



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE



Gironde
CONSEIL GENERAL



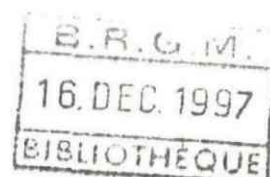
BORDEAUX METROPOLE
COMMUNAUTÉ URBAINE DE BORDEAUX

DOCUMENT PUBLIC

*Schéma Directeur de gestion de la ressource
en eau du département de la Gironde*

*Simulation d'un champ captant la nappe de l'Oligocène dans le
secteur de Sainte-Hélène
à l'aide d'un modèle gigogne couplé au modèle nord-aquitain*

Octobre 1997
R 39684



Mots clés : modélisation, simulation, hydrogéologie, Eocène, Oligocène, Miocène, Plio-Quaternaire, Sainte-Hélène, champ captant

En bibliographie ce rapport sera cité de la façon suivante :

BICHOT F., SEGUIN J.J., SOURISSEAU B. (1997)

Schéma Directeur de gestion de la ressource en eau du département de la Gironde -
Simulation d'un champ captant la nappe de l'Oligocène dans le secteur de Sainte-Hélène
à l'aide d'un modèle gigogne couplé au modèle nord-aquitain

Rapport BRGM R 39684

© BRGM 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation
expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre du Schéma directeur de gestion de l'eau du département de la Gironde, le conseil Général, la Communauté urbaine de Bordeaux et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne envisagent d'importantes économies de prélèvements dans la nappe de l'Eocène. Différentes ressources nouvelles ont été envisagées dont la création de champs captants dans l'Oligocène du nord-ouest du département.

La Communauté Urbaine de Bordeaux a été mandatée pour faire réaliser par le BRGM, Service Géologique Régional Aquitaine, une simulation de l'impact de ce nouveau prélèvement.

Préalablement à la construction d'un modèle gigogne du centre Médoc axé sur Sainte Hélène un inventaire des ouvrages existants, des prélèvements, de la qualité des eaux, a permis de recenser 114 puits, d'estimer 18 000 m³/j exploités, d'identifier des zones de concentration en nitrates et de dresser une cartographie piézométrique du système aquifère du Miocène-Pliocène-Quaternaire.

Pour ce secteur, une couche de calcul renseignée a été intégrée au modèle régional nord-aquitain. A cette occasion, pour toutes les couches, le modèle a été réajusté avec des données de 1996.

La simulation de la réalisation de deux champs captants éloignés de 5 km dans l'Oligocène du secteur de Sainte Hélène, permettant d'exploiter 14 500 m³/j supplémentaires et corrélativement d'économiser 40 000 m³/j dans la nappe de l'Eocène, apporte les éléments suivants :

- concernant la nappe de l'Oligocène :

Il est nécessaire d'éloigner les points d'environ 8 km à l'ouest de Sainte Hélène.

Les rabattements calculés au niveau des champs captants sont de l'ordre de 15 à 20 m et parfaitement compatibles avec la géométrie de l'aquifère.

L'impact des 9 forages, éloignés les uns des autres de 1 km, est d'environ 5 m dans un rayon de 5 km et aucun désordre sur l'existant n'est prévisible.

- concernant la nappe de l'Eocène :

Les niveaux remontent de 15 m dans le creux piézométrique sous Bordeaux dont le rayon se réduit.

Les niveaux piézométriques sous l'estuaire sont partout positifs (+ 3 NGF à la latitude de Sainte Hélène).

Sommaire

	Pages
Introduction	1
1. Présentation géologique et hydrogéologique	2
1.1 Généralités	2
1.2 L'histoire géologique et les caractéristiques hydrogéologiques	2
1.2.1 <i>Le sommet du Crétacé supérieur</i>	
1.2.2 <i>L'Eocène</i>	
1.2.3 <i>L'Oligocène</i>	
1.2.4 <i>Le Mio-Plio-Quaternaire</i>	
2. La campagne de terrain de l'été 1997	11
2.1 Les objectifs	11
2.2 Répartition et utilisation des ouvrages	11
2.3 Piézométrie de référence	13
2.4 Les prélèvements	13
2.5 Vulnérabilité et qualité	15
3. Le modèle gigogne (Sainte Hélène)	17
3.1 Caractéristiques du modèle nord-aquitain	17
3.1.1 <i>Le modèle</i>	
3.1.2 <i>Le logiciel</i>	
3.1.3 <i>Construction du modèle nord-aquitain</i>	
3.1.4 <i>Exploitation du modèle</i>	
3.2 Actualisation du modèle régional et intégration d'un nouveau maillage gigogne dans le Médoc	19
3.2.1 <i>Modification du modèle régional</i>	
3.2.2 <i>Le modèle gigogne du secteur de Sainte Hélène</i>	
3.2.3 <i>Réajustement des paramètres du modèle à l'aide de la piézométrie de 1996</i>	
3.2.4 <i>Résultats</i>	

4. Simulation de prélèvements nouveaux dans l'Oligocène	40
4.1 Premier scénario simulé	40
4.1.1 <i>Scénario simulé</i>	
4.1.2 <i>Résultat de la simulation</i>	
4.2 Second scénario simulé	41
4.2.1 <i>Scénario simulé</i>	
4.2.2 <i>Résultat de la simulation</i>	
4.2.3 <i>Evaluation de l'interférence entre puits</i>	
4.2.4 <i>Passage du rabattement calculé dans la maille de pompage au rabattement dans le puits</i>	
Conclusion	53

Liste des figures

Figure 1 : Secteur d'étude et cartographie des points visités	3
Figure 2 : Modèle nord-aquitain grandes mailles : limites de la couche Oligocène sur fond altimétrique (d'après MNT au pas de 1 km)	4
Figure 3 : Log géologique du forage de Saint Jean d'Illac (à gauche) et coupe schématique est-ouest prise au sud du domaine étudié (à droite)	5
Figure 4 : Les systèmes aquifères nord-aquitain	10
Figure 5 : Carte de la profondeur des ouvrages recensés et des isohypses de la base du système aquifère du Mio-Plio-Quaternaire.	12
Figure 6 : Piézométrie et exploitation du système du Mio-Plio-Quaternaire	14
Figure 7 : Répartition des teneurs en nitrates dans la nappe superficielle (Mio-Plio-Quaternaire)	16
Figure 8 - Coupe verticale dans le modèle au niveau de l'anticlinal de Villagrains Landiras (avec superposition de 3 nouvelles couches).	20
Figure 9 - Exemple de moyennage au pas de 5 km du MNT au pas de 1km	20
Figure 10 - Maillage gigogne de Sainte Hélène et limites du maillage du Miocène dans le modèle régional	24
Figure 11 - Maillage gigogne de Sainte Hélène et limites du maillage de l'Oligocène dans le modèle régional	25
Figure 12 - Maillage gigogne de Sainte Hélène et limites du maillage de l'Eocène dans le modèle régional	26
Figure 13 - Maillage gigogne de Sainte Hélène et limites du maillage du Crétacé dans le modèle régional	27
Figure 14 - Carte piézométrique de l'Oligocène tracée à partir des mesures effectuées en 1996	30
Figure 15 - Carte piézométrique de l'Eocène tracée à partir des mesures effectuées en 1996	31

Figure 16 - Carte piézométrique du Crétacé supérieur tracée à partir des mesures effectuées en 1996	33
Figure 17 - Pluies efficaces calculées à la station de Mérignac de 1987 à 1996 pour deux valeurs de RU: 100 mm et 150 mm	35
Figure 18 - Carte piézométrique calculée en régime permanent du Mio-Plio-Quaternaire comparée à la carte de 1997	37
Figure 19 - Carte piézométrique calculée en régime permanent de l'Oligocène, secteur de Sainte Hélène, comparée à la carte de 1996.	38
Figure 20 - Carte piézométrique calculée en régime permanent de l'Eocène, secteur de Sainte Hélène, comparée à la carte de 1996.	39
Figure 21 - Position des forages captant l'Oligocène dans le secteur de Sainte Hélène	42
Figure 22 : Carte des baisses de niveaux dans l'Oligocène	43
Figure 23 : Piézométrie calculée du Mio-Plio-Quaternaire dans le cadre de la simulation des champs captants de l'Oligocène	44
Figure 24 : Piézométrie calculée de l'Oligocène dans le cadre de la simulation des champs captants	45
Figure 25 : Carte des remontées de niveaux dans l'Eocène	46
Figure 26 : Emplacement des forages des simulations 1 (à l'ouest) et 2 (à l'est)	48
Figure 27 : Carte des rabattements de la nappe de l'Oligocène dans le cadre du scénario 2	49
Figure 28 : Piézométrie calculée de l'Oligocène dans le cadre du scénario 2 (maillage régional à gauche, zoom local à droite)	50
Figure 29 :Rabattement au puits central dans le cas d'une ligne de 7 puits	52

Liste des annexes

Annexe I : Analyses chimiques d'ouvrages AEP du secteur de Sainte Hélène

Annexe II : Liste des ouvrages recensés dans le secteur de Sainte Hélène

Introduction

Dans le cadre du Schéma Directeur des Ressources en Eaux Souterraines du département de la Gironde, la nécessité de réaliser des économies sur les prélèvements dans la nappe de l'Eocène et de répondre à l'évolution de la consommation, conduit à rechercher des solutions de substitution. Parmi les solutions envisagées, la création d'un champ captant dans l'Oligocène du Médoc (secteur de Sainte-hélène) permettrait d'alimenter en eau potable (10 000 à 20 000 m³/j) le secteur de Bordeaux et le Nord-Médoc.

Les Maîtres d'Ouvrage du Schéma Directeur (Communauté Urbaine de Bordeaux, Conseil Général de la Gironde et Agence de l'Eau Adour-Garonne) se sont adressés au BRGM - Service Géologique Régional Aquitaine pour tester l'impact de ces nouveaux prélèvements dans l'Oligocène à l'aide d'un modèle gigogne, construit pour les besoins de ces simulations et couplé au modèle nord-aquitain existant actualisé.

La construction de ce modèle gigogne, à maille de 1 km et couvrant un secteur compris entre St-Laurent, Castelnau, Salaunes, Camp de Souge, Le Temple, route du Cap-Ferret, a nécessité la réalisation de relevés de terrain au cours de l'été 1997. Il s'agissait de préciser la piézométrie de la couche supérieure du modèle (Mio-Plio-Quaternaire) afin de supprimer dans le secteur les potentiels imposés du modèle régional, de faire l'inventaire des prélèvements, en particulier agricoles, d'établir un bilan qualitatif sommaire et limité à quelques paramètres physico-chimiques mesurés in situ.

Ce rapport présente les résultats de cette étude qui s'est déroulée sur 3 mois, de juillet à octobre.

1. Présentation géologique et hydrogéologique

1.1 GENERALITES

Le secteur étudié et modélisé est compris entre, à l'est, l'estuaire de la Gironde et la Communauté Urbaine de Bordeaux, et, à l'ouest, les étangs de Carcans et de Lacanau. La limite sud est constituée par la route Bordeaux/Cap ferret, la limite nord par une ligne Lacanau/Paulliac (figure 1).

D'un point de vue géomorphologique, ce secteur constitue une zone relativement haute (environ 50 m NGF) séparant la vallée alluviale de la Gironde de la zone côtière dunaire (figure 2). Cette configuration topographique entraîne une séparation du réseau hydrographique avec un écoulement vers l'ouest, sur le versant occidental, et un écoulement vers l'estuaire sur le versant oriental.

Le modèle régional à mailles carrées de 5 km de côté comprend 4 couches aquifères, soit de bas en haut : Crétacé terminal, Eocène, Oligocène, Mio-Plio-Quaternaire. Le modèle construit pour simuler les nouveaux prélèvements envisagés dans l'Oligocène est un gigogne du précédent, c'est à dire qu'il va préciser, sur un espace plus restreint, les calculs du modèle régional. Le maillage gigogne au pas du kilomètre intègre les 4 couches précédemment énumérées. On rappellera dans le chapitre suivant l'histoire géologique de la période correspondante et on s'attachera à identifier les principaux niveaux aquifères modélisés (cf. figure 3).

1.2 L'HISTOIRE GEOLOGIQUE ET LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

1.2.1 Le sommet du Crétacé supérieur

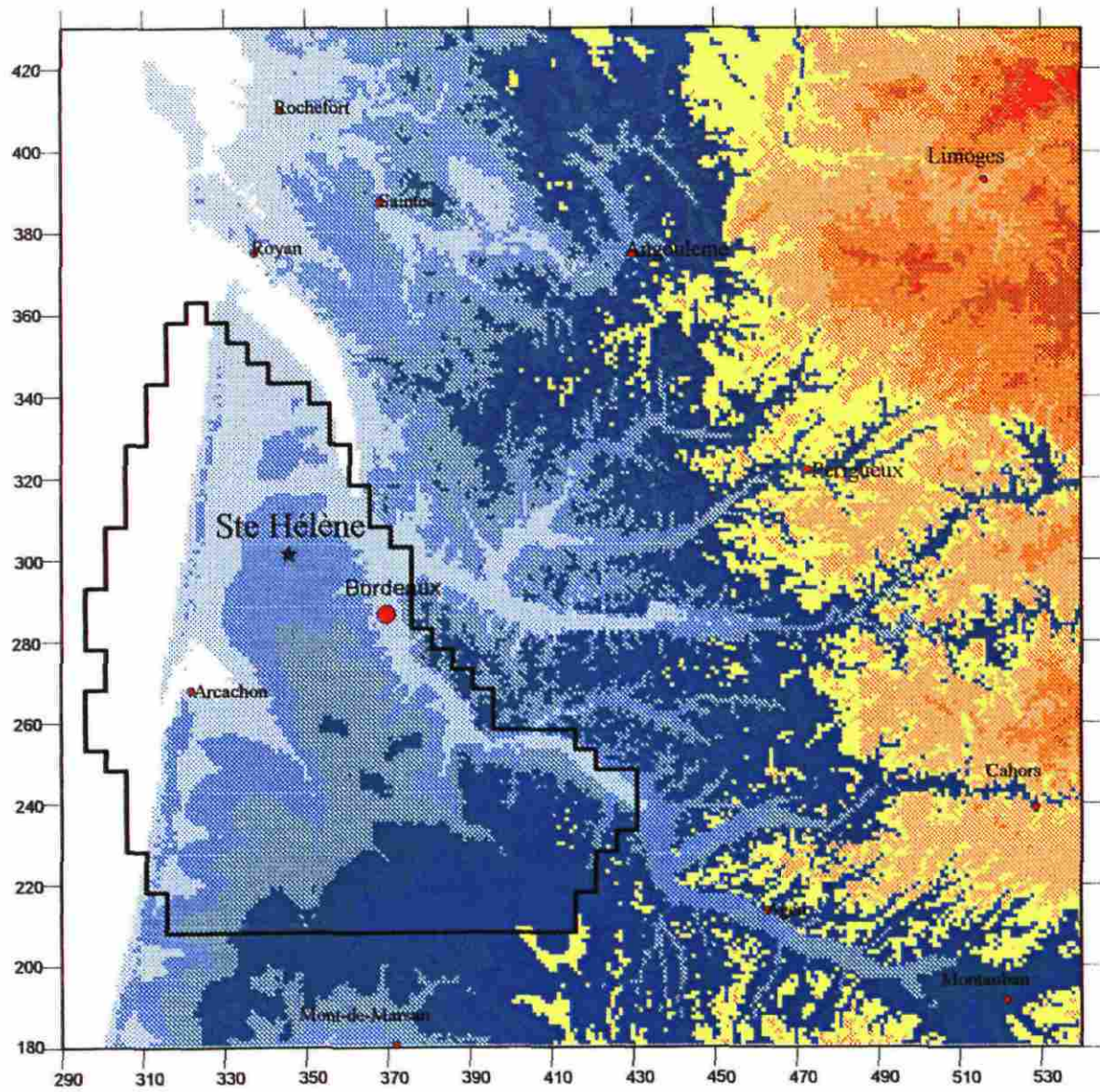
Après la régression générale du Jurassique supérieur, qui voit au Crétacé inférieur la mer se cantonner au sud-ouest de la zone considérée, au niveau de la fosse de Parentis, le Crétacé supérieur correspond à un grand cycle sédimentaire transgressif avec un maximum au Campanien. A cette époque la mer couvre tout ce domaine. Les dépôts sédimentaires caractérisent une plate-forme continentale largement ouverte aux influences océaniques. En revanche le Maestrichtien correspond à un épisode régressif.

Dans le secteur de Sainte-Hélène, le Campano-Maestrichtien, couche de base du modèle, est constitué par des calcaires blancs ou beiges, relativement fins, localement sableux ou bioclastiques, de plus en plus marneux vers l'ouest. Il se caractérise par des passées siliceuses. Cet aquifère n'est pas exploité dans ce secteur et est connu par quelques forages profonds comme ceux de St Jean d'Illac (826-4X-6), d'Arès (825-4X-10), du Porge (802-5X-7), de St Médard en Jalles (802-7X-1). Il est rencontré à une profondeur moyenne de 700 m.



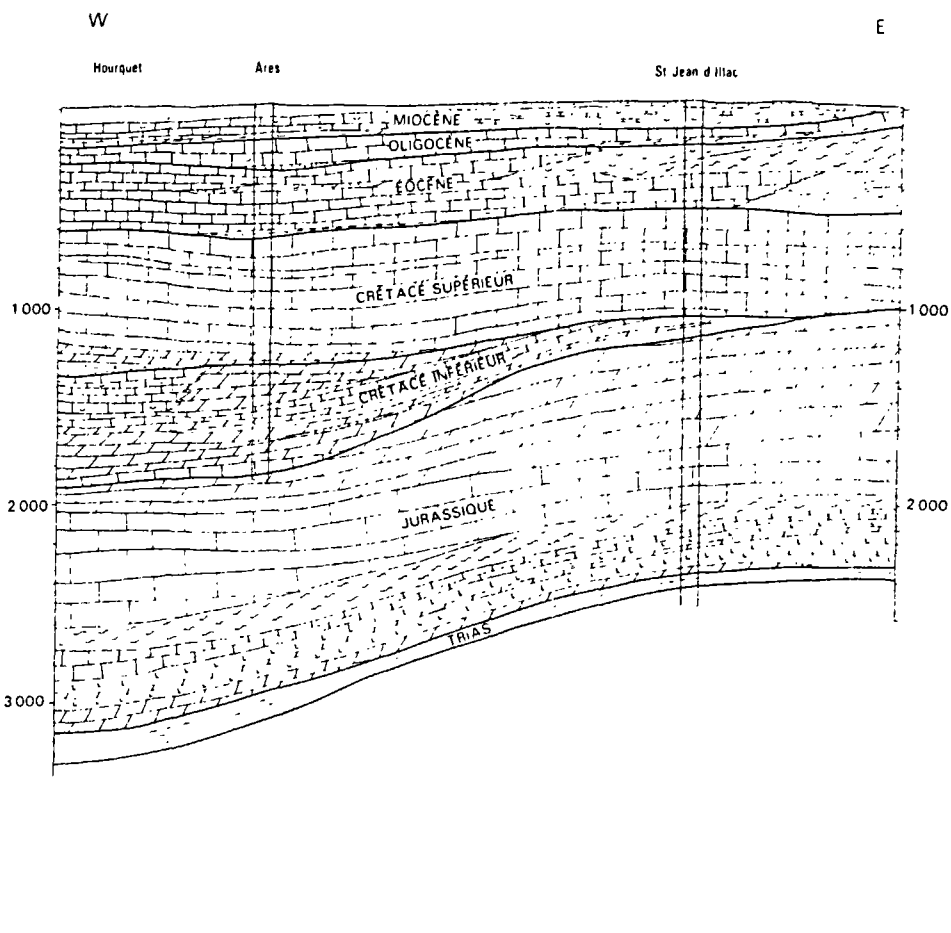
Figure 1 : Secteur d'étude et cartographie des points visités

Schema Directeur de la Gironde
Simulation d'un champ captant l'Oligocène dans le secteur de St Hélène



Altitude (m)	
■	500 - 750 (111)
■	400 - 500 (892)
■	300 - 400 (3387)
■	200 - 300 (6631)
■	150 - 200 (6057)
■	100 - 150 (10235)
■	75 - 100 (6842)
■	50 - 75 (7099)
■	25 - 50 (6902)
■	0 - 25 (6458)

Figure 2 : Modèle nord-aquitain grandes mailles : limites de la couche Oligocène sur fond altimétrique (d'après MNT au pas de 1 km)



MIOCÈNE		Sable Sable et grès coquillier
OLIGOCÈNE		Sable coquillier gris-vert et marnes
ÉOCÈNE		Marne et calcaire
		Calcaire argileux
		Calcaire micritique bioclastique
PALÉOCÈNE		Marne à humulites Calcaire beige et sable
		Calcaire micritique blanc à siles et passages dolomitiques
CRÉTACÉ SUP	Turon-Sénonien	Calcaire argileux gris Calcaire crayeux gris
	1000 Cénomannien	Dolomie brune
CRÉTACÉ INF	Albo Aptien	Grès moyen à grossier avec argile noirâtre
JURASSIQUE	Portlandien	Dolomie brune à passées argileuses
		Calcaire micritique beige
		Dolomie beige foncé, avec alternances marneuses gris foncé
	2000 Oxfordien	Marne noire
	Callovien Bajocien-Bathonien Aptien-Toarcien Pliensbachien	Calcaire micritique graveleux gris Dolomie brune
	Sinemurien	Anhydrite blanche
	Hettangien	Dolomie grise
TRIAS		Argile bariolée rouge, passée de grès plus argile bariolée rouge sablo-graveleuse
PALÉOZOÏQUE	2565	Schiste rouge Quartzite rouge et vert

Figure 3 : Log géologique du forage de Saint Jean d'Ilac (à gauche) et coupe schématique est-ouest prise au sud du domaine étudié (à droite) [extraites de la notice de la carte géologique 1/50000 d'Audenge, J.P. CAPDEVILLE]

Il a une épaisseur moyenne de l'ordre de 40 m. Vers l'ouest et le sud-ouest, parallèlement à l'approfondissement de l'aquifère on constate la détérioration des caractéristiques hydrodynamiques avec le développement de calcaires argilo-micritiques à porosité matricielle nulle.

