

Document public

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

Piézométries d'objectif d'étéage et de crise - Module 3 - Année 1-

BRGM/RP-52912-FR

décembre 2003



Agence de l'Eau
Adour Garonne



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document public

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

Piézométries d'objectif d'étiage et de crise - Module 3 - Année 1-

Éléments méthodologiques de détermination

BRGM/RP-52912-FR

décembre 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2002-EAU-239



Préfecture de la région Aquitaine
Secrétariat général pour les affaires régionales



DIRECTION REGIONALE DE
L'ENVIRONNEMENT
AQUITAINE



DRIRE
AQUITAINE

J.J. Seguin, A. Winckel
avec la collaboration de
C. Pouzadoux et A. Gurowitsch

Agence de l'Eau
Adour Garonne



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots clés : Piézométrie objectif, Gestion des nappes, Aquitaine

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

J.J. Seguin, A. Winkel avec la collaboration de **C. Pouzadoux** et **A. Gurowitsch** (2003) -
Gestion des Eaux Souterraines en Région Aquitaine.
Piézométries d'objectif d'étiage et de crise.
Module 3 - Année1 - Eléments méthodologiques de détermination.
BRGM/RP-529121-FR, 74 p., 34 fig., 5 annexes

Synthèse

Le SDAGE Adour Garonne, établi en 1996, recommande que soient définis pour les principaux systèmes aquifères des points d'observation de la piézométrie des nappes et des cotes associées à ces points : POE (piézométrie objectif d'étiage) et PCR (piézométrie de crise). Dans le document du SDAGE, ces deux indicateurs sont ainsi définis :

- POE : *"la cote du niveau de la nappe au dessus de laquelle sont assurés la coexistence normale des usages et le bon fonctionnement quantitatif et qualitatif de la ressource souterraine et des cours d'eau qu'elle alimente"*.
- PCR : *"la cote du niveau de la nappe au dessous de laquelle sont mises en péril la pérennité de la ressource souterraine, l'alimentation en eau potable qui y puise et la survie des milieux aquatiques qu'elle alimente"*.

Ces deux notions de POE et PCR, transpositions à l'hydrogéologie des concepts hydrologiques de DOE (débit objectif d'étiage) et DCR (débit de crise), doivent être adaptés aux problématiques des nappes.

Il apparaît donc nécessaire de mener d'ores et déjà une réflexion destinée à clarifier ces deux notions de POE et PCR et de développer une méthodologie susceptible d'être appliquée aux divers contextes hydrogéologiques de la Région Aquitaine.

Une fois fixées, les piézométries "objectifs" permettront de mettre en place une politique de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau visant à la préserver tout en satisfaisant au mieux les différents exploitants de cette ressource.

Le contexte hydrogéologique de l'Aquitaine rassemblant des nappes profondes captives et des nappes libres, ces deux grandes classes d'aquifères doivent faire l'objet de traitements spécifiques.

Conformément aux objectifs de l'année 1 du projet, il est présenté dans ce rapport des orientations méthodologiques destinées à la détermination de ces piézométries en s'appuyant sur des synthèses hydrogéologiques établies pour quelques nappes de type captif :

- Eocène du Bergeracois,
- Jurassique de Lot-et-Garonne,
- Aquitanien de la région de Mont-de-Marsan,

et de type libre:

- Plio-Quaternaire dans le bassin de la Leyre (Landes),
- Turonien de Dordogne.

En effet, cette étude met en évidence les difficultés d'obtention de critères de fixation de telles cotes.

Si ces critères s'imposent d'eux-mêmes dans une situation de crise avérée ou génératrice de crise à court terme, il en est autrement lorsque l'état des nappes ne laisse pas présager une telle situation.

Les exemples, dans quelques régions de France, de gestion des nappes à l'aide de seuils d'alerte sont peu nombreux et concernent presque exclusivement des nappes libres fortement sollicitées en période estivale pour l'irrigation des cultures (nappe des Calcaires de Beauce, nappes de Vendée, des Deux-Sèvres et de Charente maritime).

Ces exemples montrent que la démarche est le plus souvent pragmatique, basée sur des chroniques piézométriques de longue durée faisant apparaître des situations extrêmes (sécheresse de 1976 par exemple pour la nappe des Calcaires de Beauce) qu'il s'agit désormais d'éviter. Le seuil de crise s'impose donc et les seuils d'alerte constituent une gradation jusqu'à ce seuil à partir de niveaux intermédiaires observés certaines années.

Ces exemples montrent aussi que ces seuils ont pu être révisés au cours du temps, parfois revus à l'aide de modèles (nappes du Sud-Vendée).

En Aquitaine, la variété des conditions hydrogéologiques, des étendues, des structures et des comportements hydrodynamiques induits entraîne tout autant de variété de modalités de gestion.

Ainsi sur les différents aquifères sélectionnés, il est apparu qu'un certain nombre d'informations manquaient. D'une façon générale, le suivi des niveaux des nappes par les réseaux piézométriques ou par des points spécifiques permettant de contrôler un contexte local problématique est une nécessité. Il n'est pas inutile de rappeler que les niveaux d'une nappe représentent la variable d'état la plus porteuse d'information. Ils permettent d'estimer l'état des flux et celui des réserves et ils enregistrent toutes les influences. C'est par l'intermédiaire de longues séries de données, qu'il sera possible d'appréhender le futur d'une nappe dans des contextes climatiques et de prélèvements donnés et de fixer des "piézométries d'objectifs" et de mettre en place une politique de gestion appropriée.

Le suivi du débit des sources identifiées comme exutoires de la nappe apporte aussi une information essentielle pour estimer les impacts des prélèvements.

Sommaire

Introduction	4
1. Hiérarchisation des systèmes aquifères en fonction du degré de surveillance piézométrique à exercer	5
1.1. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION AQUITAINE	5
1.1.1. Les systèmes aquifères libres	8
1.1.2. Les domaines hydrogéologiques	8
1.1.3. Les systèmes captifs	9
1.2. SYSTÈMES LIBRES ET SYSTEMES CAPTIFS – CARACTERISTIQUES ET PROBLEMATIQUES	9
1.2.1. Systèmes libres	9
1.2.2. Systèmes captifs	14
1.3. HIÉRARCHISATION DES SYSTÈMES AQUIFÈRES	16
1.3.1. Méthode de hiérarchisation	16
1.3.2. Résultats	17
2. Exemples de gestion de la ressource à l'aide d'indicateurs piézométriques	19
2.1. LA NAPPE DES CALCAIRES DE BEAUCE	19
2.1.1. Caractéristiques	19
2.1.2. Indicateur de référence et seuils d'alerte	19
2.2. NAPPE DU DOGGER ET DE L'OXFORDIEN DANS LE BASSIN DE LA COURANCE (DEUX-SEVRES)	21
2.2.1. Contexte	21
2.2.2. Seuils d'alerte	21
2.3. NAPPES DU DOGGER ET DU LIAS DU SUD DE LA VENDÉE	23
2.3.1. Contexte	23
2.3.2. Gestion volumétrique et cotes d'arrêt	25
2.4. CAS DES NAPPES PROFONDES DE GIRONDE	27
2.4.1. Contexte	27
2.4.2. Définition des indicateurs	27
2.4.3. Illustration	28
3. Caractérisation des nappes ou secteurs de nappes retenus pour l'étude	29
3.1. EOCÈNE BERGERACOIS	29
3.1.1. Caractérisation géologique	29
3.1.2. Piézométrie	29
3.1.3. Prélèvements	32
3.2. AQUITANIEN	35
3.2.1. Hydrogéologie	35
3.2.2. Piézométrie	35
3.2.3. Prélèvements	38
3.2.4. Modélisations	38

3.3. JURASSIQUE DU LOT-ET-GARONNE	41
3.3.1. Géologie	41
3.3.2. Piézométrie	41
3.4. PLIO-QUATERNAIRE DANS LA RÉGION DE LA LEYRE	45
3.4.1. Géologie	45
3.4.2. Piézométrie	45
3.4.3. Prélèvements.....	48
3.5. TURONIEN DE DORDOGNE	50
3.5.1. Hydrogéologie	50
3.5.2. Piézométrie	52
3.5.3. Relations nappe-cours d'eau.....	57
3.5.4. Prélèvements.....	57
3.5.5. Conclusion.....	57
 4. Orientations méthodologiques.....	 58
4.1. RECHERCHE DE CRITÈRES DE DÉCISION.....	58
4.1.1. Critères géologiques.....	58
4.1.2. Critères piézométriques.....	61
4.1.3. Critères hydro-climatologiques	63
4.2. ÉLÉMENTS DE DÉTERMINATION	64
4.2.1. Difficultés.....	64
4.2.2 Nappe captive.....	64
4.2.3. Nappe libre	69
 Conclusion.....	 71

Références bibliographiques

Annexes

- Annexe 1 – Systèmes aquifères de la région Aquitaine.
- Annexe 2 – Eocène du Bergeracois.
- Annexe 3 – Aquitanien de la région de Mont-de-Marsan.
- Annexe 4 – Jurassique du Lot-et-Garonne.
- Annexe 5 – Plio-Quaternaire du bassin de la Leyre.



Liste des figures

Figure 1	Systèmes aquifères libres et domaines hydrogéologiques de l'Aquitaine
Figure 2	Affleurements des formations aquifères profondes d'Aquitaine
Figure 3	Limite des couches aquifères Helvétien, Aquitanien et Oligocène du modèle Nord-Aquitain.
Figure 4	Limite des couches Eocène, Campanien, Santonien et Jurassique du modèle Nord-Aquitain.
Figure 5	Modèle Sud Adour-Garonne: limite des couches modélisées.
Figure 6	Seuils d'alerte pour la nappe des Calcaires de Beauce
Figure 7a	Bassin versant du Mignon et de la Courance et localisation des piézomètres utilisés pour définir des seuils d'alerte.
Figure 7b	Piézomètre de St Hilaire – Courbe de tarissement théorique.
Figure 8	Seuils d'alerte définis au piézomètre de St Hilaire.
Figure 9a	Localisation des nappes du Sud de la Vendée faisant l'objet d'une gestion volumétrique des prélèvements.
Figure 9b	Exemple de cote piézométrique d'arrêt fixée en fonction d'historiques piézométriques.
Figure 10	Extension de la zone d'étude "Eocène Bergeracois".
Figure 11	Chroniques piézométriques dans l'Eocène (supérieur, moyen et inférieur).
Figure 12	Evolution des prélèvements dans les aquifères Eocène du Bergeracois.
Figure 13	Répartition des prélèvements par usage dans les aquifères Eocène du Bergeracois.
Figure 14	Localisation et intensité des prélèvements dans les aquifères Eocène du Bergeracois.
Figure 15	Aquitainien: localisation du secteur étudié.
Figure 16	Carte piézométrique de l'Aquitainien.
Figure 17	Localisation des prélèvements dans l'Aquitainien.
Figure 18	Types de prélèvements dans l'Aquitainien.
Figure 19	Piézométrie du Jurassique en 1996 avec situation locale en 2001.
Figure 20	Localisation des prélèvements dans le Jurassique du Lot-et-Garonne.
Figure 21	Bassin versant de la Leyre et piézométrie régionale du Plio-Quaternaire.
Figure 22	Points d'eau avec mesure de la piézométrie.
Figure 23	Points d'eau recensés captant le Plio-Quaternaire.
Figure 24	Turonien de Dordogne (système 118 C1).
Figure 25	Carte piézométrique du Turonien (hautes eaux 2002) et points de mesures.
Figure 26	Nappe du Turonien: différences de niveaux entre hautes eaux et basses eaux.
Figure 27	Chroniques piézométriques disponibles pour le Turonien.
Figure 28	Carte du mur du réservoir aquifère de l'Eocène inférieur.
Figure 29	Toit et piézométrie de l'Aquitainien.
Figure 30	Chroniques piézométriques dans l'Eocène du Bergeracois.
Figure 31	Décomposition de l'hydrogramme relevé sur la Leyre à Salles.
Figure 32	Essai de détermination d'une relation "prélèvements-rabattements".
Figure 33	Exemple de graphique tracé à partir des résultats d'une solution analytique pour définir un pourcentage de volume d'eau extrait en fonction de la distance du puits à un cours d'eau.
Figure 34	Exemple d'utilisation d'un modèle pour prévoir la réaction d'une nappe libre en fonction des prélèvements.

Introduction

Le SDAGE Adour Garonne, établi en 1996, recommande que soient définis pour les principaux systèmes aquifères des points d'observation de la piézométrie des nappes et des cotes associées à ces points : POE (piézométrie objectif d'étiage) et PCR (piézométrie de crise). Dans le document du SDAGE, ces deux indicateurs sont ainsi définis :

- POE : *"la cote du niveau de la nappe au dessus de laquelle sont assurés la coexistence normale des usages et le bon fonctionnement quantitatif et qualitatif de la ressource souterraine et des cours d'eau qu'elle alimente"*.
- PCR : *"la cote du niveau de la nappe au dessous de laquelle sont mises en péril la pérennité de la ressource souterraine, l'alimentation en eau potable qui y puise et la survie des milieux aquatiques qu'elle alimente"*.

Ces deux notions de POE et PCR, transpositions à l'hydrogéologie des concepts hydrologiques de DOE (débit objectif d'étiage) et DCR (débit de crise), doivent être adaptés aux problématiques des nappes.

Il apparaît donc nécessaire de mener d'ores et déjà une réflexion destinée à clarifier ces deux notions de POE et PCR et de développer une méthodologie susceptible d'être appliquée aux divers contextes hydrogéologiques de la Région Aquitaine.

Une fois fixées, les piézométries "objectifs" permettront de mettre en place une politique de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau visant à la préserver tout en satisfaisant au mieux les différents exploitants de cette ressource.

Le contexte hydrogéologique de l'Aquitaine rassemblant des nappes profondes captives et des nappes libres, ces deux grandes classes d'aquifères doivent faire l'objet de traitements spécifiques.

Conformément aux objectifs de l'année 1 du projet, il est présenté dans ce rapport des orientations méthodologiques destinées à la détermination de ces piézométries en s'appuyant sur des synthèses hydrogéologiques établies pour quelques nappes de type captif:

- Eocène du Bergeracois,
- Jurassique de Lot-et-Garonne,
- Aquitanien de la région de Mont-de-Marsan,

et de type libre:

- Plio-Quaternaire dans le bassin de la Leyre (Landes),
- Turonien de Dordogne.



1. Hiérarchisation des systèmes aquifères en fonction du degré de surveillance piézométrique à exercer

1.1. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION AQUITAINE

En Aquitaine, 71 entités aquifères sont délimitées, correspondant à :

- 42 systèmes aquifères libres, dont 12 systèmes alluviaux,
- 10 systèmes aquifères captifs,
- 16 domaines hydrogéologiques en terrains sédimentaires,
- 3 domaines hydrogéologiques en terrains cristallins.

Rappelons qu'un système aquifère est défini comme : *"un aquifère ou un ensemble d'aquifères et de corps semi-perméables d'un seul tenant, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique continue et qui est circonscrit par des limites faisant obstacle à toute propagation d'influence appréciable vers l'extérieur"* (définition proposée par Jean Margat en 1976 lors de la délimitation des aquifères du territoire français).

Un domaine hydrogéologique est un territoire sans grand système individualisable mais renfermant de petits aquifères discontinus pouvant présenter un intérêt local pour l'A.E.P. ou, le plus souvent, pour l'irrigation.

Les systèmes alluviaux et les domaines sont de type "libre".

Codification

Les systèmes aquifères et les domaines hydrogéologiques de l'Aquitaine sont codifiés de la façon suivante :

- 1xx** : systèmes sédimentaires superficiels ou "libres" (à surface libre)
- 2xx** : systèmes profonds captifs
- 3xx** : systèmes alluviaux
- 5xx** : domaines hydrogéologiques en terrains sédimentaires
- 6xx** : domaines hydrogéologiques en terrains cristallins

Description et cartographie

Les systèmes et domaines de la région Aquitaine sont décrits et cartographiés dans le document BRGM *"Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine"* (Annexe au rapport BRGM/RP-51175-FR - Novembre 2001).

La liste de ces systèmes et domaines est fournie en annexe 1. La carte de la figure 1 précise les limites des systèmes et domaines "libres". Les affleurements des systèmes captifs sont reportés sur la figure 2.

Points d'eau captant les systèmes aquifères

Les points d'eau (sources et forages exploités ou abandonnés) captant les systèmes et domaines de l'Aquitaine sont au nombre de **16 000** (Banque de Données des Eaux Souterraines du BRGM en 2002).

Les forages A.E.P. actuels ou ayant été utilisés dans le passé en représentent **12 %**.

Le tableau 1 donne la répartition des points d'eau et des A.E.P. par type de système (les points d'eau ne sont pas tous affectés d'un code de système aquifère).

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Piézométries d'objectif d'été et de crise
Année 1

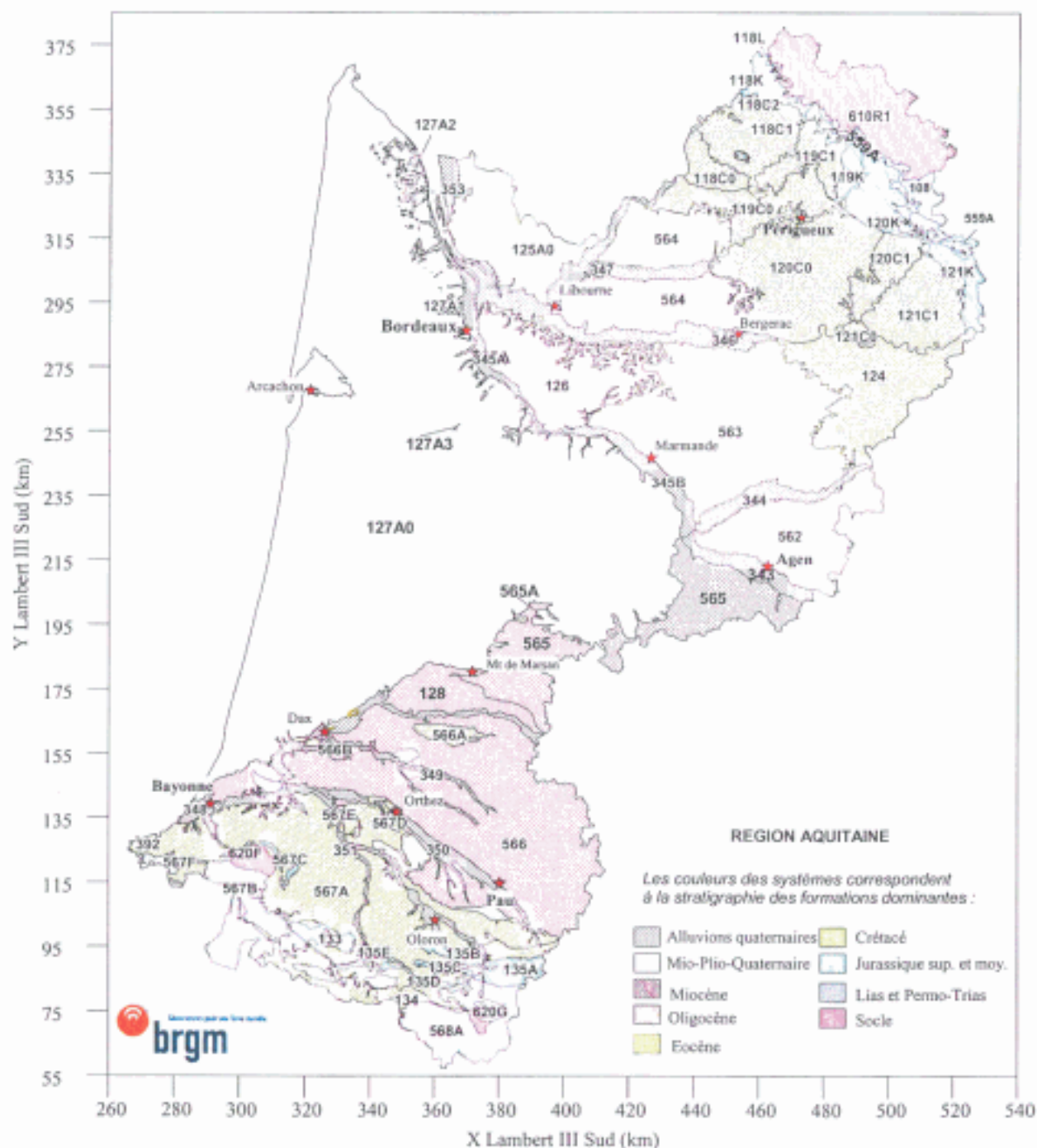
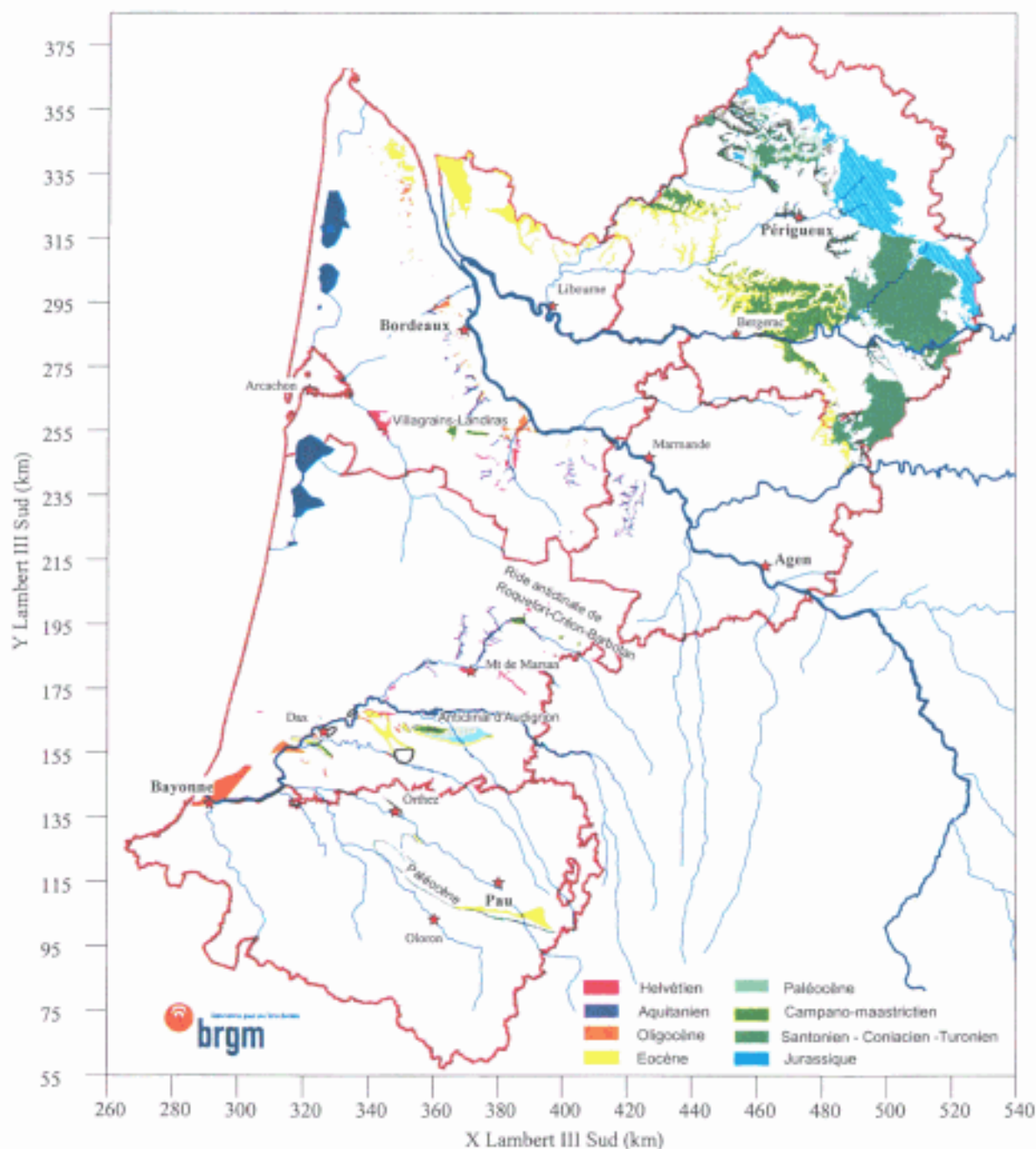


Figure 1 - Systèmes aquifères libres et domaines hydrogéologiques de l'Aquitaine



Type de système	Nombre de points d'eau	Nombre de points A.E.P.	% A.E.P. en fonction du total points d'eau	% A.E.P. en fonction du total A.E.P.
Libre	6758	467	3.1	25.4
Alluvial	3266	180	1.2	9.8
Captif	3777	805	5.3	43.8
Domaine	1394	310	2.0	16.9
Socle	113	76	0.5	4.1
	15308 *	1838	12.0	

* Il s'agit uniquement des points affectés d'un code système aquifère.

Tableau 1 – Répartition des points d'eau par système aquifère

1.1.1. Les systèmes aquifères libres

• *Systèmes sédimentaires superficiels*

Ils correspondent aux grandes nappes peu profondes, à surface libre, contenues dans les formations sédimentaires (calcaires, grès, sables...); il y a souvent plusieurs niveaux aquifères séparés par des strates moins perméables. Ces systèmes sont généralement limités par des cours d'eau.

Le plus important en superficie est le **127A0** couvrant 13 500 km² (depuis les axes Gironde-Garonne et Adour-Midouze jusqu'au littoral), soit **le tiers environ de la superficie du territoire aquitain**.

A ces systèmes sont rattachés les affleurements des nappes profondes captives, affleurements parfois très limités comme ceux du Crétacé supérieur au niveau de l'anticlinal de Villagrains-Landiras en Gironde (système 127A3 de moins de 1 km²) ou bien très morcelés comme ceux de l'Oligocène calcaire en rive gauche de la Garonne et de la Gironde (système 127A1 d'une superficie totale de 100 km² environ).

Dans l'ensemble des points d'eau captant un système identifié (15 308), **44 % captent ces aquifères**.

• *Systèmes alluviaux*

Ils sont la plupart du temps très exploités, en particulier par l'agriculture.

Les nappes alluviales sont captées par **21% des ouvrages recensés**.

1.1.2. Les domaines hydrogéologiques

• *En terrains sédimentaires*

En Aquitaine, ces domaines correspondent essentiellement aux formations "continentales" du Tertiaire des départements de la Gironde et de la Dordogne (domaine du "Sidérolithique"), de la Molasse (Lot-et-Garonne, est des Landes), du Flysch du piémont pyrénéen.

Ces domaines couvrent près de 15 000 km², soit **36% de la région Aquitaine** et les ouvrages qui captent les petits aquifères qu'ils renferment ne représentent que **9% des points d'eau recensés**.

• *En terrains cristallins (socle)*

Ils sont peu développés en Aquitaine et se rencontrent uniquement au nord-est de la Dordogne (système 610R1 du Limousin Sud) et dans les Pyrénées (massif paléozoïque basque d'Ursuya 620F et massif des Eaux Chaudes 620G). Sources et forages y représentent moins de 1% de l'ensemble des points d'eau de l'Aquitaine.

Ces nappes sont captées par **moins de 1 % des ouvrages recensés**.

