Paul-les-Dax	40	Miocène	11/03/1997	Labo Bx II	18	7,7	450	260	58	50	21
7	0950/7X/0042	F3. Castaings	St-Geours d'Auribat	40	Miocène	09/09/1996	Labo Bx II	15,1	7,7	428	230,7	70	3	11,4
8	0950/0X/0004	F1 Petche	Pontonx-sur-Adour	40	Oligocène	10/09/1996	Labo Bx II	18	7,7	276	151	32,6	3,5	16,5
9	0950/0X/0005	F1 Petche	Pontonx-sur-Adour	40	Oligocène	04/03/1997	Labo Bx II	18,3	7,9	251	154	30	3,62	15,4
10	0950/4X/0001	Forage Bourguignon	Tartas	40	Oligocène	11/10/1996	Labo Bx II	19,5	7,9	242	138	18,4	8,3	18,3
11	0950/4X/0001	Forage Bourguignon	Tartas	40	Oligocène	04/03/1997	Labo Bx II	19,5	7,9	230	133	20,9	7,95	17,6
12	0976/8X/0034	Forage M.Soulu	Orthevielle	40	Oligocène	10/09/1996	Labo Bx II	14,8	7,8	456	252,6	65	5,2	18,9
13	0976/8X/0034	Forage M.Soulu	Orthevielle	40	Oligocène	10/03/1997	Labo Bx II	14,7	7,8	460	255	68	7	19
14	0977/7X/0003	Forage de M. Lalanne	Pomarez	40	Oligocène	09/09/1996	Labo Bx II	14,3 ?	8	489	273,6	46,9	6,7	46,8
15	0977/7X/0003	Forage de M. Lalanne	Pomarez	40	Oligocène	10/03/1997	Labo Bx II	15	8	500	282	50	6,2	48
16	0925/4X/0047	Forage de M.Beziat	Arue	40	Oligocène-stampien	11/10/1996	Labo Bx II	15,3	8,3	169 ?	100,05	24,1	1,2	7,9
17	0925/4X/0047	Forage de M.Beziat	Arue	40	Oligocène-stampien	10/03/1997	Labo Bx II	15	8,1	230	120	25	2	8
18	0976/3X/0076	Forage de M.Danguin	Saubusse	40	Eocène									
19	0977/3X/0015	Bois de Nousse	Nousse	40	Eocène	10/09/1996	Labo Bx II	14,4	7,6	405	216	58,9	6,4	12
20	0977/3X/0015	Bois de Nousse	Nousse	40	Eocène	04/03/1997	Labo Bx II	14,6	7,7	380	250	67	5,7	10,1
21	0977/3X/0014	F2 M.Castaing	Montfort-en-Chalosse	40	Eocène	11/09/1996	Labo Bx II	15,5	7,4	150	238,6	65,6	5,6	16,1
22	0977/3X/0014	F2 M.Castaing	Montfort-en-Chalosse	40	Eocène	10/03/1997	Labo Bx II							
23	1007/1X/0012	F1	Lamazere	32	Eocène	06/09/1996	Labo Bx II	60	8	495	304,1	30	10,2	55
24	1007/1X/0012	F1	Lamazere	32	Eocène	11/03/1997	Labo Bx II		7,6	450	288	34,1	9,8	56,8
25	0952/6X/0210	Lug 57	Le Houga	32	Eocène	05/09/1996	Labo Bx II	39	7,8	349	203,9	44	8,1	10,7
26	0952/6X/0210	Lug 57	Le Houga	32	Eocène	11/03/1997	Labo Bx II	42	7,7	360		45,2	7,5	9,95
27	0952/8X/0026	Nogaro 2	Nogaro	32	Eocène	05/09/1996	Labo Bx II	49,5	7,9	293	181,2	35,9	4,5	15,2
28	0952/8X/0026	Nogaro 2	Nogaro	32	Eocène	11/03/1997	Labo Bx II	50	7,7	270		38	4,55	14,4
29	0953/6X/0008	for. eau potable	Demu	32	Eocène	06/09/1996	Labo Bx II	54,5	7,7	298	184,2	33,9	4,1	19
30	0953/6X/0008	for. eau potable	Demu	32	Eocène	11/03/1997	Labo Bx II	54,6	7,8	300		34,4	3,9	20
31	0954/5X/0018	for. eau potable	Plehaut (Vicq-Fezensac)	32	Eocène	06/09/1996	Labo Bx II		7,7	422	240	37,4	13,2	22,6
32	0978/2X/0021	F4 stade	Hagetmau	40	Dano-paléocène									