En ce qui concerne les épontes de cet aquifère, il communique localement avec l'aquifère de l'Eocène inférieur, avec lequel il est souvent capté, mais est en revanche bien individualisé des aquifères plus profonds par une épaisse série marneuse d'âge campanien et santonien..

1.2.2 L'Eocène

Après la régression généralisée de la fin du Maestrichtien, la mer reconquiert peu à peu la partie occidentale du domaine. La sédimentation de l'Eocène est régie par une paléotopographie structurée avec l'anticlinal de Villagrains et le synclinal du Porge. Au cours de l'Eocène moyen, les phénomènes tectoniques (orogénèse pyrénéenne) qui structurent le bassin aquitain influencent la sédimentation. L'Eocène supérieur est quant à lui caractérisé par un épisode transgressif. D'une manière générale, l'Eocène est marqué par une sédimentation à forte influence continentale où les calcaires de plate-forme alternent avec les faciès détritiques.

L'Infra-Eocène est caractérisé par des dépôts détritiques soit grossiers (sables et graviers fluviaux), soit argileux (argiles rouges héritées des sols latéritiques développés sur le Massif Central durant le Crétacé).

L'Eocène inférieur est dominé par des dépôts fins à influence continentale marquée (argiles silteuses) ou de milieux marins (marnes et calcaires).

Dans le secteur de Sainte Hélène, l'Eocène moyen est essentiellement représenté par des calcaires de plate-forme. Cependant, vers l'est de la zone, les influences continentales se font nettement sentir à travers une sédimentation détritique de type deltaïque sous-marin.

La sédimentation de l'Eocène supérieur s'effectue sous une faible hauteur d'eau avec apports de sédiments détritiques venant de l'est ; calcaires quartzeux et marnes sableuses dominant. Au nord, une zone haute perdure depuis l'Eocène moyen : lacune de l'Eocène supérieur au forage de Carcans.

Le système aquifère de l'Eocène correspond à un multicouche avec principalement des formations calcaires ou marneuses. Vers l'est de la zone, on identifie deux niveaux aquifères plus ou moins distincts : l'Eocène moyen et l'Eocène supérieur. Au forage du Porge, la base de l'aquifère correspond à un mur argileux d'environ 50 m d'épaisseur (vers -800 m de profondeur) et le sommet, rencontré vers - 300 m, est surmonté par 12m

d'argiles sableuses. A Saint Médard en Jalles, les formations argileuses de la base de l'Oligocène, formant l'éponte supérieure de la nappe éocène, ont une quarantaine de mètres d'épaisseur.

La piézométrie moyenne de la nappe de l'Eocène forme une crête qui traverse la zone du sud au nord. A l'exception de la partie sud-orientale du domaine étudié, sous influence des forts prélèvements de la région bordelaise, la position et la valeur de cette crête piézométrique ne connaît pas d'évolution notable. A l'ouest de Sainte Hélène la piézométrie est de + 20 m NGF ; elle est de + 10 m NGF au nord-ouest du domaine.

Cette crête détermine des écoulements vers l'Estuaire et vers la Communauté Urbaine de Bordeaux à l'est, vers l'océan à l'ouest.

Malgré des caractéristiques hydrauliques qui tendent à diminuer vers l'ouest, avec la perte de puissance des formations sableuses et l'augmentation de la fraction fine argilo-marneuse, cet aquifère présente un intérêt économique avec des transmissivités en général comprises entre 1 et $5 \cdot 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ et une qualité acceptable (faciès bicarbonaté calcique passant sur la frange littorale à un faciès chloruré bicarbonaté calco-sodique).

1.2.3 L'Oligocène

L'Oligocène est représenté par une série épaisse de 100 à 150 m avec à la base des argiles et des marnes verdâtres, puis, jusqu'au sommet une alternance de calcaires bioclastiques beiges et de marnes à passées sableuses. L'évolution sédimentaire traduit un contexte marin encadré à la base et au sommet par des épisodes à influence continentale. Cette évolution correspond plus à l'est (Bordeaux et Entre-deux-Mers) à des faciès plus tranchés avec un Sannoisien marneux fluvio-lacustre, un Stampien marin (calcaires à Astéries) puis un Chattien fluvio-lacustre (molasses).

L'aquifère de l'Oligocène correspond aux calcaires stampiens à pendage général vers l'ouest-sud-ouest. Leur puissance est de l'ordre de 100 m. A Salaunes (802-7X-1) le mur de l'aquifère est constitué par une argile verdâtre plastique reconnue entre 210 et 230 m de profondeur. Mais d'une manière générale, et en particulier vers l'ouest, le mur et le toit de l'aquifère n'assure pas une isolation efficace. Vers le bas il est plus ou moins en relation avec la nappe de l'Eocène supérieur, vers le haut il est vraisemblablement localement alimenté par la nappe du Miocène.

Contrairement aux aquifères précédents, qui n'affleurent pas dans le secteur étudié, l'Oligocène arrive à l'affleurement vers l'est, le long de l'estuaire et dans la Communauté urbaine de Bordeaux. Ces affleurements ou sub-affleurements sont autant de zones d'alimentation ou d'exutoire.

La piézométrie de l'Oligocène reproduit le dôme piézométrique des aquifères sous-jacents, éocène et créacé terminal. Elle diffère toutefois nettement dans la partie

orientale du domaine où la nappe est drainée par les bassins versants de la Jalle, au nord, et de l'Estey de Tayac, au sud.

De bonne qualité chimique (faciès bicarbonaté calcique, cf. annexe 1), cet aquifère présente également des transmissivités correctes, comprises entre 2 et 4 $10^{-3}m^2/s$. Ces transmissivités s'améliorent aux voisinages des zones d'affleurement soumises aux phénomènes de karstification. Il est capté pour l'alimentation en eau potable par quelques forages du domaine d'étude.

1.2.3 Le Mio-Plio-Quaternaire

La mer miocène submerge de nouveau une partie des terres abandonnées lors de la régression oligocène. Au cours du Miocène inférieur, la ligne de rivage est proche de Saint Médard en Jalles et de Sainte Hélène avec une sédimentation caractérisée par des sédiments et des fossiles côtiers (faciès burdigalien) alors que les terrains révélés par sondage au Porge présentent un faciès de plate-forme plus profond (faciès girondien). Cette différence s'estompe au Miocène moyen où les sédiments sont plus profonds, de type plate-forme continentale. Après la régression de la fin du Miocène moyen, ce territoire restera acquis au domaine continental.

La base du Miocène inférieur est souvent marquée par des argiles carbonatées sableuses et glauconieuses ou par des grès carbonatés gris jaunâtre. Au-dessus viennent des calcaires gréseux beige jaunâtre, des calcaires durs également jaunâtre ou des sables calcaires. Ces niveaux alternent avec des passées marneuses verdâtres ou avec des grès en fines plaquettes.

Le Miocène moyen est caractérisé par des séries de type molassique où grès, sables, calcaires et argiles alternent.

Ces formations du Miocène inférieur et moyen affleurent dans toute la partie orientale du domaine étudié.

Au-dessus de cet ensemble miocène, le Miocène supérieur et le Plio-Quaternaire sont formés par des dépôts continentaux résultant vraisemblablement d'une succession de phénomènes de progradation d'un prisme détritique avançant vers l'ouest. Plus au sud, les géologues ont été conduits à individualiser dans ces formations une série virtuelle composée de cinq séquences : la formation des Sables fauves et des Glaises bigarrées, les formation d'Arengosse inférieure et supérieure, la formation d'Onesse, la formation du Sable des Landes.

Enfin, au Plio-Quaternaire se déposent également les terrasses anciennes de la Garonne. Celles-ci concernent la partie orientale du domaine étudié. Il s'agit essentiellement de graves à matrice plus ou moins argileuse. Les termes sont de plus en plus anciens, et en général de plus en plus argileux, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de la

vallée de la Garonne et de la Gironde. Elles correspondent aux épisodes glaciaires qui rythment cette période géologique.

Du fait de la complexité de cet ensemble nettement détritique et de la difficulté d'individualiser différents niveaux, on globalise habituellement en regroupant les nappes du Mio-Plio-Quaternaire. Cet ensemble forme un vaste système aquifère couvrant la partie occidentale des départements de la Gironde et des Landes (figure 4).

Le mur argileux de cet ensemble, qui peut atteindre à l'ouest du domaine étudié 200 à 350 mètres d'épaisseur, se réduit vers l'ouest comme à Lacanau (801-3X-1) où les marnes de l'Oligocène terminal (180 à 186 m) sont relativement riches en calcaire, ou comme au Porge (801-8X-1) où se sont des marnes à sable fin qui séparent les deux nappes.

Moins profond que les aquifères précédents, ce complexe multicouche du Mio-Plio-Quaternaire a fait l'objet de plusieurs études ("Etude hydrogéologique de la nappe du Miocène dans le sud-ouest du bassin d'Aquitaine", H. ASTIE, Thèse 1964 - "La nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne", A. ALLARD, 1981 - "Les matériaux alluvionnaires du département de la Gironde", C. FAMECHON et G. TRUPIN, 1974, ...) réalisées à partir des nombreux ouvrages qui permettent son exploitation.

Pour la nappe du Miocène des esquisses de répartition des transmissivités ont été réalisées (cf travaux de H. ASTIE et A. ALLARD) qui donnent pour la zone plus précisément étudiée des valeurs faibles nettement inférieures à $10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$. Pour l'aquifère du Plio-Quaternaire, les valeurs mesurées sont de l'ordre de $10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$.

D'une manière générale la qualité de cet ensemble aquifère n'est pas compatible avec une distribution pour l'A.E.P.. Les teneurs en fer sont souvent supérieures à 1 mg/l.

Considérant que le battement annuel de la piézométrie de ce système aquifère était faible, de 1 à 2 m, les auteurs du modèle régional nord-aquitain ont figé la piézométrie de cette couche supérieure à une valeur moyenne représentative. Ce choix, tout à fait cohérent avec une utilisation "régionale" du modèle, pouvait s'avérer difficilement compatible avec la simulation des champs captants envisagés dans le secteur de Sainte-Hélène. En effet une sollicitation importante de la nappe de l'Oligocène peut entraîner une drainance verticale descendante. Le maintien d'un potentiel imposé dans la couche supérieure pouvait dans ce cas fausser complètement les résultats des simulations. La suppression de ces conditions dans le modèle gigogne nécessitait de disposer à la fois d'une piézométrie précise de référence et d'une quantification des prélèvements.

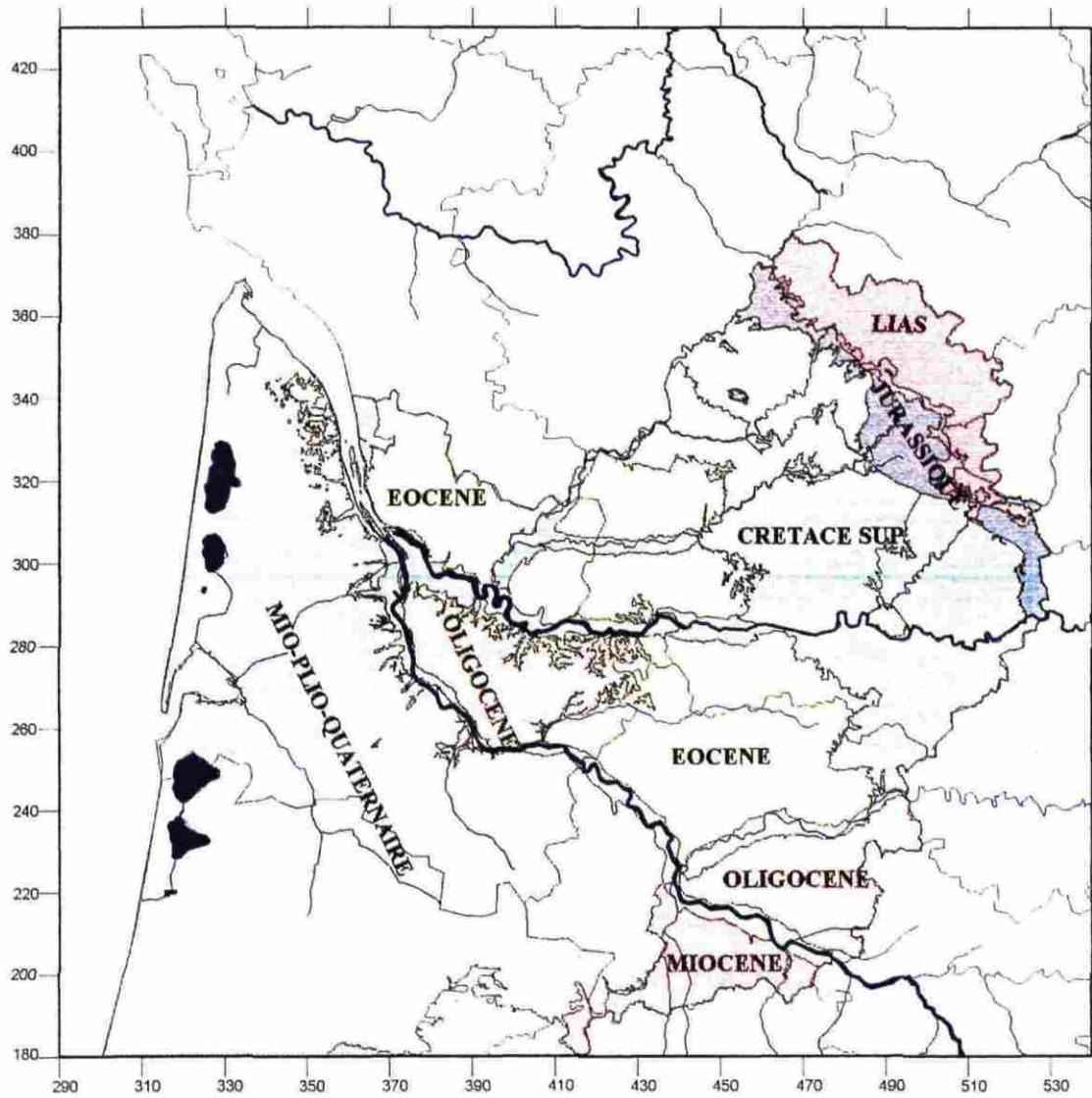


Figure 4 : Les systèmes aquifères nord-aquitain

2. La campagne de terrain de l'été 1997

2.1 LES OBJECTIFS

De juillet à septembre 1997, deux techniciens du BRGM ont effectué dans la région de Sainte Hélène un inventaire des ouvrages existants incluant la constitution de dossiers et la réalisation de mesures. Cet inventaire s'est appuyé sur les ouvrages de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) et sur une enquête auprès des collectivités et des propriétés agricoles. De nombreux nouveaux ouvrages ont été recensés (figure 1).

Dans le cadre de la prise en compte de la couche mio-plio-quadernaire dans les calculs de simulation du champ captant l'Oligocène il s'agissait :

- de recueillir les caractéristiques des ouvrages existants (profondeur, équipement, niveau capté...),
- de réaliser une piézométrie de référence de la nappe du Mio-Plio-Quadernaire,
- de quantifier les prélèvements,
- de mesurer les paramètres physico-chimiques de base de manière à déterminer la vulnérabilité globale de ce système.

2.2 REPARTITION ET UTILISATION DES OUVRAGES

En dehors de quelques rares ouvrages profonds captant l'Oligocène, le secteur de Sainte Hélène compte un nombre important d'ouvrages peu profonds, le plus souvent inférieurs à 20 m, captant les niveaux du Miocène et du Plio-Quadernaire (figures 1 et 5) pour des usages agricoles.

Le secteur comporte des grandes propriétés agricoles cultivant plusieurs centaines d'hectares de maïs. En dehors de ces étendues agricoles la forêt de pin représente également un intérêt économique non négligeable (scierie, gemmage).

L'arrosage du maïs a nécessité le développement de champs captants comprenant plusieurs dizaines d'ouvrages (figure 1). La protection de la forêt a aussi entraîné la mise en place d'un réseau de forages D.F.C.I. (Défense de la forêt Contre les Incendies).

Les profondeurs des ouvrages ont permis de faire la distinction entre ceux captant la nappe du Miocène et ceux prélevant dans le Plio-Quadernaire (figure 1, annexe 2). Le Miocène est capté dans les zones où il est proche de la surface, dans l'est et le nord-est, alors que la nappe du Plio-Quadernaire est utilisée dans la partie occidentale du territoire couvert.

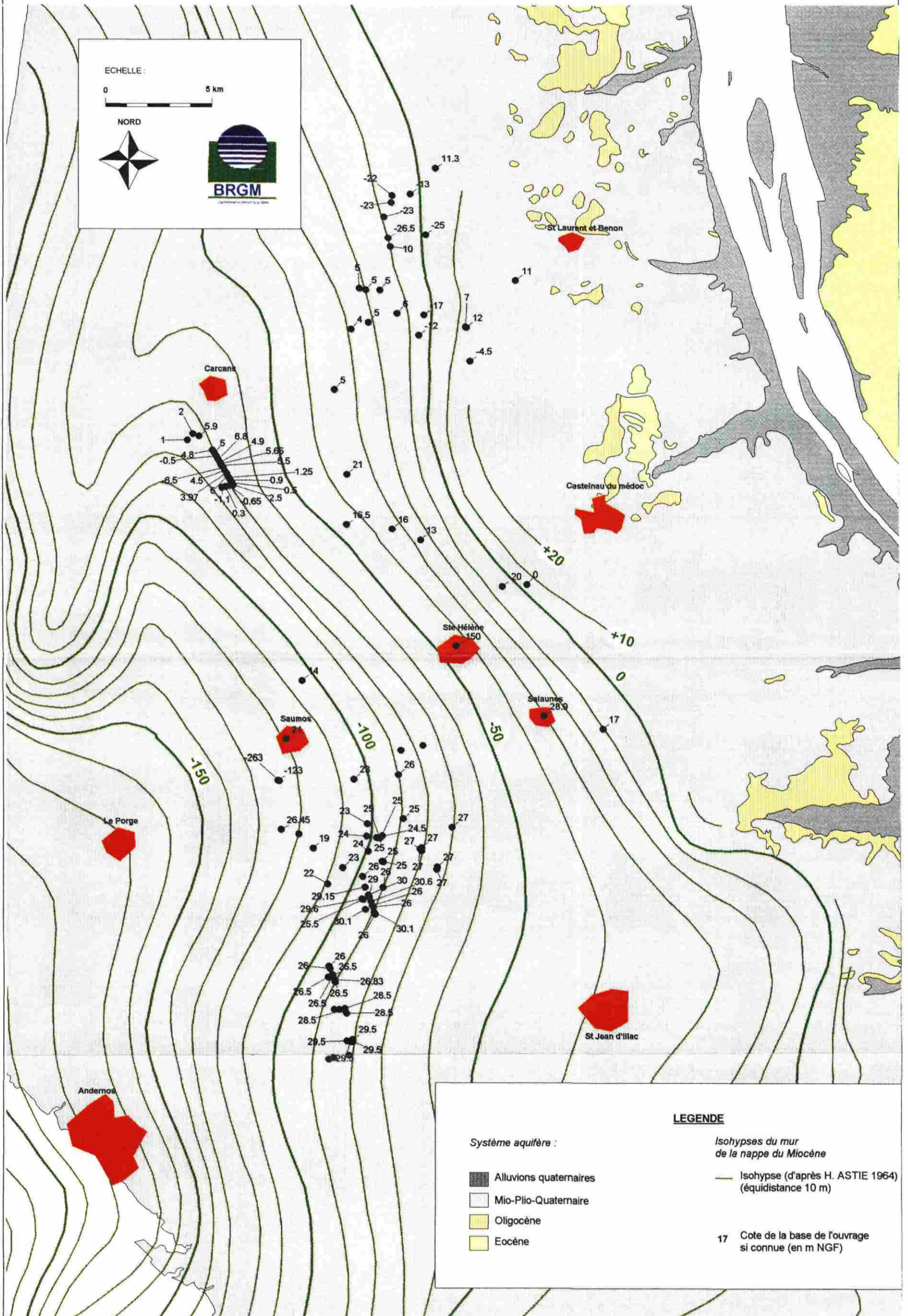


Figure 5 : Carte de la profondeur des ouvrages recensés et des isohypses de la base du système aquifère du Mio-Plio-Quaternaire.