1.1.3. Les systèmes captifs

Au nombre de 10 en Aquitaine (liste en annexe 1), les systèmes captifs correspondent aux grandes nappes profondes du bassin. D'une manière générale, ces aquifères profonds sont assez bien renseignés avec des évaluations assez exhaustives de leur exploitation.

A l'exception du système 232 (Lias et Infra-Lias au nord de la Dordogne), tous ces systèmes ont fait l'objet d'une modélisation : modèle régional Nord-Aquitain (figures 3 et 4) et modèle Sud-Adour-Garonne (figure 5). Les formations aquifères modélisées sont :

- modèle Nord: *Helvétien, Aquitanien, Oligocène, Eocène, Campanien, groupement Santonien-Coniacien-Turonien, Cénomanién, Jurassique*
- modèle Sud: *Oligocène, Sables Infra-Molassiques, Eocène inférieur, Paléocène, Sénonien supérieur et Sénonien inférieur.*

Les systèmes captifs sont captés par environ 25 % de l'ensemble des points d'eau recensés (exploités ou non). En Gironde, les systèmes 214 (Eocène de la partie nord du bassin) et 230 (Oligocène) sont très sollicités pour l'A.E.P.

Dans la partie sud du bassin, les Sables Infra-Molassiques (aquifère rattaché au système 214) et le Paléocène sont exploités pour l'A.E.P., l'irrigation et le thermalisme.

1.2. SYSTÈMES LIBRES ET SYSTEMES CAPTIFS – CARACTERISTIQUES ET PROBLEMATIQUES

1.2.1 Systèmes libres

Les systèmes libres d'Aquitaine peuvent être regroupés suivant leur degré de porosité/fissuration déterminant également leur vulnérabilité aux pollutions. On peut distinguer ainsi les aquifères :

- à porosité de matrice (sables, calcaires, grès),
- karstiques (calcaires),
- fissurés-fracturés (terrains cristallins : granite, gneiss, micaschistes).

1.2.1.1. Aquifères à porosité de matrice

Outre les systèmes alluviaux, il s'agit des aquifères suivants (tableau 2) dont certains incluent les affleurements des nappes profondes :

Code	Désignation et formations	Superficie km ²	Nombre d'ouvrages En base	A.E.P.	Prélèvements m ³ /an
108	Bassin de Brive Grès et arkoses du Paléozoïque	110	Aucun		?
118C2	Angoumois Affleurements du Cénomanién	15	1		?
118L	Angoumois – bordure du Limousin Jurassique inférieur	29	1		?
125A0	Blayais dont affleurements Eoc. et Oligoc.	930 (150)	259	20	5000 000
126	Entre-deux-mers dont Calc. à Astéries de l'Oligoc.	1060 (300)	543	8	400 000
127A0	Aquitaine occidentale-Landes Plio-quaternaire	13500	4173 *	64	Nombreux ouvrages non recensés
127A1	Aquitaine occidentale Affleurements du 230 (Oligocène)	100	411	22	2000 000
127A2	Aquitaine occidentale Affleurements du 214 (Eocène)	50	29	3	500 000
128	Formation sableuse d'Arengosse, Sables Fauves, Marsan	420	224	5	?

* dont 1135 agricoles et 1400 individuels

Tableau 2 – Aquifères à porosité de matrice en Aquitaine

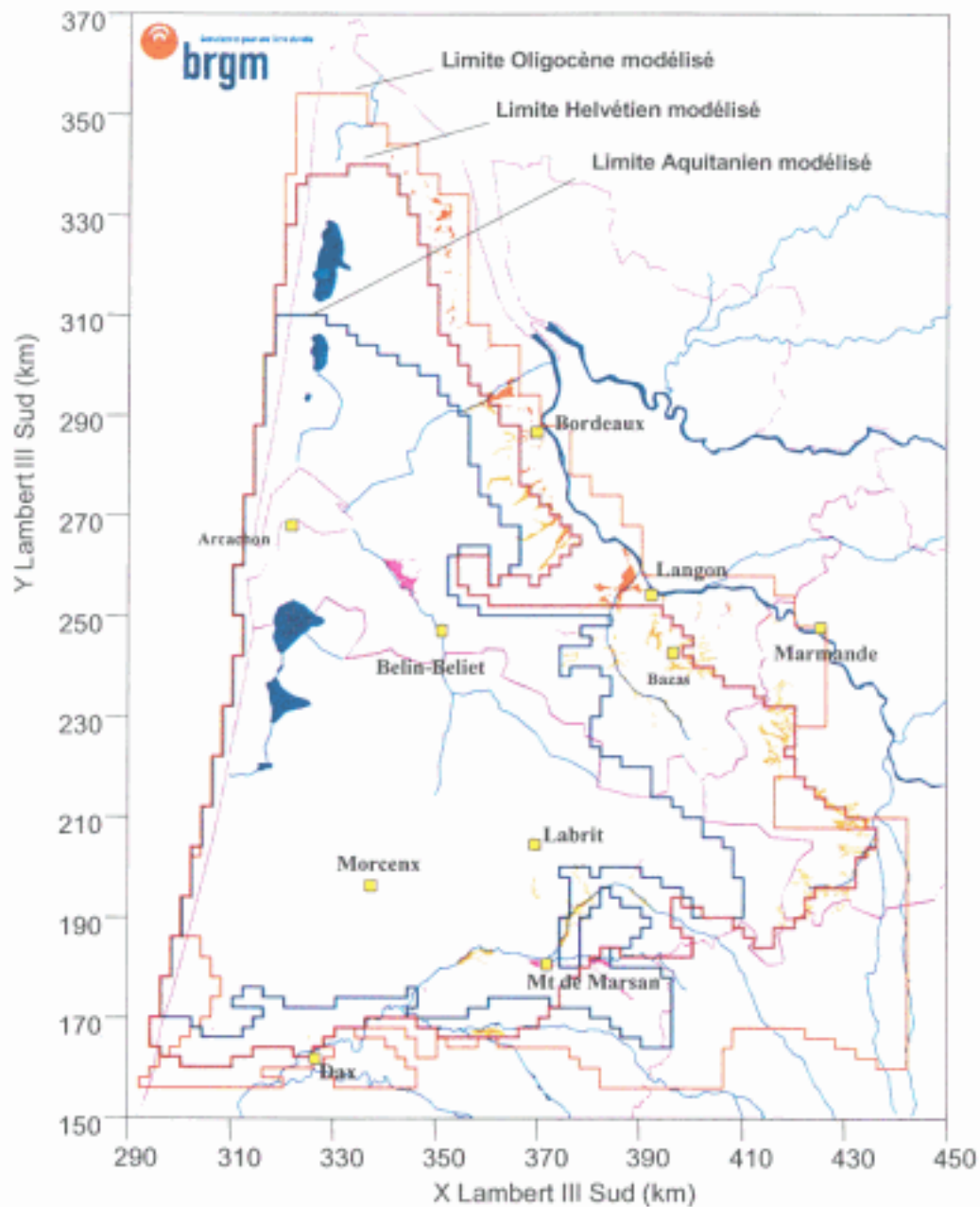


Figure 3 – Limite des couches aquifères de l'Helvétien, de l'Aquitainien et de l'Oligocène dans le modèle Nord-Aquitain

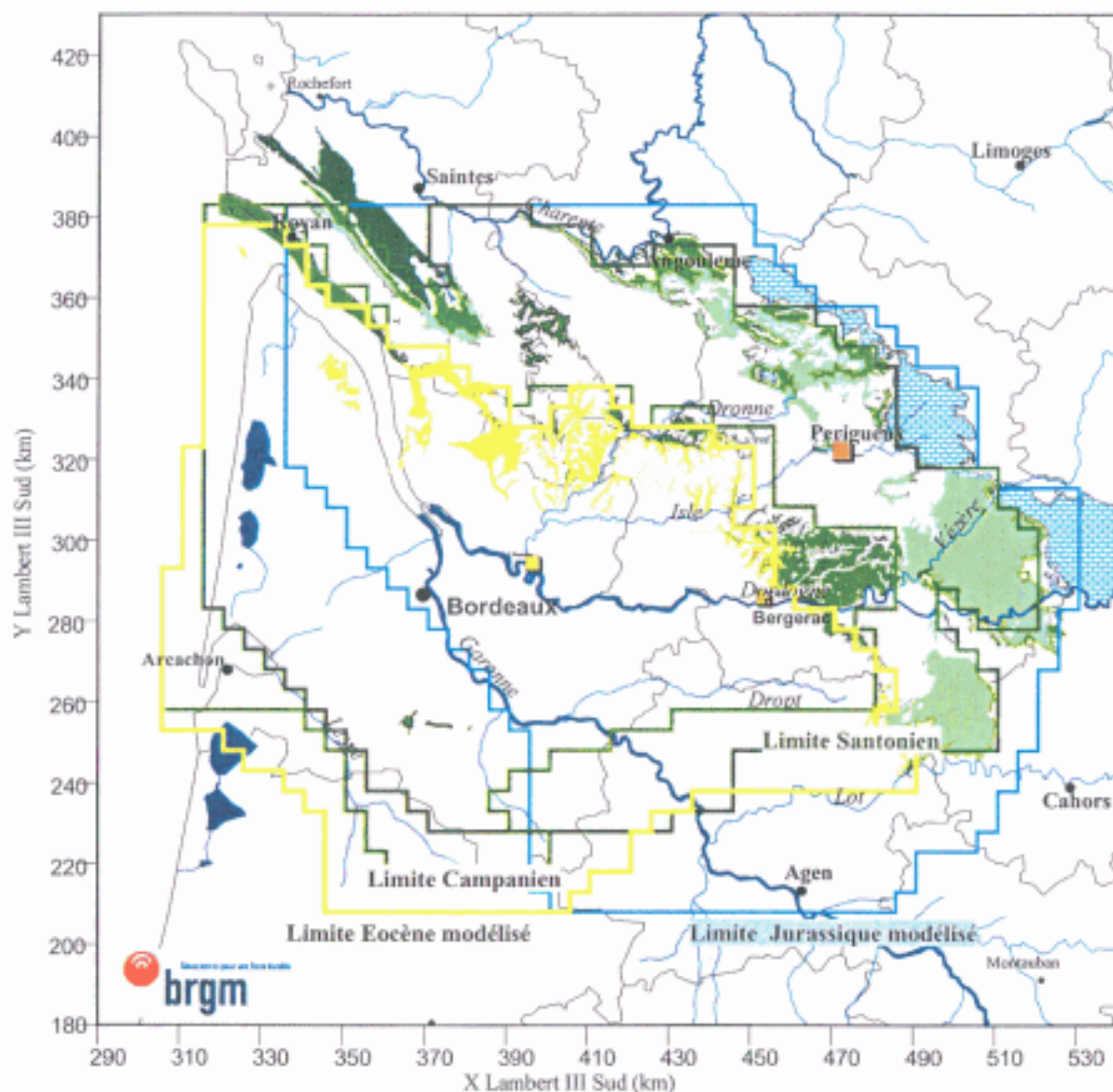


Figure 4 - Limites des couches Eocène, Campanien, Santonien et Jurassique du modèle Nord-Aquitain

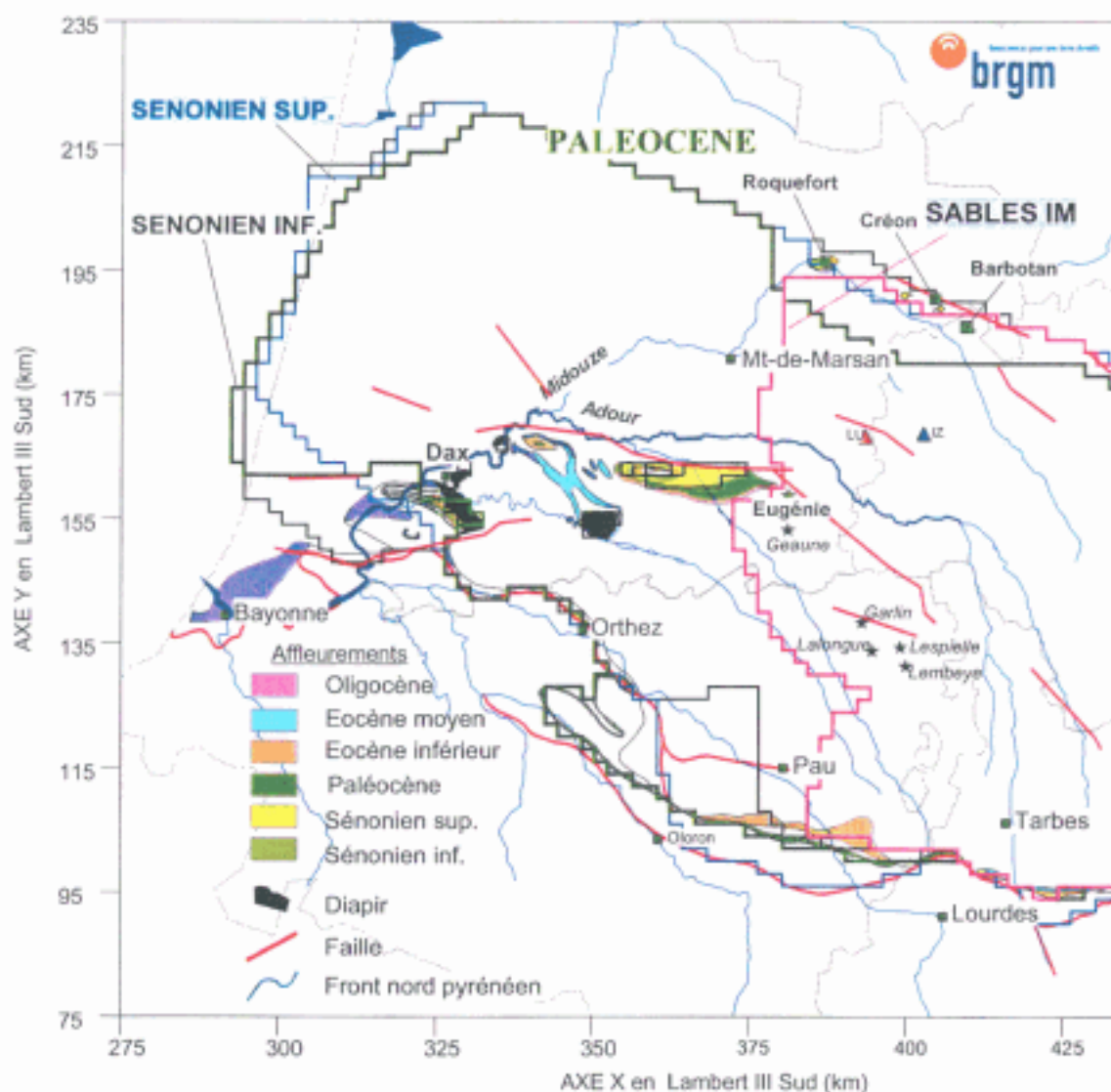


Figure 5 - Modèle Sud-Adour-Garonne : limite des couches modélisées

1.2.1.2. Aquifères karstifiés

Ils sont localisés essentiellement au nord-est de la Dordogne (tableau 3a page suivante) et dans la zone pyrénéenne (tableau 3b). Le degré de karstification est variable, mais le caractère karstique est néanmoins dominant par rapport au caractère poreux.

A la catégorie des aquifères karstiques, on peut rattacher le 127A3, affleurement de moins de 1 km² du système captif 231 (Crétacé supérieur) correspondant à l'anticlinal de Villagrains-Landiras.

Code	Désignation et formations affleurantes	Superficie km ²	Nombre d'ouvrages	A.E.P.	Prélèvements m ³ /an
118C0	Angoumois Campano-Maastrichtien	194 (3)	27	1	100 000
118C1	Angoumois Santonien-Coniacien-Turonien	550 (280)	80	17	1500 000
118K	Angoumois Jurassique moyen et sup.	150 (107)	27	8	300 000
119C0	Périgord nord Campano-Maastrichtien	325 (325)	55	6	1000 000
119C1	Périgord nord Santonien-Turonien	330 (180)	38	13	4600 000
119K	Périgord nord Jurassique moyen et sup.	150 (140)	15	9	1500 000
120C0	Périgord sud Campano-Maastrichtien	1382 (380)	158 S et 79 F	84	2500 000
120C1	Périgord sud Santonien-Coniacien-Turonien	316 (286)	63 S et 12 F	26	3700 000
120K	Périgord sud Jurassique moyen et sup.	300 (300)	11 S et 20 F	17	1400 000
121C0	Salardais-Martel Campano-Maastrichtien	45 (21)	4 S		?
121C1	Salardais-Martel Santonien-Turonien	650 (580)	158 S et 18 F	45	1000 000
121K	Salardais-Martel Jurassique moyen et sup.	200 (180)	30	14	1000 000
124	Bouriane (départements 24 + 47) Crétacé sup. et Jurassique sup.	1167	115 S et 53F	43	600 000

S = source F = forage

Tableau 3a - Aquifères karstifiés de la Dordogne

Code	Désignation et formations affleurantes	Superficie km ²	Nombre d'ouvrages en base	A.E.P.	Utilisation
133	Massif des Arbailles	100	25 sources	5	A.E.P. (5) et thermalisme (2)
134	Massif de la Pierre St Martin Et des Eaux Chaudes	127	30 sources	12	A.E.P., thermalisme eau minérale
135A	Massif de St Pé de Bigorre	225	13 sources, 1 forage	6	A.E.P., pastoralisme
135B	Chaînon calcaire de Bielle Lurbe	60	14 sources, 8 forages	6	A.E.P., thermalisme, Pastoralisme
135C	Chaînon calcaire de Sarrance	40	6 sources	3	A.E.P., thermalisme, Pastoralisme
135D	Massif de Layens	50	14 sources	12	A.E.P., pastoralisme
135E	Massif d'Ahargou	6	4 sources	4	A.E.P., pastoralisme

Tableau 3 b - Aquifères karstifiés de la zone pyrénéenne

1.2.1.3. Aquifères fissurés

les aquifères fissurés sont au nombre de 3, l'un est situé en limite nord-est de la Dordogne, les deux autres se trouvant dans la zone pyrénéenne.

Code	Désignation et formations rocheuses	Superficie km ²	Nombre d'ouvrages en base	A.E.P.	Utilisation
610R1	Limousin Sud Roches métamorphiques et granitiques	1070	47	42	Surtout A.E.P.
620F	Massif d'Ursuya (Pyrénées) Gneiss et micachistes	90	15 S et 40 F	32	Surtout A.E.P.
620G	Massif des Eaux Chaudes (Pyrénées) Granite	20	10 S et 1 F	2	Thermalisme, A.E.P.

S = source

F = forage

Tableau 4 – Aquifères fissurés (terrains de socle)

Remarque

De nombreux ouvrages, à usage individuel et agricole, captant les nappes les plus superficielles, ne sont pas encore recensés. De ce fait, les prélèvements dans ces nappes sont en général sous-estimés (en particulier dans le Quaternaire).

1.2.2. **Systèmes captifs**

les systèmes captifs sont au nombre de 10 en Aquitaine et correspondent à une dizaine de couches géologiques perméables allant du Miocène au Jurassique.

Le stock d'eau apparaît important mais le renouvellement est très lent, les zones d'alimentation situées à la périphérie de ces nappes étant peu étendues (pour l'Eocène nord-aquitain, 5% seulement de la superficie couverte par la nappe sont rechargés directement par infiltration, pour les Sables infra-molassiques, dans la partie sud du bassin Adour-Garonne, les affleurements représentent moins de 1 % de la zone occupée par la nappe).

En Aquitaine, plus de **200 millions de m³** sont prélevés chaque année dans ces nappes, (dont 150 millions de m³ en Gironde) essentiellement pour l'eau potable mais aussi pour l'industrie, le thermalisme, la géothermie, et dans une moindre mesure pour l'agriculture.

Ces nappes profondes présentent un certain nombre d'avantages :

- *elles couvrent une superficie importante, de 10 000 à 20 000 km² pour les plus étendues,*
- *les ressources sont disponibles à l'aplomb des besoins (transport réduit),*
- *elles présentent une forte inertie aux aléas climatiques,*
- *elles sont bien protégées des pollutions anthropiques de surface,*
- *elles garantissent une stabilité dans le temps de la qualité chimique des eaux pompées,*
- *elles offrent des possibilités de modulations inter annuelles, permettant d'augmenter les débits en période de crise.*

Inversement, les prélèvements par pompages induisent des baisses de niveaux pouvant engendrer des effets néfastes :

- *diminution du débit des sources,*
- *introduction d'éléments chimiques exportés des épontes de l'aquifère,*
- *risques d'intrusions d'eaux de moins bonne qualité aux limites du système aquifère (entrées d'eaux saumâtres, ou de qualité inférieure).*

Les enjeux sont de sauvegarder, en quantité et en qualité, l'essentiel des ressources en eau potable et d'assurer la mise en valeur durable des ressources en maîtrisant les risques et en satisfaisant au mieux tous les utilisateurs (A.E.P., thermalisme, agriculture,...).

Problématiques

En Gironde, 844 forages et sources captées (recensement 2000) ont permis d'extraire des nappes captives 152 millions de m³ (75 % pour l'adduction d'eau potable, 17 % pour l'agriculture et 5 % pour l'industrie). La communauté urbaine de Bordeaux est alimentée en eau potable uniquement à partir des eaux souterraines. La nappe de l'Eocène en Gironde, la plus menacée par l'exploitation, a fourni 62 M de m³ en 2000 et la nappe de l'Oligocène 63,5 M de m³.

Dans les nappes plus profondes du sud du bassin (paléocène et crétacé supérieur), ayant la région de Dax et d'Audignon comme exutoire principal, 19 millions de m³ étaient prélevés en 1995 (dernier recensement exhaustif), dont 3,8 millions de m³ pour les besoins du thermalisme. Quant à la nappe des sables infra-molassiques (qui s'étend également dans le Gers en région Midi-Pyrénées), près de 12 millions de m³ en ont été extraits en 1999, soit un doublement en 20 ans. Dans cette nappe, les prélèvements sont destinés à l'adduction d'eau potable (74%), l'irrigation (5%), le thermalisme (8%), l'industrie et la géothermie (13 %). Depuis une vingtaine d'années, les niveaux ne cessent de baisser, parfois de plus de 1 m par an.

Les ressources sont a priori abondantes mais inégalement exploitées et certaines nappes se trouvent en rupture d'équilibre, comme la nappe de l'Eocène moyen en Gironde et dans le Bergeracois ou encore la nappe des Sables Infra-Molassiques dans sa partie occidentale. En effet, pour ces nappes, la recharge directe par infiltration est peu importante, même si certaines couvrent un vaste territoire. L'importance des prélèvements se traduit donc par des baisses de niveau pouvant menacer les approvisionnements, tant sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif. Ainsi, en Gironde, jusqu'au début des années 1990, le niveau de la nappe Eocène a baissé pendant plusieurs décennies, parfois de façon alarmante, jusqu'à 30 à 40 m sous Bordeaux. Si, depuis quelques années, on observe une remontée sensible des niveaux au cœur de la dépression grâce à l'allègement des prélèvements de la communauté urbaine de Bordeaux, le cône de dépression s'agrandit néanmoins vers l'Est (Libourne, Coutras) et le Sud-Est (Auros, Verdélais,...) où les niveaux ne cessent de baisser.

Ailleurs, des préoccupations sur l'état de la ressource se manifestent également : c'est, par exemple, le cas de la nappe du Jurassique dans le Lot-et-Garonne où les niveaux baissent, notamment à Agen, ou dans le sud du bassin aquitain.

L'aquifère des Sables Infra-Molassiques est fortement sollicité dans sa partie occidentale et les niveaux de la nappe baissent sous l'influence conjuguée des prélèvements d'eau pour l'A.E.P. et l'irrigation (cet aquifère est également utilisé pour stocker du gaz: sites de Lussagnet et d'Izaute).

1.3. HIÉRARCHISATION DES SYSTÈMES AQUIFÈRES

Dans le cadre de l'organisation des réseaux de connaissance et de suivi des eaux souterraines dans le bassin Adour-Garonne, une détermination par système aquifère des niveaux de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines a été réalisée par le BRGM en 1998 à la demande de Agence de l'Eau Adour Garonne (Rapport BRGM/R-39484-FR – 1998).

1.3.1. Méthode de hiérarchisation

La méthode utilisée est décrite dans le rapport BRGM/R-38856-FR : *“ Méthode de détermination par système aquifère des niveaux de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines ”*.

La méthode propose de classer les systèmes aquifères en trois niveaux de surveillance :

- 1 = besoin important en matière de surveillance régulière de la qualité de l'eau ;
- 2 = besoin intermédiaire ;
- 3 = intérêt moindre en matière de surveillance régulière.

La classification a été établie en évaluant :

- 1) l'importance potentielle et stratégique de la nappe,
- 2) l'importance des usages et fonction de la nappe

Pour évaluer le premier niveau, les critères suivants ont été retenus :

- superficie,
- apports spécifiques (recharge par infiltration/superficie),
- taux de renouvellement de la ressource (rapport recharge/réserve),
- importance des réserves (appréciation),
- productivité moyenne,
- exclusivité de la ressource,
- relations avec le réseau hydrographique,
- état libre ou captif.

Le deuxième niveau d'importance a été évalué en prenant en compte les critères suivants :

- total des prélèvements,
- part des prélèvements A.E.P.,
- part des prélèvements industriels,
- part des prélèvements agricoles,
- évolution des prélèvements (observation tendancielle récente),
- variabilité saisonnière des prélèvements,
- tendance piézométrique pluri-annuelle,
- sensibilité à la sécheresse,
- fonctions identifiées de maintien de niveau et/ou de flux.

1.3.2. Résultats

Le classement établi est rappelé dans les tableaux 5, 6, 7 et 8 qui suivent.