Tableau A-1 Analyses chimiques de la campagne 1996-1997

Numéro	K	HCO3	Cl	SO4	Eh	M.O.	DBO5	DCO	COT	SiO2	NH4	NO3	NO2	PO4	HS-	F	Al	Fe	Mn	Sr	Li	Br	I	Numéro	As
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		µg/l
1	1,5	90	15	12						9	0,6	19		0,5		0,1	0,12	0,2	0,05					1	
2	2	105	15	15							0,4	24		0,5		0,1		0,05	0,002					2	
3	2,2	43	22,5	21,3						9,2	0	26,9	0	0		0,34	3		<0,001					3	
4	2		23,8	2																				4	
5	2,8	195,2	21	25						27,3	0,03	0	0	0		0,3	4	0	<0,01					5	
6	2,6	200	22	24																				6	
7	1,4	207,4	19	7,1						10,5	0	6,3	0	0		0,37	6	0	<0,001					7	
8	2,4	140,3	14,65							12,5	0	0	0	0		0,37	4	0	<0,001					8	
9	2,4	143,9	14,2	0						7,3	0	0	0			0,18		###	0,003					9	
10	2,6	128,1	14,2	0						12,5	0,05	0	0	0		0,5	<1	0	<0,001					10	
11	1,83	124,5	13,6	0																				11	
12	1,1	213,5	32,2	7						12,5	0	5,7	0	0		0,3	4	0	<0,001					12	
13	2	220	35	6						10		7	0			0,23	0	0,08	<0,001					13	
14	4,75	250,1	19,7	14,6						11,1	0,02	0	0	0		1,12	3	0,15	0,14					14	
15	4	260	21	15						12	0,03	0	0	0		0,9	4	0,2	0,08					15	
16	1,4	73,2	11,8	6,8						9,4	0	1,45	0	0		0	4	0	<0,001					16	
17	1,4	80	11	7,1						8,9	0	2,1	0	0		0	0	0,05						17	
18																								18	
19	1,5	201,3	18,9	10,21						9,15	0	0	0	0		0,34	4	0	<0,01					19	
20	1,15	224	21,6	12						11	0,01	0	0			0,2								20	
21	2	219,6	22,9	6,85						11,5	0,02	0	0	0		0,42	10	0	<0,001					21	
22																								22	
23	19	262,3	7	26,5						27,3	0,1	0	0	0		1,63								23	
24	10,8	268	7	27						23,6	0,31	0	0	0		1,6	15	0,13	<0,002					24	
25	6,5	176,9	6,4	20,4						20,7		0	0	0			3	0,06	0,02					25	
26	6,3	178,1	6,35	19,65						20,9	0,08	0	0	0		0,1	10	1,05	0,02					26	
27	5,8	155,55	8,1	11						24,2	0	0	0	0		9								27	
28	5,95	155	8	10,5					0,25	22,2	0,24	0	0			0,17	<1	0,25	0,01					28	
29	6,4	146,4	8,1	16,8						23,9	0	0	0	0		0,44	2	0	0,002					29	
30	6,8	158	9	17					0,24	23,5	0,23	0	0	0		0,2								30	
31	8,5	176,9	7	49,2						15,4	0,04	0	0	0		0,92	4		<0,001					31	
32																								32	

Tableau A-1 Analyses chimiques de la campagne 1996-1997

B	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Be	CN	Co	Sb	Se	Su	Ag
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
				<1				40							
				<1				<1							
				<1				35							
				<1				10							
20				<1				<1							
				<1				18							
				<1				60							
				<1				5							
				<1				<1							
10				<1				<1							
				<1				<1							
10															
				13											
				<1				<1							
				<1				<1							