2.3 PIEZOMETRIE DE REFERENCE

Les relevés de l'été 1997 permettent de dresser une carte piézométrique de l'ensemble du Mio-Plio-Quaternaire. Cette carte est plutôt représentative d'un état de basses eaux du fait du déficit hydro-climatique et des pompages agricoles qui caractérisent les périodes estivales. Cependant, il convient de souligner que la comparaison de la piézométrie réalisée (figure 6) avec celles précédemment dressées par d'autres auteurs montre une certaine stabilité, avec des battements annuels faibles de l'ordre de 1 à 2 m, c'est à dire du même ordre de grandeur de l'incertitude qui pèse sur les mesures réalisées (connaissance imprécise de la cote de l'ouvrage).

La piézométrie de cette nappe est intimement liée au réseau hydrographique avec un drainage de la nappe par les cours d'eau en particulier ceux du bassin de la Jalle. Cette piézométrie reproduit les grandes tendances observées dans les nappes plus profondes : dôme piézométrique globalement orienté sud-nord plus ou moins calqué sur la topographie.

La comparaison des différentes cartes piézométriques du secteur montre globalement une tendance à des pressions de nappe décroissantes avec la profondeur. Dans le secteur de Sainte Hélène, on a mesuré en cote NGF : + 22 m dans l'Oligocène, + 28 m dans le Miocène et + 32 m dans le Plio-Quaternaire. Cette tendance naturelle s'inverserait à la périphérie du domaine, en particulier sur la côte océane. Elle traduit une alimentation verticale par le haut des nappes profondes, ce qui apparaît tout à fait en accord avec les différentes piézométries reconstituées.

2.4 LES PRELEVEMENTS

Les prélèvements dans le système aquifère du Mio-Plio-Quaternaire sont essentiellement le fait de l'activité agricole (figure 6). Les prélèvements DFCI sont tout à fait négligeables. Ces prélèvements agricoles sont assez considérables et très concentrés dans les domaines à maïs. Les ouvrages ne disposant pas de compteur, les estimations ont été réalisées en intégrant le nombre d'hectares arrosés. Sur les champs captants à forte densité d'ouvrages, l'estimation ainsi calculée a été répartie de façon équivalente sur les ouvrages recensés. D'une manière générale le calcul est basé sur une consommation de l'ordre de 2000 m³ par hectare et par an. Le volume total estimé pour le secteur couvert est de l'ordre de 6 M m³ par an.

Ce système aquifère représente donc un enjeu économique non-négligeable. Cependant, ces volumes prélevés reviennent en partie à l'aquifère.

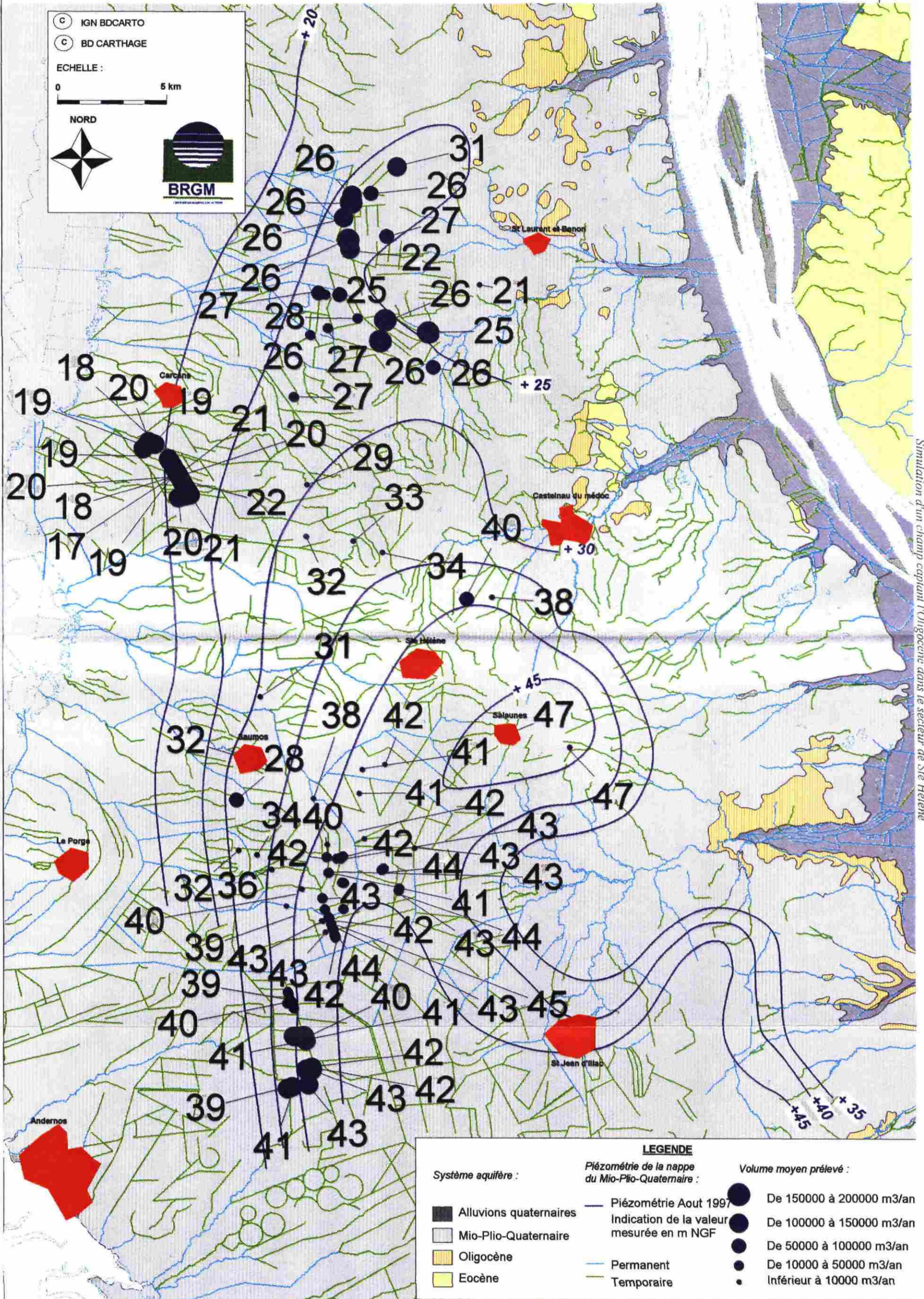


Figure 6 : Piézométrie et exploitation du système du Mio-Plio-Quaternaire

Schéma Directeur de la Gironde
Simulation d'un champ captant l'Oligocène dans le secteur de St-Hélène

2.5 VULNERABILITE ET QUALITE

Comme nous l'avons déjà souligné, les eaux de ce système aquifère sont naturellement riches en fer et doivent être traitées pour l'alimentation en eau potable. La présence du fer pose également de nombreux problèmes aux ouvrages agricoles (vieilles pompes précoces, colmatage, détérioration des pompes...).

La campagne de terrain s'est accompagnée de prises d'échantillon, lorsque cela était possible, pour analyse in situ. La température, le pH, la conductivité et la teneur en nitrates ont été mesurés.

La carte la répartition des nitrates de la figure 7 permet d'apprécier globalement le degré de vulnérabilité de cet aquifère. Les valeurs mesurées restent, à l'exception d'une mesure, très en deçà du seuil de potabilité, c'est à dire 50 mg/l.

Les valeurs obtenues augmentent sensiblement sous les domaines cultivés, ce qui montre l'origine agricole de ces nitrates. L'agriculture intensive pratiquée et le lessivage rapide des sols sableux suite aux arrosages abondants expliquent l'impact des apports d'engrais.

La nappe captée sous ces domaines est la nappe superficielle. Les parties plus profondes du système aquifère ne sont vraisemblablement pas affectées par l'impact des engrais, d'autant que ces niveaux sont captifs, milieu réducteur dans lequel les nitrates se décomposent en azote gazeux.

Les mesures réalisées par ailleurs montrent que la production naturelle de nitrates est faible, de quelques mg/l.

D'une manière générale, ce système aquifère du Mio-Plio-Quaternaire se révèle assez peu vulnérable, surtout si l'on considère les parties les plus profondes (Miocène) qui peuvent être directement en relation avec l'aquifère de l'Oligocène.

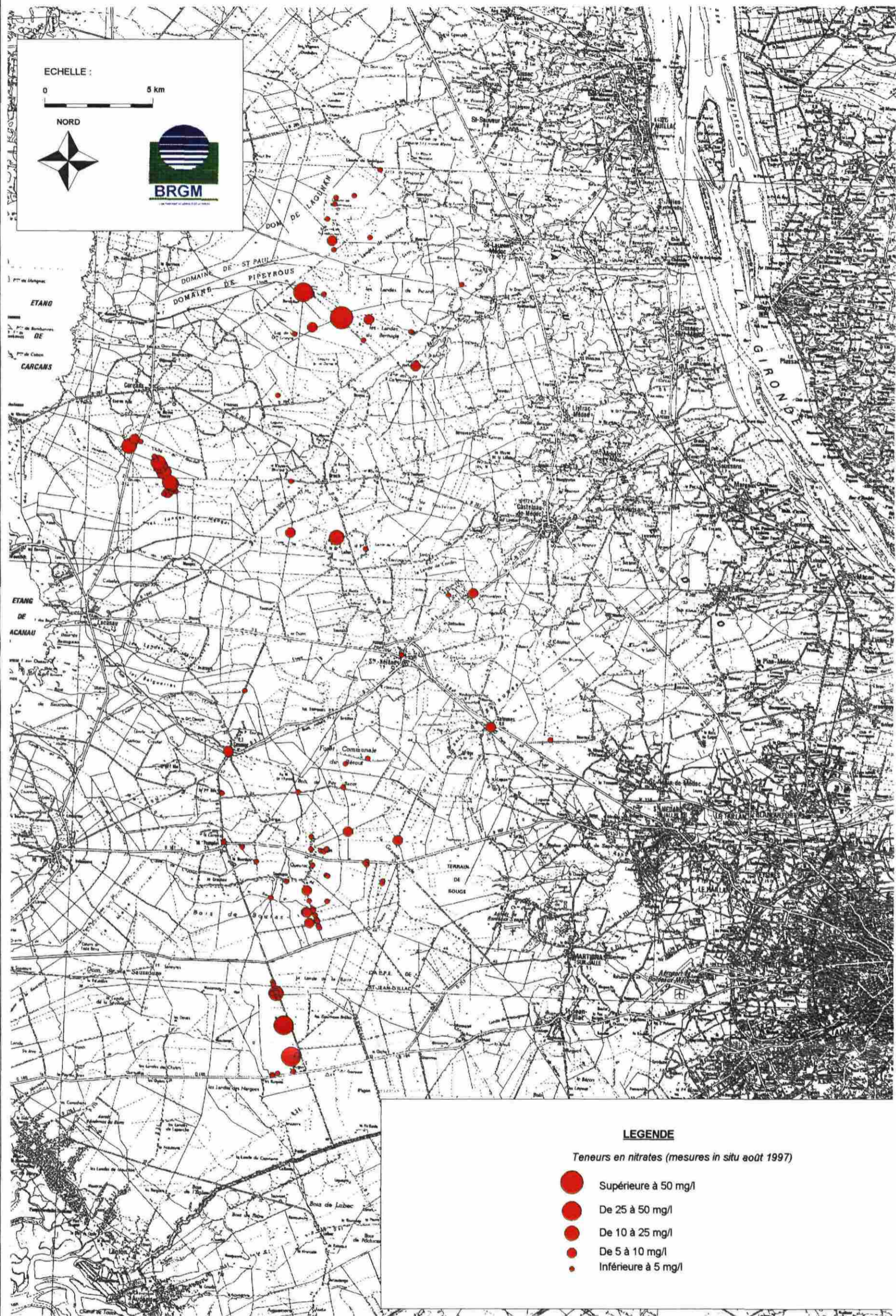


Figure 7 : Répartition des teneurs en nitrates dans la nappe superficielle (Mio-Plio-Quaternaire)

3. Le modèle gigogne (Sainte-Hélène)

3.1 CARACTERISTIQUES DU MODELE NORD-AQUITAIN

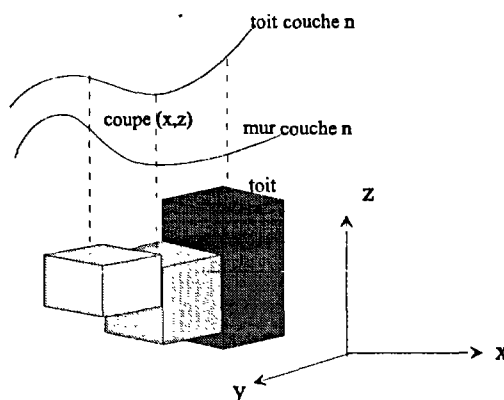
3.1.1 Le modèle

Dans le système aquifère multicouche du bassin Nord Aquitain, ce modèle simule les écoulements au sein de 4 couches aquifères - Miocène, Oligocène, Eocène, et Crétacé supérieur (Campanien et Maastrichtien) - ainsi que les échanges entre ces couches au travers de chacune des épontes semi-perméables qui les séparent.

Le modèle fonctionne en régime transitoire avec un pas de temps annuel et a été calé sur une période de 20 ans (1971 à 1992) à l'aide des données piézométriques disponibles sur cette période (cartes et chroniques d'évolution) et compte tenu des prélèvements effectués.

Il est construit suivant un schéma aux différences finies et comprend un maillage principal constitué de mailles carrées de 5 km x 5 km et d'un maillage emboîté plus fin (mailles de 500 m de côté) dans la région de Bordeaux (zone de 46 km x 70 km).

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



3.1.2 Le logiciel

Le logiciel supportant ce modèle est le logiciel MARTHE développé au BRGM (actuellement version 5.6 de Juin 1997). Il s'agit d'un logiciel complet de modélisation hydrodynamique pouvant traiter toutes les configurations d'écoulements justiciables de la méthode des différences finies : en 2D (plan ou coupe verticale), en 3D ou en multicouches, en zone saturée et/ou non saturée, en régime permanent ou transitoire. MARTHE calcule également des trajectoires et peut simuler un transport d'éléments suivant trois algorithmes au choix (différences finies classiques, méthode de marche

aléatoire et méthode des caractéristiques). Des problèmes thermiques et densitaires peuvent également être traités couplés à l'hydrodynamique.

3.1.3 Construction du modèle nord-aquitain

Le modèle nord aquitain a été développé en plusieurs étapes:

1) Construction et calage du modèle régional à mailles de 5 km.

Un premier ajustement des paramètres hydrodynamiques a été effectué en régime permanent sur les niveaux piézométriques de 1989 avec les prélèvements de 1989. Le calage en régime transitoire a été réalisé sur les historiques piézométriques de 1971 à 1989 en tenant compte des prélèvements sur cette période. Le calage a été validé sur la période 1990-1992.

Ce travail est décrit dans le rapport BRGM R38006 SGN SP 94 (1994, "Rapport de synthèse du modèle régional multicouche du bassin nord aquitain. Calage en régime transitoire et simulations").

2) Intégration d'un modèle local à mailles carrées de 500m

Ce modèle local couvre le secteur de Bordeaux. Calage du modèle global (maillage principal + maillage gigogne) en régime transitoire sur la carte piézométrique de 1989 et sur les historiques piézométriques de 1971 à 1992. Validation sur la période 1992-1993.

3.1.4 Exploitation du modèle

Le modèle a été utilisé dans le cadre du Schéma Directeur de Gestion de la Ressource en Eau du Département de la Gironde afin de tester l'évolution des nappes dans différentes situations de prélèvements jusqu'en 2010 et déduire pour chaque type de comportement simulé les solutions techniques appropriées à proposer.

Les scénarios envisagés et les résultats des simulations sont présentés dans le rapport BRGM R 39201 (1996, "Schéma directeur de gestion de la ressource en eau du département de la Gironde. Modélisations mathématiques des ressources en eau souterraines. Simulations de 8 scénarios").

3.2 ACTUALISATION DU MODÈLE RÉGIONAL ET INTÉGRATION D'UN NOUVEAU MAILLAGE GIGOGNE DANS LE MÉDOC

3.2.1 Modification du modèle régional

Le modèle décrit ci-dessus a été actualisé pour tenir compte de l'acquisition de nouvelles données. Concernant les aspects logiciels, l'amélioration des techniques de résolution des gros systèmes d'équations permet d'obtenir plus rapidement une excellente convergence des calculs et de traiter d'un seul bloc le système d'équations du maillage principal et celui du maillage gigogne.

3.2.1.1 La géométrie

La géométrie du modèle a été localement remodelée sur la base d'une confrontation avec:

- la cartographie, effectuée en 1996, des cotes du toit et du mur de trois nouvelles couches aquifères: le groupement Santonien-Coniacien-Turonien, le Cénomaniens et le Jurassique moyen et supérieur;
- la carte des affleurements des systèmes aquifères nord aquitain (cf. figure 4) ;
- le modèle numérique de terrain au pas de 1 km (cf. figure 2) ;

Des coupes verticales ont été effectuées pour chaque rangée de mailles dans la géométrie du modèle puis superposées aux coupes verticales établies dans les trois nouvelles formations aquifères. Ce travail a permis d'assurer la cohérence de l'ensemble de la géométrie et de vérifier en particulier:

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

L'anticlinal de Villagrains-Landiras a été ainsi reproduit au mieux compte tenu de la taille des mailles du modèle (figure 8). La délimitation de la lacune de l'Eocène et de l'Oligocène a été faite sur la base d'une analyse des forages attestant en cet endroit la présence ou l'absence de ces deux couches.

Le MNT au pas de 1 km a été moyenné au pas de 5 km (figure 9) pour correspondre à la taille des mailles du modèle régional. Il a permis un meilleur ajustement des couches à l'affleurement.

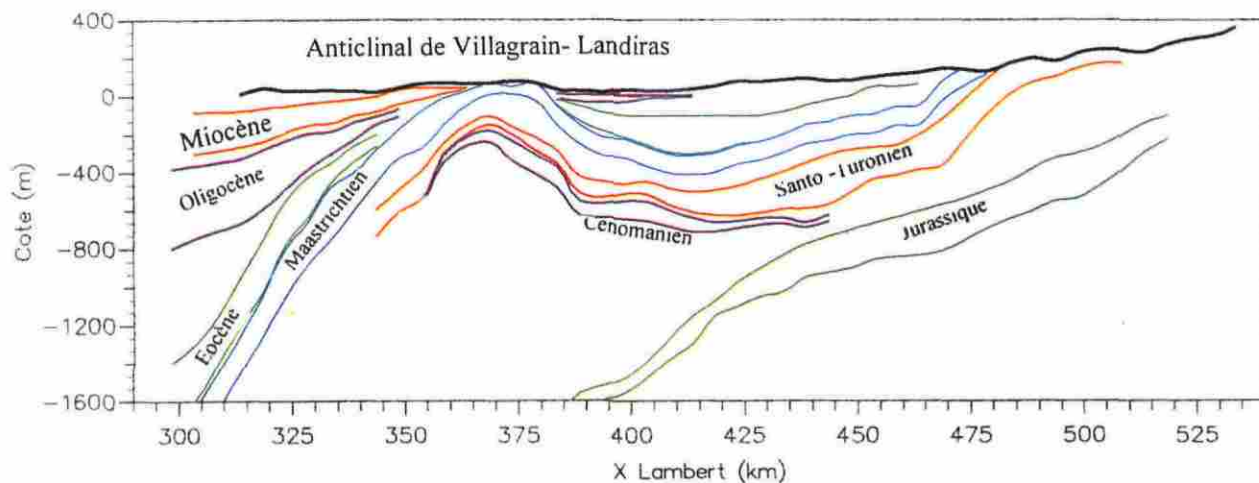


Figure 8 - Coupe verticale dans le modèle au niveau de l'anticlinal de Villagrains Landiras (avec superposition de 3 nouvelles couches).

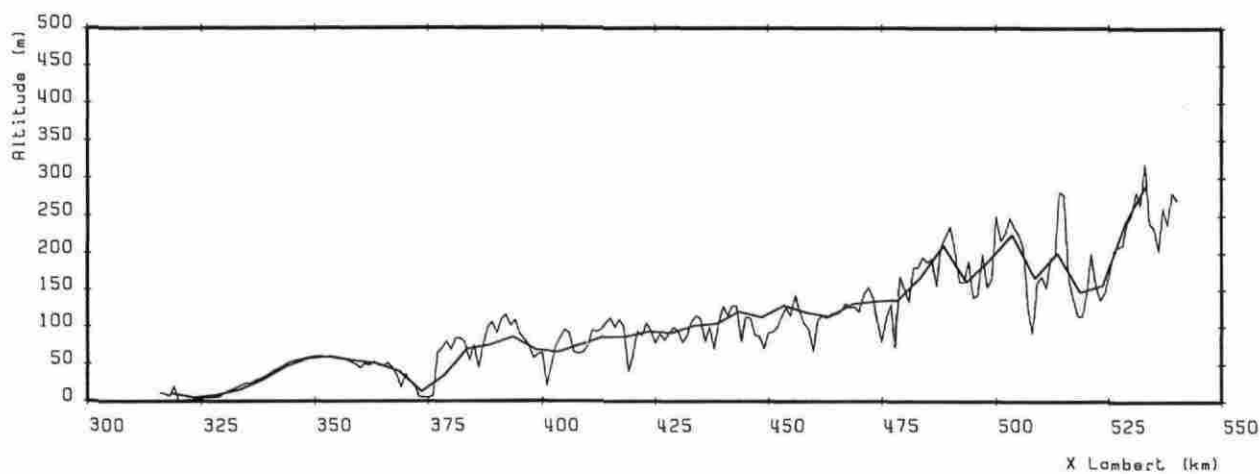


Figure 9 - Exemple de moyennage au pas de 5 km du MNT au pas de 1km

3.2.1.2 Conditions aux limites

- Les potentiels imposés sur les limites est et nord-est du Crétacé et sur la limite nord de l'Eocène dans les zones d'affleurements ont été supprimés et remplacés par une condition de flux correspondant à la recharge des nappes par l'infiltration.
- Les potentiels imposés en limite sud de l'Eocène ont été remplacés par des flux imposés. Conceptuellement plus satisfaisante, car moins contraignante (surtout si la limite risque d'être influencée), cette solution ne change en fait quasiment pas les résultats obtenus: les charges qui étaient imposées dans le modèle sur cette limite étaient en effet diminuées de 0.5 m chaque année de façon à suivre la baisse générale des niveaux.