Code système	Nom du système	Classement
118C0	ANGOUMOIS / CAMPANO-MAASTRICHTIEN	1
118C1	ANGOUMOIS / SANTONIEN-CONIACIEN-TURONIEN	1
118C2	ANGOUMOIS / CENOMANIEN	1
118K	ANGOUMOIS / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR	1
118L	ANGOUMOIS / LIAS DE BORDURE DU LIMOUSIN	1
119C0	PERIGORD NORD / CAMPANO-MAASTRICHTIEN	1
119C1	PERIGORD NORD / SANTONIEN-CONIACIEN-TURONIEN	1
119K	PERIGORD NORD / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR	1
120C0	PERIGORD SUD / CAMPANO-MAASTRICHTIEN	1
120C1	PERIGORD SUD / SANTONIEN-CONIACIEN-TURONIEN	1
120K	PERIGORD SUD / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR	1
121C0	SARLADAIS MARTEL / CAMPANO-MAASTRICHTIEN	1
121C1	SARLADAIS MARTEL / SANTONIEN-CONIACIEN-TURONIEN	1
121K	SARLADAIS MARTEL / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR	1
124	BOURIANE	1
125A0	BLAYAIS / EOCENE	1
133	MASSIF DES ARBAILLES	1
134	MASSIF DE LA PIERRE-SAINT-MARTIN ET DES EAUX-CHAUDES	1
108	BASSIN DE BRIVE	2
126	ENTRE-DEUX-MERS	2
127A0	LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / (MIO)-PLIO-QUATERNAIRE	2
127A1	LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / OLIGOCENE	2
127A2	LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / EOCENE	2
127A3	LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / CRETACE	2
128	MARSAN	2
135A	CHAINON CALCAIRE / MASSIF DE SAINT-PE-DE-BIGORRE	2
135B	CHAINON CALCAIRE / BIELLE LURBE	2
135C	CHAINON CALCAIRE / SARRANCE	2
135D	CHAINON CALCAIRE / MASSIF DE LAYENS	2
135E	CHAINON CALCAIRE / MASSIF D'AHARGOU	2

Tableau 5 - Hiérarchisation des systèmes libres

Code système	Nom du système	Classement
214	EOCENE ADOUR-GARONNE	1
235	MIOCENE	1
230	OLIGOCENE	1
234	GRAVIERS DE BASE PLIOCENE	1
231	CRETACE SUPERIEUR MAASTRICHTIEN	1
217	JURASSIQUE CALCAIRE MOYEN ET SUPERIEUR	1
215	CRETACE SUPERIEUR (POC ET AQUI)	1
233	PALEOCENE NORD-PYRENEEN	1
232	LIAS ET INFRA-LIAS D'AQUITAINE	1
236	CRETACE INFERIEUR DES BASSINS DE PARENTIS ET NORD-PYRENEEN	2

Tableau 6 – Hiérarchisation des systèmes captifs

Code système	Nom du système	Classement
343	GARONNE 2	1
344	LOT	1
345A	GARONNE 3 / ENTRE LANGON ET LE CONFLUENT DE LA DORDOGNE	1
345B	GARONNE 3 / ENTRLANGON ET LE CONFLUENT DU LOT	1
346	DORDOGNE	1
347	ISLE ET DRONNE	1
350	GAVE DE PAU	1
351	GAVE D'OLORON	1
353	GIRONDE	1
392	BIDASSOA	1
348	ADOUR	2
349	LUYS	2

Tableau 7– Hiérarchisation des systèmes alluviaux

Code système	Nom du système	Classement
562	AGENAIS	1
559A	FIGEAC TERRASSON / NORD	2
563	GUYENNE	2
564	DOUBLE ET LANDAIS	2
565	ARMAGNAC	2
565A	ARMAGNAC / STRUCTURE HAUTE DES LANDES	2
566	BEARN - SUD LANDES	2
566A	BEARN - SUD LANDES / STRUCTURES HAUTES DES LANDES	2
566B	BEARN - SUD LANDES / MASSIFS TRIASIQUES LANDAIS	2
567A	PYRENEES OCCIDENTALES / BASSIN DU FLYSCH	2
567B	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS PALEOZOIQUES BASQUES	2
567C	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS DE L'ARBEROUE ARMENDARITS	2
567D	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF DE SAINTE-SUZANNE	2
567 ^E	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF TRIASIQUE DE SALIES	2
567 F	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF DE LA RHUNE	2
568A	PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS PYRENEENS	2

Tableau 8 – Hiérarchisation des domaines

2. Exemples de gestion de la ressource à l'aide d'indicateurs piézométriques

2.1. LA NAPPE DES CALCAIRES DE BEAUCE

2.1.1. Caractéristiques

La nappe des calcaires de Beauce couvre une superficie de 9 000 km² sur 6 départements des régions Centre et Ile-de-France dans les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie.

Le réservoir, en forme de cuvette, est constitué par un empilement de formations essentiellement carbonatées (Calcaires de Pithiviers, d'Etampes, ..) mais aussi sableuses (Sables de Fontainebleau) d'âges Eocène à Aquitainien. Son épaisseur va en croissant vers le centre de la cuvette où elle atteint 190 m dans le secteur de Pithiviers.

Cette nappe représente donc une importante réserve d'eau souterraine ; elle alimente la Seine, le Loir, la Loire, directement ou par l'intermédiaire de petits affluents (Juine, Essonne, Eure, Conie, Aigre, Mauves, etc...) qui en dépendent entièrement pour leur écoulement.

La nappe de Beauce, nappe libre (sauf en quelques secteurs) est facilement accessible et les forages sont généralement très productifs. Elle est très sollicitée pour l'alimentation en eau potable, l'industrie, ainsi que l'irrigation, ce dernier usage s'étant considérablement développé depuis 1976 et surtout 1990.

Son alimentation dépend exclusivement des précipitations (essentiellement les pluies hivernales). Plusieurs épisodes de recharge déficitaire, l'accroissement des prélèvements, l'importance des enjeux qu'elle représente, ont poussé à la mise en place d'une politique de gestion.

La nécessité est ainsi apparue de disposer d'un indicateur qui reflète d'une manière simple, mais aussi fidèlement que possible, le niveau moyen de l'ensemble de la nappe de Beauce. C'est un tel indicateur qui a été mis au point en 1995.

2.1.2 Indicateur de référence et seuils d'alerte

L'évolution des niveaux de la nappe est suivie à l'aide de 77 stations de mesures (60 points de mesures mensuelles du réseau géré par la DIREN Centre, 17 points de mesures en continu du Réseau Piézométrique Régional géré par la DIREN Centre).

Partant de l'information fournie par ces piézomètres, l'indicateur de référence a été élaboré comme suit :

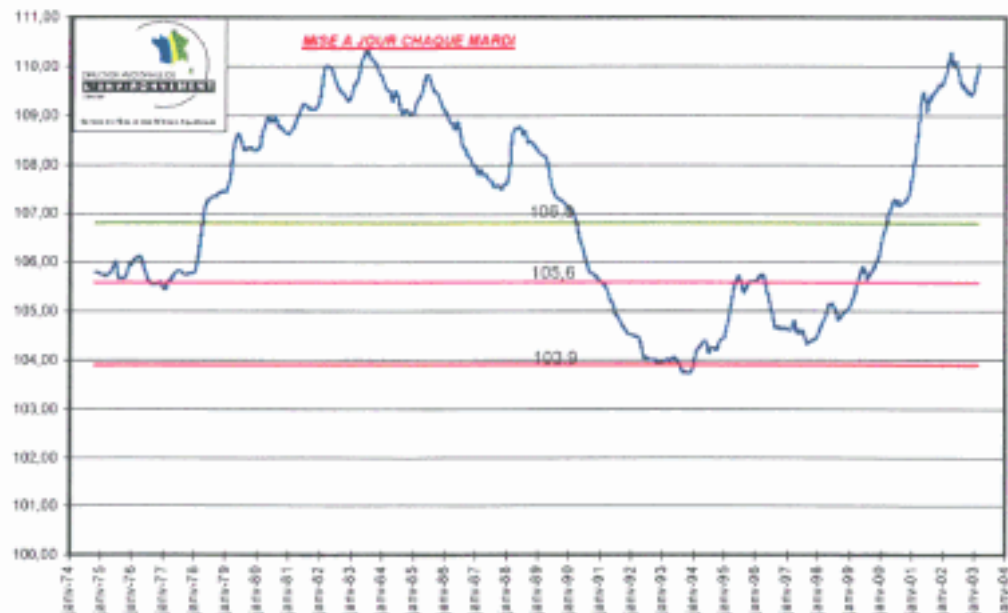
- subdivision de la nappe en 11 secteurs correspondant aux zones d'alimentation des principales rivières ("bassins versants souterrains" qui fluctuent dans le temps avec le niveau de la nappe),
- sélection d'un piézomètre représentatif dans chaque sous-bassin : 9 piézomètres suivis depuis au moins 20 ans et 2 suivis depuis 14 ans,
- calcul de l'indicateur de référence en effectuant la moyenne des niveaux d'eau mesurés dans les piézomètres retenus en pondérant chacun de ces niveaux par la superficie du bassin souterrain que le piézomètre contrôle.

L'indicateur est exprimé en mètre dans le nivellement général de la France (N.G.F.).

Une courbe est établie pour représenter l'évolution de cet indicateur depuis 1974. Elle est mise à jour toutes les semaines (figure 6).

*Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Piézométries d'objectif d'étiage et de crise
Année 1*

NAPPE DE BEAUCE-INDICATEUR DE LA SITUATION GÉNÉRALE AU 02/03/2003



Piezomètres de:
Epieds-en-Beauce; Ozeouer-le-Marché; Fains-la-Folie; Troncrainville; Ruat; St-Léger-des-Aubées; Anderville; Mainvilliers; Batilly en Gâtinais

DIREN Centre
04/03/2003

http://www.environnement.gouv.fr/centre/Hydrogeologie/REF_Beauce_chronique.pdf

NAPPE DE BEAUCE-INDICATEUR DE LA SITUATION GÉNÉRALE AU 02/03/2003

évolution depuis janvier 1997



Piezomètres de:
Epieds-en-Beauce; Ozeouer-le-Marché; Fains-la-Folie; Troncrainville; Ruat; St-Léger-des-Aubées; Anderville; Mainvilliers; Batilly en Gâtinais

DIREN Centre
04/03/2003

Les valeurs de l'indicateur, en ordonnée, sont exprimées en m NGF.

http://www.environnement.gouv.fr/centre/Hydrogeologie/REF_Beauce_97.pdf

Figure 6 – Seuils d'alerte pour la nappe des Calcaires de Beauce

Cet indicateur a été pris en compte dans la charte adoptée en 1995 entre l'administration et les organisations professionnelles pour la mise en place de premières mesures de limitation de l'irrigation. Pour déterminer leur déclenchement, trois seuils ont été retenus :

- seuil d'alerte n° 1 : 106,80 m (correspondant au niveau d'avril 1990),
- seuil d'alerte n° 2 : 105,60 m (correspondant au niveau de décembre 1976),
- seuil d'alerte n° 3 : 103,90 m (correspondant au niveau de janvier 1994).

Ces trois seuils ont été repris dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire-Bretagne (approuvé en juillet 1996) qui définit en outre le seuil n° 3 comme un seuil de crise.

2.2. NAPPE DU DOGGER ET DE L'OXFORDIEN DANS LE BASSIN DE LA COURANCE (DEUX-SEVRES)

2.2.1. Contexte

Le Mignon et son affluent la Courance font partie du bassin versant de la Sèvre Niortaise (figure 7). Le bassin versant de la Courance couvre une superficie de 150 km², dans les Deux-Sèvres et celui du Mignon 230 km² (dont une partie en Charente-Maritime).

Dans cette zone, le Jurassique affleure (Oxfordien terminal). Localement, les affleurements sont recouverts par des dépôts alluvionnaires qui occupent le fond des vallées de la Courance et du Mignon.

Le réservoir aquifère prépondérant est développé dans la frange d'altération des calcaires dont l'épaisseur est un facteur important de la productivité de l'aquifère. Dans les zones d'affleurement des calcaires, la nappe est libre mais devient captive sous des recouvrements d'alluvions argileuses.

Le mur de l'aquifère est formé, soit par les marnes oxfordiennes sous-jacentes, soit par la limite d'altération des calcaires.

La nappe étant fortement exploitée pour l'irrigation, une zone de gestion des usages de l'eau a été délimitée. A la demande de la *Mission InterServices Publics de l'Eau des Deux-Sèvres*, une étude a été réalisée (bureau d'études GEOAQUITAINE) pour définir des indicateurs d'état de la ressource, déterminer des seuils piézométriques d'alerte et mettre en place un dispositif de gestion des prélèvements.

Des propositions d'indicateurs ont été faites avec deux stations hydrométriques (une sur le Mignon et une sur la Courance) et trois piézomètres de référence à proximité des cours d'eau (deux pour la Courance et un pour le Mignon).

2.2.2. Seuils d'alerte

Les seuils d'alerte ont été déterminés à partir de l'observation des courbes piézométriques enregistrées sur 4 piézomètres (figure 7a) par le Conseil Régional de Poitou-Charentes depuis près de dix ans.

Les périodes printanières permettent d'observer les courbes de tarissement naturel de la nappe et d'évaluer ainsi approximativement la cote de tarissement prévisible, sans pluviométrie printanière ou estivale (figure 7b).

Ces niveaux qui devraient théoriquement n'être atteints qu'en fin de période estivale, ont été retenus pour fixer les seuils d'alerte 1 sur chacun des ouvrages (profondeur de -5 m au piézomètre de St Hilaire).

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Piézométries d'objectif d'étéage et de crise
Année 1

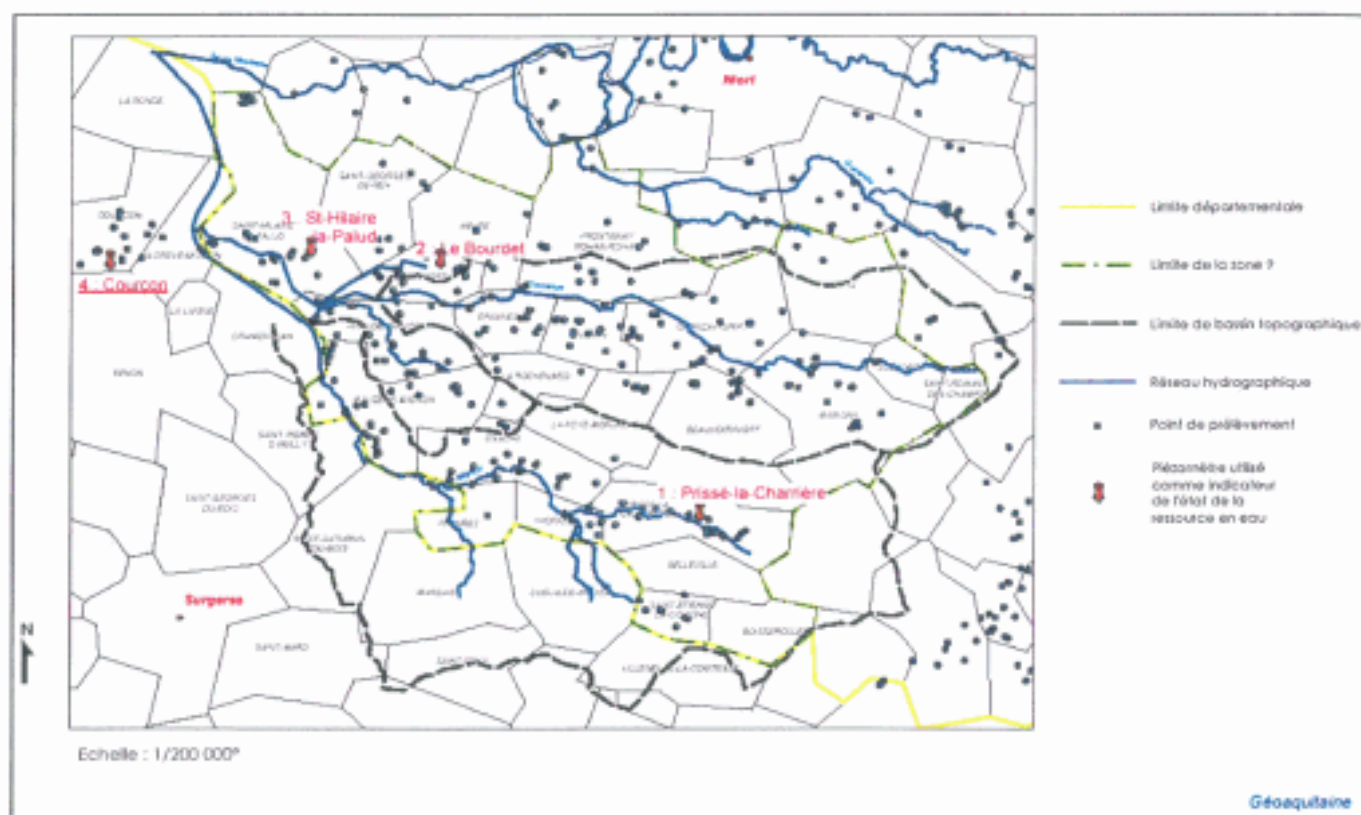


Figure 7a – Bassin versant du Mignon et de la Courance et localisation des piézomètres utilisés pour définir des seuils d'alerte

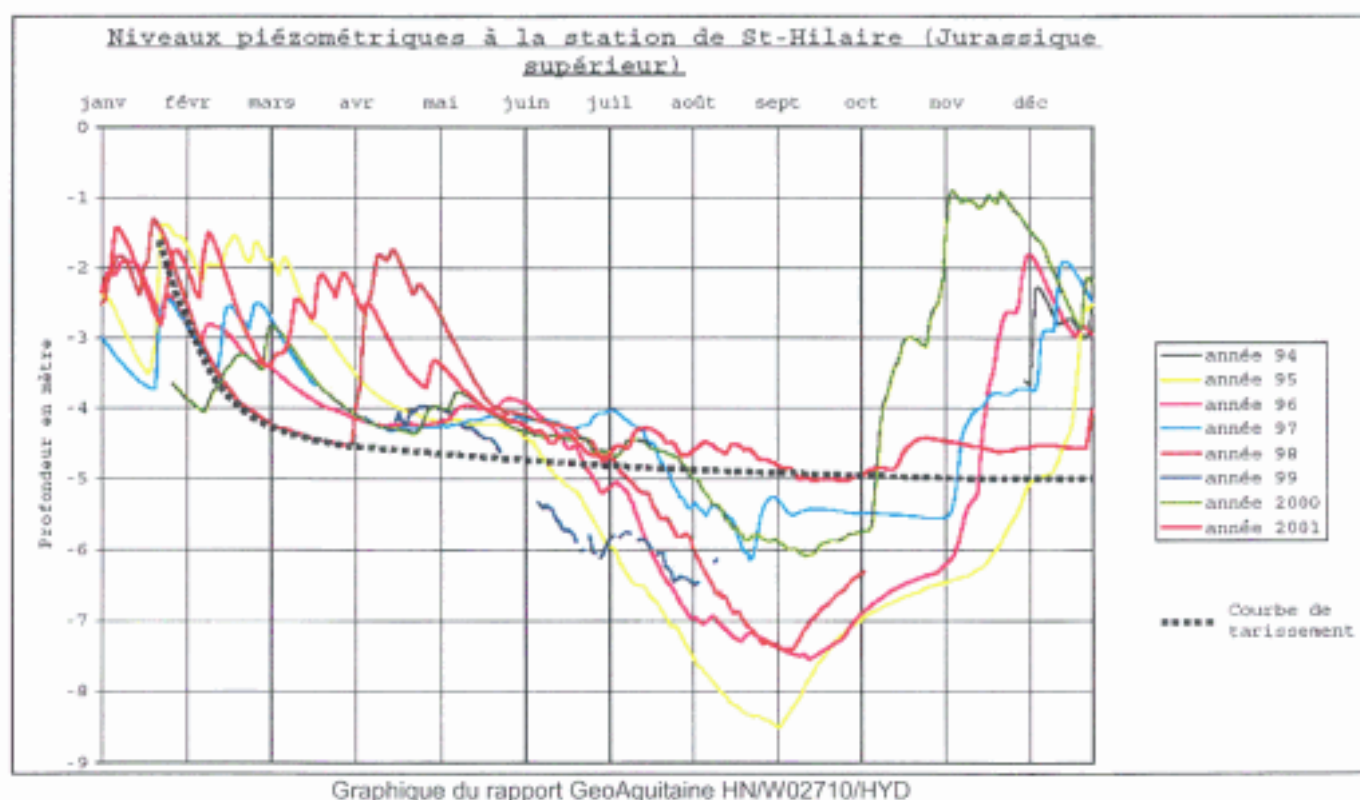


Figure 7b – Piézomètre de St Hilaire - Courbe de tarissement théorique

Trois piézomètres ont été conservés pour la gestion des alertes, qui comporte 3 niveaux (figure 8).

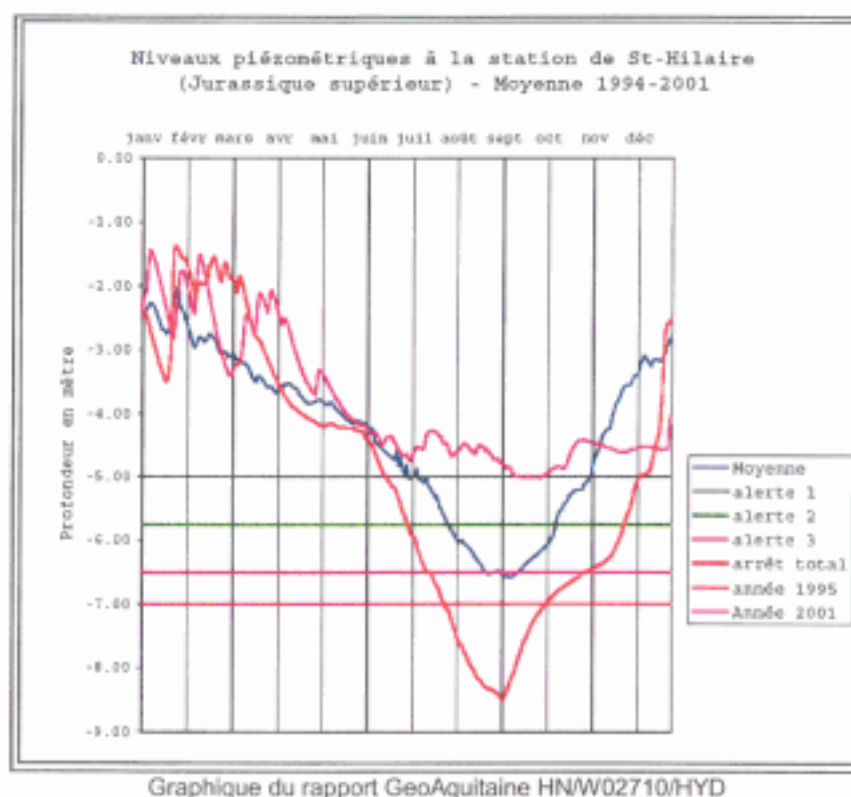


Figure 8 – Seuils d'alertes définis au piézomètre de St Hilaire

Pour le déclenchement des alertes, le dispositif suivant a été proposé :

- Alerte 1 : lorsque deux ouvrages atteignent le niveau d'alerte 1 ou lorsqu'un ouvrage atteint le niveau d'alerte 2,
- Alerte 2 : lorsque deux ouvrages atteignent le niveau d'alerte 2 ou lorsqu'un ouvrage atteint le niveau d'alerte 3,
- Alerte 3 : lorsque deux ouvrages atteignent le niveau d'alerte 3 ou lorsqu'un ouvrage atteint le niveau d'arrêt total,
- Arrêt total : lorsque deux ouvrages atteignent le niveau d'arrêt .

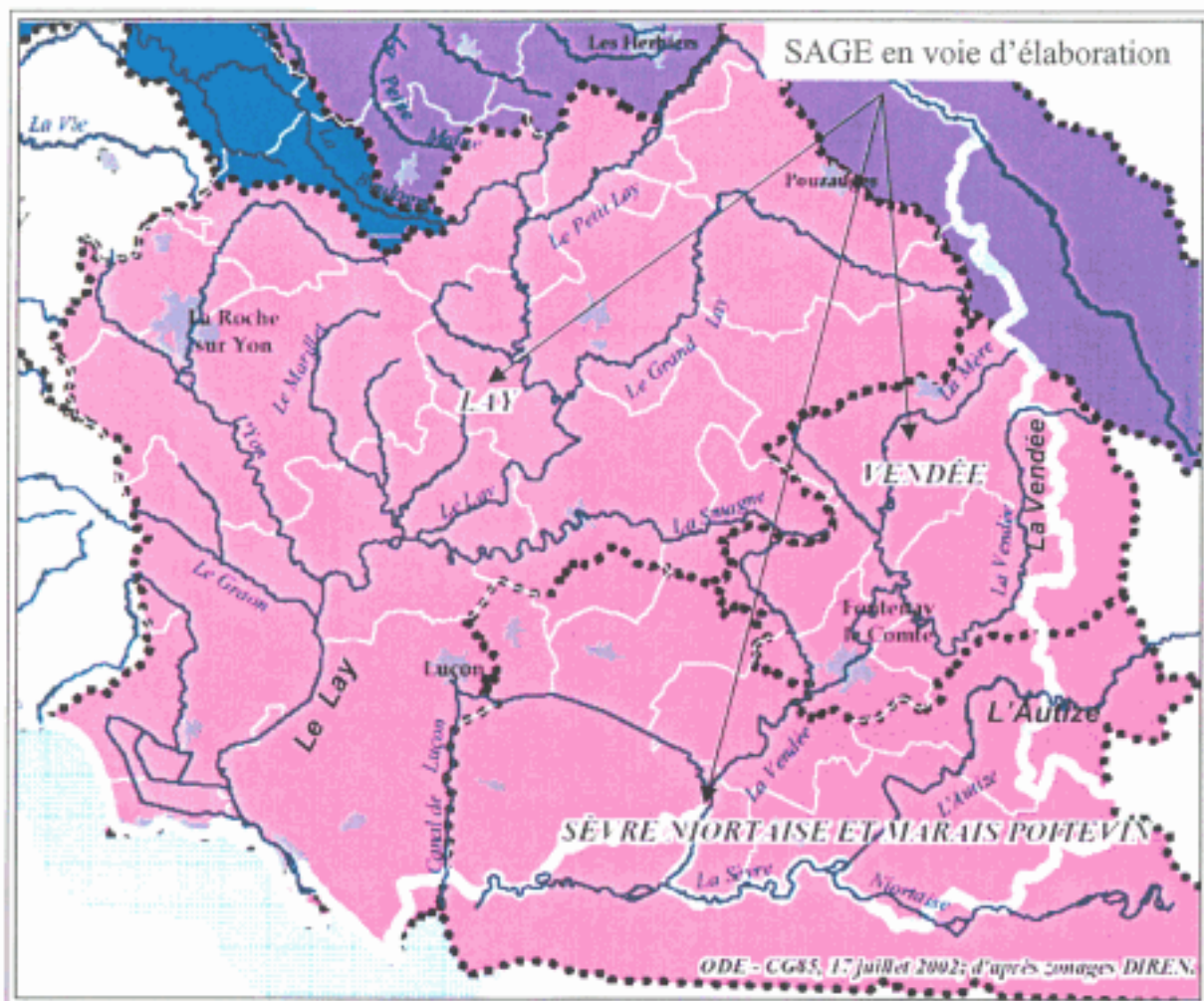
2.3. NAPPES DU SUD DE LA VENDÉE

2.3.1. Contexte

Les nappes du sud de la Vendée (figure 9a) sont contenues dans deux formations de calcaires du Jurassique : le Lias et le Dogger.

Elles sont intensément exploitées pour l'irrigation ce qui conduit à une réduction du soutien d'étiage aux cours d'eau drainants et une diminution de l'alimentation de la bordure du marais poitevin.

L'importance de l'impact est dû au fait que la recharge des nappes est faible au moment où les prélèvements, notamment ceux liés aux activités agricoles, sont les plus élevés.



Extrait de la carte "Etat d'avancement des SAGE de Vendée"

<http://observatoire-eau.vendee.fr>

Figure 9a – Localisation des nappes du sud de la Vendée faisant l'objet d'une gestion volumétrique des prélèvements.

Une étude hydrogéologique réalisée en 1995 (CALLIGÉE, 1995, *Etude globale pour la gestion de la ressource en eau souterraine*, Rapport de fin d'étude) souligne que " *ce n'est pas tant le caractère excédentaire ou déficitaire de la recharge qui influe sur l'état de la piézométrie du début du mois de juin mais l'époque à laquelle se produit cette recharge*". Selon l'étude, une recharge tardive permet de gagner jusqu'à 1 mètre dans le niveau piézométrique par rapport à une recharge de même intensité étalée entre octobre et mars.