Tableau A-3 : Analyses isotopiques, programme 1996

N°BSS	Nom	Commune	Dépt.	aquifère	date prélèv.	Laboratoire	18O	2H	3H	13C	A14C
						d'analyses	‰ SMOW	‰ SMOW	en UT	‰ PDB	% pc.m.
	Pampara	St-Paul-les-Dax	40	Miocène	09/09/1996	Thonon	-5,8	-30,8	2,8+/-0,4	-13,6	39,5 +/- 0,3
0950/7X/0042	F3. Castaings	St-Geours d'Auribat	40	Miocène	09/09/1996	Thonon	6,25	38	4,3	-13,2	50,1 +/- 0,4
0950/0X/0004	F1 Pêche	Pontoux-sur-Adour	40	Oligocène	11/09/1996	Thonon	-6,1	-39,5	0,9+/-0,4	-12,7	10,5+/-0,4
0950/4X/0001	Forage Bourguignon	Tartas	40	Oligocène	11/10/1996	Thonon	-6,2	-30	<0,8	-5,5	2,6 +/- 0,5
0976/8X/0034	Forage M.Soulu	Orthevielle	40	Oligocène	10/09/1996	Thonon	-8	-37	10,2 +/- 0,5	-12,8	57,6 +/- 0,5
0977/7X/0003	Forage de M. Lalanne	Pomarez	40	Oligocène	09/09/1996	Thonon	-7	-40,2	0,8 +/- 0,3	-10,9	3,4 +/- 0,4
0925/4X/0047	Forage de M.Beziat	Arue	40	Oligocène-stampien	11/09/1996	Thonon			6,0+/-0,3	-18,6	53,3+/-0,5
0976/3X/0076	Forage de M.Danguin	Saubusse	40	Eocène							
0977/3X/0015	Bois de Nousse	Nousse	40	Eocène	10/09/1996	Thonon	-6,2	-37,6	0,7 +/- 0,3	-5,3	5,8 +/- 0,3
0977/3X/0014	F2 M.Castaing	Montfort-en-Chalosse	40	Eocène	10/09/1996	Thonon	-6,2	-38,2	<0,8	-10,6	19,5 +/- 0,4
1007/1X/0012	F1	Lamazere	32	Eocène	06/09/1996	Thonon	-8,5	-52,4	<0,8	-6	3,6 +/- 0,2
0952/6X/0210	Lug 57	Le Houga	32	Eocène	05/09/1996	Thonon	-9,4	-61,5	<0,8	-11,2	2,3+/- 0,3
0952/8X/0026	Nogaro 2	Nogaro	32	Eocène	05/09/1996	Thonon	-8,7	-49,3	<0,8	-13,5	3,3 +/- 0,2
0953/6X/0008	for. eau potable	Demu	32	Eocène	06/09/1996	Thonon			<0,7	-14,4	4,5+/-0,4
0954/5X/0018	for. eau potable	Piehaut (Vicq-Fezensac)	32	Eocène	06/09/1996	Thonon	-8,2	-50,2	<0,8	-13,8	4,5+/-0,5
0978/2X/0021	F4 stade	Hagetmau	40	Dano-paléocène							

Tableau A-4 - Suivi isotopique de l'Adour et de la nappe alluviale

N°BSS	Nom	Commune	Dépt.	Aquifère	date prélév.	Laboratoire	18O	2H	3H	13C	A14C
						d'analyses	‰ SMOW	‰ SMOW	en UT	‰ PDB	% pc.m.
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	25/07/1996	Thonon	-6,8	-45,3	7,4 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	03/08/1996	Thonon	-6,2	-41,1	7,0 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	11/09/1996	Thonon	-6,6	-41,4	7,2 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	08/10/1996	Thonon	-6,1	-40,2	7,8 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	08/11/1996	Thonon	-6,3	-42,1	7,0 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	16/12/1996	Thonon	-6,1	-40,6	8,1 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	08/02/1997	Thonon	-6,2	-41,4	7,6 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	12/03/1997	Thonon	-6,5	-41,1	7,7 +/- 0,5		
	Adour pont de la Ribeyre	Dax	40	l'Adour	10/04/1997	Thonon	-6,2	-40,1	7,2 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	25/07/1996	Thonon	-6,3	-40,2	7,8 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	03/08/1996	Thonon	-6,4	-42,4	7,6 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	11/09/1996	Thonon	-6,3	-42,4	7,9 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	08/10/1996	Thonon	-6,1	-41,2	7,5 +/- 0,4	-19,2	80,7 +/- 0,5
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	08/11/1996	Thonon	-6,6	-43,6	7,8 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	16/12/1996	Thonon	-6,2	-40	7,7 +/- 0,9		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	08/02/1997	Thonon	-6,3	-39,8	7,6 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	12/03/1997	Thonon	-6,3	-39,8	7,7 +/- 0,5		
	Nappe alluviale (amont Dax)	Yzosse	40	nappe alluviale	10/04/1997	Thonon	-6,5	-39,5	7,7 +/- 0,5		

Point échantillonné pour le suivi de la nappe alluviale :

Forage agricole de Mr Sensacq

Département : Landes

Commune : Yzosse, lieu dit "Petit Braous"

Carte IGN au 1/25000 : 1443 Ouest -Dax

X = 329.8, Y = 3163.3, Z = 6.70 m