Sur cette limite, les flux imposés ont été calculés avec une perméabilité de 10^{-5} m/s, un gradient de 10^{-3} , et une épaisseur productive de 100 m, soit $430 \text{ m}^3/\text{j}$ pour une maille de 5 km.

- Les potentiels imposés sur les cours d'eau au niveau des affleurements de l'Eocène (Dropt et Dordogne) et du Crétacé (Dordogne, Isle et Dronne) ont été supprimés et remplacés par des cotes de débordement, condition moins contraignante surtout à l'échelle de mailles de 5 km (il y a débordement si la charge calculée devient supérieure à la cote topographique).

3.2.1.3 Prélèvements

Les prélèvements introduits dans le modèle sont ceux de 1995; s'y ajoutent ceux issus de l'enquête menée en 1997 dans le secteur de Sainte Hélène pour le Mio-Plio-Quaternaire. Les prélèvements de 1995 sont extraits de la base de données du BRGM et se répartissent comme suit:

Mio-Plio-Quaternaire	11 322 m ³ /j
Oligocène	147 113 m ³ /j
Eocène (moyen et inf.)	174 449 m ³ /j
Crétacé sup.	26 493 m ³ /j

Compte tenu de la dimension des mailles du modèle régional quelques forages se situent sur des mailles à potentiel imposé si bien que la répartition globale des prélèvements dans le modèle est la suivante:

Mio-Plio-Quaternaire	11 322 m ³ /j
Oligocène	146 400 m ³ /j
Eocène (moyen et inf.)	172 000 m ³ /j
Crétacé sup.	26 120 m ³ /j

La campagne de mesures menée sur le secteur de Sainte Hélène a permis de recenser une centaine de forages (114) captant le Mio-Plio-Quaternaire et en extrayant un total journalier estimé à 18500 m³/j environ.

3.2.2 Le modèle gigogne du secteur de Sainte Hélène

3.2.2.1 Maillage

Le modèle dédié au secteur de Sainte Hélène est inclus dans le modèle régional sous la forme d'un maillage plus fin, à mailles carrées de 1 km de côté au nombre de 1300 (65 lignes 20 colonnes). La zone couverte englobe le secteur géographique délimité par les coordonnées suivantes (exprimées en Lambert III Sud):

$$\begin{aligned} X_1 &= 336 \text{ km à } X_2 = 356 \text{ km} \\ Y_1 &= 283 \text{ km à } Y_2 = 348 \text{ km} \end{aligned}$$

Du nord au sud, il s'étend du bassin d'Arcachon à l'estuaire de la Garonne. A l'ouest, sa limite longe les étangs de Lacanau, de Carcans et de Hourtin, tandis qu'à l'Est il est frontalier du maillage gigogne de la CUB.

Les figures 10, 11, 12 et 13 précisent la localisation du maillage gigogne dans chacune des 4 couches du modèle régional.

3.2.2.2 Géométrie et paramètres hydrodynamiques

Le modèle de secteur hérite des caractéristiques du maillage principal qui se superpose à lui:

- la perméabilité des aquifères et des épontes est affectée sans modification aux mailles du gigogne: la valeur caractérisant une maille de 5 km est redistribuée sur les 25 mailles qui lui correspondent dans le gigogne ;

- le toit et le mur des couches sont interpolés sur une grille correspondant au maillage gigogne et les valeurs interpolées sont affectées aux mailles du gigogne.

3.2.2.3 Conditions aux limites

Elles sont héritées du modèle régional et se réduisent aux potentiels imposés le long de l'estuaire de la Garonne pour le Miocène et l'Oligocène.

Les potentiels imposés sur la couche du Miocène ont été supprimés sur tout le maillage gigogne. La condition de surface devient une condition de flux correspondant à la recharge de la nappe par infiltration (inconnue et résultat du calage).

3.2.2.4 Prélèvements:

Connaissant les coordonnées des forages, les prélèvements sont affectés directement dans le maillage gigogne. Lorsque plusieurs forages sont situés dans la même maille, les débits sont cumulés. La répartition des prélèvements dans le modèle gigogne est la suivante:

Mio-Plio-Quaternaire	18 442m ³ /j (1997) + 7505 m ³ /j (1995)
Oligocène	16 502 m ³ /j (11% du total régional)
Eocène (moyen et inf.)	6 513 m ³ /j (4% du total régional)
Crétacé sup.	0

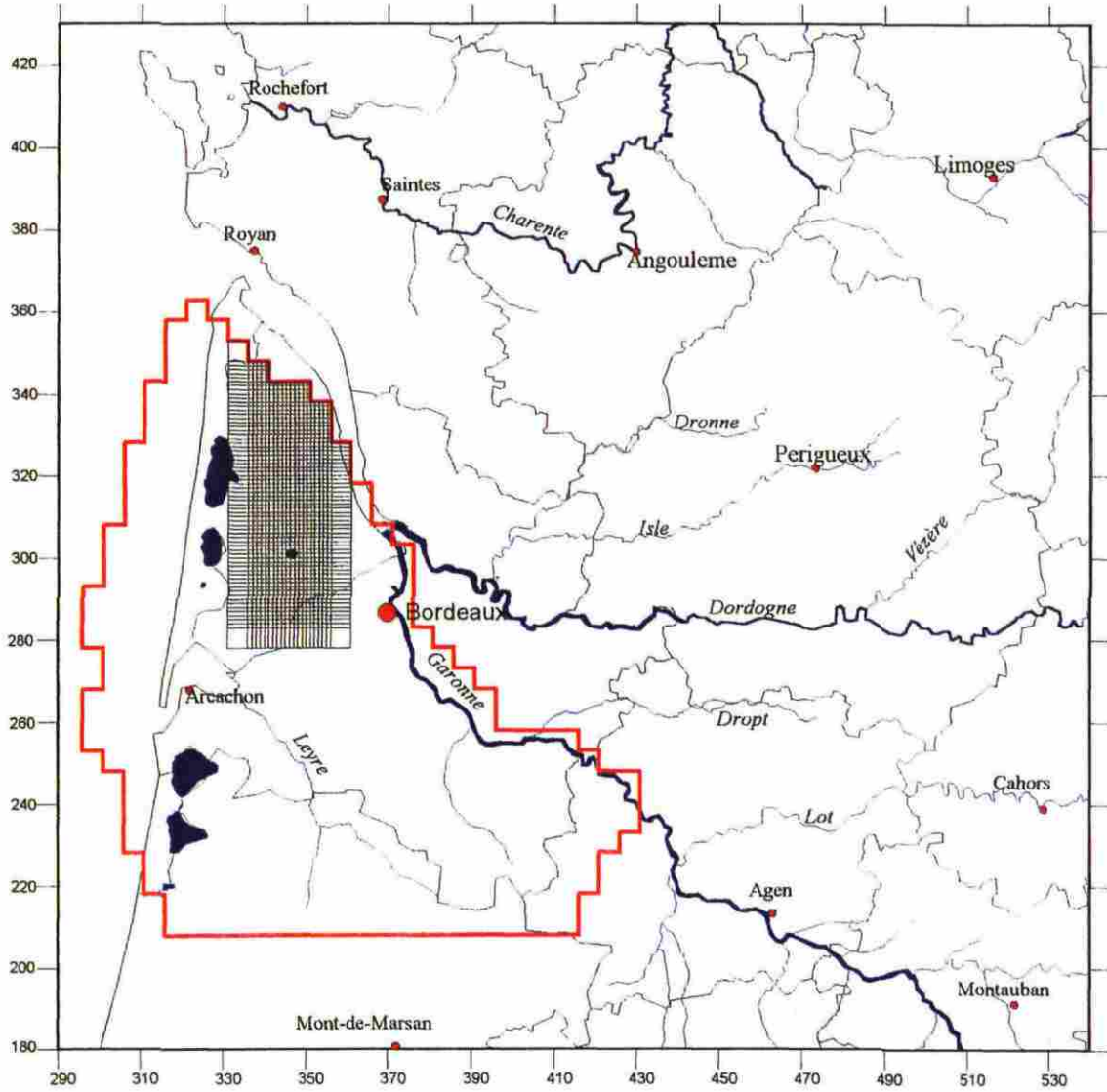


Figure 10 - Maillage gigogne de Ste Hélène et limites du maillage du Miocène dans le modèle régional

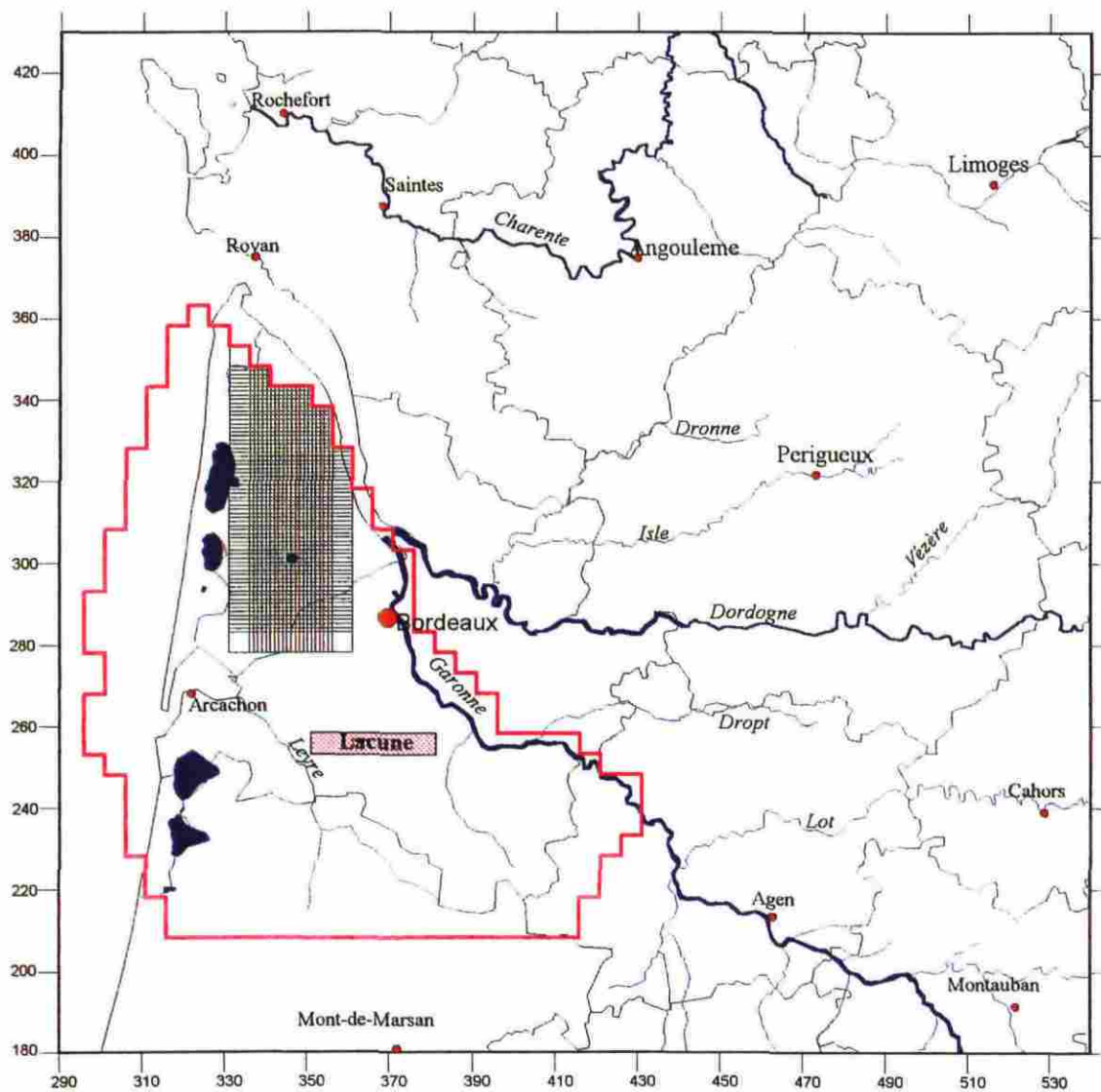


Figure 11 - Maillage gigogne de Ste Hélène et limites du maillage de l'Oligocène dans le modèle régional

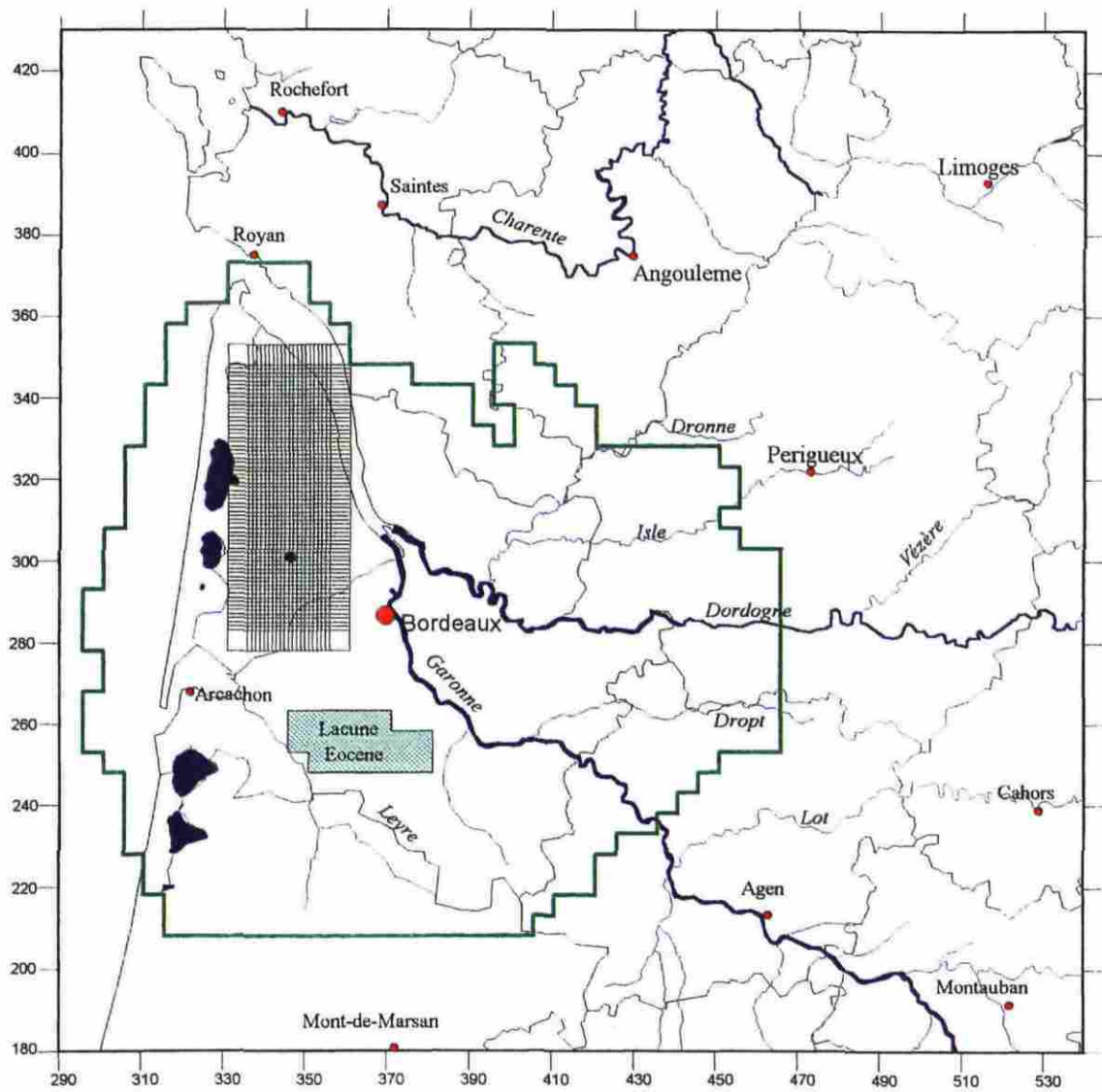


Figure 12 - Maillage gigogne de Ste Hélène et limites du maillage de l'Eocène dans le modèle régional

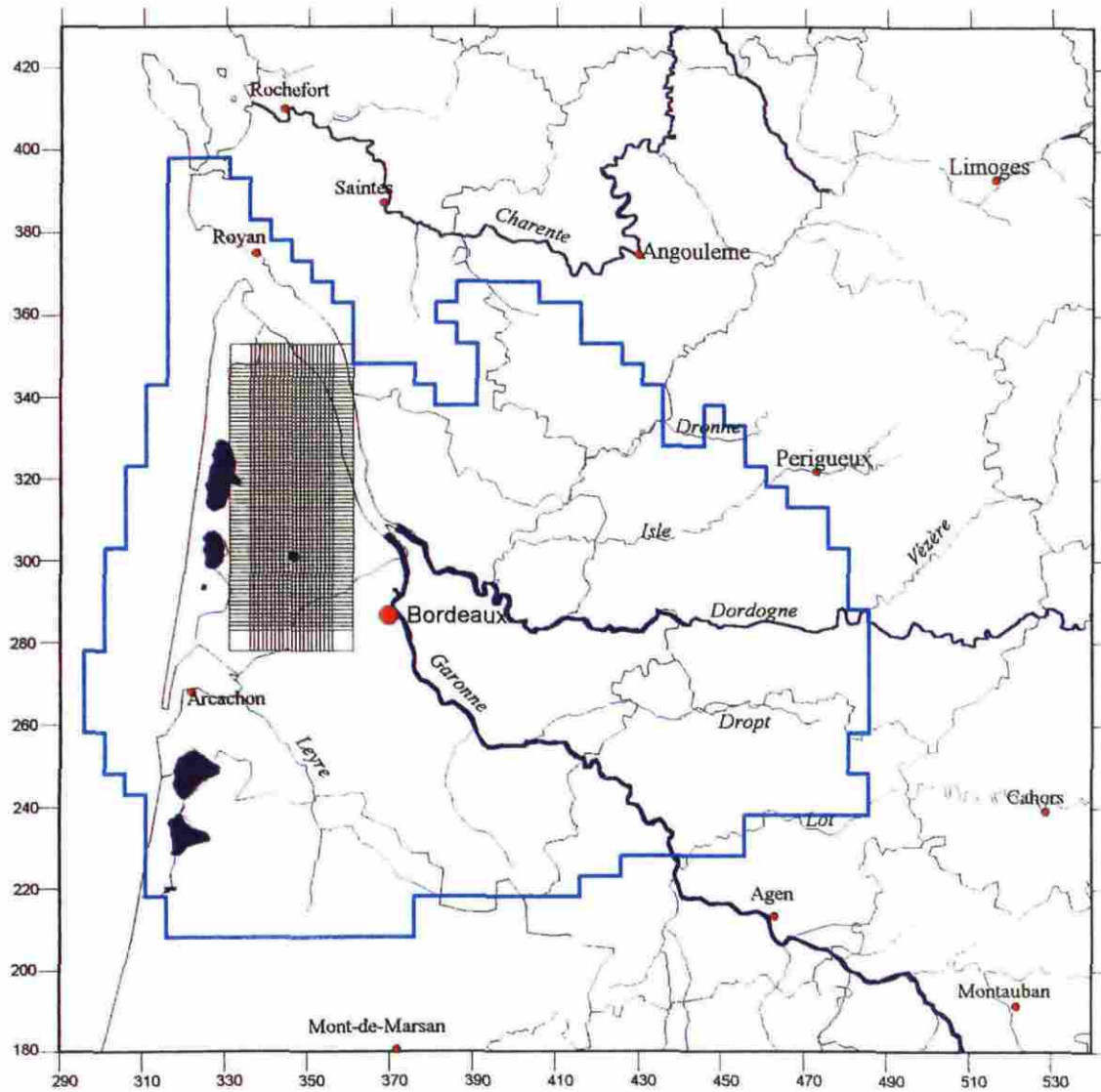


Figure 13 - Maillage gigogne de Ste Hélène et limites du maillage du Crétacé dans le modèle régional

3.2.3 Réajustement des paramètres du modèle à l'aide de la piézométrie de 1996

Idéalement, un modèle hydrodynamique calé à partir d'observations multiples sur une longue période de temps doit être en mesure de reproduire une situation piézométrique résultant de nouvelles perturbations (prélèvements nouveaux, fluctuations de la recharge,...). En fait, généralement dans le cas de systèmes complexes, il pourra y avoir un écart entre les résultats fournis par le modèle et par exemple de nouvelles cartes piézométriques. Cela ne remet pas véritablement en cause le calage réalisé, les écarts observés n'impliquant pas de revoir l'ordre de grandeur des paramètres restitués par le calage (en particulier la perméabilité). En effet, au fil des années, la connaissance que l'on a d'un système hydrogéologique complexe (comme le système multicouche aquitain) s'affine et les cartes piézométriques sont établies à partir d'informations nouvelles pouvant conduire à une réinterprétation de situations antérieures et susceptibles de modifier localement telle ou telle figure d'écoulement.