Le document - *Gestion des nappes du Sud-Vendée pour l'année 2003*, DDAF de Vendée - mentionne que :

" *au fil des ans, les associations de défense de l'Environnement présentes au Comité de Gestion des nappes du Sud-Vendée, ont plusieurs fois appelé l'attention sur le tarissement de plus en plus précoce des résurgences de bordure de marais. Ce phénomène, les années très sèches, est susceptible de se produire dès le mois de Mai...*"

2.3.2. Gestion volumétrique et cotes piézométriques d'arrêt.

Afin de limiter l'impact des prélèvements agricoles sur le soutien d'étiage des cours d'eau et sur l'alimentation de la bordure du marais poitevin, un protocole de gestion destiné à réguler ces prélèvements a été instauré en 1992. Depuis cette date, le protocole a été perfectionné à mesure que la connaissance du fonctionnement de l'hydrosystème progressait. Actuellement, il repose sur un système d'attribution de volumes pré-calculés aux exploitations agricoles.

Pour chaque bassin concerné (Lay, Vendée, Autize) des volumes disponibles pour l'irrigation sont définis (28,8 Mm³ en 2002 répartis sur les 3 bassins).

Des cotes d'arrêt sont fixées comme sécurité contre une surestimation possible des volumes attribués par secteur : en cas de franchissement de ces cotes, il y a suspension immédiate des prélèvements. La reprise de ceux-ci est subordonnée à une remontée significative des niveaux de la nappe.

Respect du protocole (extrait du document : "*Gestion des nappes du Sud-Vendée pour l'année 2003*", DDAF de la Vendée).

"*Les pompages sont soumis au régime de l'auto-surveillance. Chaque irriguant communique, à la date fixée, le relevé de ses compteurs à la DDAF, qui est en charge de la Police de l'Eau.*"

Des contrôles inopinés pourront avoir lieu à tout moment pour vérifier la validité des informations fournies par les exploitants....

Lorsque les niveaux piézométriques atteindront, au cours de l'été, sur les bassins du Lay et de la Vendée, +1,5 m par rapport à la cote d'arrêt, le franchissement sera signalé par tous moyens utiles et des conseils seront diffusés visant à éviter l'arrêt total. Sur le bassin de l'Autize, une cote d'alerte est instituée à +2,5 m NGF".

Pour l'année 2004, il est prévu que la profession agricole "s'associera à l'étude destinée à mettre en cohérence les principes de gestion des eaux de surface et souterraine et à économiser la ressource. Pour tenir compte des particularités de chaque secteur, des groupes de travail locaux se réuniront et conviendront de la méthodologie à adopter pour y parvenir" (extrait du document : *Gestion des nappes du Sud-Vendée pour l'année 2003*", DDAF de la Vendée).

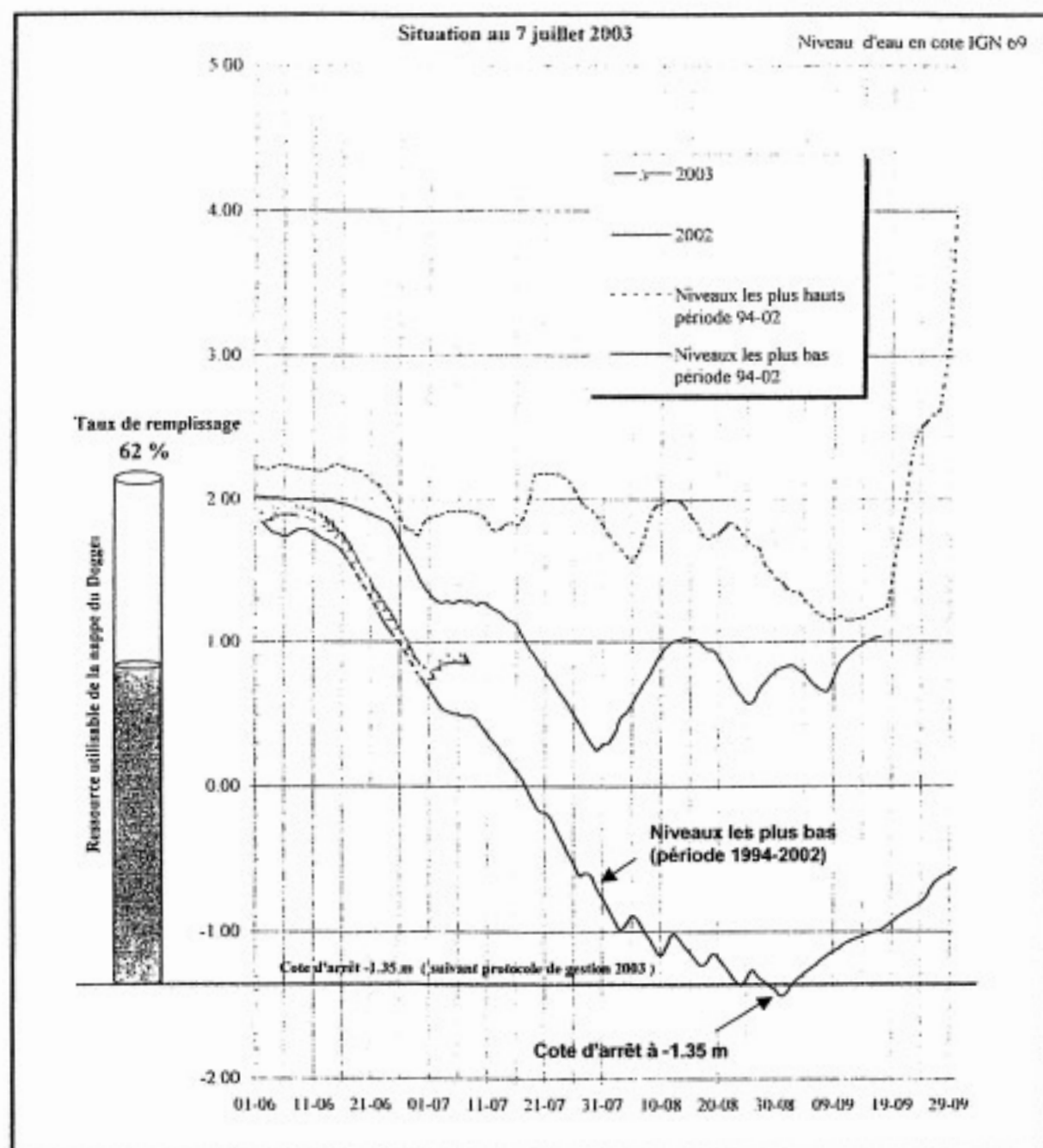


Figure 9 b – Exemple de cote piézométrique d'arrêt fixée en fonction d'historiques piézométriques
(Source : Service Départemental d'Hydrogéologie – Conseil Général de Vendée)

2.4 CAS DES NAPPES PROFONDES DE GIRONDE

2.4.1. Contexte

Dans le cadre du SAGE "Nappes profondes de Gironde", des indicateurs piézométriques de gestion et de crise ont été proposés (rapport BRGM/RP-51777-FR, Juin 2002).

- *Piézométrie objectif de gestion*

Elle a été obtenue à l'aide du modèle Nord-Aquitain en réalisant une simulation intégrant les objectifs de prélèvements définis dans le document du SAGE « *Les orientations de gestion* ».

- *Piézométrie d'alerte*

Pour chaque nappe, elle est issue de la simulation du scénario tendanciel présenté dans le document du SAGE "Tendances et scénarios".

Les points du réseau de contrôle de ces nappes ont été affectés d'une valeur de piézométrie d'alerte nécessaire au calcul des indicateurs.

- *Piézométrie de crise*

Elle s'applique non seulement aux zones où il peut y avoir directement émergence d'une situation de crise (zone du "bourrelet" estuarien), mais aussi aux zones qui peuvent générer une situation de crise par effet de propagation d'influence (par exemple la dépression de la région Bordelaise si elle s'étendait vers la zone du "bourrelet").

2.4.2. Définition des indicateurs

On définit, dans un premier temps, un indicateur piézométrique par point (indicateur de suivi piézométrique ISP). Puis, pour un secteur géographique donné un indicateur agrégé caractérisant l'état piézométrique du secteur (indicateur d'état piézométrique IEP) et la position de cet état par rapport à l'objectif (indicateur de réalisation d'objectif piézométrique IOP).

a) Hors zone "à risque"

Hors des zones à risque, il est mal aisé de définir une "piézométrie de crise" qu'il vaut mieux remplacer par la notion de "piézométrie d'alerte" correspondant à la piézométrie du scénario tendanciel à l'horizon 2015.

Il s'agit bien d'une piézométrie que l'on ne souhaite pas obtenir (car cela serait un retour à une exploitation trop intensive des nappes) sans pour cela qu'il y ait véritablement une crise. Avec une valeur de piézométrie d'objectif de gestion et une valeur de piézométrie d'alerte, toutes deux issues de simulations, il est alors possible de construire, pour chaque piézomètre, l'indicateur suivant relatif à un point donné et pour l'année i considérée (indicateur de suivi piézométrique ISP) :

$$ISP = \frac{\overline{H_i} - H_{sct}}{H_{obj} - H_{sct}}$$

$\overline{H_i}$ est la **valeur moyenne** de la piézométrie calculée sur l'année i ,

H_{obj} est la valeur de la piézométrie d'objectif,

H_{sct} est la valeur de la piézométrie correspondant au scénario tendanciel ("piézométrie d'alerte").

b) Zone "à risque"

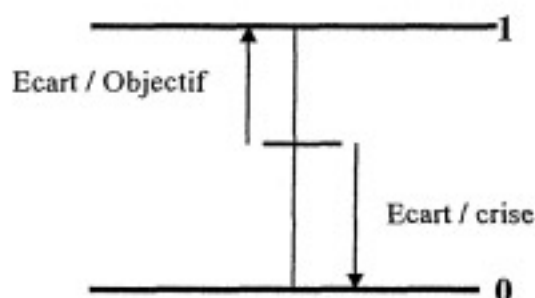
On définit alors une **piézométrie de crise**. On peut garder le même indice en remplaçant la valeur de la piézométrie d'alerte H_{sd} par la valeur de la piézométrie de crise H_{cr} .

2.4.3. Illustration

Lorsque ISP tend vers 0, la cote "**d'alerte**" se précise (s'il est négatif cette cote est dépassée).

Lorsqu' il tend vers 1, on se rapproche de l'objectif de gestion.

Si l'indice est supérieur à 1, l'objectif est dépassé (situation sécuritaire).



ISP peut être exprimé en % et être alors interprété en terme d'*écart relatif* par rapport à la piézométrie d'alerte.

Corrélativement, $(1-ISP) \times 100$ exprime un *écart relatif* par rapport à la piézométrie d'objectif et mesure en quelque sorte "l'effort" qu'il reste à fournir pour atteindre un objectif par rapport un effort maximum qui serait celui à fournir si l'on partait d'un niveau de crise (ou d'alerte).



3. Caractérisation des nappes ou secteurs de nappes retenus pour l'étude

3.1. EOCÈNE BERGERACOIS

Le secteur d'étude est délimité au Nord par la Dronne, au Sud par le Dropt, et s'étend de Castillon-La-Bataille à l'Ouest aux affleurements du Crétacé à l'Est (figure 10) sur les départements de la Dordogne, de Gironde et de Lot-et-Garonne.

Dans ce qui suit, pour simplifier, on désignera par Bergeracois l'ensemble de cette zone.

3.1.1. Caractérisation géologique

Dans le secteur étudié, 3 niveaux de l'Eocène peuvent être différenciés :

- *Eocène inférieur* : sables grossiers et graviers très peu argileux,
- *Eocène moyen* : calcaires gréseux de plate-forme (Calcaires de Blaye) et sables hétérométriques alternant avec des argiles dont la proportion va croissante du Nord au Sud,
- *Eocène supérieur* : molasse inférieure (niveaux sablo-graveleux les plus inférieurs), formations argilo-sableuses à argileuses, calcaires lacustres interstratifiés (calcaires des Ondes, de St Cernin, d'Issigeac). Ces niveaux carbonatés jouent le rôle de "collecteurs" par l'intermédiaire de structures karstiques permettant la formation de nombreuses sources (mais à débits très faibles).

La succession de séquences fluviales chenalées entraîne une hétérogénéité verticale et latérale des faciès, ce qui entraîne des interconnexions entre les différentes couches perméables.

Dans le secteur de Bergerac, les sables de l'Eocène inférieur ne sont séparés des formations calcaires du Crétacé supérieur que par quelques mètres d'argiles. Des liaisons hydrauliques sont donc possibles avec drainage ascendante, du Crétacé vers l'Eocène.

Pour définir ces 3 réservoirs aquifères, 254 forages ont été analysés stratigraphiquement et lithologiquement. Pour chacun d'eux, une cartographie en isovaleurs du toit et du mur a été réalisée (Annexe 2.1).

3.1.2. Piézométrie

Les points d'eau recensés (303) se répartissent comme suit (Annexe 2.2) :

- 79 captent l'Eocène supérieur,
- 61 captent l'Eocène moyen,
- 39 captent l'Eocène inférieur,
- 29 captent plusieurs aquifères,
- 95 n'ont pu être répartis par manque d'information géologique.

Sur le seul département de la Dordogne, ont été dénombrés:

- 48 points " Eocène supérieur ",
- 24 points " Eocène moyen ",
- 7 points " Eocène inférieur ",
- 17 points captant 2 ou 3 niveaux ",
- 46 points sans affectation de couche.

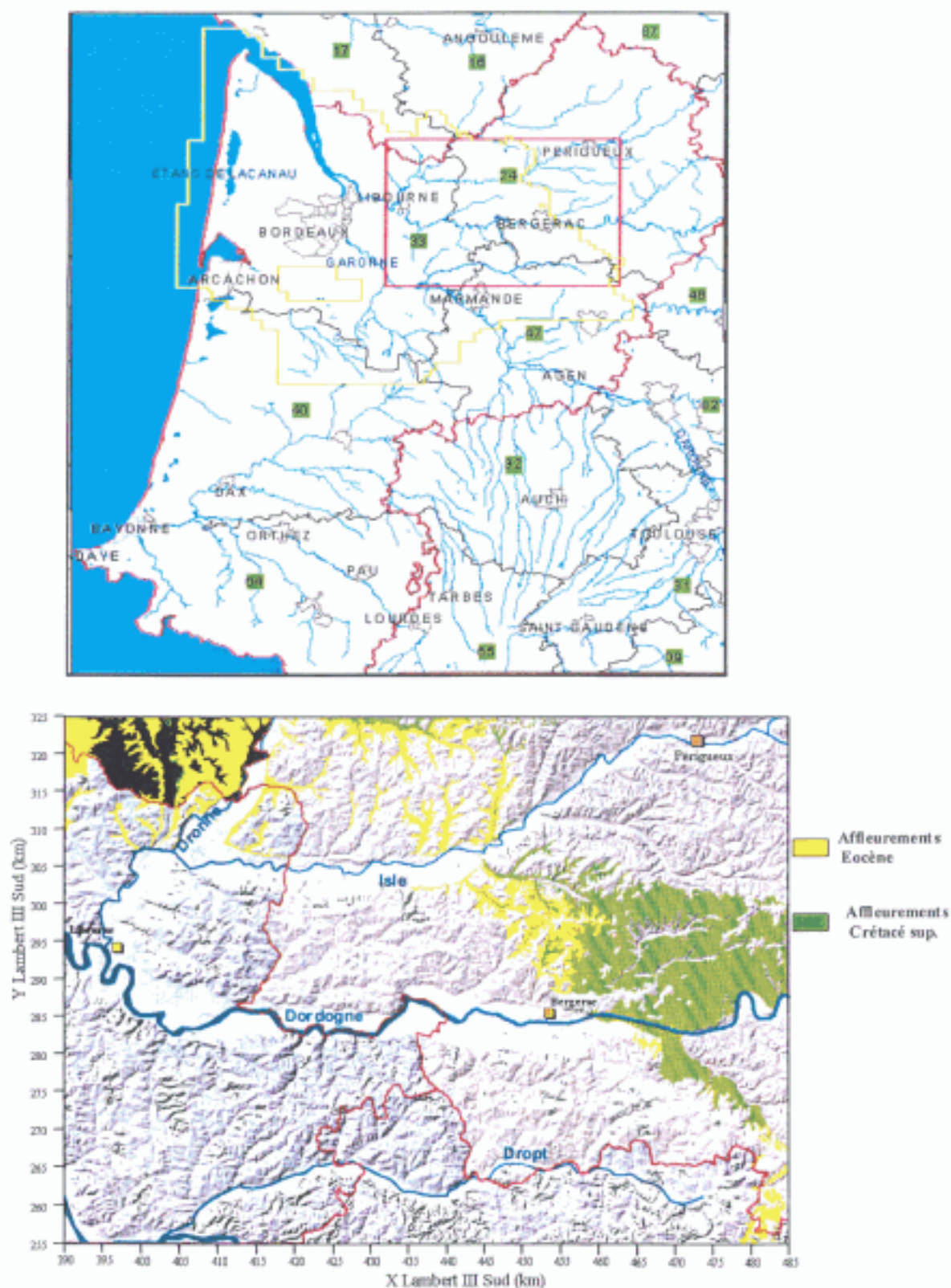


Figure 10 – Extension de la zone d'étude de l'Eocène du Bergeracois

3.1.2.1. Chroniques

La superposition d'une vingtaine de chroniques piézométriques (28, cf. figure 11) caractérisant les 3 couches Eocène (mais Eocène moyen et Eocène inférieur essentiellement) fait clairement apparaître un comportement d'ensemble de la nappe caractérisé par :

- une baisse continue sur la plupart des points de l'Eocène moyen et de l'Eocène inférieur, atteignant 20 à 25 m pour ceux possédant les chroniques les plus longues entre 1970 et 2000 (les niveaux passent de 20-25 m au début des années 1970 à 0 en 2000),
- un comportement similaire des points de l'Eocène moyen et des points de l'Eocène inférieur (en valeur des niveaux et en pente des courbes), ce qui tend à confirmer l'existence d'une continuité hydraulique en de nombreux secteurs (disparition locale de l'éponte imperméable).

Il existe peu de données concernant l'Eocène supérieur (4 ouvrages seulement ont des chroniques piézométriques). Pour autant que l'on puisse en juger d'après la figure 11, cette couche possède son comportement propre, indépendant de celui des deux autres formations.

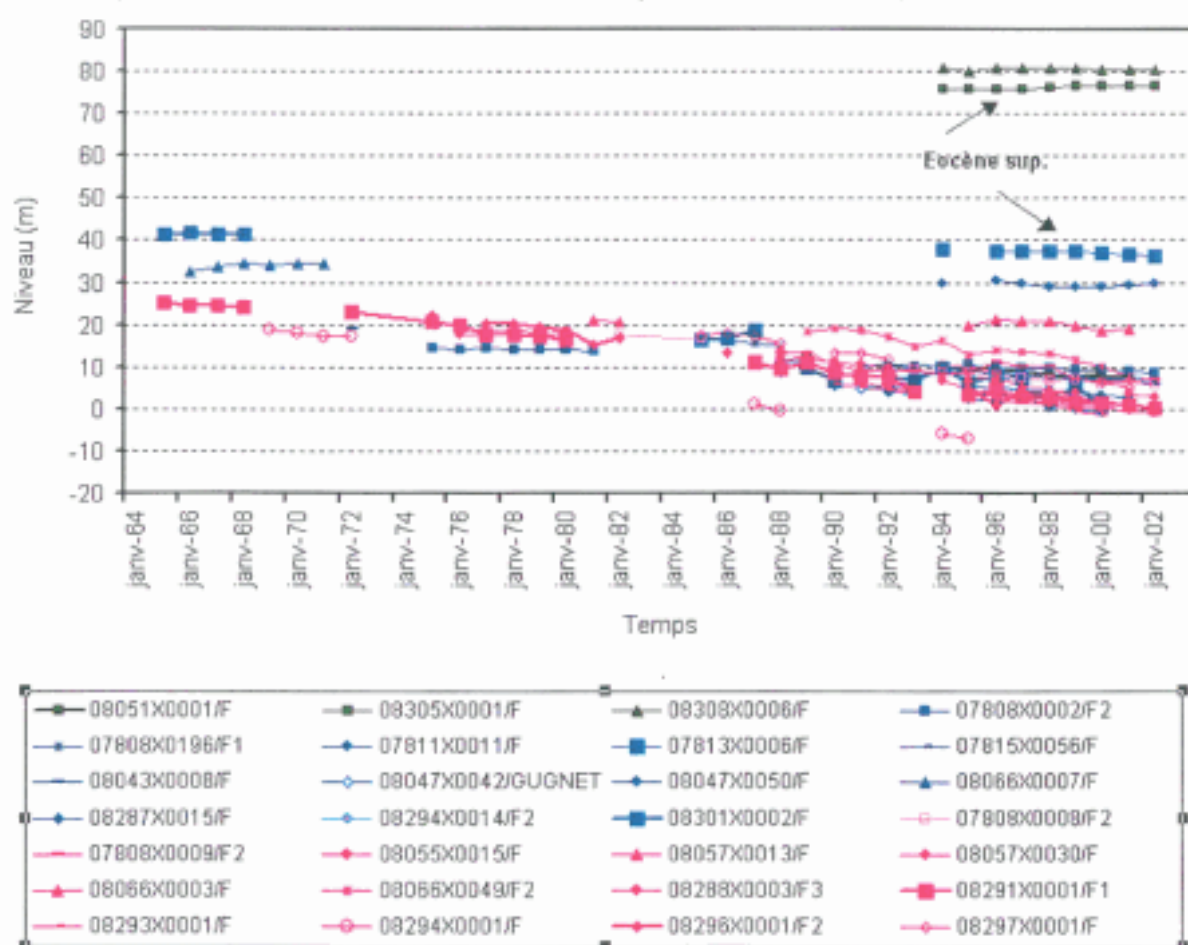


Figure 11 – Chroniques piézométriques dans l'Eocène (supérieur, moyen et inférieur)

Remarque :

Certains ouvrages dans les vallées de la Dordogne et de l'Isle ont perdu leur caractère artésien initial.

3.1.2.2. Cartes

Les mesures de la piézométrie faites en 2000 sur les ouvrages captant l'Eocène Moyen, l'Eocène Inférieur et sur ceux captant ces deux aquifères à la fois ont été regroupées pour tracer une carte piézométrique d'ensemble (compte tenu de la continuité hydraulique fréquente de ces deux couches). Malgré ce regroupement le nombre de points reste faible pour assurer une fiabilité du tracé.

Si l'on compare cette carte avec celle établie en 1991 (annexe 2.3), on constate nettement la baisse générale des niveaux dans tout le secteur, avec notamment une avancée vers l'Est de la courbe de niveau 0 de la dépression piézométrique girondine.

Il y a vraisemblablement dans la zone étudiée une baisse régionale imputable à la progression du cône de dépression girondin à laquelle se superposent des baisses locales déterminées par les prélèvements importants dans la vallée de la Dordogne à l'ouest de Bergerac et dans les vallées de l'Isle et de la Dronne à l'ouest de Montpon-Menestrol.

3.1.3. Prélèvements

Les prélèvements sur la zone d'étude passent de quelques milliers de m³ en 1950 à 16 millions de m³ en 1998. En 2000, ils sont de l'ordre de 14 millions de m³ (figure 12).

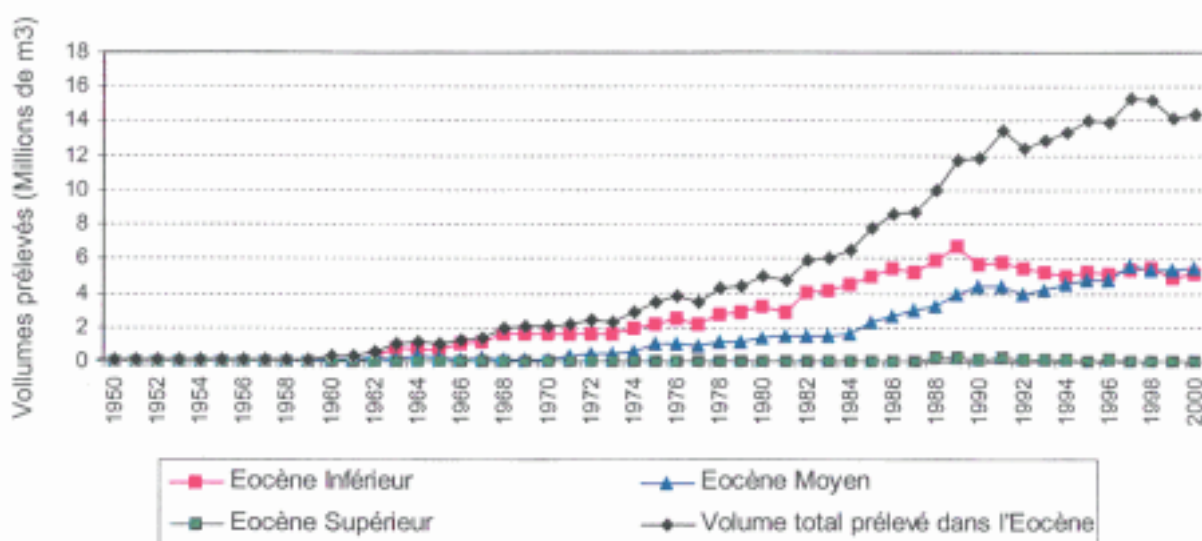


Figure 12 - Evolution des prélèvements dans les aquifères Eocène du Bergeracois

L'Eocène Inférieur est l'aquifère le plus sollicité et cela depuis 1960. Néanmoins, on note une baisse des prélèvements dans cette nappe depuis 1990, puis leur stabilisation autour de 4 millions de m³ à partir de 1994.

L'augmentation des prélèvements dans l'Eocène moyen a commencé plus tardivement, vers 1970, mais les volumes prélevés ne cessent d'augmenter depuis.

Remarque:

Certains forages exploités n'ont pu être attribués à l'un des trois réservoirs : les prélèvements ont alors été intégrés dans la courbe des volumes totaux annuels extraits. Quant aux prélèvements des forages captant 2 formations, ils ont été affectés pour moitié à chacune d'elles.

Les aquifères de l'Eocène Moyen et de l'Eocène Inférieur sont les plus sollicités en terme de volumes prélevés dans la nappe, dans la zone d'étude (Figure 13). Ces aquifères fournissent la population en eau potable, avec une concentration d'ouvrages de forte productivité dans les vallées de la Dronne, de la Dordogne et du Dropt (ces axes correspondent à d'anciens chenaux fluviaux).

La nappe de l'Eocène supérieur est faiblement exploitée. Elle présente des productivités faibles et les ouvrages qui la captent sont des puits personnels qui dépassent rarement 30 m et qui sont essentiellement à usage agricole.