Cela est vrai pour le système nord-aquitain, comme en témoignent les cartes piézométriques de 1996 qui font apparaître des situations non reproduites en prévision par le modèle mis au point en 1994 (cf § 3.1.1 ci dessous). Une modification des paramètres hydrodynamiques s'avère donc nécessaire.

Dans le cas présent, on s'efforcera d'ajuster les résultats du modèle, en régime permanent uniquement, conformément à la proposition d'étude, sur la piézométrie de 1996. En régime permanent, il serait bien sûr illusoire (et erroné) de vouloir obtenir une totale concordance entre la piézométrie observée en 1996 et la piézométrie calculée, le système nord aquitain n'étant pas stabilisé (baisse continue des niveaux). En régime permanent on se place donc, par rapport à la situation de 1996, dans un contexte extrême où, par exemple, les dépressions piézométriques calculées, induites par les pompages, seront logiquement plus prononcées que celles cartographiées.

3.2.3.1. Données disponibles

Piezométrie

Les cartes piézométriques utilisées pour ajuster le modèle sont les cartes de 1996. Par rapport aux cartes de 1989 (cf rapport R 39201 cité ci-dessus, fig.2, 3 et 4) , qui ont servi de référence pour toutes les opérations de calage antérieures, on observe les évolutions suivantes :

- Oligocène (figure 14)

Si la forme générale de la piézométrie demeure inchangée, caractérisée par une ligne de crête continue d'orientation S.E. - N.O. , les niveaux ont néanmoins augmenté dans la partie centrale et des inflexions locales très marquées, correspondant aux zones de

prélèvements, apparaissent nettement à l'est, en suivant la Garonne de Langon à Bordeaux :

- la courbe +20 m progresse vers le nord de 10 km environ en incurvant vers l'Est la ligne de crête générale
- la courbe + 40 m, peu marquée au nord de la lacune Oligocène en 1989, progresse également d'une vingtaine de km vers le nord et atteint Sainte Hélène.
- la courbe + 50 m se déplace quant à elle de 40 km environ et apparaît au nord de la lacune.
- à l'est, de Langon à Bordeaux, les courbes +5m, +10m et +20m se creusent nettement sous l'influence des pompages.

- Eocène (figure 15)

La dépression piézométrique dans la région de Bordeaux ne s'est pas étendue:

- la courbe 0 englobe à peu près la même surface (60 km suivant son plus grand axe orienté S.E. -N.O. , 35 km suivant son petit axe) et ne franchit pas la Dordogne;
- la courbe -20 m, reste d'extension limitée, comme en 1989, localisée juste au sud de Bordeaux.

en revanche, le réseau des courbes au delà de + 5m est notablement modifié, caractérisé par un important retrait de ces courbes vers l'est d'une part, mais aussi par une remontée des niveaux à l'ouest de la dépression de Bordeaux d'autre part.

A l'est:

- les courbes + 5m et +10 m ont nettement "reculé" vers l'est, cette dernière franchissant l'Isle au N.E. avec une inflexion très marquée à ce niveau;
- la courbe +20 m atteint presque la limite du modèle au niveau de la Dordogne.

A l'ouest, comme pour l'Oligocène, on observe une avancée vers le nord du réseau de courbes dont la forme se calque sur celle de l'Oligocène avec une ligne de crête bien marquée de même orientation S.E- N.O. :

- la courbe + 20 m, qui n'allait pas au delà du bassin d'Arcachon en 1989, atteint l'étang de Lacanau et arrive à la hauteur de Sainte Hélène;
- la courbe + 10 m progresse de plus de 50 km vers le nord et dépasse l'étang d'Hourtin.
- la courbe + 5m progresse quant à elle de 20 km environ.

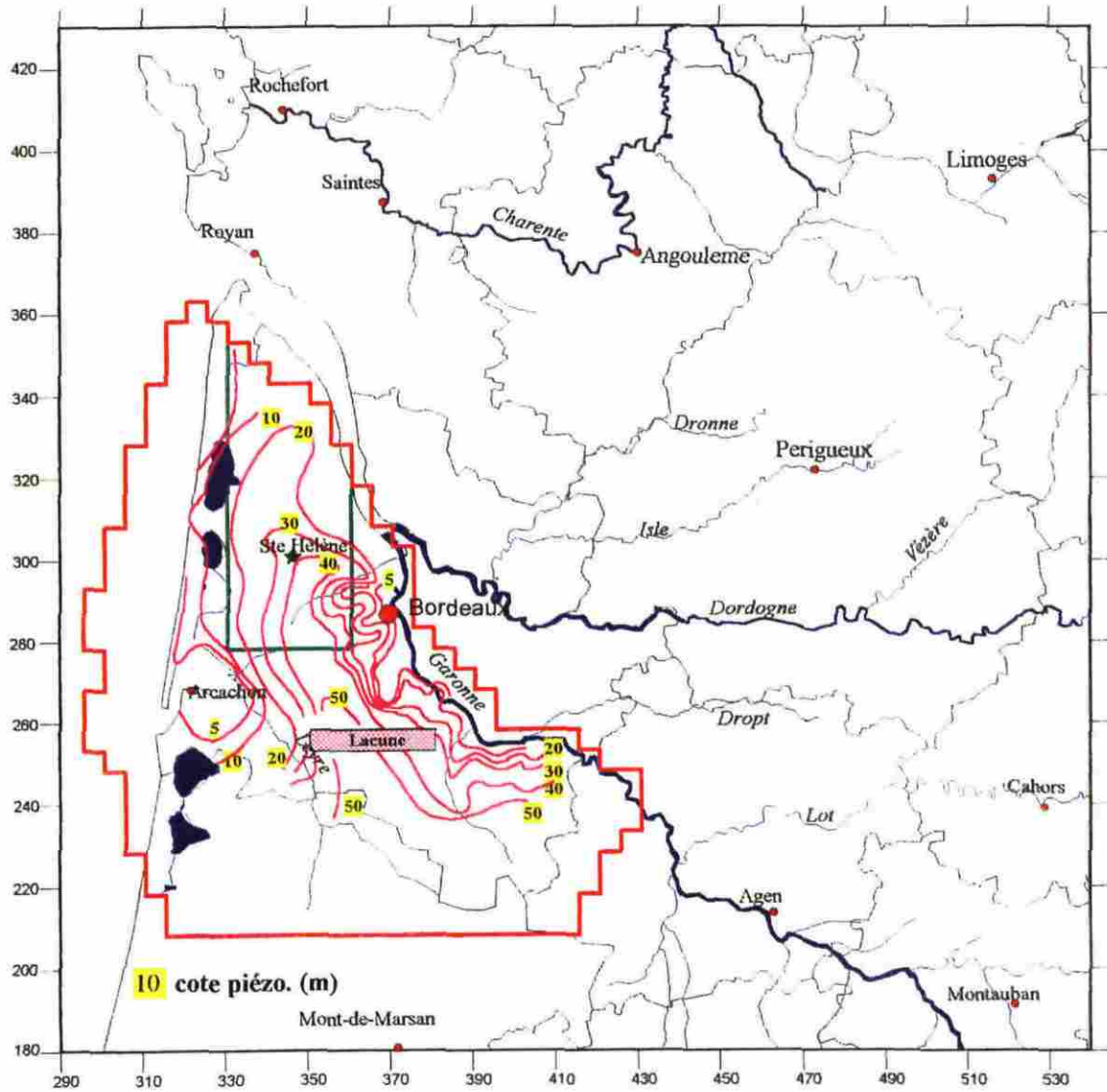


Figure 14 - Carte piézométrique de l'Oligocène tracée à partir des mesures effectuées en 1996

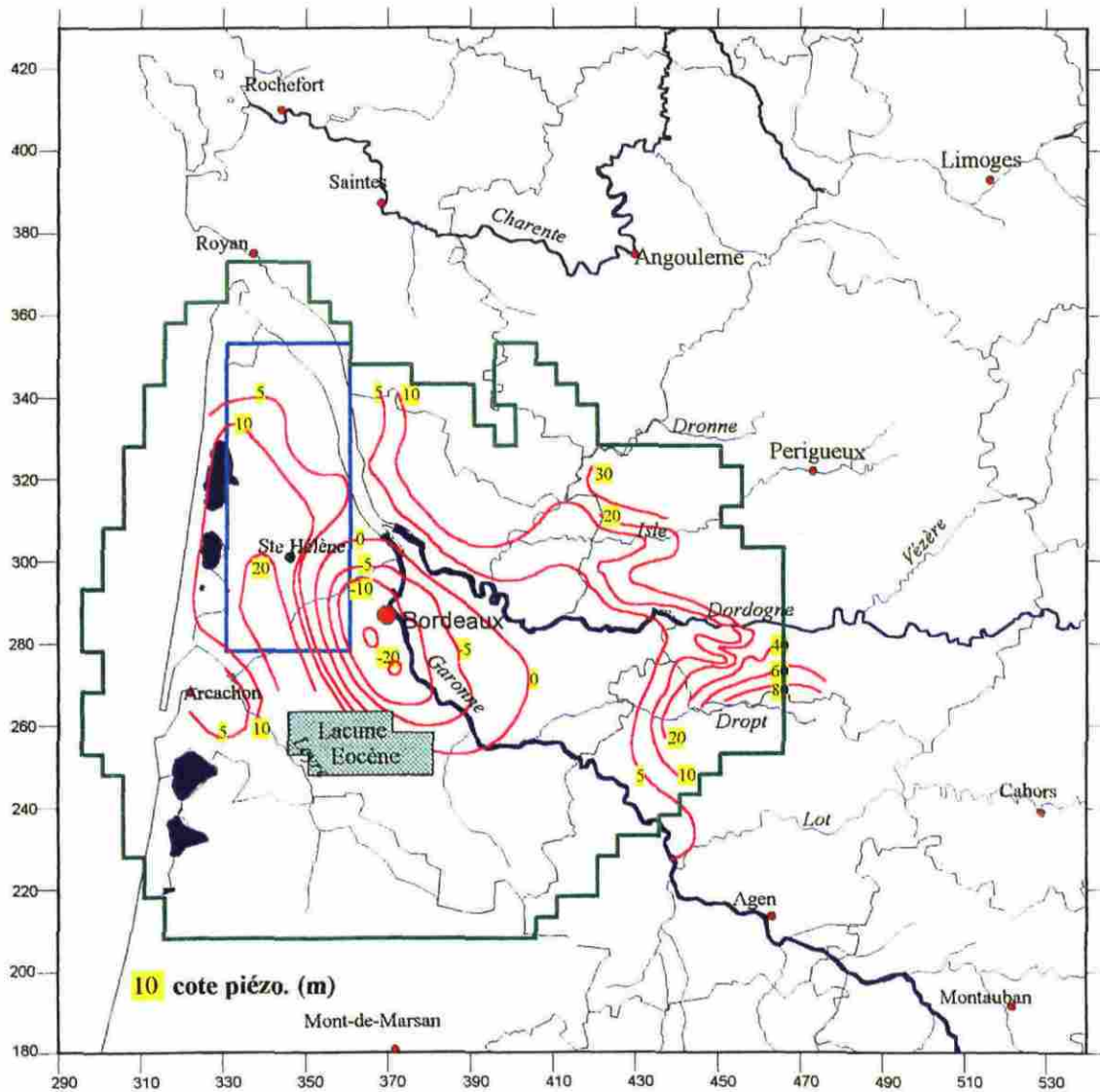


Figure 15 - Carte piézométrique de l'Eocène tracée à partir des mesures effectuées en 1996

• Crétacé (figure 16)

La dépression dans le secteur de Bordeaux se creuse avec apparition de la courbe -5 m par rapport à la situation de 1989 (courbe 0 , fig. 4 du rapport R 39201)

A l'ouest, comme pour l'Oligocène et l'Eocène, on retrouve un bombement piézométrique de même forme avec une ligne de crête orientée S.E-N.O se redressant S-N au delà de Sainte Hélène :

- la courbe 0 atteint la Gironde. Elle enserre tout le secteur de Sainte Hélène en suivant à peu près les limites du modèle gigogne ;
- la courbe + 5m arrive à la hauteur de Sainte Hélène et la courbe + 10 m à la hauteur de Bordeaux.

A l'est, comme pour l'Eocène, le retrait des courbes + 10 m et +20 m est particulièrement important:

- la courbe +10 , qui était continue en 1989, se dissocie en une partie cantonnée à l'Ouest (constitutive du dôme piézométrique décrit ci-dessus) et une partie qui se retire au delà de la Dordogne avec franchissement de l'Isle;
- tout à fait à l'est, les courbes +20 et + 30 s'infléchissent très fortement au niveau de la Dordogne (ce qui n'apparaît pas sur les cartes de 1989), la courbe +30 atteignant presque la limite du modèle.

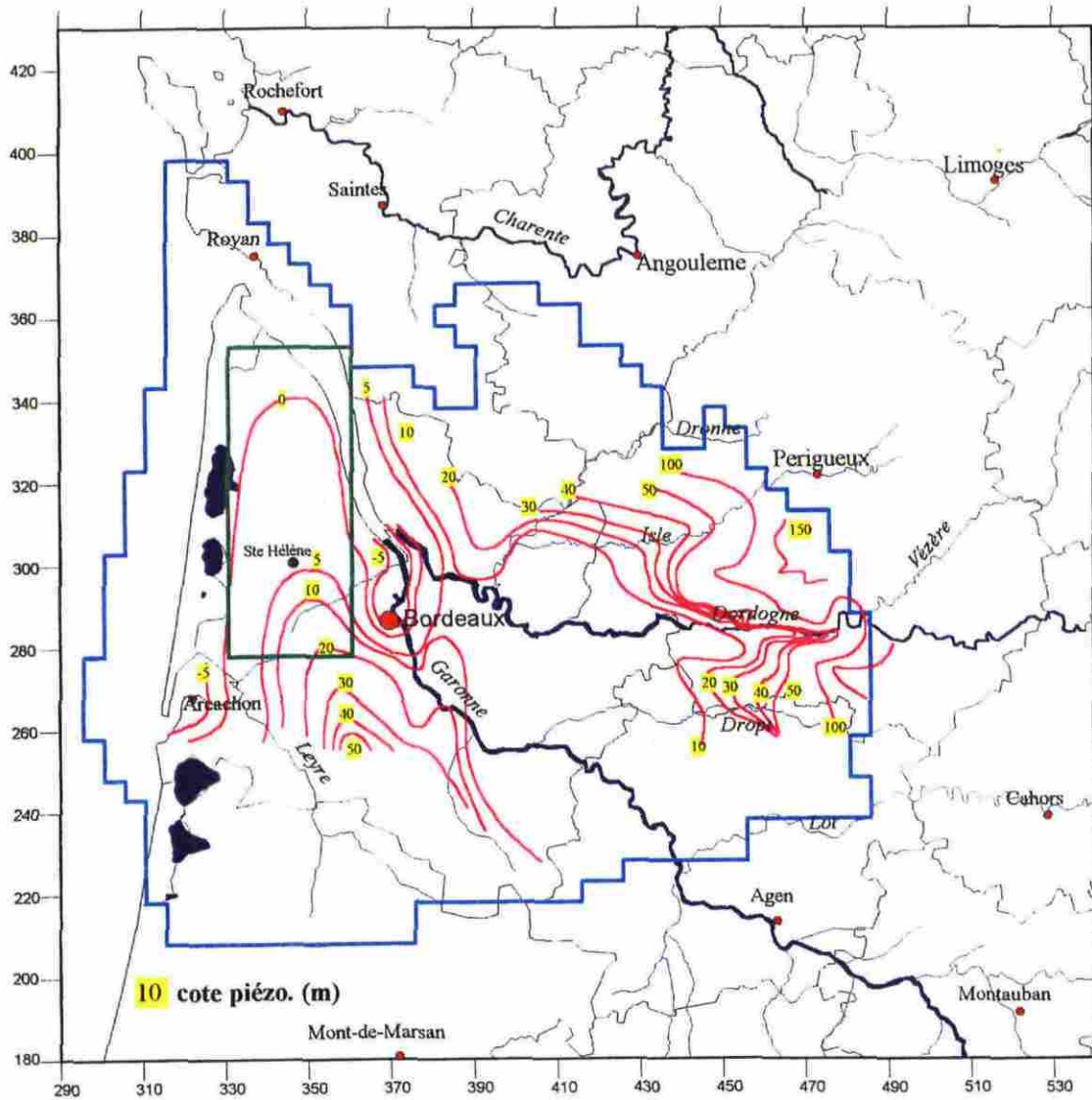


Figure 16 - Carte piézométrique du Crétacé supérieur
tracée à partir des mesures effectuées en 1996

Recharge

La recharge par infiltration des différentes nappes, calculée par un bilan classique, fournit toujours des valeurs nettement supérieures (jusqu'à un facteur 10) aux valeurs introduites dans le modèle comme le montrent les tableaux ci-dessous présentant un bilan décadaire de 1987 à 1996 établi par la *Division Climatologie Interrégionale du Sud-Ouest* à partir des données de la station de Mérignac (il en est de même pour les bilans établis à partir des données de stations plus proches des zones d'affleurements du Crétacé et de l'Eocène).

Les termes de ce bilan, exprimés en mm d'eau, sont :

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

Le bilan fournit la pluie efficace, c'est à dire ce qui est disponible pour le ruissellement et l'infiltration:

	Pluie (mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	Peff (RU=100 mm)	Peff (RU=150mm)
1987	788.3	791.5	-3.2	193	150
1988	943.1	812.9	130.2	387	387
1989	664.3	942.9	-278.6	106	61
1990	906	945.5	-39.5	323	222
1991	978.5	883.6	94.9	347	298
1992	1230.6	859.5	371.1	474	429
1993	1092.1	895.2	196.9	393	346
1994	1170.4	938	232.4	424	377
1995	1048	977.6	70.4	457	406
1996	1108.2	955.6	152.6	397	347

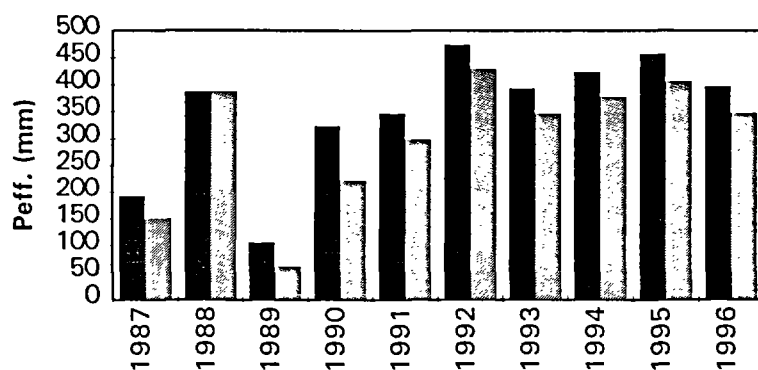


Figure 17 - Pluies efficaces calculées à la station de Mérignac de 1987 à 1996
pour deux valeurs de RU: 100 mm et 150 mm

Même si l'on déduit le ruissellement (inconnu), il resterait théoriquement pour l'infiltration des valeurs supérieures à 100 mm/an qui ne peuvent être acceptées par le modèle et les graphes de niveau des nappes. Il faut donc supposer que les flux de surface subissent des interceptions multiples conduisant à une réduction notable des flux de recharge. Cette supposition n'est pas incohérente avec la configuration géologique, en particulier pour l'Eocène où les zones d'affleurement sont formées de terrains souvent argileux. Le réseau hydrographique y est très dense et les étangs nombreux.

3.2.4 Résultats

3.2.4.1 Restitution des paramètres

- *Recharge:*

Les valeurs de la recharge par infiltration s'établissent comme suit, en hausse par rapport aux valeurs précédentes:

Affleurements de l'Eocène, 3 zones à l'Est: 10 mm/an, 15 mm/an et 30 mm/an

Affleurements du Crétacé, 2 zones à l'Est: 30 mm/an et 35 mm/an

Pour le Mio-Plio-Quaternaire, la valeur de recharge n'excède pas 35 mm/an. Toute tentative d'augmentation se traduit par un débordement généralisé de la nappe, qui est proche de la surface du sol.

En fait, il est probable qu'il y ait une évapotranspiration réelle supérieure aux valeurs calculées et liée à la présence de grands secteurs boisés. Il faut rappeler que la forêt de pin a été plantée pour assécher un sol relativement marécageux.

- *Perméabilité des aquifères et des épontes*

Le champ de perméabilité des aquifères a été peu modifié, le réglage ayant surtout été effectué par l'intermédiaire de la perméabilité des épontes.