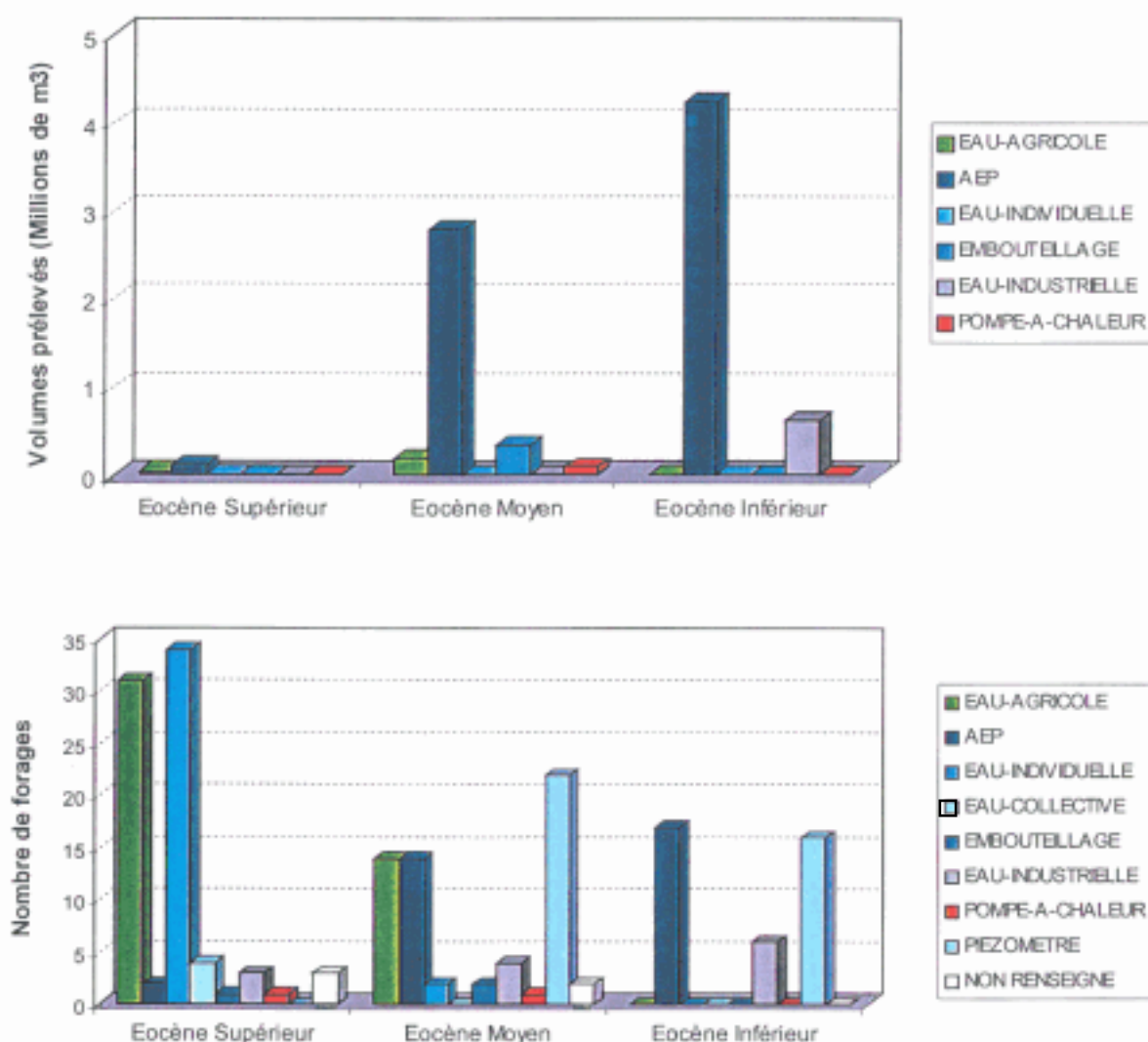


Figure 13 – Répartition des prélèvements par usage dans les aquifères Eocène du Bergeracois

Remarque : si le recensement des ouvrages A.E.P. et industriels est exhaustif, en revanche les ouvrages agricoles ne sont pas toujours connus et leur production est difficile à évaluer.

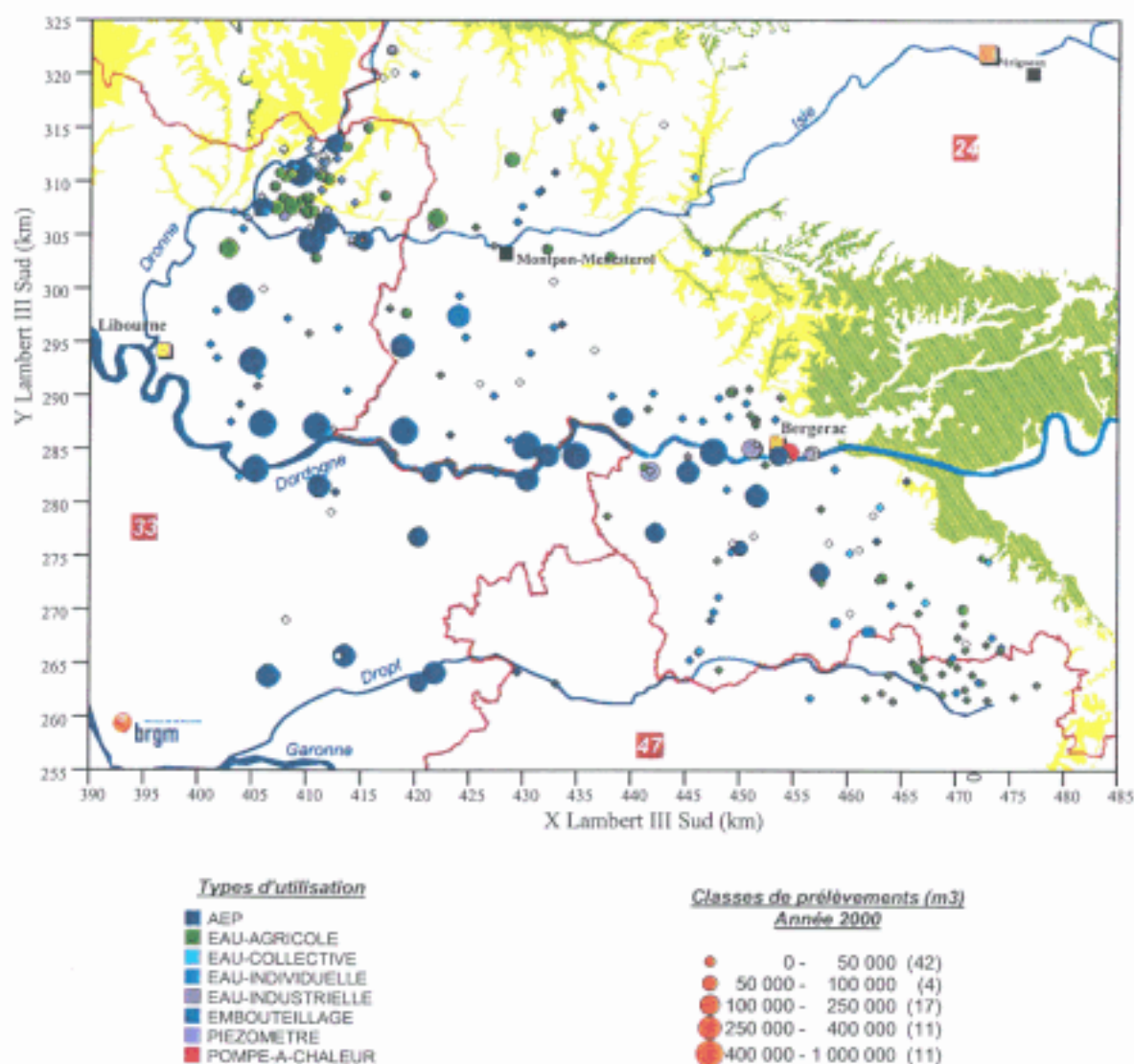


Figure 14 - Localisation et intensité des prélèvements dans les aquifères Eocène du Bergeracois

3.2. AQUITANIEN

La zone étudiée se situe dans le département des Landes : du Nord au Sud elle est comprise entre Mimizan et Dax, et de l'Ouest à l'Est, elle s'étend du littoral jusqu'à la hauteur d'Aire-sur-Adour (figure 14).

3.2.1. Hydrogéologie

L'Aquitaniien est avec l'Helvétien l'un des deux grands ensembles aquifères du Miocène. Plus précisément, on distingue successivement dans le Miocène :

- un terme **aquitaniien**, aquifère, constitué par des séries coquillères essentiellement calcaires. D'une épaisseur d'une trentaine de mètres en général dans la partie plate-forme du bassin miocène et s'accroissant en allant vers le littoral (mais les faciès deviennent plus argileux et moins aquifères). Dans la région de Mont-de-Marsan, l'Aquitaniien est représenté par les faluns de Saint-Avit ;
- un terme principalement burdigalien formé par des niveaux argilo-marneux représentés en zone centrale et méridionale du bassin miocène ;
- un terme **helvétien**, aquifère, correspondant essentiellement à des sables et à des calcaires coquilliers, de quelques dizaines de mètres d'épaisseur ;
- un ensemble continental sommital avec les Sables Fauves et les Glaises Bigarrées.

Aquitaniien et Helvétien peuvent être plus ou moins en continuité comme dans la région bordelaise, ou bien séparés par les niveaux argileux du Burdigalien comme c'est généralement le cas dans le secteur étudié, où l'épaisseur de l'éponte burdigalienne dépasse 30 m au sud de Mont-de-Marsan.

Au-dessous, l'aquifère Aquitaniien peut être en relation avec l'aquifère calcaire de l'Oligocène.

Les affleurements de l'Aquitaniien sont très réduits : dans le secteur étudié, ils sont localisés dans la région de Mont-de-Marsan (vallée de l'Adour, de la Midouze et de ses affluents).

3.2.2. Piézométrie

3.2.2.1. Carte piézométrique

La carte piézométrique de la figure 16 est issue de la carte piézométrique générale de l'Aquitaniien établie à partir des mesures faites lors des campagnes piézométriques de 1999 et 2000 (rapport BRGM/R-50466-FR, 2000). Cette carte a été établie à partir de 184 mesures réalisées entre 1999 et 2000, en général avant la période estivale de pompage agricole. Sur le département des Landes, ces mesures proviennent en grande partie de l'inventaire spécifiquement réalisé dans le cadre de l'étude réalisée en 2000 et des données recueillies auprès du service du Conseil Général en charge du réseau piézométrique départemental.

Les zones d'affleurements de l'aquifère apparaissent comme des zones d'exutoires de la nappe dans les vallées de l'Adour, de la Midouze et de ses affluents.

L'essentiel de l'alimentation de la nappe est assuré par des transferts verticaux ascendants à partir de la nappe de l'Oligocène le long du littoral et descendants à partir du Plio-Quaternaire et de l'Helvétien. Une telle alimentation peut être mise en évidence au nord de Roquefort ainsi qu'au nord de Morcenx (existence de dômes piézométriques).



Figure 15 – Aquitanien : localisation du secteur étudié

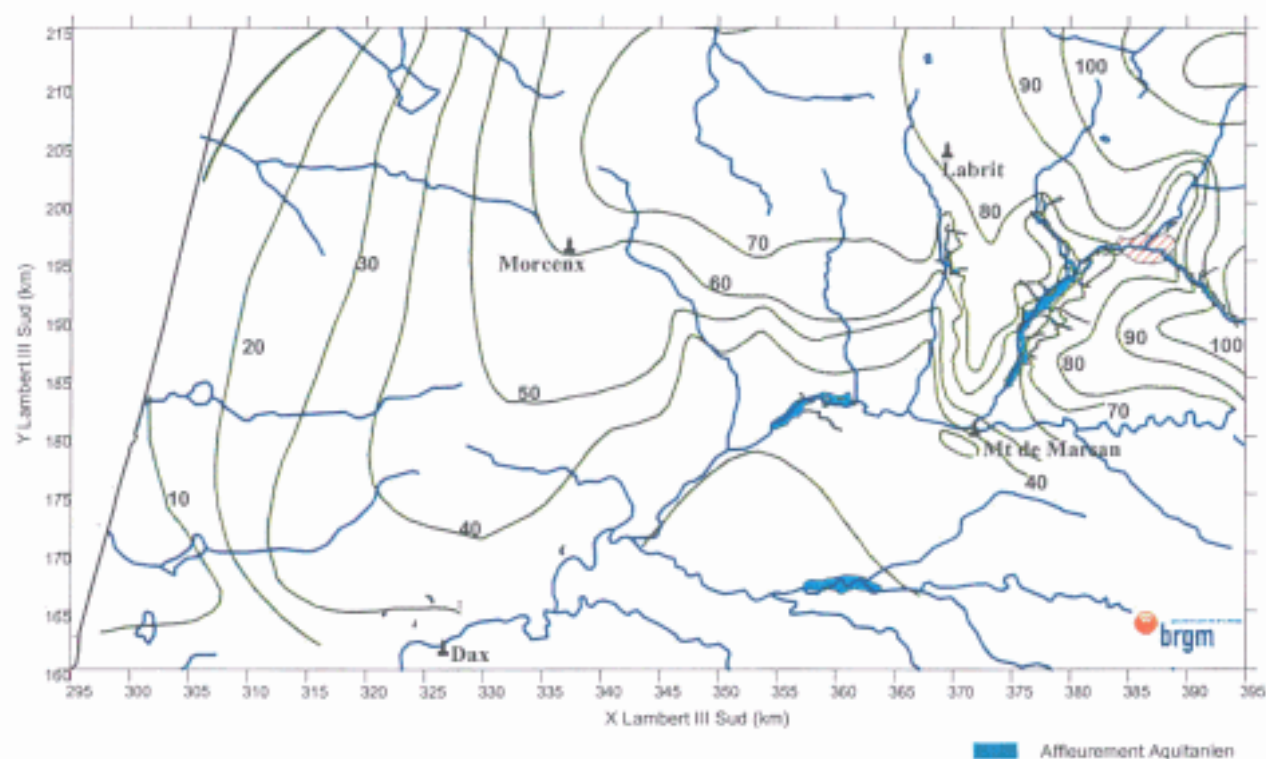


Figure 16 - Carte piézométrique de l'Aquitainien

3.2.2.2. Chroniques piézométriques

Pour caractériser l'état de la nappe, 24 chroniques piézométriques ont été utilisées (données Conseil Général des Landes et BRGM). Elles ont été complétées par 12 chroniques de l'Helvétien et comparées à celles-ci pour mettre en évidence le sens des échanges entre ces deux formations.

Toutes ces chroniques sont reportées en **annexe 3.2**. Leur analyse montre que la nappe présente une évolution cyclique avec une période de basses eaux correspondant aux mois d'irrigation (juin/juillet/août/septembre). Sur plus de 10 ans de mesures, la nappe ne montre pas de baisse significative de niveau.

Seul un secteur entre Mont-de-Marsan et Morcenx présenterait une légère baisse piézométrique.

3.2.3. Prélèvements

La localisation des prélèvements dans l'Aquitainien est précisée par la figure 17. Les zones les plus sollicitées se situent autour de Mont-de-Marsan, de Labrit et de Morcenx.

Le total des prélèvements (recensement 1999-2000) dans le secteur aquitainien étudié est de 16 800 000 m³ (190 forages). A titre de comparaison, il est de 12 900 000 m³ dans l'Helvétien du même secteur (209 forages).

Une grande partie des prélèvements est destinée à l'irrigation (figure 18) : les volumes prélevés s'élevaient en effet à 9 700 000 m³ lors du recensement réalisé (130 forages). Quant aux prélèvements A.E.P., ils sont de 4 600 000 m³ (39 forages).

3.2.4. Modélisations

Une modélisation de la nappe dans la région de Mont-de-Marsan a été réalisée en 1996 (rapport ANTEA A 05802). Le modèle comprenait deux couches séparées par une éponte : d'une part le Plio-Quaternaire et l'Helvétien regroupés, d'autre part l'Aquitainien. L'impact d'un nouveau champ captant au nord de Mont-de-Marsan a été testé avec différents scénarios de prélèvements (100, 200 et 300 m³/h). Le rapport conclut à la faisabilité d'un tel champ captant à condition de réserver la zone des prélèvements à l'A.E.P. (*"la généralisation des ouvrages agricoles est déconseillée en raison de l'impact sur les ressources limitées de l'Aquitainien"*).

Dans le cadre du Contrat Plan-Etat-Région 1996-2001, un modèle général de la nappe du Miocène a été construit et calé (rapport BRGM/RP-51176-FR, 2001). Au pas de 2 km, il comprend 4 couches : le Plio-Quaternaire, l'Helvétien, l'Aquitainien et l'Oligocène. Il a été lui aussi utilisé pour tester l'impact d'un champ captant dans l'Aquitainien au voisinage de Mont-de-Marsan (au sud-ouest de Mont-de-Marsan entre l'Adour et la Midouze).

La simulation est réalisée avec un prélèvement annuel de 3 650 000 m³ trimestriellement répartis comme suit :

6 000 m³/j au 1^{er} trimestre, 12 000 m³/j au 2nd, 14 000 m³/j au 3^{ème}, 8 000 m³/j au 4^{ème}

La simulation montre que le niveau de la nappe sur le site baisse d'environ 2 m pour atteindre 5 m à la fin du 3^{ème} trimestre. L'augmentation de la recharge et la diminution des prélèvements au 4^{ème} trimestre se traduit par une remontée d'environ 3 m. On retrouve une évolution cyclique identique en 2003, 2004 et 2005 sans nouvelle baisse de niveau.

L'influence des prélèvements dans la zone proche est sensible : en été la baisse, par rapport à l'absence de prélèvements, est supérieure à 1 m dans un rayon de quelques kilomètres.

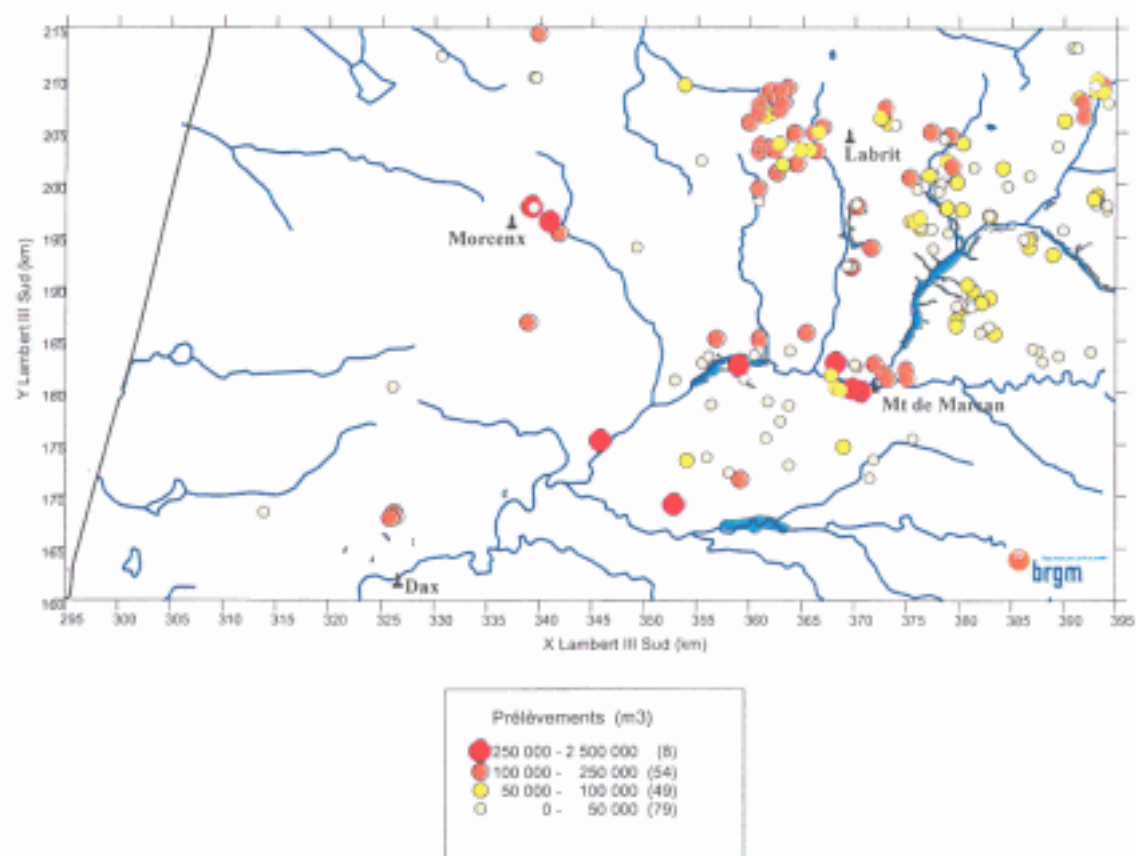


Figure 17 - Localisation des prélèvements dans l'Aquitainien

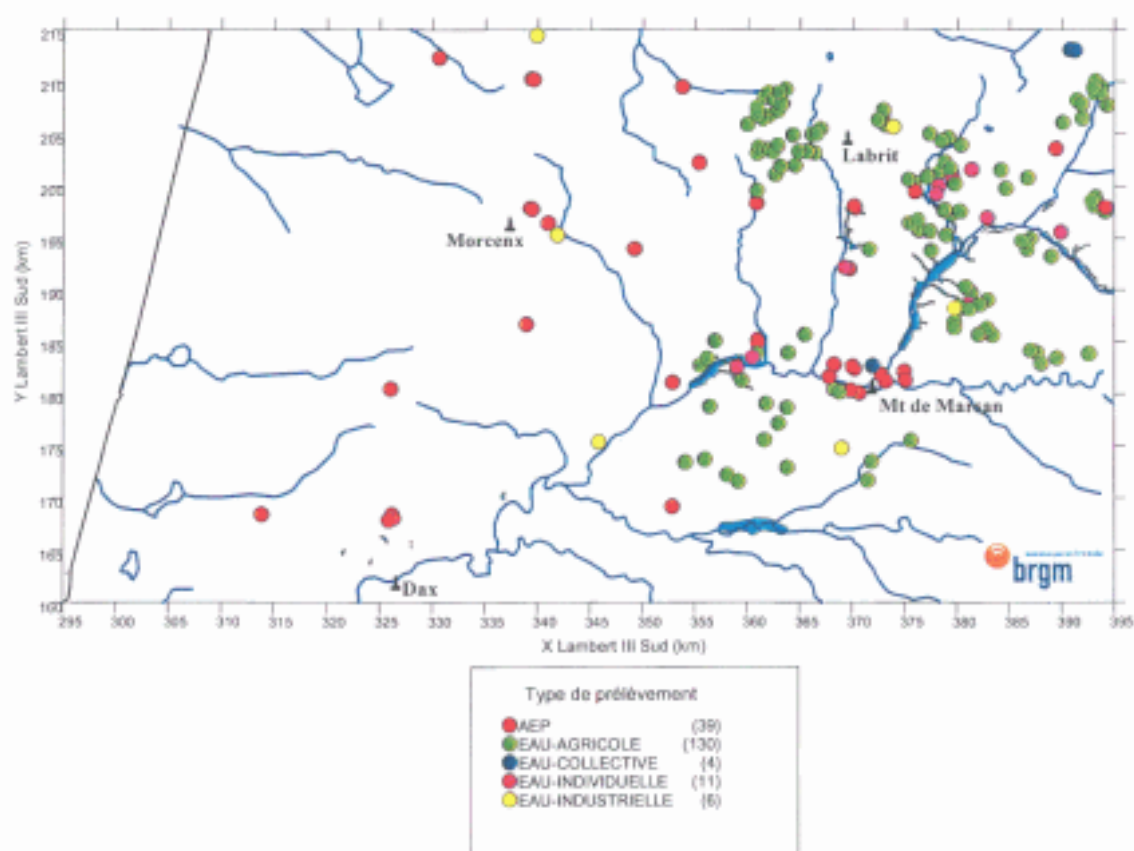


Figure 18 - Type de prélèvements dans l'Aquitainien

3.3. JURASSIQUE DE LOT-ET-GARONNE

3.3.1. Géologie

L'état des connaissances sur le Jurassique du Nord de l'Aquitaine est présenté dans la note BRGM 01 – AQI 33 (2001) dont ce paragraphe, concernant le Lot-et-Garonne, est extrait.

Quatre réservoirs aquifères calcaires plus ou moins karstiques sont séparés par des formations marneuses ou marno-calcaires. Ce sont, de bas en haut (avec leurs épaisseurs indiquées entre parenthèses) :

- les grès et calcaires dolomitiques du Lias inférieur et moyen,
- les calcaires et dolomies du Bajocien (120/150 m),
- les calcaires du Bathonien supérieur / Callovien / Oxfordien (100/130 m),
- les calcaires de l'Oxfordien / Kimméridgien basal (100/200 m).

Les épontes imperméables intra-jurassiques sont de bas en haut :

- les marnes du Toarcien (30/40 m),
- les calcaires marneux du Bathonien inférieur (50/70 m) qui ont tendance à disparaître vers l'Ouest,
- les marnes de l'Oxfordien supérieur (100/150 m),
- les marno-calcaires du Kimméridgien (plus de 200 m) qui séparent partout les aquifères jurassiques des aquifères du Crétacé.

La coupe géologique présentée en annexe 4 précise la configuration géologique du Jurassique en Lot-et-Garonne.

Longue de 130 km environ, cette coupe débute à l'Est, à la limite du département du Lot, traverse le sud de celui de la Dordogne dans le secteur de l'anticlinal de St Cyprien, emprunte la vallée de la Lémance, rejoint la vallée du Lot qu'elle longe jusqu'à la confluence avec la Garonne et se termine à l'ouest de Casteljalous. Les grands sondages de référence sont assez nombreux pour bien connaître les formations profondes : Campagnac 1, Sauveterre 1, Soubirous 1bis, Clairac 1, Bouglon 1 et Heulies

Le pendage général vers le Sud-Ouest fait plonger le toit des terrains jurassiques de + 300 NGF à Campagnac à + 100 NGF dans la structure de Sauveterre, jusqu'à - 550 NGF dans le sud-ouest du département après une zone assez plate autour de - 200 NGF sous la vallée du Lot.

Les épontes peuvent être absentes : c'est le cas dans le secteur de Clairac où les marnes oxfordiennes et bathoniennes constituent un réservoir de 600 m de puissance, ou dans la région de Sauveterre et de St Cyprien. Seules les marnes toarciennes sont continues.

Un cinquième réservoir calcaire existe au-dessus des marno-calcaires kimméridgiens, celui des calcaires dolomitiques du Tithonien (Portlandien) qui constitue une nappe libre dans le Causse de Florimont-Gaumier (Bouzac) et une nappe captive de faible extension entre Bouglon et Lagrère. A part ce réservoir, le toit du premier aquifère jurassique captif (Oxfordien-Kimméridgien) se situe à 200 m de profondeur dans le nord-est du Lot-et-Garonne (structure de Sauveterre) et s'enfonce vers 450/600 m sous la vallée du Lot pour se trouver à près de 1000 m dans le secteur de Casteljalous.

3.3.2. Piézométrie

Suite à des campagnes piézométriques réalisées dans le cadre de la convention régionale "Gestion des eaux souterraines en Aquitaine 1996-2001", une piézométrie de référence a pu

être établie pour l'année 1996 (figure 19). Son examen indique que la nappe du Jurassique moyen et supérieur est alimentée au droit de ses zones d'affleurement. Ces dernières sont limitées à une bande étroite en bordure du Massif Central en Dordogne et elles s'élargissent à une vaste zone de Causses vers le Sud dans le Lot. A la périphérie du bassin, le gradient piézométrique est plus fort qu'au centre où il devient très faible.

La piézométrie est marquée par un axe de drainage majeur correspondant à la vallée de la Garonne, accentué par les prélèvements effectués dans cette vallée (figure 20) : ils étaient de l'ordre de 7 millions de m³ en 1996, lors de l'établissement de cette piézométrie.