3.2.4.1 Piézométrie calculée

La piézométrie calculée, issue de l'ajustement sur les cartes de 1996, est présentée par les figures 17, 18 et 19. L'ajustement obtenu apparaît satisfaisant compte tenu des remarques ci-dessus relatives au régime permanent, situation d'équilibre loin d'être atteinte.

- Pour le Mio-Plio-Quaternaire, la restitution est très correcte pour toutes les courbes à l'exception du dôme coté +45 m situé juste au sud de Sainte Hélène, à peine marqué dans le calcul.

- Pour l'Oligocène, la restitution est correcte également, en particulier l'avancée de la courbe +20 m vers le nord et son inflexion vers l'est à la hauteur de Pauillac ; par contre le dôme à +30m est moins étendu (et plus échanuré à l'est) que celui observé et l'isopièze coté +40 m est en net retrait par rapport à celle de la carte de référence. Mais ceci est en conformité avec la logique du régime permanent "maximisant" l'influence des nombreux pompages situés au sud est de Sainte Hélène.

- Concernant l'Eocène, l'ajustement apparaît moins bon que pour les deux autres nappes mais les grandes lignes de la piézométrie sont néanmoins restituées. Comme prévu, les dépressions sont beaucoup plus marquées que celles cartographiées en 1996.

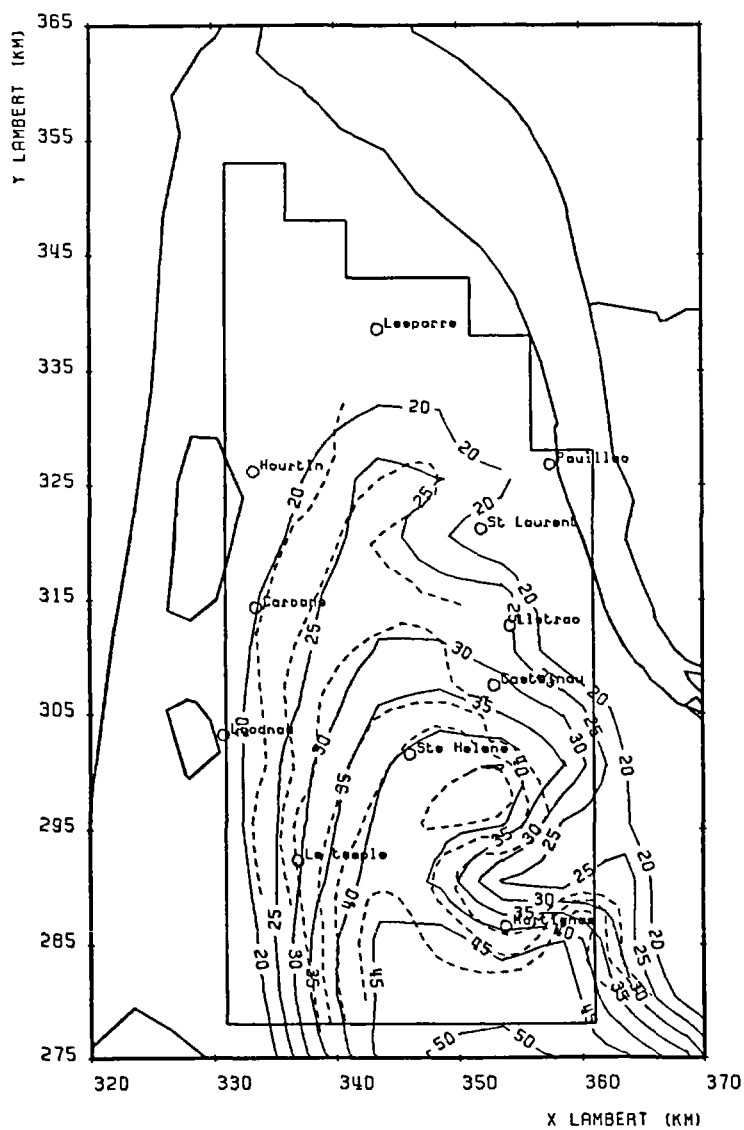


Figure 18 - Carte piézométrique calculée en régime permanent du Mio-Plio-Quaternaire comparée à la carte de 1997

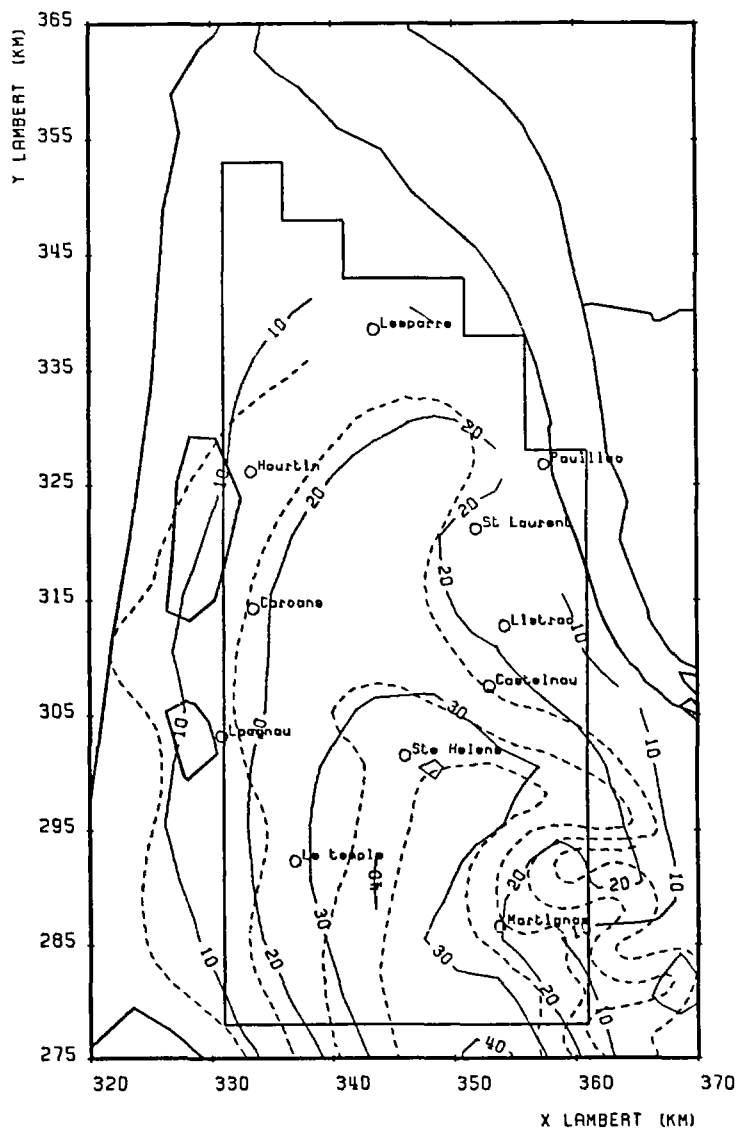


Figure 19 - Carte piézométrique calculée en régime permanent de l'Oligocène, secteur de S^{te} Hélène, comparée à la carte de 1996.

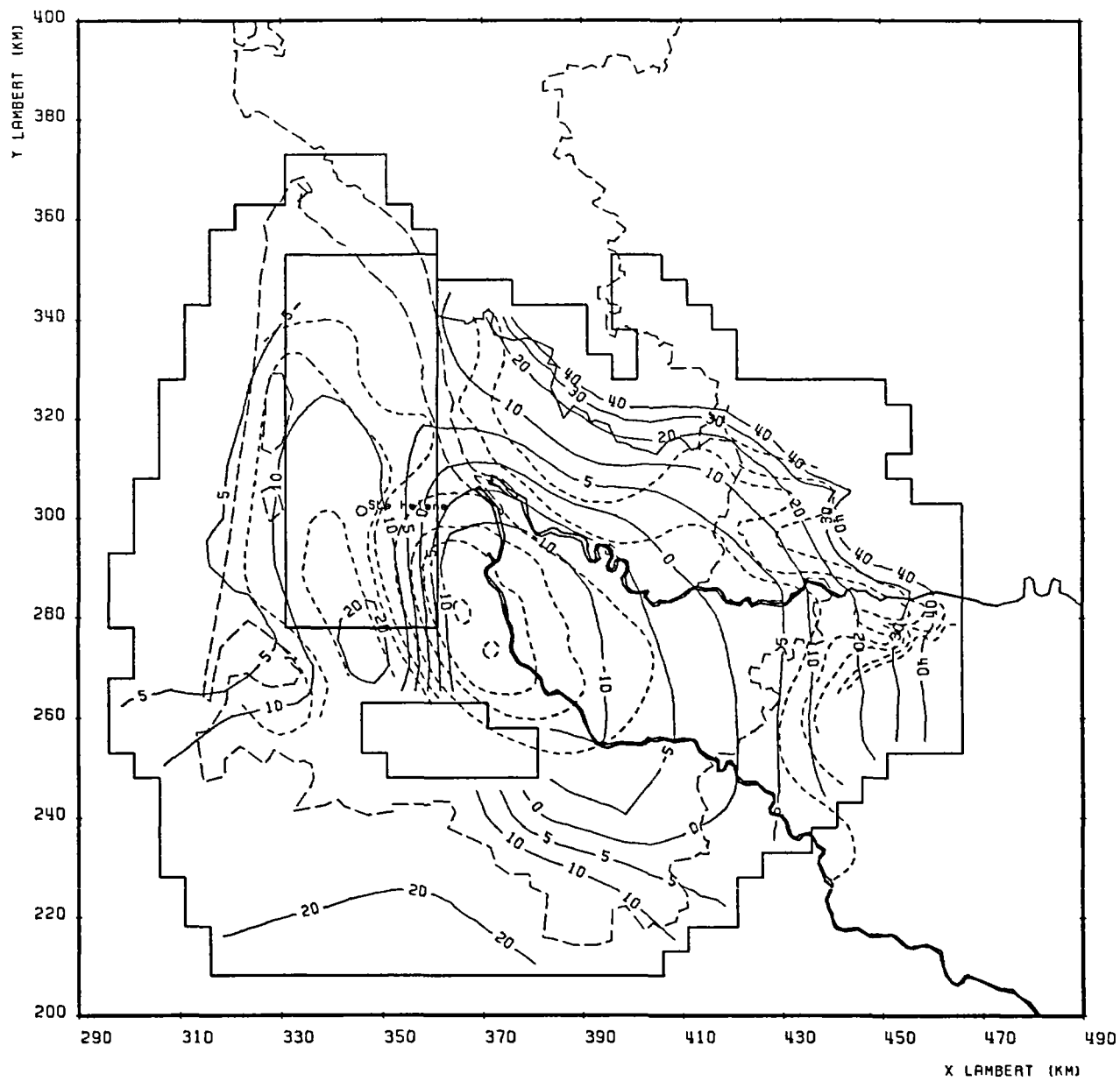


Figure 20 - Carte piézométrique calculée en régime permanent de l'Eocène, secteur de S^{te} Hélène, comparée à la carte de 1996.

4. Simulation de prélèvements nouveaux dans l'Oligocène

4.1 SCENARIO SIMULE

Le scénario du schéma a été fixé par l'opérateur du Schéma (Cabinet Merlin, lettre de 8/10/97).

Il s'agit de simuler l'influence de deux pôles de prélèvements dans la nappe de l'Oligocène:

- un groupe de 7 forages totalisant 10500 m³/j (débit unitaire de 1500 m³/j) localisé au sud de Sainte Hélène;
- un groupe de 2 forages prélevant 3100 m³/j (débit unitaire de 1550 m³/j) localisé au nord de Sainte Hélène.

La carte de la figure 21 montre la localisation des forages prélevant dans l'Oligocène en 1995 dans le secteur de Sainte Hélène.

Simultanément, on diminue de 40 000 m³/j les prélèvements dans l'Eocène avec la répartition suivante:

17800 m³/j dans le secteur de la CUB
9000 m³/j dans le secteur de Carbon Blanc
3400 m³/j dans le Cubzadais
3000 m³/j à l'est du Libournais
2100 m³/j dans le secteur de S^t Estèphe
1800 m³/j dans le secteur de Langon
500 m³/j dans le secteur de Castelnau Médoc
500 m³/j dans le secteur de Saint Laurent et Benon
400 m³/j dans le secteur de Margaux

Position géographique des forages

Suite à des présimulations, il est apparu nécessaire de déplacer les points de l'est de Sainte Hélène à l'ouest d'environ 8 kilomètres.

La carte de la figure 21 montre la localisation des forages prélevant dans l'Oligocène en 1995 dans le secteur de Sainte Hélène et l'emplacement des deux groupes de forages ci-dessus. Ces forages sont disposés sur une ligne S-N passant par X=338.5 km, à l'ouest de Sainte Hélène. Les deux groupes sont séparés de 5 km et dans chaque groupe les

forages sont espacés de 1 km. Le forage le plus au sud est localisé en $Y = 296.5$ km et celui situé le plus au nord est en $Y = 309.5$ km

Situation dans le champ de perméabilité

Le secteur immédiatement à l'est de Sainte Hélène n'étant pas le plus favorable quant aux perméabilités ($2 \cdot 10^{-6}$ m/s et $5 \cdot 10^{-6}$ m/s), les forages ont été positionnés vers l'ouest dans une zone caractérisée par une perméabilité plus forte, de l'ordre de 10^{-5} m/s et séparée du Miocène par une éponte de perméabilité $5 \cdot 10^{-9}$ m/s beaucoup plus forte que dans le secteur Est.

Avantages et inconvénients

Ce positionnement offre en outre l'avantage de soustraire les nouveaux forages à l'influence des pompages de la communauté urbaine et de prélever des eaux qui s'écoulent naturellement vers l'océan. En revanche il éloigne la ressource des zones de besoin.

Simulation

La simulation a été effectuée en régime permanent à partir de l'état calculé présenté ci-dessus (§ 3). Il s'agit donc d'un contexte de simulation majorant relativement aux baisses de niveaux calculées.

4.2 RESULTATS DE LA SIMULATION

Les baisses de niveaux dans l'Oligocène provoquées par les deux nouveaux pôles de prélèvement sont présentées sous forme de courbes isovaleur par la figure 22. Ces baisses de niveaux sont relativement importantes et affectent une zone étendue: par exemple une baisse de plus de 5 m concerne un secteur d'une superficie de l'ordre de 150 km^2 ($10 \text{ km} \times 15 \text{ km}$) à l'est de Sainte Hélène. Sur la ligne de forages, les charges moyennes diminuent de 16 m, pour le forage le plus au sud, à 20 m pour le forage médian du groupe des 7 (ces valeurs -15 à 20 m - ont été lissées par l'interpolation et n'apparaissent pas sous forme de courbe sur la carte de la figure 22).

La piézométrie résultant de ce scénario a été cartographiée pour le Mio-Plio-Quaternaire (fig.23) et pour l'Oligocène (fig. 24). On constate que l'influence de ces pompages se répercute sur la piézométrie du Mio-Plio-Quaternaire à l'ouest de Sainte Hélène: en particulier la courbe +20 m se déforme nettement en une vaste échancrure "repoussant" vers l'est les courbes +25 et +30.

Dans l'Eocène (fig. 25), la remontée des niveaux affecte pratiquement toute la nappe avec un maximum de plus de 15 m au nord de la lacune Eocène. La courbe + 10 m n'englobe plus qu'une zone de plus de 5000 km^2 . Le long de l'estuaire, la piézométrie est toujours positive.

St^e HELENE: EMBLACEMENT DES POMPAGES DE 1995 ET DES NOUVEAUX FORAGES

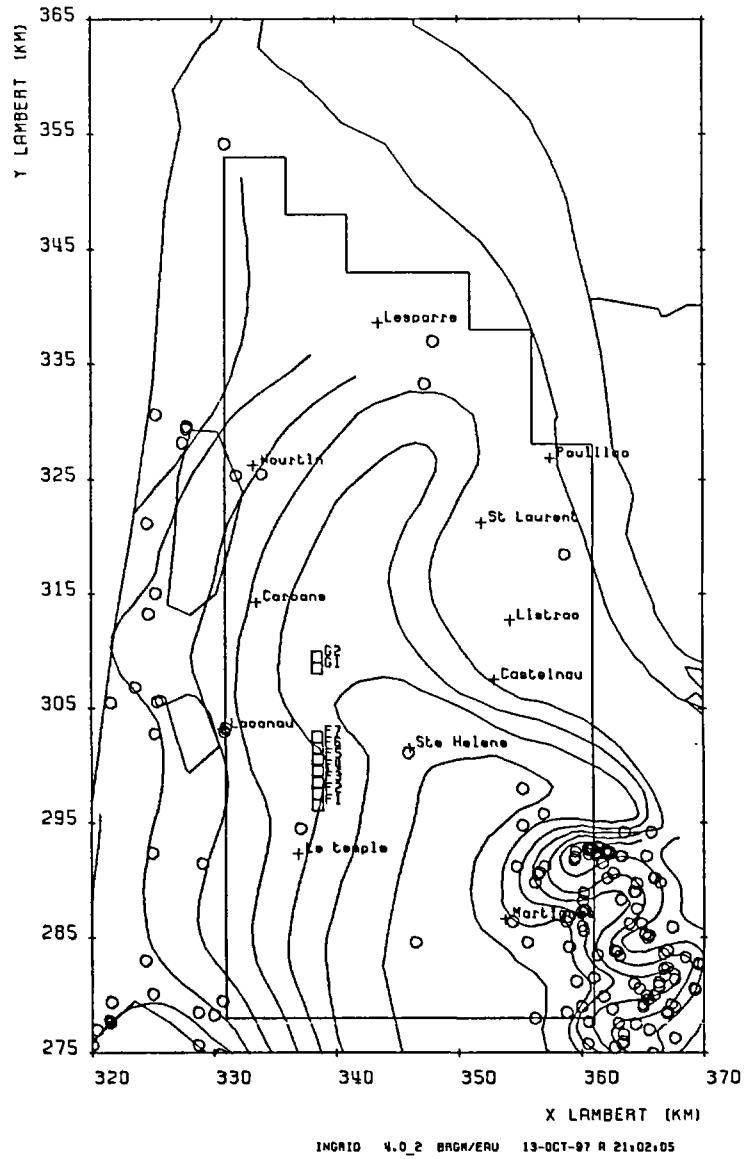


Figure 21 - Position des forages captant l'Oligocène dans le secteur de Sainte Hélène

St^e HELENE: VARIATIONS DE CHARGE DUES AUX 2 POLES DE PRELEVEMENT

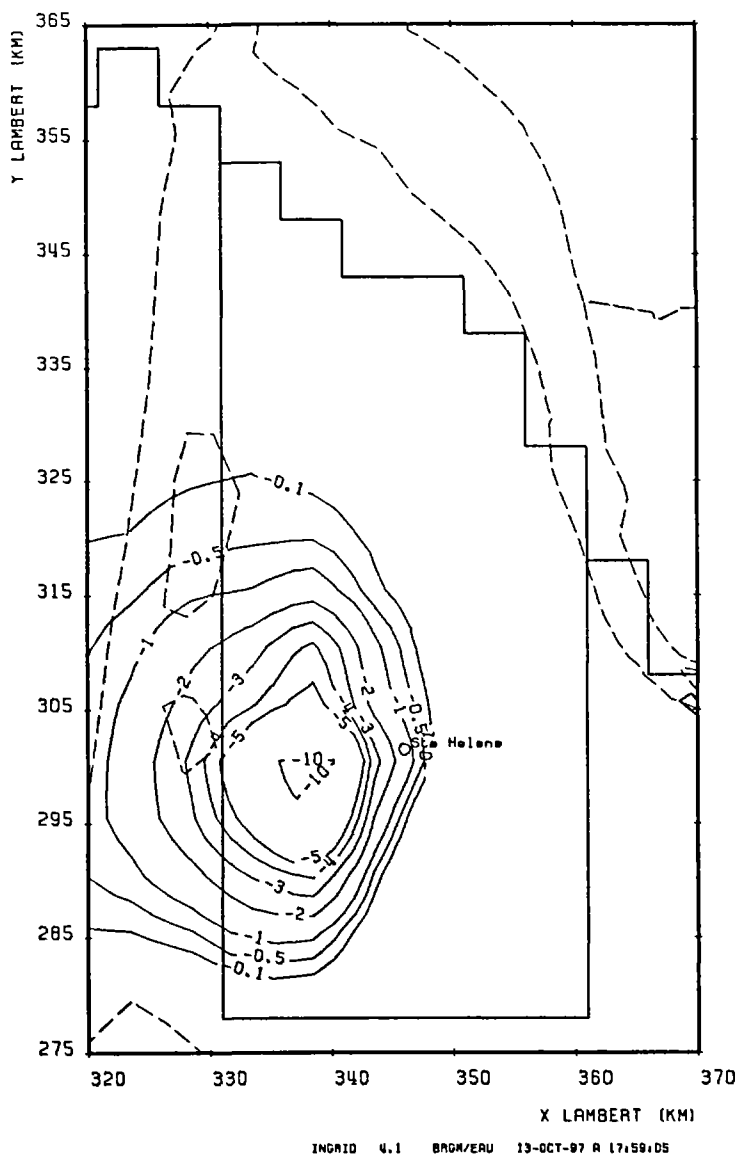


Figure 22 : Carte des baisses de niveaux dans l'Oligocène

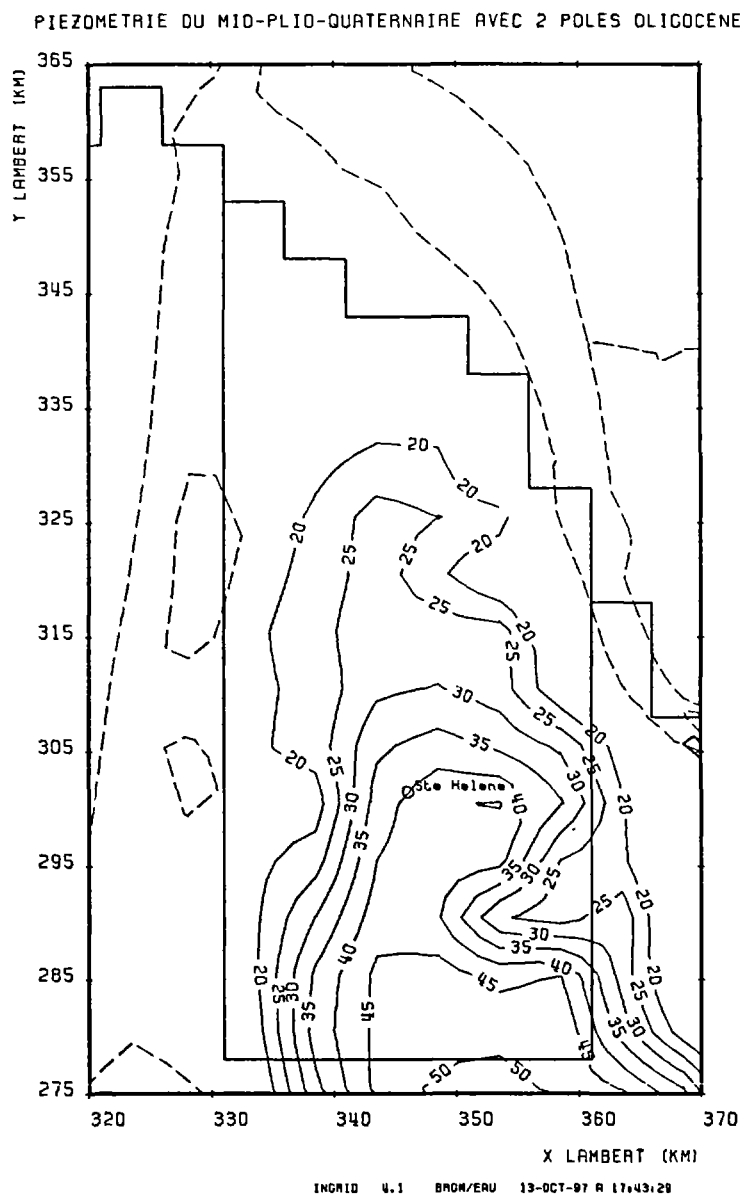


Figure 23 : Piézométrie calculée du Mio-Plio-Quaternaire dans le cadre de la simulation des champs captants de l'Oligocène