Depuis, les niveaux continuent à baisser (sur les quelques forages faisant l'objet d'un suivi (cf. ci-dessous) et dans la région d'Agen, ils sont devenus inférieurs à 10 m (figure 19).

Chroniques piézométriques

En Lot-et-Garonne, 27 forages captant le Jurassique ont été recensés. Seuls quelques uns ont fait l'objet d'un suivi sur plusieurs années. Les chroniques sont présentées en annexe 4.

Dans le **forage Rouquet 1** (09023X0016/F) à Agen, ouvrage exploité pour l'alimentation en eau potable, les niveaux (mesurés après arrêt prolongé des pompes) sont en baisse continue : de l'ordre 2,5 m / an entre 1991 et 1993 et 1 m / an entre 1994 et 2001.

Dans le **forage Rouquet 2** (09023X0017/F) à Agen, ouvrage exploité pour l'alimentation en eau potable, les niveaux (mesurés après arrêt prolongé des pompes) sont en baisse continue : de l'ordre 2,5 m / an entre 1991 et 1993 et 1 m / an entre 1994 et 2001.

Ces deux ouvrages captent le réservoir des calcaires du Bathonien / Callovien / Oxfordien et se situent dans la partie méridionale de l'aquifère en nappe captive dans un secteur relativement exploité et éloigné des zones d'affleurement.

Le **forage Belloc** (09021X0012/BRUCH1) à Feugarolles, est situé dans un secteur où les réservoirs des calcaires du Bathonien / Callovien / Oxfordien et des calcaires de l'Oxfordien / Kimméridgien basal ne sont pas séparés par un imperméable.

L'ouvrage est non exploité, les niveaux d'eau sont en baisse continue : de l'ordre de 1 m entre septembre 1998 et mai 2000, de 0,7 m environ entre mai 2000 et septembre 2000, de l'ordre de 0,1 m entre septembre 2000 et mai 2001 et de 0,4 m environ de mai à août 2001. Cet ouvrage se situe dans la partie méridionale de l'aquifère en nappe captive dans un secteur relativement exploité et éloigné des zones d'affleurement.

Le **forage Badimont** (09027X0042/F) au Passage d'Agen, non exploité, capte le réservoir des calcaires du Bajocien.

Les niveaux sont en baisse constante de 4 m environ entre 1996 et 2001, soit en moyenne 0,7 m / an. Cet ouvrage se situe dans la partie méridionale de l'aquifère en nappe captive dans un secteur non exploité (compte tenu de la qualité de eaux de la nappe dans cette zone), éloigné des zones d'affleurement.

Le **forage Moulot** (08773X0011/F) à Lagruere, exploité pour l'alimentation en eau potable, capte les calcaires dolomitiques du Tithonien (Portlandien)

Les niveaux (mesurés après arrêt prolongé des pompes) sont en baisse continue : de l'ordre 1,5 m / an entre 1989 et 1994 et 0,8 m / an entre 1995 et 2001. Cet ouvrage capte la nappe captive du Jurassique terminal dans un secteur de faible extension et à proximité de la structure anticlinale de Bouglon.

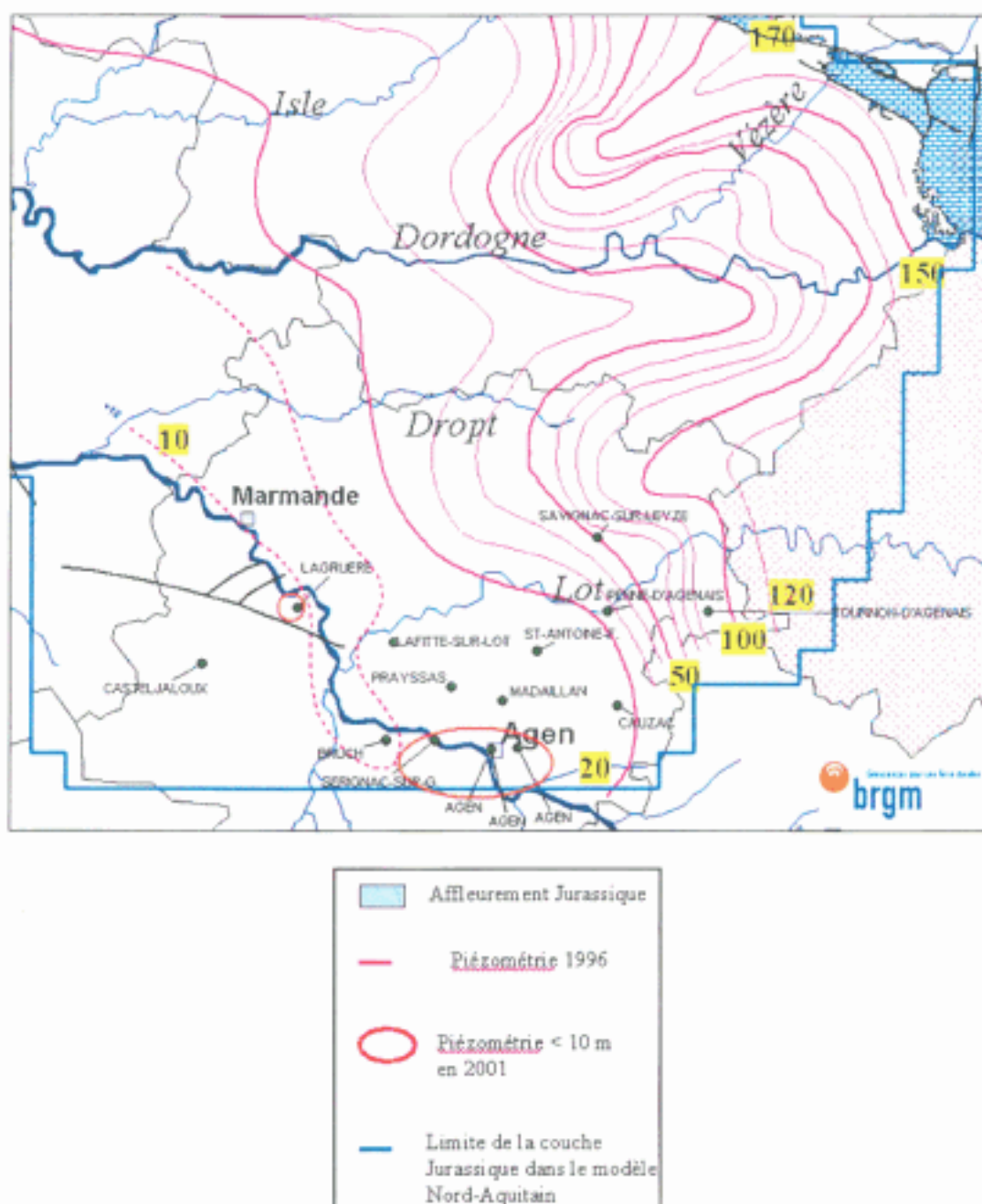


Figure 19 – Piézométrie du Jurassique en 1996
avec situation locale en 2001

Figure 20 – Localisation des prélèvements dans le Jurassique du Lot-et-Garonne

3.4. PLIO-QUATERNAIRE DANS LA RÉGION DE LA LEYRE

3.4.1. Géologie

Le secteur aquifère étudié (figure 21) se rattache au système 127A0 correspondant en grande partie à la nappe dite des "Sables des Landes" (au sens large). Il s'étend entre les axes Gironde-Garonne et Adour-Midouze et jusqu'au littoral sur les départements de la Gironde, des Landes et de Lot-et-Garonne.

Il est constitué par un ensemble de formations étagées sableuses ou graveleuses (d'âge Miocène à Pléistocène) avec intercalations de niveaux argileux. Ces formations sont recouvertes par le manteau sableux du "Sable des Landes" se décomposant lui-même en une partie basale de sables fins blanchâtres fluviatiles et en une partie supérieure de sables jaunâtres éolisés, reprise des formations précédentes.

La puissance de l'ensemble varie d'une dizaine de mètres à une trentaine de mètres dans la partie est du bassin, et d'une manière générale, vers l'ouest, s'épaissit pour atteindre une quarantaine de mètres.

3.4.2. Piézométrie

La nappe du 127A0, par drainage, alimente directement le réseau hydrographique en contribuant significativement au débit des cours d'eau du "massif landais". En Gironde, la Garonne et ses affluents en rive gauche, la Leyre et le Ciron constituent les trois principaux axes de drainage de la nappe ; celui-ci est de plus assuré par un réseau dense de fossés et par les étangs côtiers.

La carte piézométrique (figure 21) met en évidence la relation étroite existant entre le réseau hydrographique et la nappe.

L'analyse des quelques chroniques piézométriques de longue durée existantes (figure 22 et **annexe 5**) montre que le niveau de la nappe évolue annuellement en fonction des phénomènes climatiques et des prélèvements agricoles. Les hautes eaux sont atteintes en hiver et au printemps avec un maximum généralement autour de la mi-mars. Les basses eaux se situent en été avec un minimum en août-septembre. L'effet combiné de l'arrêt des irrigations et de la reprise de l'infiltration induit généralement une remontée rapide du niveau piézométrique dès le mois d'octobre. Elle est facilitée par les faibles pentes topographiques et la couverture sableuse superficielle qui limitent le ruissellement et favorisent l'infiltration.

Pendant tout l'hiver, la nappe, drainée par le réseau de fossés, est très proche du sol, généralement à une profondeur inférieure à 2 m. La descente ne commence qu'au mois d'avril avec la reprise de la végétation. Entre la période de hautes et de basses eaux, le niveau piézométrique varie généralement de 1 à 2 m et n'excède pas les 3 m.

Sur les chroniques les plus longues, la nappe présente en général une évolution inter-annuelle faible, mais nette, en relation étroite avec le régime des précipitations. La baisse des niveaux lors des années très sèches de 1989 à 1992 est particulièrement remarquable. Il en est de même lors de l'hiver 2001-2002. En revanche, sur plus de 30 ans, la nappe ne montre pas de tendance significative à la baisse, ce qui indique que d'une année sur l'autre les réserves sont généralement reconstituées.

Les interventions humaines, outre les prélèvements, peuvent aussi influencer sur les niveaux piézométriques. C'est en particulier le cas avec les recalibrages de fossés servant à l'assainissement des terres cultivées qui peuvent réduire les hautes eaux d'environ 1 à 1,50 m dans les secteurs concernés en évacuant rapidement les eaux vers les cours d'eau.

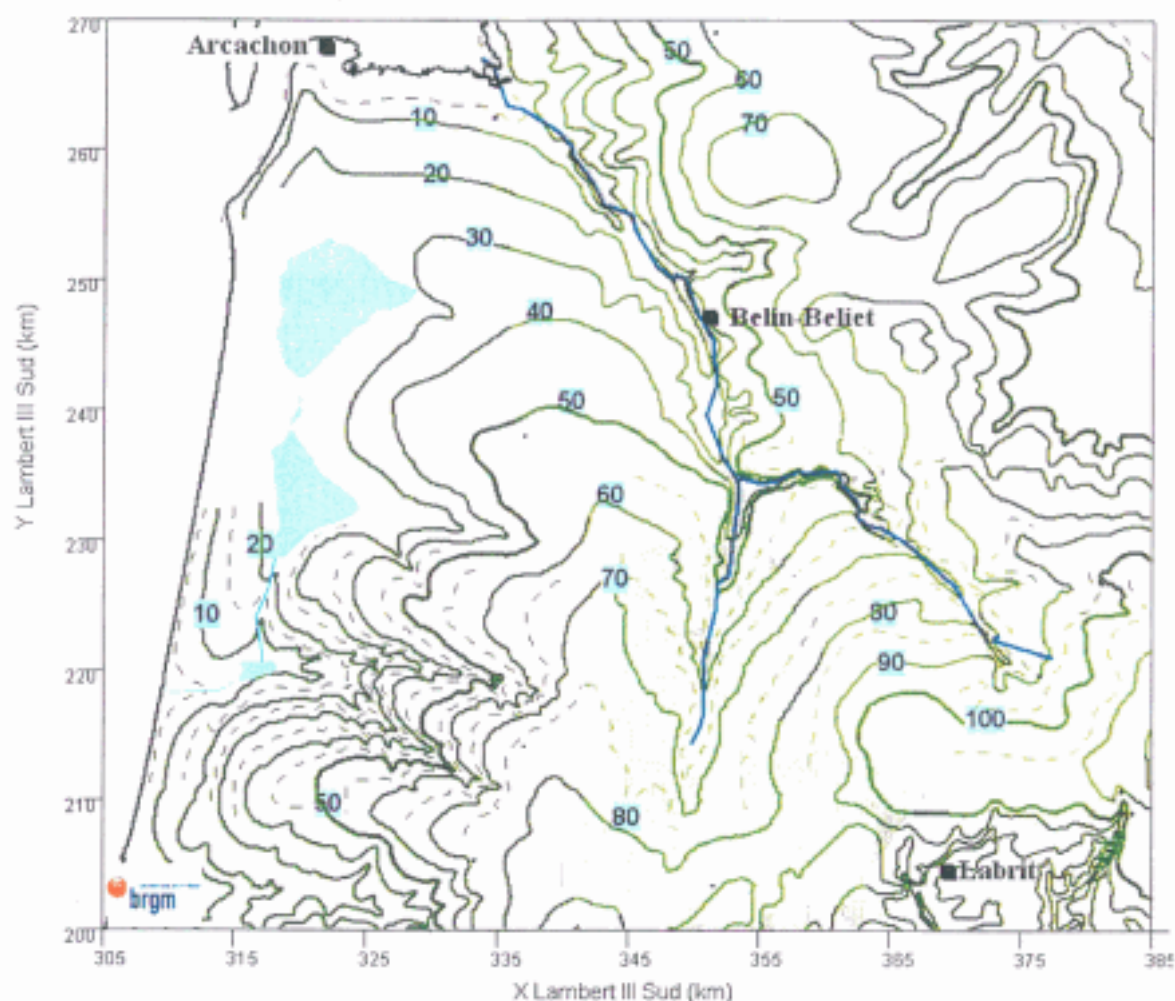


Figure 21 - Bassin versant de la Leyre et piézométrie régionale du Plio-Quaternaire

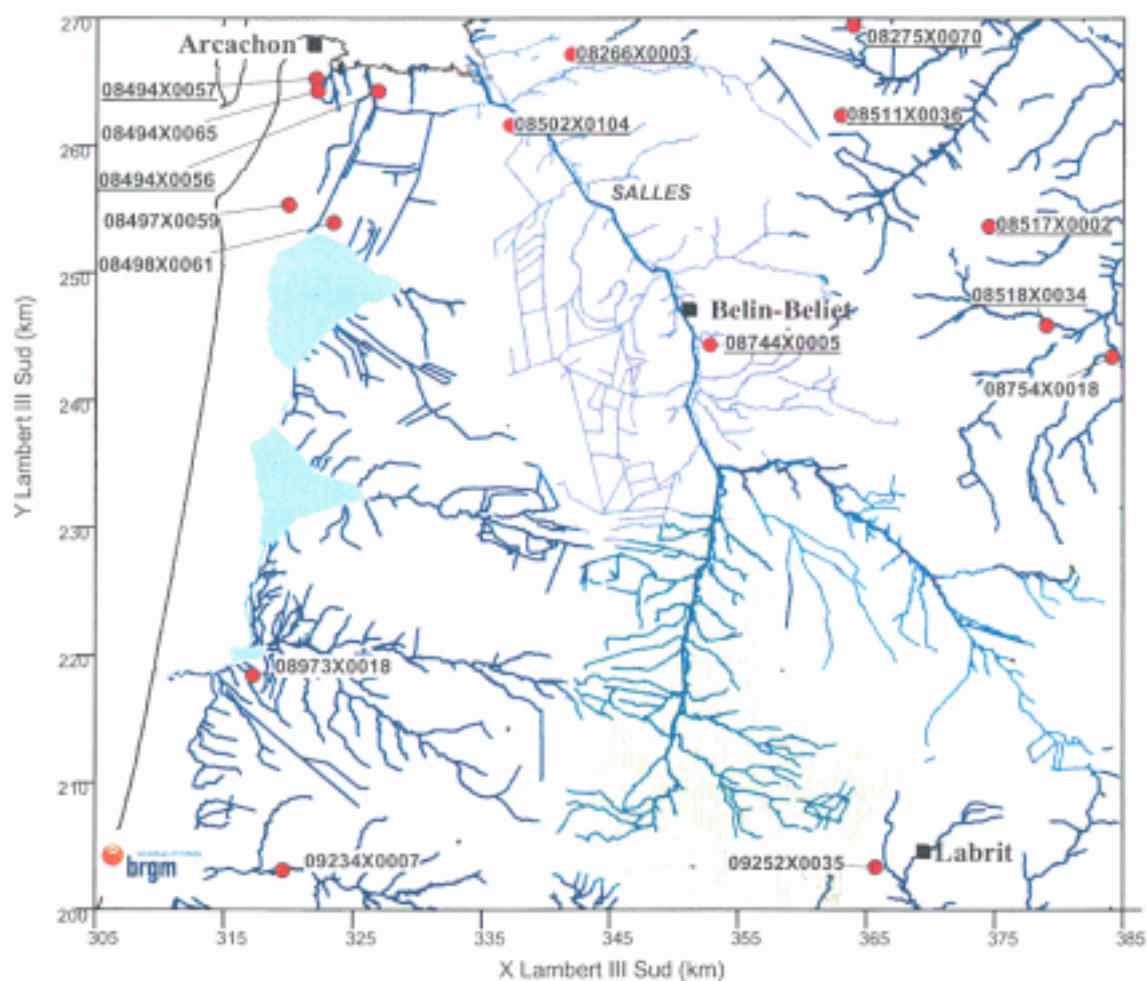


Figure 22 - Points d'eau avec mesure de la piézométrie

Echanges avec les aquifères plus profonds

Le Plio-quaternaire alimente en général les couches plus profondes de l'Helvétien et de l'Aquitainien. Il existe cependant une drainance ascendante dans la zone littorale où les faciès du Miocène deviennent plus marneux et moins aquifères, ce qui limite les écoulements vers l'Ouest et induit des remontées vers le Plio-Quaternaire. Une drainance ascendante se manifeste également dans la vallée de la Leyre.

3.4.3. Prélèvements

Sur l'ensemble du Plio-Quaternaire, le nombre d'ouvrages est très important, mais compte tenu de la facile accessibilité à cette ressource et de l'absence fréquente de déclaration, il est difficile d'en estimer le nombre exact, vraisemblablement supérieur à 10 000 (4 200 points d'eau seulement en base de données) Il en résulte une réelle méconnaissance des prélèvements. A titre indicatif, pour le département de la Gironde, ils sont estimés à 80-100 millions de m³/an.

L'essentiel des prélèvements est destiné à l'irrigation des cultures. La qualité souvent médiocre de ces eaux (teneurs variables en nitrates, en pesticides et en métaux lourds, teneurs en fer et en manganèse naturellement élevées, pH généralement acides) et leur vulnérabilité aux pollutions limitent les utilisations pour les besoins en eau potable. Les quelques ouvrages servant à cet usage sont localisés près du littoral.

Dans le bassin versant de la Leyre, les points connus sont au nombre de 400 (1 170 sur l'ensemble de la zone, figure 23).

Sur les 38 communes du bassin versant (2 060 km²), le total de la Surface Agricole Utile (SAU) est de 315 km² (15 %), la surface en maïs en représentant près de 60 %, soit 180 km² (données du Recensement Général Agricole 2000).

Une borne supérieure peut être calculée en faisant l'hypothèse que l'irrigation compense l'ETP en Juillet et Août (150 mm en moyenne pour l'un et l'autre de ces 2 mois); les prélèvements seraient alors de 1 500 m³/ha et par mois, soit 27 M de m³ par mois pour les 18 000 ha de maïs.

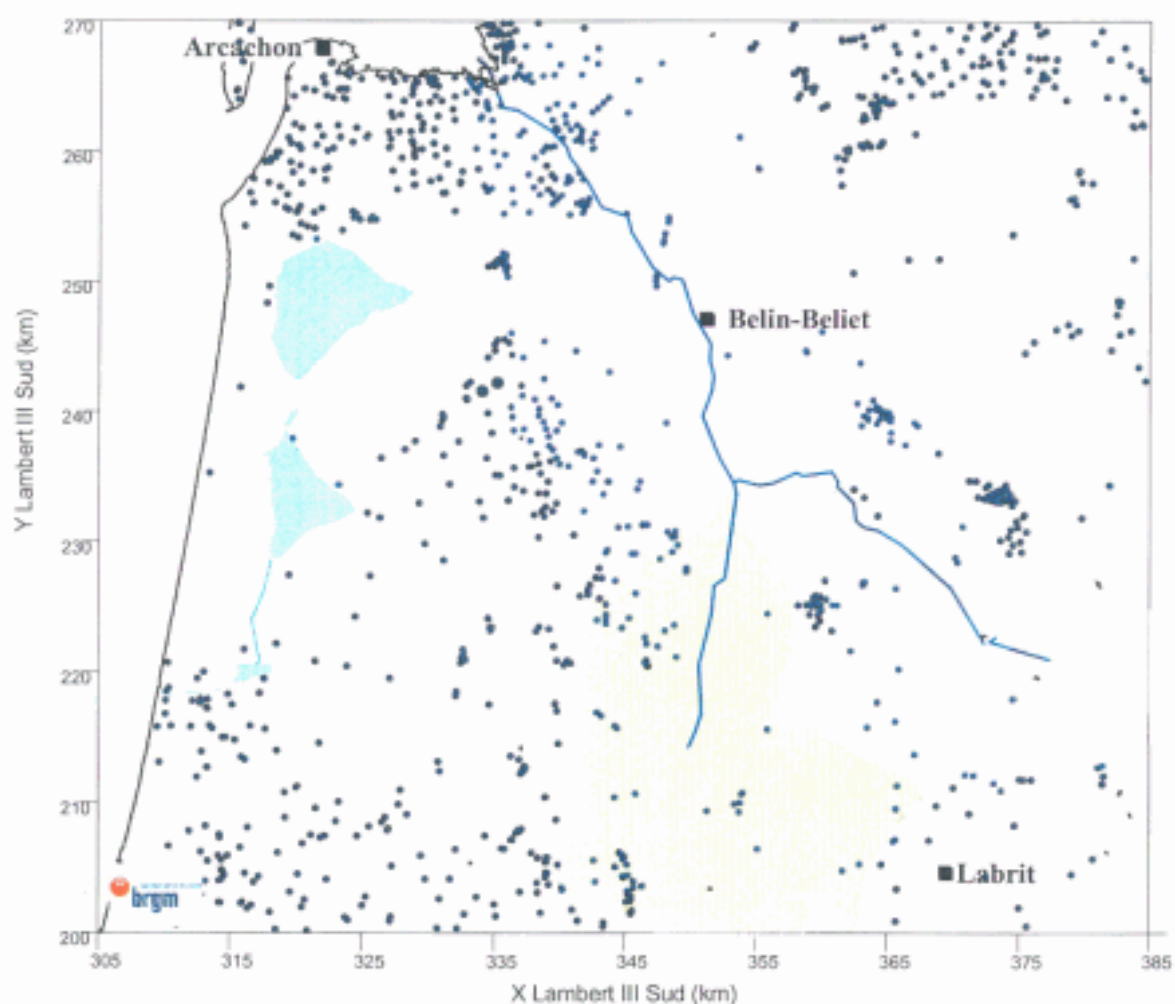


Figure 23 - Points d'eau recensés (en base de données) captant le Plio-Quaternaire

3.5. TURONIEN DE DORDOGNE

3.5.1. Hydrogéologie

L'aquifère du Turonien-Coniacien s'étend sous la majeure partie du département de la Dordogne, mais également en région Poitou-Charentes, au sud des départements de la Charente et de la Charente-Maritime.

Dans le département de la Charente il est, avec l'Infra-Torarcien, un aquifère stratégique pour l'alimentation en eau potable. En Charente-Maritime et en Dordogne, il représente une ressource importante pour l'A.E.P.

En Dordogne, il est exploité pour l'alimentation en eau potable et pour l'agriculture. Il contribue, comme tous les aquifères karstiques de la région, à l'alimentation des cours d'eau. Ce rôle est particulièrement important en période d'étiage.

La zone d'étude (figure 24) est limitée au Sud-Ouest par les affleurements du Campanien et au Nord-Est par ceux du Cénomaniens et du Jurassique supérieur.

Dans le secteur d'étude, les formations santoniennes à turoniennes, qui affleurent entre la vallée de la Dronne et le département de la Charente, correspondent au système aquifère multicouches, appelé Angoumois/Santonien-Coniacien-Turonien (118C1).

Les affleurements du Turonien aquifère couvrent environ 100 km² et ceux du Santono-Coniacien aquifère environ 180 km².

Suivant les formations rencontrées, il y a soit continuité hydraulique : le Turonien calcaire est en contact avec le Coniacien gréseux (on parle alors de l'aquifère Turonien-Coniacien, en Poitou-Charentes et dans la partie nord de la zone considérée ici), soit indépendance des deux nappes.

Dans l'aquifère turonien, l'eau circule à la faveur du réseau karstique (Turonien moyen).

Dans la succession lithologique, les calcaires du Turonien apparaissent comme le réservoir le plus régulier avec des débits d'étiages des sources de l'ordre de 20 m³/h.

Le Santono-Coniacien peut présenter une karstification importante et alimenter également quelques sources aux débits très variables. Le niveau marneux du Santonien moyen, d'extension importante, paraît isoler le petit aquifère du Santonien supérieur, qui n'est présent qu'au nord de l'accident de Mareuil. Cet aquifère perché peut donner des débits relativement importants.

• Le Turonien

Le Turonien inférieur (10 à 20 m) n'est réellement perméable qu'au Sud-Est, où il est représenté par un calcaire crayeux. Il passe à un calcaire à quartz fins épars à l'extrême Sud-Est, à l'est d'une ligne Limeyrat-Le Bugue-Paleyrac-boisse. Ailleurs, il est peu perméable à moyennement perméable (calcaire crayo-marneux).

Le Turonien moyen est perméable sur la totalité de son extension. Il est représenté, du Nord au Sud, par un calcaire crayeux à Rudistes, un calcaire grossier, un calcaire micro-graveleux, et un calcaire à spongiaires, bryozoaires et échinidés. Ce dernier passe latéralement au Sud-Ouest à un calcaire crayeux à bryozoaires et coraux.

Le Turonien supérieur est perméable sur la majeure partie de son extension. En effet, il est formé de calcaire grossier au centre du département, avec de part et d'autre un calcaire bioclastique. Au Sud-Est, à l'est du méridien de Sarlat, il est constitué de sables et de grès. Il est semi-perméable (calcaire marneux fin à Rudistes) au nord-est d'une ligne Blanzaguet-Vertheilac-Lisle-sur-Dronne-Limeyrat.

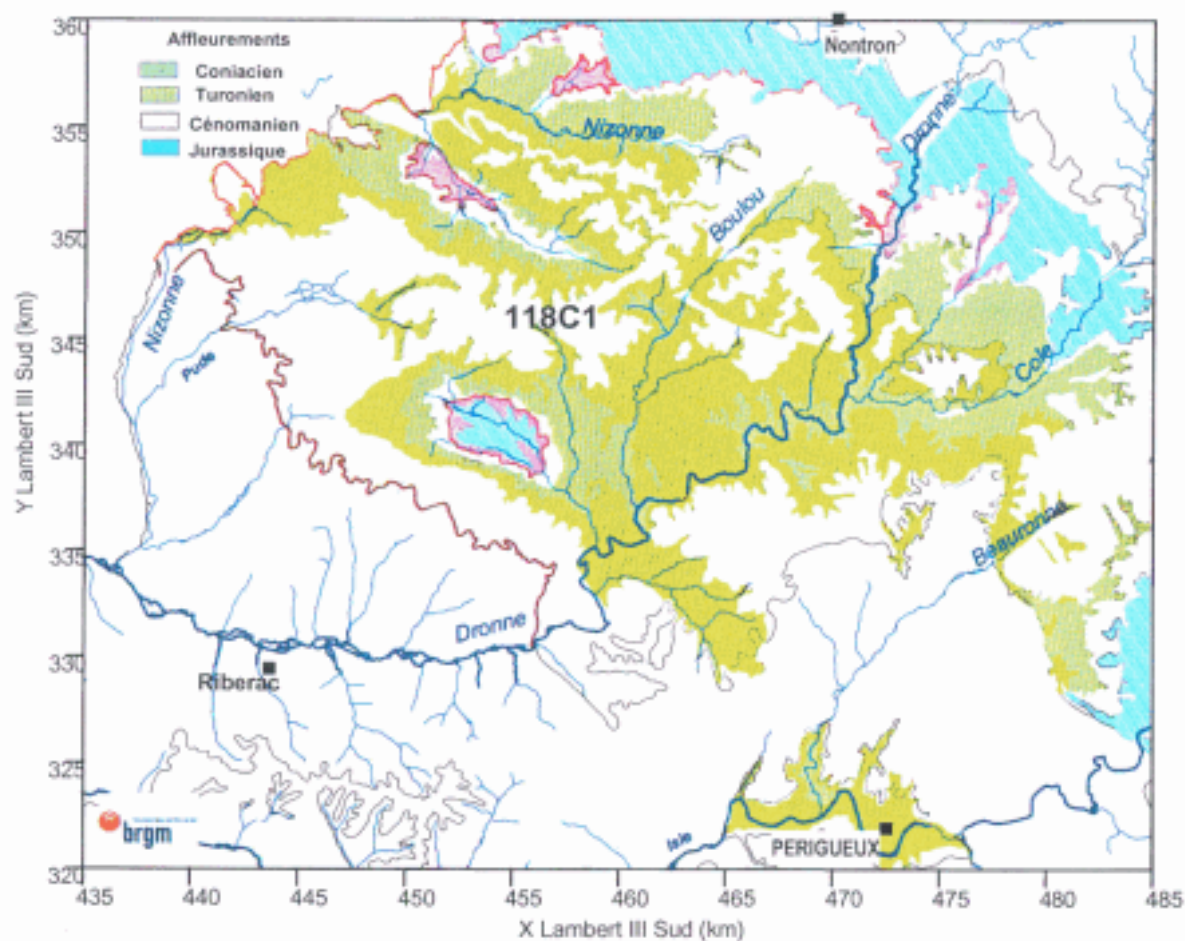


Figure 24 - Turonien de Dordogne (système 118 C1)

• Au dessus du Turonien : le Santonien-Coniacien

Le Coniacien est perméable sur la totalité de son extension mais il ne l'est pas sur toute son épaisseur : il comprend des calcaires bioclastiques plus ou moins gréseux (70 mètres) surmontant une assise marneuse (10 mètres).

Au dessus, le Santonien est de perméabilité variable. En effet, il est composé de deux niveaux de 40 à 60 mètres et 35 à 70 mètres de calcaire crayeux, grès et sables, séparés par 10 à 20 mètres de marnes et calcaires argileux. Au Nord-Ouest, le Santonien supérieur, composé de marnes silteuses et glauconieuses, est imperméable. L'aquifère coniacien, sablo-calcaire, épais de 80 mètres, est en continuité avec l'aquifère Santonien calcaire formé par le Santonien inférieur épais de 40 à 60 mètres.

• Au dessous du Turonien : le Cénomani

Le Cénomani supérieur sous-jacent, formé d'argiles, est imperméable. Cependant, à l'extrême Sud-Est, à l'est d'une ligne Limeyrat-Lacoste-Tursac-Laroque-Gageac-Belvès-Soulaures, il peut être absent. L'aquifère turonien peut alors être en continuité hydraulique avec l'aquifère cénomani sous-jacent si le Turonien inférieur est perméable (calcaire crayeux du Sud-Est).

Cette continuité hydraulique entre le Turonien et le Cénomani est observée sur quatre points de mesure (07346X0026/F, 07346X0049/F, 07346X0050/F, 07591X0007/HY).

3.5.2. Piézométrie

Hormis une carte piézométrique établie en 1996 (*Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine* - annexe au rapport BRGM/RP-51175-FR), on ne dispose pour cet aquifère que de données récentes, acquises dans le cadre de l'étude sur le Turonien de Dordogne (rapport BRGM/RP-52258-FR, 2003).

Pour cette étude, 4 cartes piézométriques ont été établies : deux en période d'étiage (automne) et deux autres en hautes eaux (printemps) en 2001 et 2002. Leur examen et leur comparaison permettent d'identifier l'impact de la recharge hivernale liée aux précipitations d'une part et celui des pompes saisonnières (irrigation notamment) d'autre part.

3.5.2.1. Cartes piézométriques

Pour les établir, 51 forages ont fait l'objet de mesures (au moins une fois au cours des tournées).

En parallèle, 39 sources ont été visitées afin d'obtenir des informations complémentaires sur l'état de la nappe et comme points supplémentaires pour la réalisation des cartes (sources non taries).

D'une manière générale, la nappe du Turonien-Coniacien est libre sur le département de la Dordogne. Néanmoins, elle devient captive dans la partie ouest, lorsque les couches s'enfoncent sous les dépôts plus récents (Santonien, Campanien, ...). Ceci est illustré par la présence de plusieurs forages artésiens (07338X0020/F, 07345X0017/S, 07574X0014/F, 07577X0022/F).

Dans la partie nord-est de la carte, la présence de sources semble indiquer que la nappe du Turonien est en partie perchée.

La Chapelle-Montabourlet est un point haut de la topographie (196 m) où les calcaires glauconieux du Santonien inférieur affleurent, représentant une zone de recharge de la nappe. Les secteurs nord-est, est et sud-est constituent également des zones de recharge.

La figure 25 présente la carte piézométrique des hautes eaux 2002.

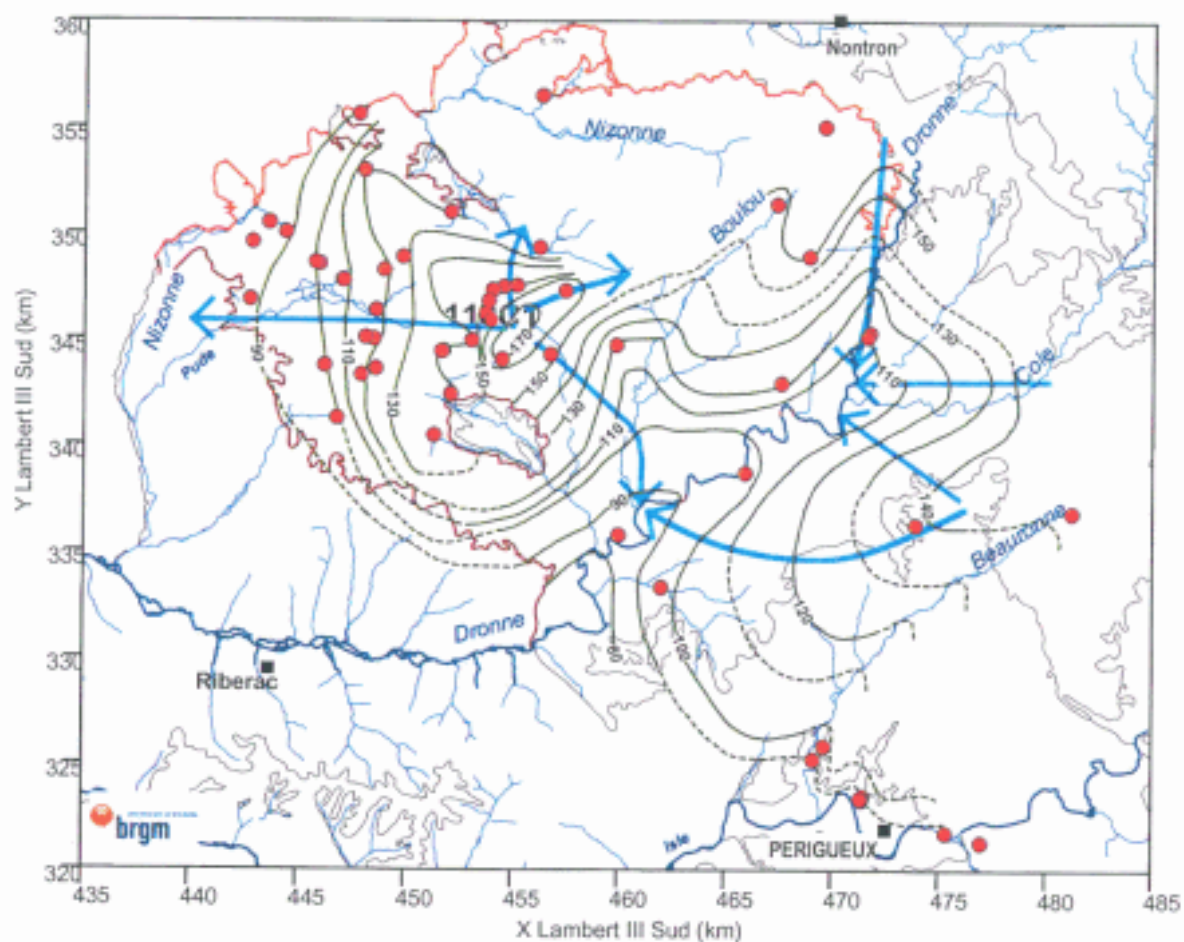


Figure 25 - Carte piézométrique du Turonien (hautes eaux 2002) et points de mesures

Comparaison des cartes des hautes et basses eaux 2002

La diminution des niveaux entre hautes et basses eaux 2002 est variable (figure 26). La moyenne sur l'ensemble des forages concernés est de -1,5 m.

Alors qu'elle est quasiment inexistante sur certains points, elle peut atteindre jusqu'à -6,5 m (forage 07345X0013). Cette diminution maximale entre hautes eaux et basses eaux 2002 est plus faible que celle observée entre les hautes eaux et les basses eaux 2001 qui dépassait 14 mètres, sur ce même forage.

Les variations sont toujours faibles, voire inexistantes dans la moitié est du secteur étudié, alors qu'à l'Ouest, elles sont importantes.

Remarque : le forage de Saint-Front-de-Pradoux (07818X0033) présente une hausse du niveau entre les hautes eaux et les basses eaux 2002, à l'inverse de l'évolution attendue.

3.5.2.2. Chroniques piézométriques

Pour l'aquifère Turonien, deux points d'eau seulement présentent des chroniques piézométriques de 200 mesures environ (figure 27). Il s'agit des forages suivants, situés près de Périgueux:

- 07595X0006 à Treilissac (lieu dit la Borie des Mounards),
- 07595X0010 à Boulazac (PTT).

• *Forage de Boulazac*

Le niveau le plus bas atteint sur l'ensemble de la chronique est de 88,6 m (8 septembre 1999). Le niveau le plus haut est de 90,0m (29 novembre 2000). L'écart piézométrique maximum enregistré sur ces quatre années est donc inférieur à 1,50 m.

La chronique présente des variations interannuelles relativement proches avec des niveaux bas en septembre-octobre, plus marqués en 1999, 2000 et 2002, qu'en 1998 et 2001 (environ 25 cm). Les niveaux les plus hauts sont atteints le plus souvent en mars et mai, à l'exception de l'année 2000 où un pic est observé au mois de novembre. D'une façon générale, sur les quatre années de mesure, ce forage ne présente pas de tendance évolutive ni à la hausse ni à la baisse. Les niveaux paraissent stables et cohérents avec les données des années antérieures.

• *Forage de Treilissac*

Le niveau le plus haut dans cette chronique est de 87,0 m (3 mai 2001) et le niveau le plus bas est de 84,4 m (20 octobre 2001). L'écart le plus important enregistré est donc de 2,60 m, soit plus que sur le forage précédent.

En 1998, 1999, 2000 et 2002, les niveaux les plus bas varient de 85,6 à 85,8 m. Les écarts entre niveaux hauts et bas sont alors de l'ordre du mètre.

Les niveaux les plus bas sont atteints aux mois de septembre-octobre, alors que les niveaux les plus hauts sont enregistrés en mai, à l'exception de l'année 2002, où le niveau le plus haut est atteint en juin.

A l'inverse du forage précédent, celui-ci est particulièrement marqué par l'épisode de sécheresse qui a touché la région en 2001-2002. A la suite de cet épisode, le niveau piézométrique semble actuellement à la hausse, avec des valeurs néanmoins inférieures d'environ 50 cm par rapport aux autres années.

D'octobre 1998 à octobre 2001, le niveau moyen était relativement stable, aucune évolution notable n'est observée sur ces années.

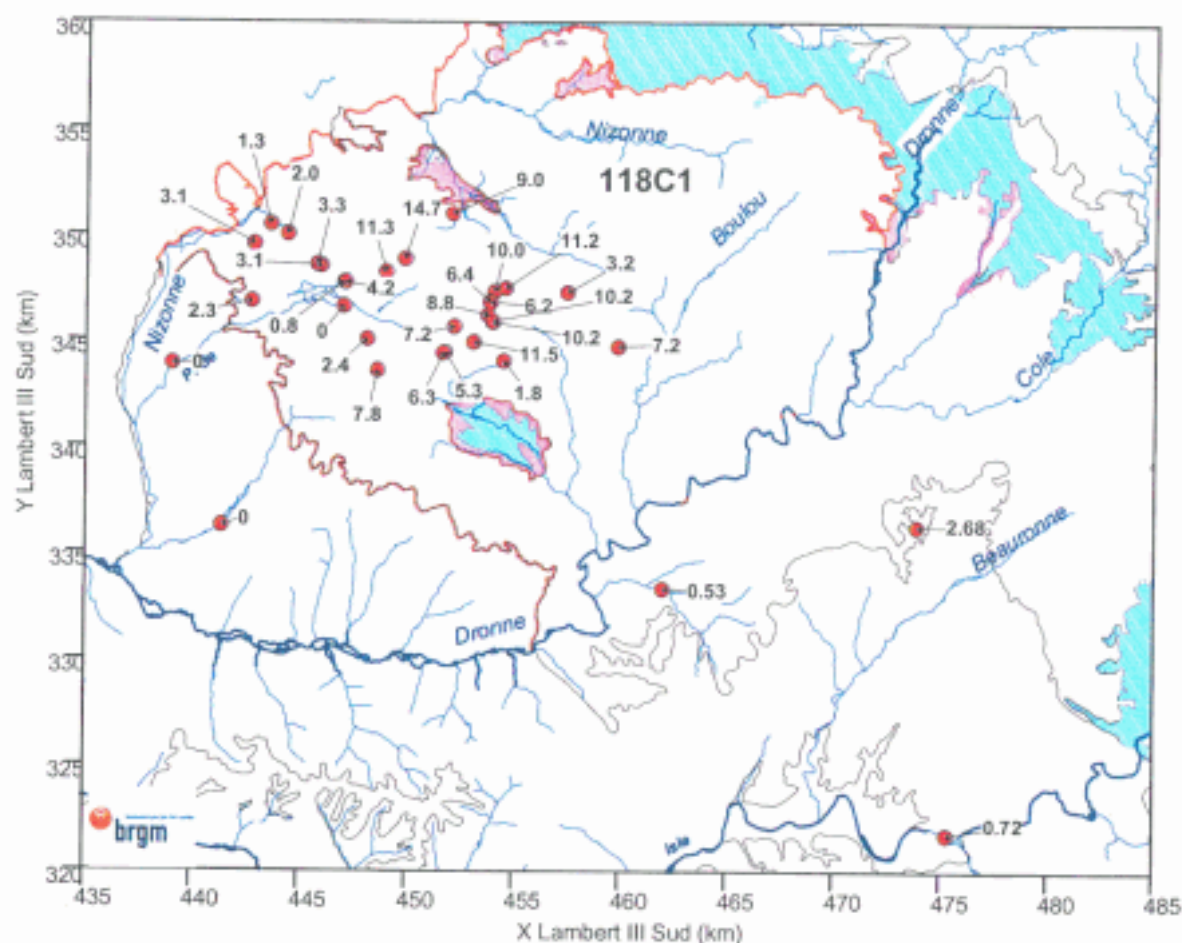


Figure 26 - Nappe du Turonien: différences de niveaux entre hautes eaux et basses eaux

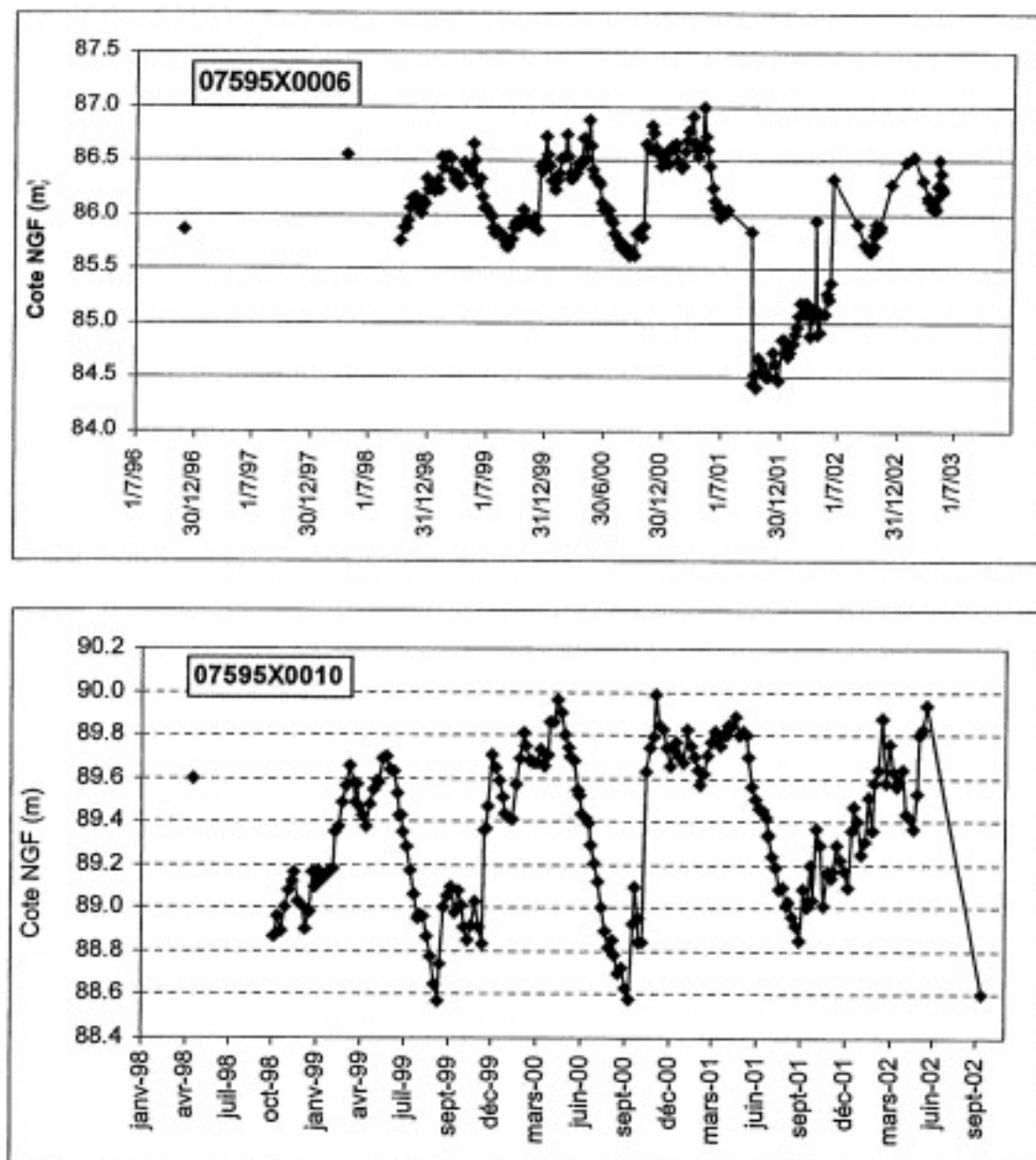


Figure 27 – Chroniques piézométriques disponibles sur le Turonien.

3.5.3. Relations nappe-cours d'eau

Deux rivières importantes se situent sur la zone d'étude :

- l'une, située à l'extrême sud-est de la zone étudiée est l'Isle, qui s'écoule du Nord-Est au Sud-Ouest. Elle reçoit deux ruisseaux : la Beauronne et le Gôt.
- l'autre est la Dronne qui s'écoule selon un axe nord-est/sud-ouest au nord de la zone d'étude, axe qui devient est-ouest plus au Sud. Cette rivière constitue un axe de drainage majeur. Elle reçoit de nombreux ruisseaux qui sont :
 - la Belle, la Nizonne, le ruisseau de Beausac et le Boulou qui prennent leur source au nord du secteur d'étude,
 - la Sauvaine, la Pude, la Julie, le Jallieu, la Buffebale, l'Euche, la Sandonie, la Baide, le Meyré, le Tournevalude, le Jalley, le ruisseau des Vergnes, le Belaygue dont les sources sont situées un peu plus au Sud,
 - la Veyssonie, la Donzelle, la Fontaine du Cluzeau, le Libourny et la Côte prenant leur source à l'est du secteur.

Les cartes piézométriques montrent que la nappe alimente l'ensemble du réseau hydrographique. Néanmoins, pour les rivières situées dans des zones où la densité de points de mesure est faible, il n'est pas possible d'établir clairement l'existence d'une relation entre la nappe et la rivière. C'est le cas des ruisseaux la Sauvaine, la Nizonne et la Belle.

3.5.4. Prélèvements

Les données sur les volumes prélevés sont quasiment inexistantes. Seules des valeurs estimées, reportées d'année en année sont disponibles. Les prélèvements annuels seraient au moins de l'ordre de 1 500 000 m³.

3.5.5. Conclusion

Les données existantes (historiques sur la piézométrie, sur les volumes prélevés, sur les débits des sources) sont très insuffisantes pour retracer l'évolution passée de la nappe du Turonien et tirer des conclusions sur son évolution possible compte tenu des prélèvements dont elle pourrait faire l'objet dans les années à venir.

Les 2 forages sur lesquels on dispose d'un historique piézométrique de quelques années sont proches l'un de l'autre et il est donc difficile d'avoir une idée de l'évolution d'ensemble de la nappe.

Pour les sources, les données de débits sont également trop peu nombreuses pour repérer des situations critiques.

Enfin, aucun état de crise n'ayant été reconnu sur cet aquifère à ce jour, il apparaît difficile de définir des états piézométriques objectif d'étiage et de crise sans acquisition de données supplémentaires.



4. Orientations méthodologiques

4.1. RECHERCHE DE CRITÈRES DE DÉCISION

En l'absence de situation de crise, de données précises, de chroniques piézométriques suffisamment longues, les critères physiques permettant de juger de l'état d'une nappe peuvent être recherchés en analysant :

- le contexte géologique,
- la piézométrie de la nappe (cartes et chroniques),
- le contexte hydro-climatologique (pour les nappes libres)

En mettant en relation ces différents critères les uns avec les autres, il serait possible de dégager des éléments de décision.

4.1.1. Critères géologiques

Les données issues de l'examen des sondages et leur mise en relation sous forme de cartes sont indispensables. Elles permettent :

- de définir au sein d'une couche (au sens stratigraphique) le réservoir aquifère proprement dit (analyse lithologique),
- la délimitation de ce réservoir par un toit et un mur permet d'établir des cartes d'épaisseur aquifère indicatives de l'importance des réserves,
- de localiser les zones de mise en contact avec une couche inférieure ou supérieure;
- de comprendre une configuration piézométrique particulière,
- de positionner, dans le cas d'une nappe captive, le niveau piézométrique par rapport au toit de la formation et donc de juger du délai de dénoyage éventuel,
- de positionner, dans le cas d'une nappe libre, le niveau piézométrique par rapport au niveau des cours d'eau et donc de déterminer le sens des échanges.

Exemple 1 : Eocène bergeracois

La cartographie du toit et du mur des différentes couches Eocène fait apparaître, approximativement dans l'axe de la Dordogne, une structure en "gouttière". Cette structure se retrouve au niveau des toits et murs des différents étages de l'Eocène (annexe 2.1).

Elle explique vraisemblablement la configuration piézométrique observée dans le secteur de Bergerac (similitude des isovaleurs des toits et murs des formations et des isovaleurs de la piézométrie). Cette "gouttière", de bonne perméabilité, joue un rôle de collecteur des écoulements.

L'étude géologique montre aussi que l'Eocène moyen et l'Eocène inférieur sont souvent en continuité l'un avec l'autre.

Les coupes géologiques (annexe 2.1) et le positionnement de la piézométrie (annexe 2.1. et légende des figures de l'annexe 2.3 : "volumes prélevés et piézométrie") montrent que les niveaux piézométriques dans l'Eocène moyen et l'Eocène inférieur se situent nettement au dessus du toit de ces formations, hormis quelques points situés au nord du secteur près des zones d'affleurement.

Remarque : l'Eocène inférieur est sub-affleurant près de Bergerac. La recherche d'un point de contrôle à cet endroit permettrait de comparer son niveau à celui de la nappe alluviale.