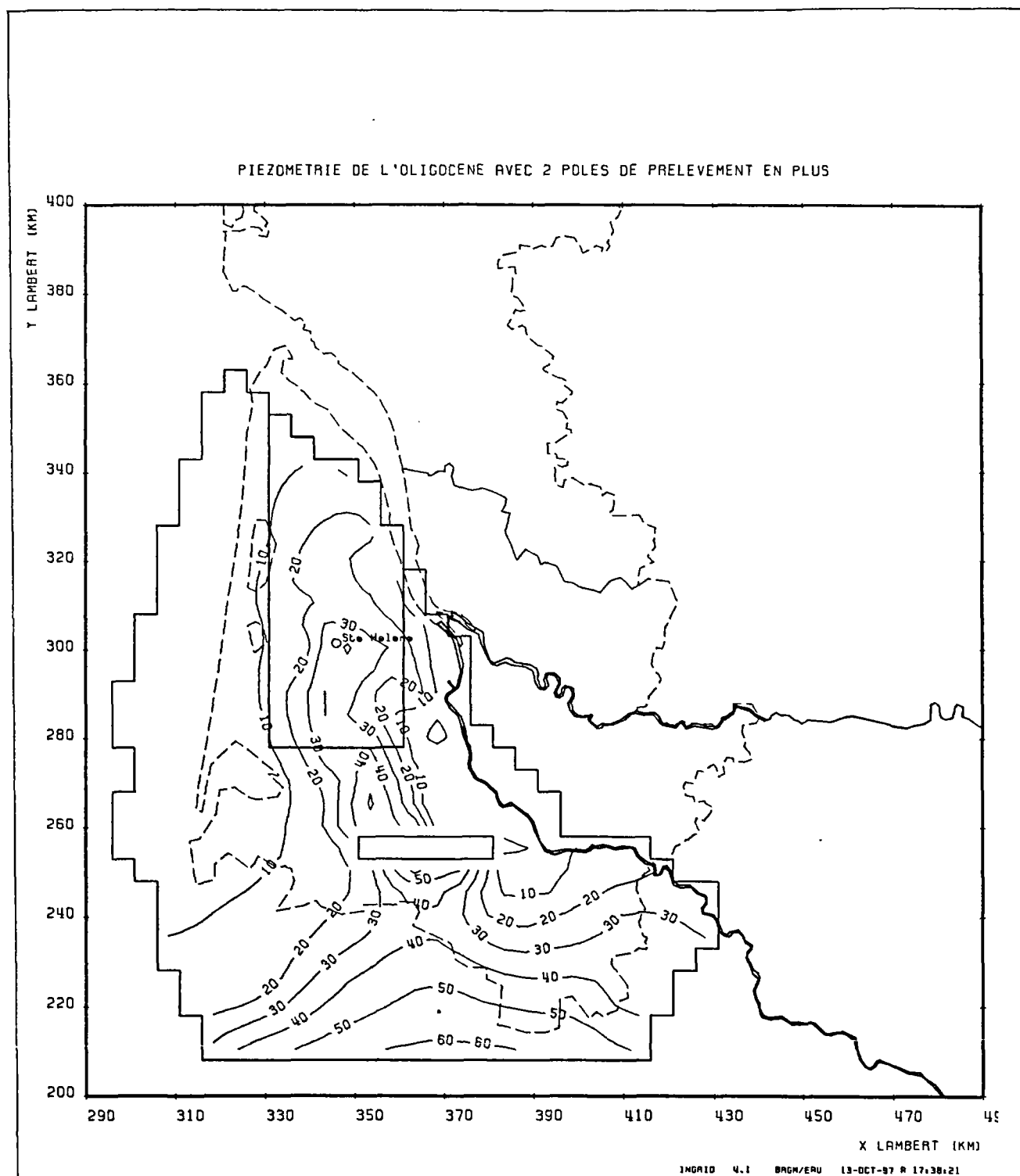


Figure 24 : Piézométrie calculée de l'Oligocène dans le cadre de la simulation des champs captants

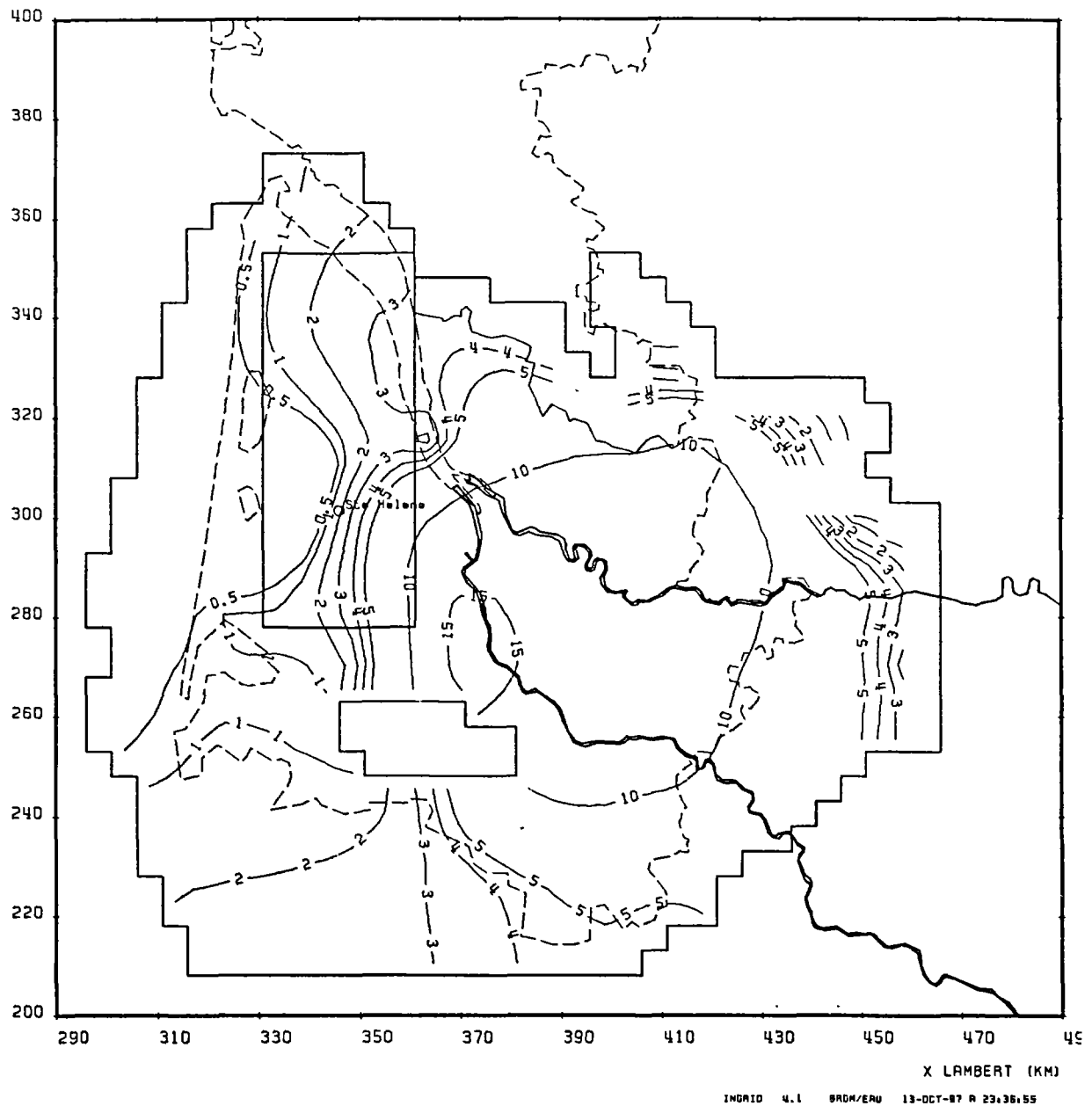


Figure 25 : Carte des remontées de niveaux dans l'Eocène

4.2 SECOND SCENARIO SIMULE

4.2.1 Scénario simulé

Par rapport au scénario 1, seul l'emplacement des forages est modifié (figure 26), conformément au projet communiqué par le Cabinet d'étude ; les deux pôles de prélèvement sont à l'Est de Sainte Hélène (de coordonnées $X=346$ km et $Y = 301.5$ km):

au Sud-Est, 7 puits, espacés de 1 km, sont disposés suivant une ligne passant par $X = 348.5$ km, le forage le plus au sud étant positionné en $Y = 291.5$ et le plus au nord positionné en $Y = 297.5$;

au Nord-Est, 2 puits sont placés en $X=348.5$, $Y= 305.5$ et $X=349.5$, $Y= 304.5$.

Cette localisation, sur le flanc Est du dôme piézométrique, est hydrogéologiquement moins favorable que la précédente : les perméabilités sont de 2 à 5 fois plus faibles, la drainance est moins importante et la nappe est déjà influencée par les pompages de la CUB situés à quelques km seulement au Sud-Est. Cependant, cette simulation a été réalisée à titre de comparaison avec le scénario précédent, qui a en revanche des conséquences financières non-négligeables sur le projet de champ captant.

4.2.2 Résultat de la simulation

Les résultats de la simulation confirment le diagnostic préalable; les rabattements calculés sont sévères : 50 m au forage médian du groupe des 7 puits (2.5 fois plus que dans le scénario 1), 48 m et 49 m pour les 2 puits situés au nord de Sainte Hélène.

La figure 27 montre la carte des rabattements calculée dans le maillage principal (maille de 5km de coté).

La partie centrale du dôme s'affaisse (disparition de la courbe + 40 m) et une vaste dépression (les forages interfèrent) se creuse sur son flanc Est (figure 28, piézométrie dans le maillage principal et dans le maillage gigogne).

Pour affiner les résultats des simulations, il convient de faire 2 remarques importantes :

- d'une part, dans ce contexte hydrogéologique, les puits interfèrent fortement,
- d'autre part, les rabattements calculés dans les mailles de pompage sont des rabattements moyens et ne s'appliquent pas aux puits centrés dans les mailles. Pour obtenir le rabattement au puits à partir du rabattement calculé dans la maille, il faut ajouter un terme correctif.

Les deux chapitres suivants s'attachent à quantifier ces phénomènes.

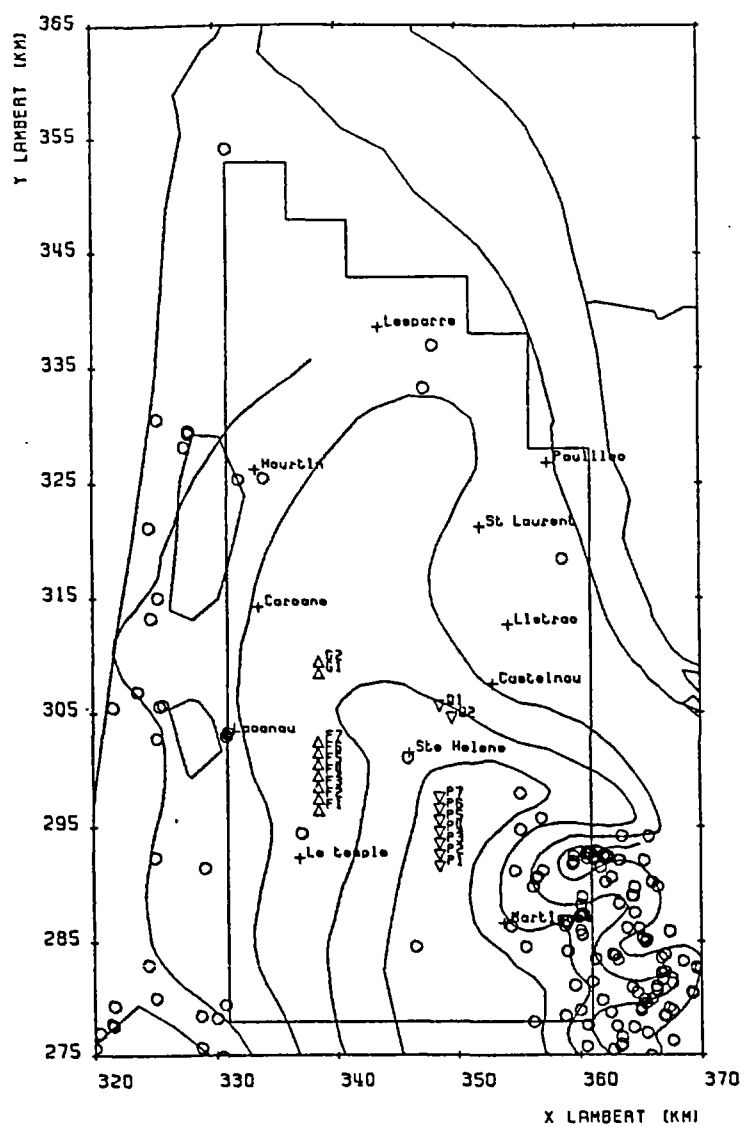


Figure 26 : Emplacement des forages des simulations 1 (à l'ouest) et 2 (à l'est).

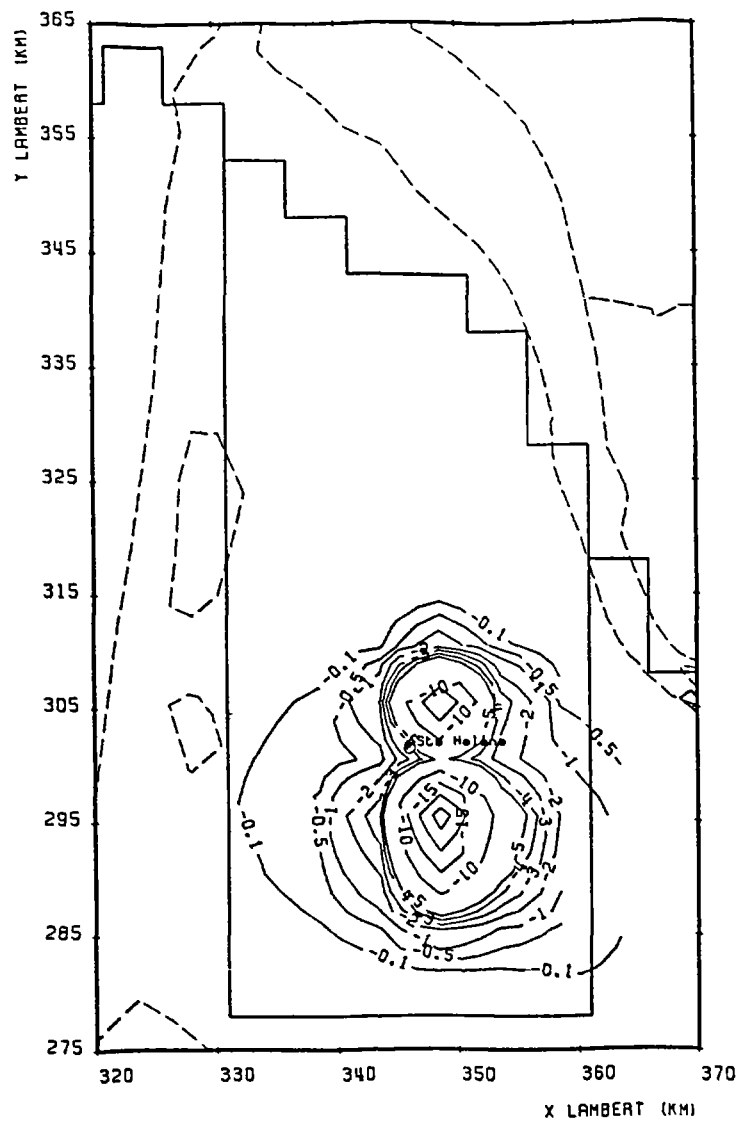


Figure 27 : Carte des rabattements de la nappe de l'Oligocène dans le cadre du scénario 2.

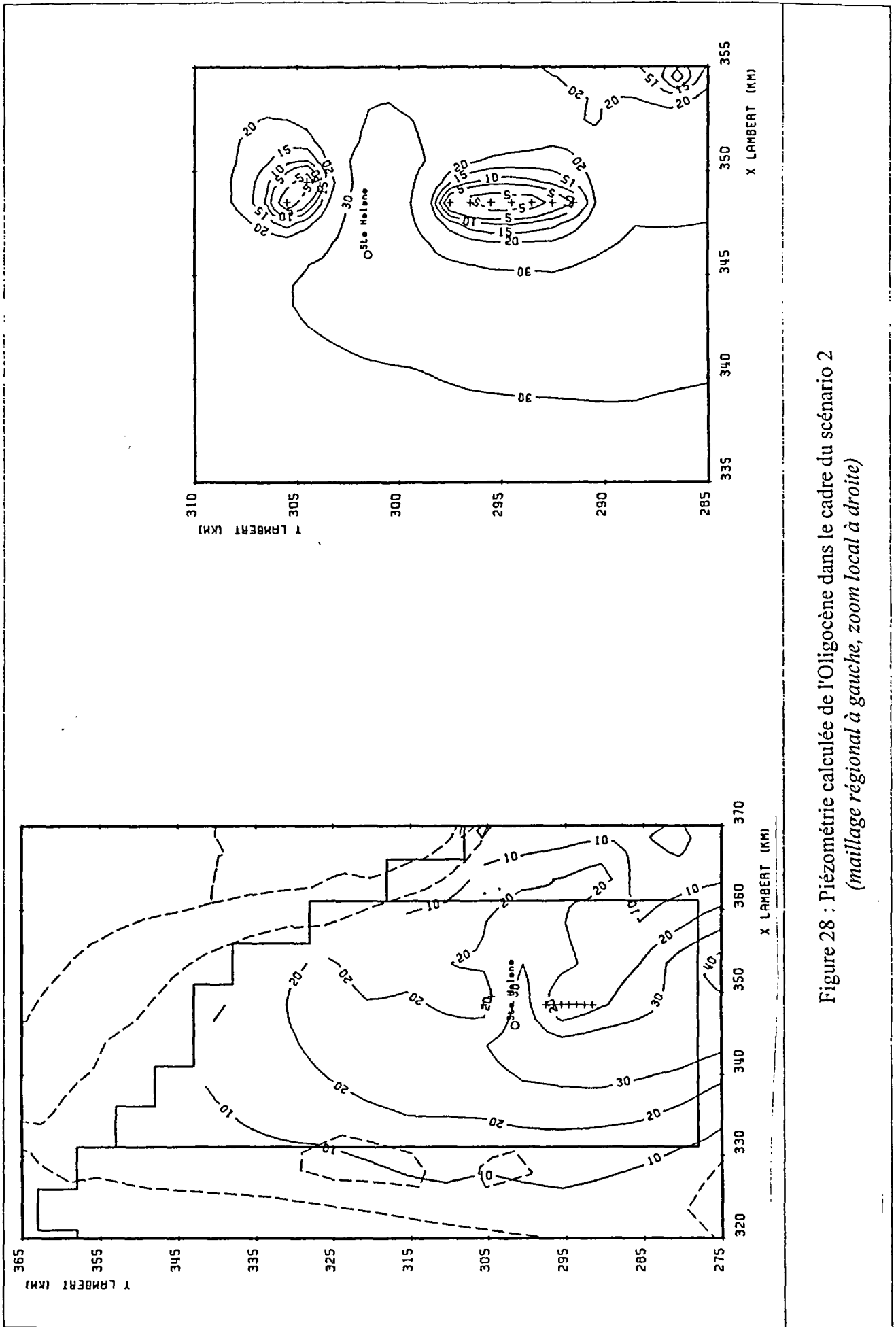


Figure 28 : Piézométrie calculée de l'Oligocène dans le cadre du scénario 2
(maillage régional à gauche, zoom local à droite)

4.1.3 Evaluation de l'interférence entre puits

Les interférences sont importantes (figure ci après): d'un rabattement de 25 m au bout de 1 mois pour le puits central seul (30 m au bout d'un an), on passe à un rabattement de 50 m au bout d'un mois lorsque les 7 puits sont en service (70 m au bout d'un an), ce qui positionnerait les niveaux d'eau au mieux au toit de l'aquifère de l'Oligocène. Cette situation n'est pas acceptable.

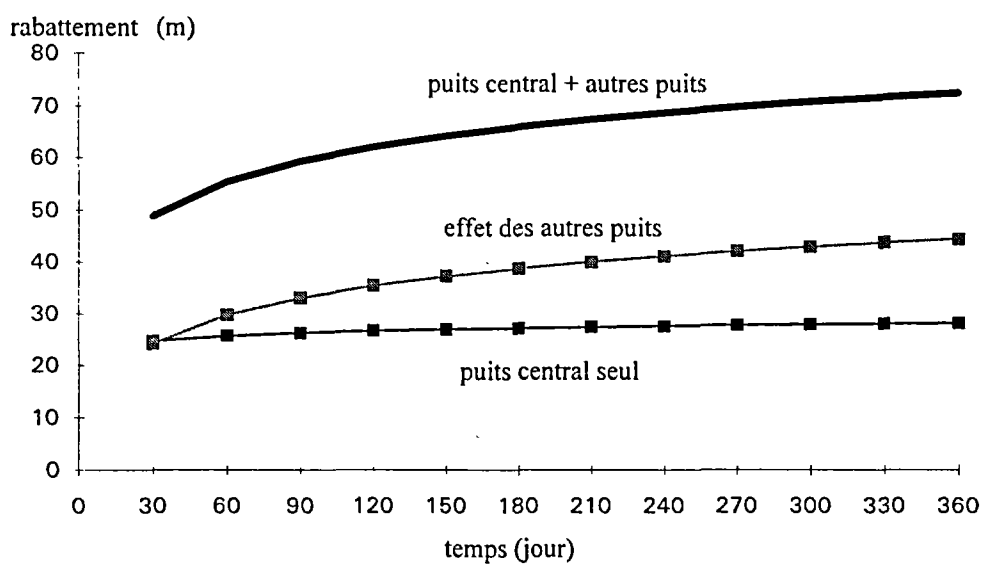


Figure 29 :Rabattement au puits central dans le cas d'une ligne de 7 puits

4.2.4 Passage du rabattement calculé dans la maille de pompage au rabattement dans le puits (hors pertes de charges quadratiques)

Dans un schéma aux différences finies, le débit Q affecté à une maille est en fait un débit réparti uniformément sur toute la surface de la maille. Le niveau calculé est donc un niveau moyen correspondant à l'effet de ce mode de répartition du débit.

Sur la base d'une analyse théorique (en régime permanent), on montre que le rabattement s_p dans un puits de rayon r_p placé au centre d'une maille de côté Δx se déduit du rabattement s_m du modèle en lui ajoutant le terme suivant:

$$s_s = \frac{Q}{2\pi T} \left[\text{Ln}\left(\frac{\Delta x}{r_p}\right) - \frac{\pi}{2} \right] \quad \text{et} \quad s_p = s_m + s_s$$

Par exemple, pour $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{j}$, $T = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta x = 1 \text{ km}$, $r_p = 1 \text{ m}$, le terme correctif vaut:

$$s_s = 2.763(6.91 - 1.57) = 14.75 \text{ m}$$

Remarque: cette formule s'applique au cas d'un seul puits.

Conclusion

Préalablement à la construction d'un modèle gigogne du centre Médoc axé sur Sainte Hélène un inventaire des ouvrages existants, des prélèvements, de la qualité des eaux, a permis de recenser 114 puits, d'estimer 18 000 m³/j exploités, d'identifier des zones de concentration en nitrates et de dresser une cartographie piézométrique du système aquifère du Miocène-Pliocène-Quaternaire.

Pour ce secteur, une couche de calcul renseignée a été intégrée au modèle régional nord-aquitain.

A cette occasion, pour toutes les couches, le modèle a été réajusté avec des données de 1996.

Deux simulations différentes correspondant à la réalisation de deux champs captants éloignés de 5 km dans l'Oligocène du secteur de Sainte Hélène, permettant d'exploiter 13 600 m³/j supplémentaires et corrélativement d'économiser 40 000 m³/j dans la nappe de l'Eocène, ont été mises en oeuvre à l'est (7 km) et à l'ouest (8 km) de Sainte Hélène. Les principaux résultats sont résumés ci-dessous :

- concernant la nappe de l'Oligocène :

Les rabattements calculés au niveau des champs captants sont de l'ordre de 70 m pour l'implantation orientale et de 15 à 20 m pour les sites ouest. Ces derniers sont parfaitement compatibles avec la géométrie de l'aquifère. Inversement, le site oriental créerait des situations non durables.

L'impact de 9 forages situés à l'ouest de Sainte Hélène, éloignés les uns des autres de 1 km, serait d'environ 5 m dans un rayon de 5 km. Malgré des surcoûts liés à l'éloignement des prélèvements par rapport aux besoins, ce scénario est nettement plus favorable avec absence de désordres sur l'existant.

- concernant la nappe de l'Eocène :

Les niveaux remontent de 15 m dans le creux piézométrique sous Bordeaux dont le rayon se réduit.

Les niveaux piézométriques sous l'estuaire sont partout positifs (+ 3 NGF à la latitude de Sainte Hélène).

Il est recommandé de réaliser quelques forages d'essai préalables aux champs captants.

ANNEXE I

Analyses chimiques d'ouvrages A.E.P. du secteur de SAINTE HELENE

INDICE NATIONAL **08026X0001**

USAGE : A.E.P.

NAPPE : Miocène

NATURE : FORAGE

COMMUNE : SAUMOS

DEPARTEMENT : 33

DESIGNATION : F1

LIEU-DIT : F. COMMUNAL

DATE	TYPE	T	COND.	pH	TH	TAC	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	PO4	NO3	NO2	NI14	Fe	Mn	Al	F	As	Pb	Cd	Cu	Zn	
		°C	µS/cm				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
20/02/1984		13	316	7.8	11.5	9.7	37.4	5.3			118.9	51.5	3.5					0.21									
09/05/1984	EAU BRUTE		315	8.1	11.6	10.6						48	5.5		4	0	0.2	0.37									
03/07/1984	EAU BRUTE		320	7.8	12	10.6						48	4		0.6	0		0.44									
04/03/1985	EAU BRUTE	17	331	7.9	11.5	10	37	5.5			122	49.7	3.5			0		0.2									
22/05/1985		16	332	7.8	11.8	10	38	5.6			122	49.7	1.6			0		0.12									

INDICE NATIONAL **08026X0034**

USAGE: A.E.P.

NAPPE: Oligocène

NATURE: FORAGE

COMMUNE: SAUMOS

DEPARTEMENT: 33

DESIGNATION: F2

LIEU-DIT: COMMUNAL

DATE	TYPE	T	COND.	pH	TH	TAC	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	PO4	NO3	NO2	NH4	Fe	Mn	Al	F	As	Pb	Cd	Cu	Zn	
		°C	µS/cm				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
21/03/1990		22	352	7.5	14.25	11.75	33	14.6	23	2.6	143.4	49.7	5	0	0	0	0.12	0.14		0.006	0.2	-0.001	-0.001		0.001	0.004	
07/03/1994		22	352	7.2	13.8							48.3			0.26	0.04	0.05	0.07									
31/05/1994		2.7	297	8.1			31	13.5	23.5	2.6	134.8	49.7	4.1	0.03	0.3	0.07	0.005	0.1		0.001	0.15						
06/03/1995	EAU TRAITEE	16	344	8.1	13.55							50			0.36	0	0	0.11									
17/05/1995	EAU BRUTE	19	343	8		127.5	28.5	14.5	23.3	3.4	155.6	46.2	4.2	0	0	0	0.12	0.34	0.007	0	0.18		0	0	0	0.002	
18/10/1995	EAU TRAITEE	19	344	8	13.3							49.9			0.34	0	0										

INDICE NATIONAL **08023X0039**

USAGE : A.E.P.

NAPPE : Oligocène

NATURE : FORAGE

COMMUNE : SAINTE-HELENE

DEPARTEMENT : 33

DESIGNATION : F3

LIEU-DIT : STATION

DATE	TYPE	T	COND.	pH	TH	TAC	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	PO4	NO3	NO2	NH4	Fe	Mn	Al	F	As	Pb	Cd	Cu	Zn
		°C	µS/cm				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
07/11/1991		17	395	7.4	18.15	16.75	60	7.7	23	2	204.4	39.1	3.3	0.11	0	0	0.31	0.11	0.004	0.01	0.08					
17/05/1995	EAU BRUTE	18	412	7.6		187.5	59	7.6	22.3	2.4	228.8	38.3	3.25	0	0.07	0	0.33	0.43	0.002	0	0.1	0	0	0	0	0.007
18/10/1995	EAU TRAITEE	18	412	7.6	18.55							41.2			0.72	0.1	0.11	0.07								

ANNEXE II

Liste des ouvrages recensés dans le secteur de SAINTE HELENE

OUVRAGES RECENSES - ETE 1997

14-oct-97

INDICE	PROF. m	NAPPE	LIEU-DIT	COMMUNE	PROF. EAU m	COND. μ S/cm	PH	T °C	NITRATES mg/l	VOL/AN M3	UTIL.
07782X0002	20		LES MACHINES	St LAURENT- MEDOC	0	628	7.35	25	4.4	100000	Agricole
07782X0020	17		MONGLAS	St LAURENT- MEDOC	5.48	370	5	25	3.96	100000	Agricole
07782X0040	45	MIOCENE	LAGUNES BESSONNES	ST LAURENT - MEDOC	2	339	7.3	16.2	5.28	200000	Agricole
07782X0041	40	MIOCENE	LAGUNES BESSONNES	ST LAURENT - MEDOC	2				4.4	150000	Agricole
07782X0042	53	MIOCENE	PLAINE DU JONC	ST LAURENT - MEDOC	1		7.41	23.5	5.72	180000	Agricole
07782X0043	53	MIOCENE	LES LANDES DE MOURLAN	ST LAURENT - MEDOC	1					98000	Agricole
07782X0044	50	MIOCENE	MONGLAS	ST LAURENT - MEDOC	1	489	7.4	23.3	4.4	117000	Agricole
07782X0045	50	MIOCENE	MONGLAS	ST LAURENT - MEDOC	1					160000	Agricole
07782X0046	49	MIOCENE	MONGLAS	ST LAURENT - MEDOC	1	441	7.3	23.6	3.96	120000	Agricole
07782X0047	40	MIOCENE	MONGLAS	ST LAURENT - MEDOC	1	501	7.42	22.1		72000	Agricole
07782X0048	22		LES MATOUNEYRES	CARCANS		202	5.38	17.2	68.64	45000	Agricole
07782X0049	22		SUD CAMIN	CARCANS	2.11					60000	Agricole
07782X0050	22		BERDILLAN	CARCANS		397	4.52	16.7	6.6	37500	Agricole
07782X0051	22		BERDILLAN	CARCANS		325	5.36	19.6	31.24	50000	Agricole
07782X0052	22		LAGUNE DE LA PETITE LINEYRE	CARCANS		285	5.73	14.4	4.84	37500	Agricole
07782X0053	22		BRE SEYRAN	CARCANS		295	5.65	14.2	5.72	37500	Agricole
07783X0005	13	MIOCENE	LES 3 LAGUNES	St LAURENT- MEDOC		284	6.97	16.6		50000	Agricole
07783X0014	12	MIOCENE	LA GRAVE	St LAURENT- MEDOC	2.4	145	4.96	19.1	0.88	0	DFCI
07783X0016	18	MIOCENE	LES 3 LAGUNES	ST LAURENT - MEDOC		284	6.97	16.6	2.64	180000	Agricole
07783X0017	31.5	MIOCENE	BOIS DE HESSE	ST LAURENT - MEDOC	1	339	7.39	18	5.28	90000	Agricole
07785X0004	30		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.29	142	9.02	18.6	8.8	100000	Agricole

INDICE	PROF. m	NAPPE	LIEU-DIT	COMMUNE	PROF. EAU m	COND. µS/cm	PH	T °C	NITRATES mg/l	VOL/AN M3	UTIL.
07785X0006	22.7		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.55	162	6.65	16.5	5.28	100000	Agricole
07785X0007	24.15		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.59	171	6.41	18.1	4.84	100000	Agricole
07785X0008	21.5		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.8	98	8.28	17.6	1.32	100000	Agricole
07785X0009	23.5		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.7	283	6.24	17.3	3.52	100000	Agricole
07785X0010	23.1		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.05	256	5.69	16	4.4	100000	Agricole
07785X0011	22.75		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.47	262	5.53	16.6	11	100000	Agricole
07785X0012	20.03		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	4					100000	Agricole
07785X0013	19.5		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.73	185	6.96	17.3	3.52	100000	Agricole
07785X0014	17.5		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.36	298	6.22	17.9	14.08	100000	Agricole
07785X0015	17.1		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	4.46	283	6.11	17.4	4.4	100000	Agricole
07785X0016	15.2		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	4.66	405	6.19	17.2	16.28	100000	Agricole
07785X0017	22.5		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	4	393	3.96	18.6	12.76	100000	Agricole
07785X0018	17		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.65					100000	Agricole
07785X0019	17.2		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.67					100000	Agricole
07785X0026	19		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	1.55	315	6.47	19.5	8.8	100000	Agricole
07785X0029	20		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	1.85	266	6.01	19.5	17.16	100000	Agricole
07785X0036	24.1		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	2.5	153	6.39	16.6	3.08	100000	Agricole
07785X0037	18		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.77	280	5.34	18.1	12.32	100000	Agricole
07785X0038	17.35		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	3.76	285	6.27	16.7	1.31	100000	Agricole
07785X0039	15.1		DOMAINE DE COUTIN	CARCANS	1.08	279	6.7	18.9	2.2	100000	Agricole
07786X0012	22		LAGUNE DE CAZOT	CARCANS		122	5.36	17		15000	Agricole
07786X0013	23		LE PETIT LUDEE	SAINTE HELENE	1.5					7680	Agricole
07786X0014	18	PLIOQUAT	LE GRAND LUDEE	SAINTE HELENE	1.23	204	6.28	20.2	15.4	9600	Agricole
07786X0015	9		LE MAYNE BERNARD	BRACH	1.23	112	5.9	19	4.4	1680	Agricole

INDICE	PROF. m	NAPPE	LIEU-DIT	COMMUNE	PROF. EAU m	COND. µS/cm	PH	T °C	NITRATES mg/l	VOL/AN M3	UTIL.
07786X0016	16		SUD-OUEST DE CHIVRET	St HELENE	1.3	138	5.54	19	6.6	0	DFCI
08022X0004	12		LE BOURG	SAUMOS	1.16	349	7.27	26	5.72	0	DFCI
08022X0008	18		LAGUNE DES GARTILLOTS	SAUMOS	1.4	99	5.18	21	2.64	0	DFCI
08022X0009			FORET COMMUNALE DU BETOUT	St HELENE	1.35	92	5.51	19	2.2	0	DFCI
08022X0010			FORET COMMUNALE DU BETOUT	St HELENE	1.4	96	4.57	18	3.52	0	DFCI
08023X0030	20.1		LE BOURG	SALAUNES	2.22	254	5.89	20	7.48	0	DFCI
08023X0034	40	MIOCENE	LA PROVIDENCE	St HELENE	1.98	226	7.34	19	6.6	0	INDUSTRIE
08023X0039	192	OLIGOCENE	LE BOURG	St HELENE	3.77					96600	AEP
08023X0041	60	MIOCENE	LA PROVIDENCE	St HELENE		388	7.14	18		65000	INDUSTRIE
08024X0056	32	MIOCENE	LA LANDE DE HOURTON	SALAUNES	2.4					0	DFCI
08026X0001	155	MIOCENE	FORAGE COMMUNAL	SAUMOS	4.41					0	AEP
08026X0003	13.85		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0005	13.9		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.33	174	6.12	18	7.04	0	Agricole
08026X0009	13.9		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.49	143	7.11	20	5.28	0	Agricole
08026X0012	13.9		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0013	13.9		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0023	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	2.78	113	5.31	18	4.84	40000	Agricole
08026X0025	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	2.77	103	4.87	19	4.84	40000	Agricole
08026X0029	7.55		BOURG	LE TEMPLE	1.9	322	6.33	21	3.08	0	DFCI
08026X0034	295	OLIGOCENE	CHATEAU D'EAU	SAUMOS	10.38					50000	AEP
08026X0037	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.1					40000	Agricole
08026X0038	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.1					40000	Agricole
08026X0039	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	0.97	267	6.65	19	7.92	40000	Agricole
08026X0040	14		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.5					40000	Agricole

INDICE	PROF. m	NAPPE	LIEU-DIT	COMMUNE	PROF. EAU m	COND. µS/cm	PH	T °C	NITRATES mg/l	VOL/AN M3	UTIL.
08026X0041	15		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.32					40000	Agricole
08026X0042	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.3	177	6.16	18	8.8	0	Agricole
08026X0043	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.71					40000	Agricole
08026X0044	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.26					40000	Agricole
08026X0045	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.25					0	Agricole
08026X0046	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	0.95					40000	Agricole
08026X0047	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0048	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0049	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0050	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0051	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0052	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0053	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE						40000	Agricole
08026X0054	18		CLOT ARRIOU	LE TEMPLE	1.2	121	4.17	21	2.64	0	DFCI
08026X0055	18		BOUTAS	LE TEMPLE	1.42	134	4.47	20	0.88	0	DFCI
08026X0056	18		BOUTEILLE	LE TEMPLE	1.3	170	5.67	20	3.52	0	DFCI
08026X0057	18		COURALET	LE TEMPLE	1.45	169	5.2	21	8.36	0	DFCI
08026X0058	16		CRASTE DE L'EYRON	LE TEMPLE	1.42	87	4.37	21	2.64	0	DFCI
08026X0059			LA LEBADE	LE TEMPLE	1.56					0	DFCI
08026X0060	16		LE GRAND BETOUT	St HELENE	1.3	178	5.89	20	3.52	0	DFCI
08027X0044	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.3					40000	Agricole
08027X0045	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.3					0	Agricole
08027X0046	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.1					40000	Agricole
08027X0047	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.5					40000	Agricole

INDICE	PROF. m	NAPPE	LIEU-DIT	COMMUNE	PROF. EAU m	COND. µS/cm	PH	T °C	NITRATES mg/l	VOL/AN M3	UTIL.
08027X0048	18		DOMAINE DE SAUTUGES	LE TEMPLE	1.4					40000	Agricole
08027X0049	18		LA PIERRE	LE TEMPLE	1.8	141	5.4	20	7.48	0	DFCI
08262X0048	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	3.64	143	5.76	19.1	12.76	40000	Agricole
08262X0049			DOMAINE DE LANTON	LANTON	3.46					40000	Agricole
08262X0050	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.82					100000	Agricole
08262X0053	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	4.24	91	5.31	18	0.88	100000	Agricole
08262X0059	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.68	77	5.44	19.2	7.48	100000	Agricole
08262X0060	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.34					100000	Agricole
08262X0062	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.9	200	5.38	20.1	35.64	100000	Agricole
08262X0066	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.48					100000	Agricole
08262X0069	16.5		LA BROUSTERE	LANTON	3.68					100000	Agricole
08262X0070	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	3.42					40000	Agricole
08262X0073	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	3.45					40000	Agricole
08262X0076	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	2.68					40000	Agricole
08262X0079	16.5		DOMAINE DE LANTON	LANTON	2.8					40000	Agricole
08262X0097			LA BROUSTERE	LANTON	3.28					100000	Agricole
08262X0098			LA BROUSTERE	LANTON	3.15					100000	Agricole
08262X0099			LA BROUSTERE	LANTON	3.75					100000	Agricole
08262X0100			LA BROUSTERE	LANTON	3.22					100000	Agricole
08262X0102			LA BROUSTERE	LANTON	3.65	221	4.72	19	47.96	100000	Agricole
08262X0105			LA BROUSTERE	LANTON	3.81					100000	Agricole