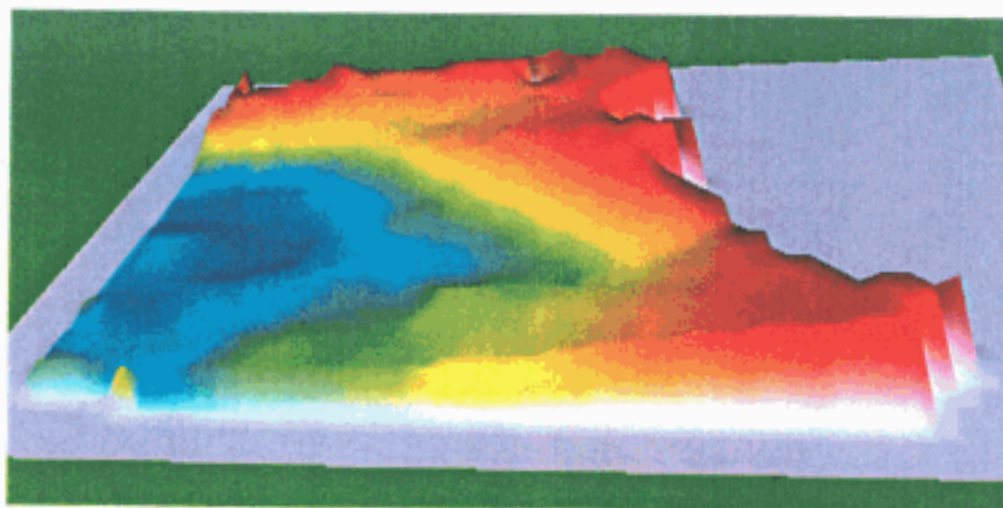
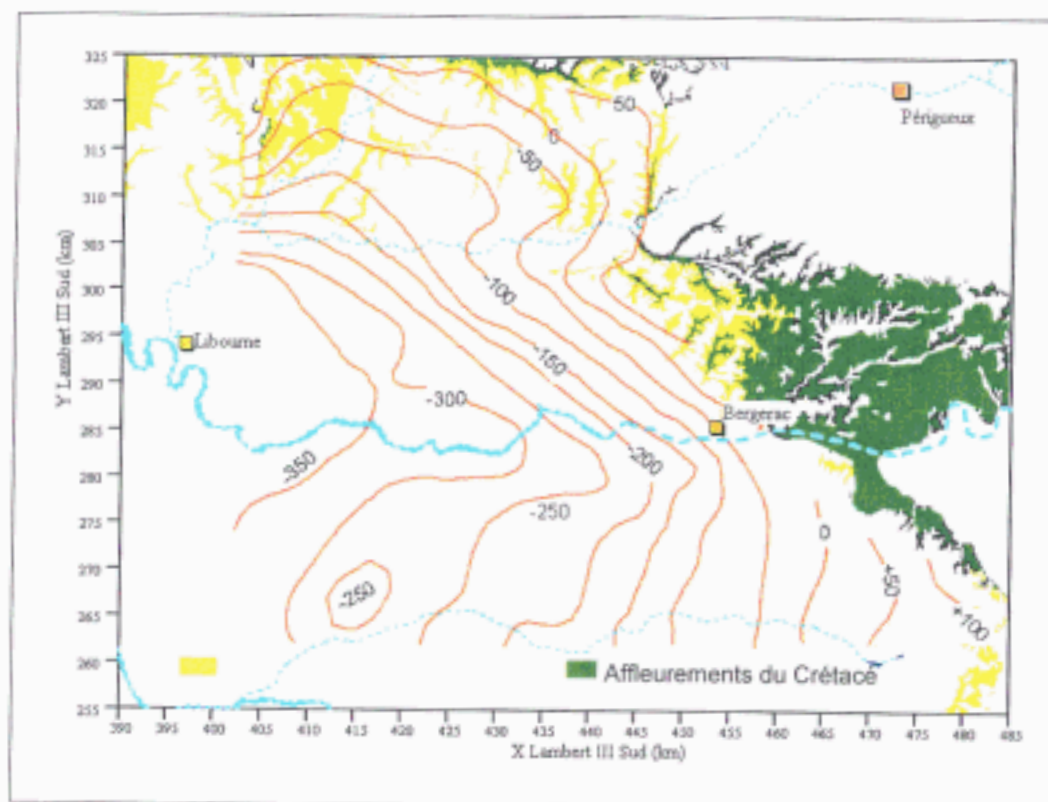
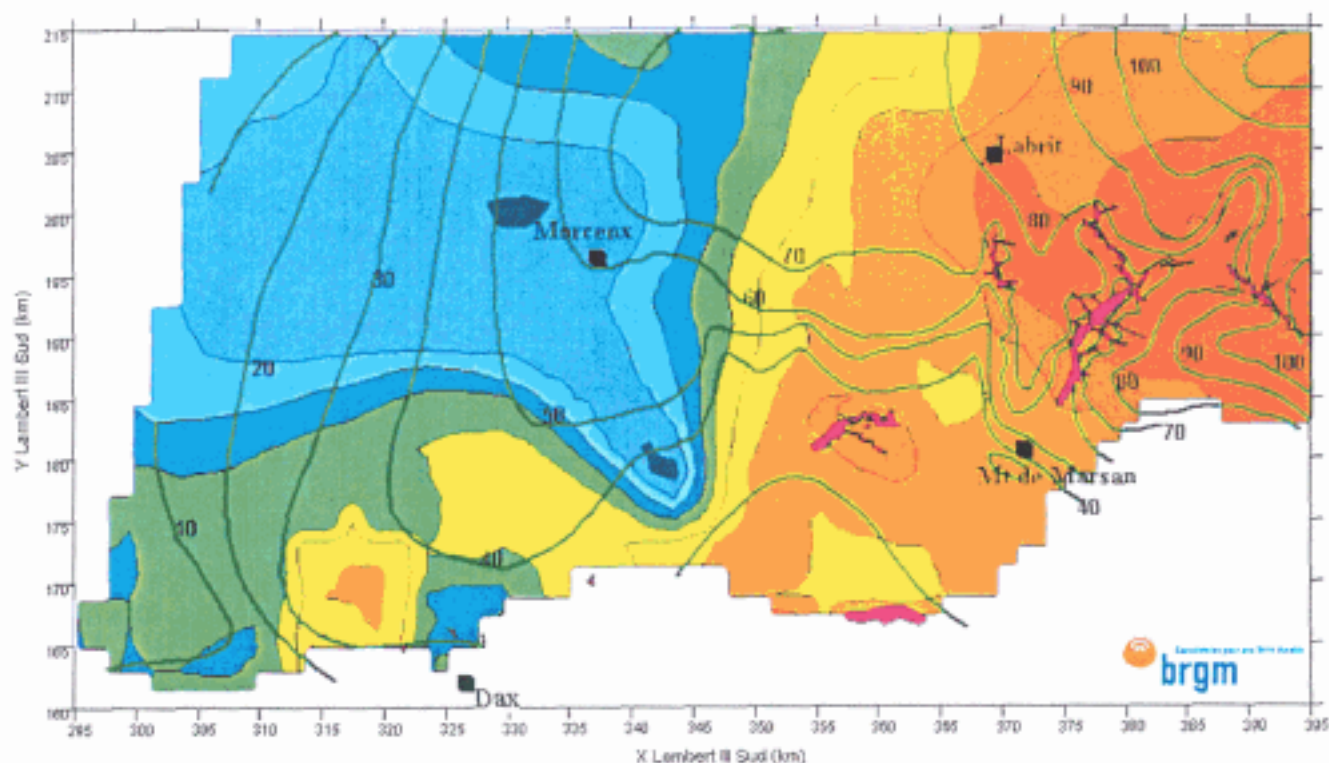


Figure – 28 Carte du mur du réservoir aquifère de l'Eocène inférieur



Cote du toit (m)

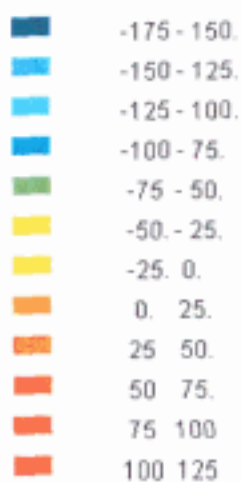


Figure 29 – Toit et piézométrie de l'Aquitainien

Exemple 2 : Aquitanien Mont-de-Marsan

La comparaison du toit de l'Aquitanien et de la piézométrie (figure 29) montre que la surface piézométrique est située nettement au dessus du toit de la formation dans toute la zone située à l'ouest d'une ligne Mont-de-Marsan – Labrit.

4.1.2. Critères piézométriques

Des chroniques piézométriques en nombre suffisant permettent de caractériser l'état d'une nappe (à l'équilibre, en baisse temporaire, en baisse durable, ...) et de **déceler une évolution possible compte tenu de sollicitations prévisibles**.

En identifiant des familles de comportement, par exemple piézomètres où :

- les niveaux baissent continûment depuis x années (x=10, 15 ou 20 ans),
- les niveaux ont baissé pendant x années puis se sont stabilisés,
- les niveaux ont baissé pendant x années avec une certaine pente et continuent à baisser mais avec une pente différente (plus faible ou plus importante),
- les niveaux fluctuent mais restent globalement stable autour d'une valeur moyenne,

et en tentant de relier ces comportements aux prélèvements opérés dans le secteur contrôlé par le piézomètre ou aux prélèvements d'une zone élargie, il est possible de déterminer l'échelle de la zone d'impact, soit locale, soit régionale et d'en déduire le degré de pression subie par la nappe.

Eocène bergeracois

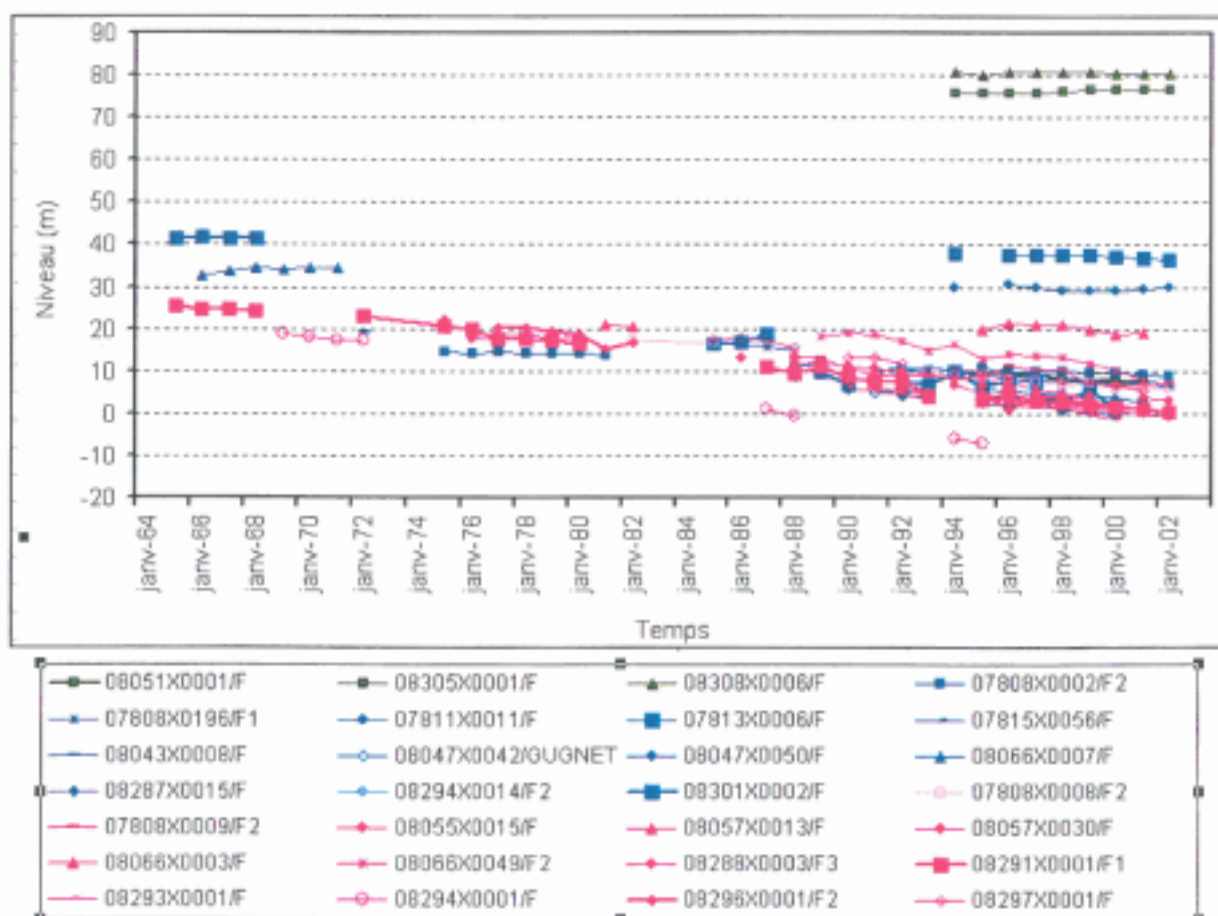
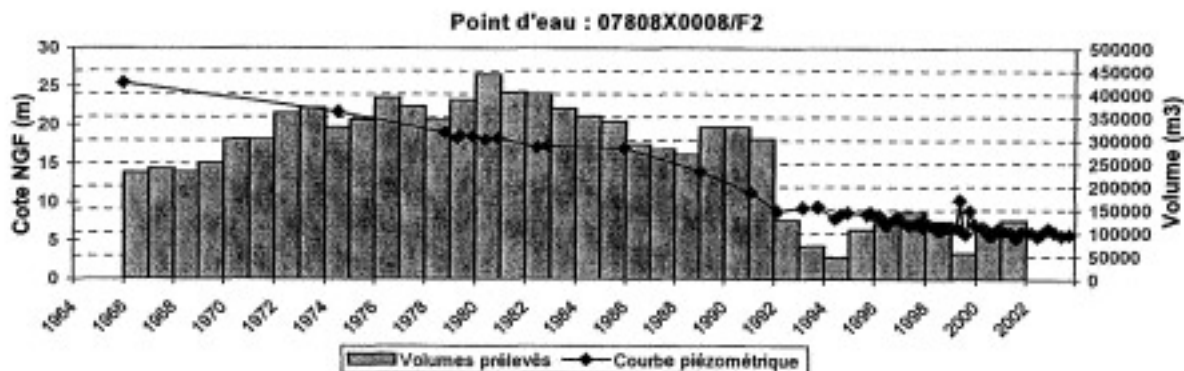
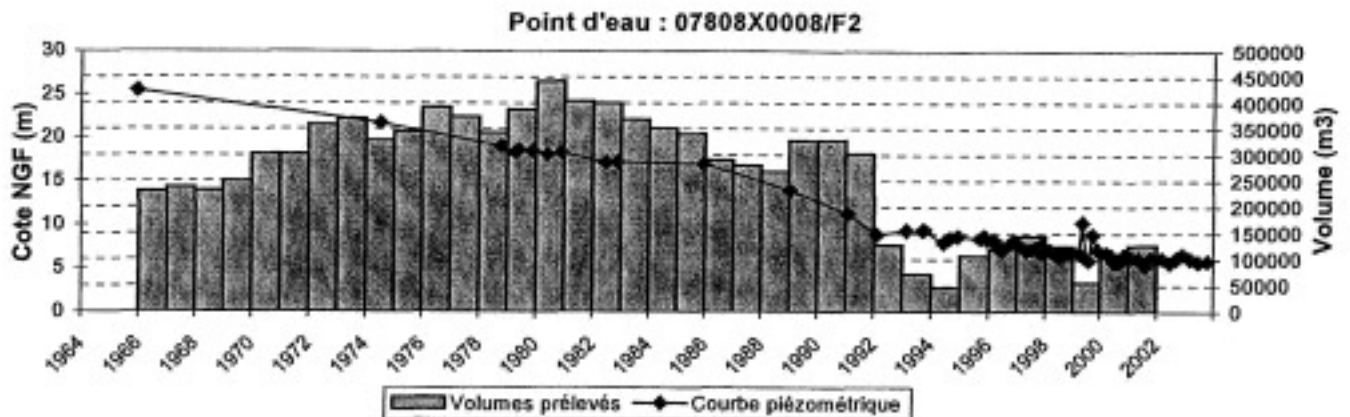


Figure 30 – Chroniques piézométriques dans l'Eocène Bergeracois

*Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine
Piézométries d'objectif d'étiage et de crise
Année 1*

Point d'eau : 07808X0008/F2
Utilisation = A.E.P.
Cote Toit = -198
Cote Mur = -246

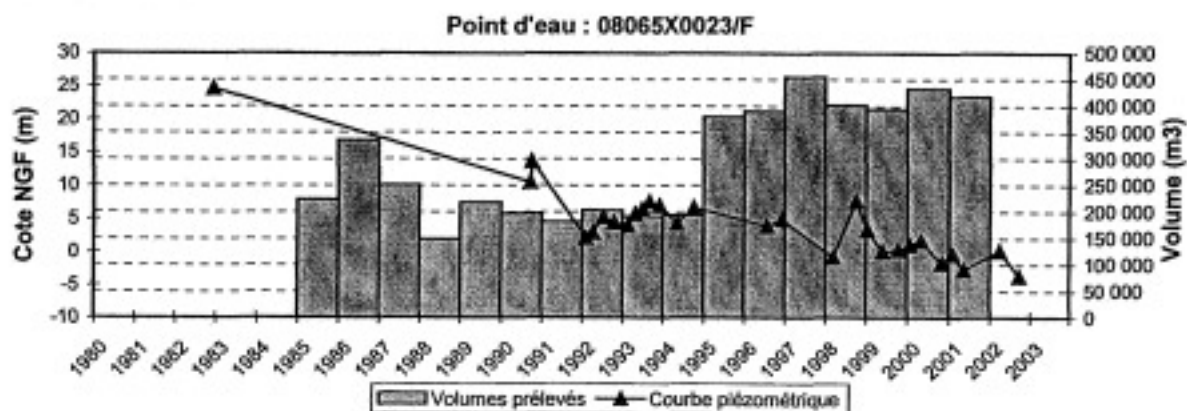
Commune : SAINT-SEURIN-SUR-L'ISLE Département : GIRONDE
Coordonnées (Lambert III Sud km) : X = 415,22 Y = 304,48



La rupture de pente coïncide avec la baisse des prélèvements.

Point d'eau : 08065X0023/F
Utilisation = A.E.P.
Cote Toit = -107 m
Cote Mur = -151 m

Commune : PRIGONRIEUX Département : DORDOGNE
Coordonnées (Lambert III Sud km) : X = 447,63 Y = 284,75



La baisse à partir de 1995 est à relier à l'augmentation des prélèvements.

4.1.3. Critères hydro-climatologiques

Pour les nappes libres en relation avec un cours d'eau, la mise en relation de données climatologiques (pluies, ETP) avec les débits du cours d'eau (nécessité d'une station de jaugeage) peut permettre d'identifier, à l'aide d'un modèle liant une entrée et une sortie par l'intermédiaire d'une "fonction de transfert", les composantes de l'hydrogramme, à savoir la part, dans le débit global du cours d'eau, du ruissellement et de l'alimentation par drainage de la nappe.

Exemple – Plio-Quaternaire de bassin de la Leyre

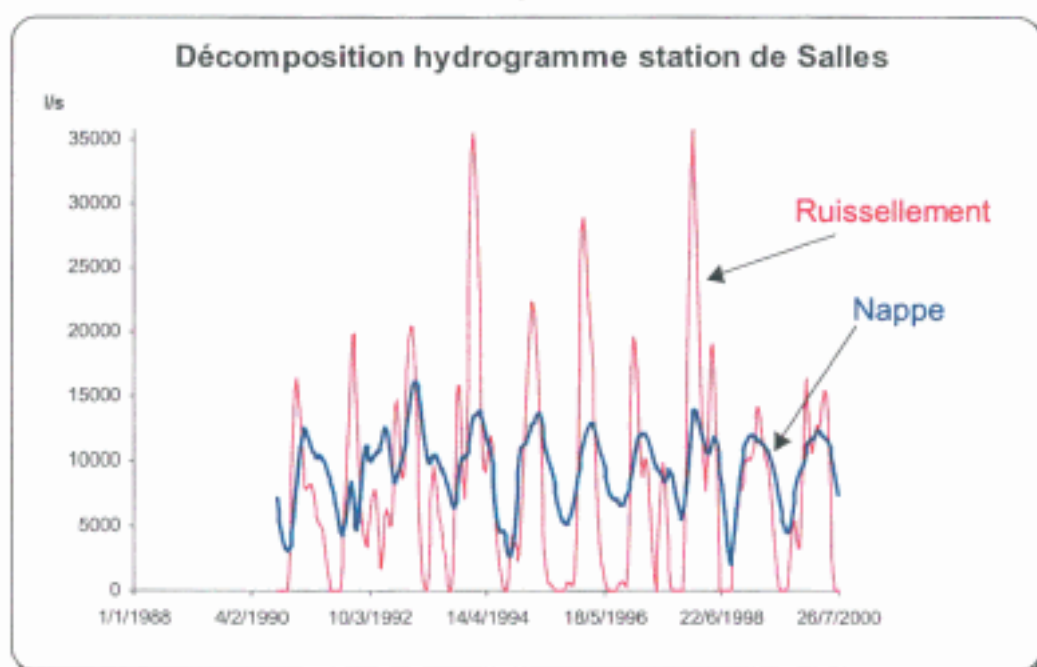
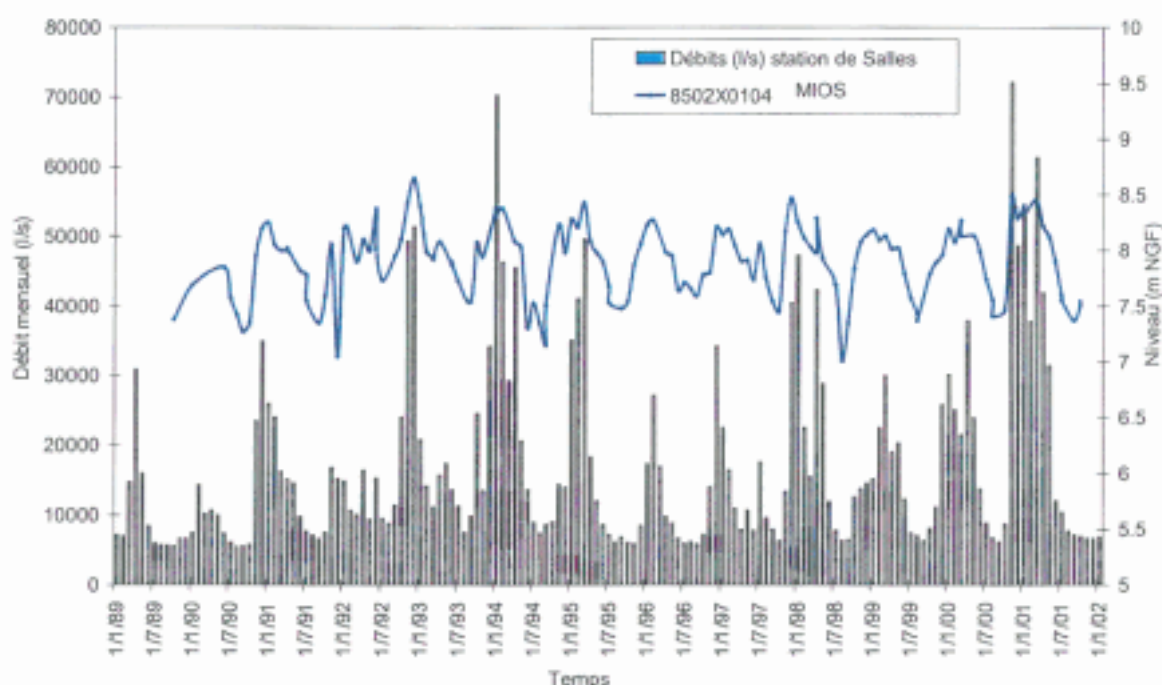


Figure 31 – Décomposition de l'hydrogramme relevé sur la Leyre à Salles

4.2. ÉLÉMENTS DE DÉTERMINATION

4.2.1 Difficultés

La fixation de "cotes piézométriques objectifs" se heurte à un certain nombre de difficultés :

- 1) Rareté des chroniques piézométriques (cas du Turonien de Dordogne),
- 2) Prélèvements mal connus (agricoles) ou connus de façon discontinue. La mise en relation avec la piézométrie pour obtenir des informations sur les réactions de la nappe est alors incertaine.
- 3) Evaluation de la ressource exploitable difficile, en raison des incertitudes sur :
 - la recharge,
 - la réalimentation induite éventuellement aux limites,
 - les flux de drainance pour les aquifères multicouches.
- 4) Evolution difficile à prévoir (Jurassique de Lot-et-Garonne, Eocène du Bergeracois).

4.2.2 Nappe captive

4.2.2.1. Difficultés de prévision

Une nappe captive peut être soumise à trois types de régime d'exploitation.

1) *Un régime d'équilibre dynamique*

En moyenne sur une durée de l'ordre de l'année, la quantité d'eau prélevée est inférieure ou au plus égale à la quantité d'eau alimentant la nappe directement (infiltration) ou indirectement (par effet induit des pompages sur les limites ou les flux de drainance éventuels). Cet équilibre peut être éventuellement rompu sur certaines périodes, fonction des aléas climatiques.

2) *Un régime de déséquilibre temporaire*

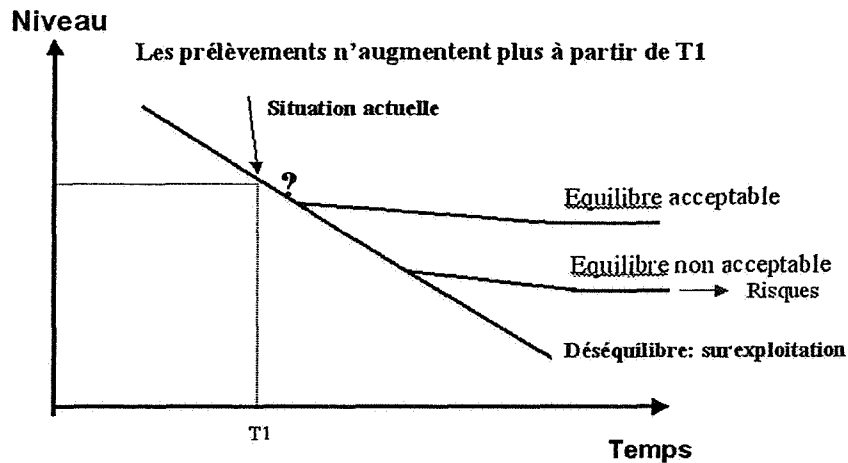
Sur la période considérée la quantité d'eau prélevée est supérieure aux apports (directs ou induits). La différence est prise sur la réserve en eau de l'aquifère (déstockage). Ce régime peut faire suite au précédent en raison d'une augmentation sensible des prélèvements, ceux-ci se stabilisant ensuite ; deux cas peuvent alors se présenter.

Un nouvel état d'équilibre est atteint après une phase transitoire plus ou moins longue fonction des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère. Cet équilibre a pu être obtenu grâce à des apports d'eau supplémentaires venant des limites ou en raison d'une diminution des flux d'eau aux exutoires de la nappe.

3) *Un régime de déséquilibre durable*

Il s'installe lorsque l'exploitation de la nappe, les prélèvements restant constants, excède largement ses possibilités d'alimentation. Il y a rupture définitive d'équilibre et vidange de la nappe : c'est la situation de surexploitation.

Ces situations peuvent être illustrées par le schéma ci-dessous :



Pour une nappe captive dont les niveaux baissent continûment, il est difficile de prévoir l'état futur de la nappe et, en l'absence d'une situation de risque avérée, la détermination de "cotes piézométriques d'objectifs" est délicate. Elle peut néanmoins se faire sur la base des résultats fournis par un modèle ou d'une analyse fine de plusieurs chroniques piézométriques.

4.2.2.2 Approche quantitative

1) Utilisation d'un modèle de gestion

Un exemple est fourni par le modèle Nord-Aquitain. A partir de différents scénarios d'exploitation, on sélectionne celui (ou ceux) qui respectent les différentes contraintes piézométriques prédéfinies (seuils particuliers, restauration d'un état d'équilibre,...) ou qui correspondent à un régime d'exploitation durable.

- 1) Introduction de scénarios de prélèvements et calcul des états piézométriques correspondants.
- 2) En fonction des résultats obtenus (états piézométriques acceptables ou non), définition de prélèvements maximum autorisés (cf. volumes maximum autorisés du SAGE "Nappes profondes de Gironde").
- 3) On en déduit un état piézométrique objectif de gestion $\Rightarrow$ choix de piézomètres de contrôle.

Le modèle garantit la cohérence spatiale de l'état piézométrique d'équilibre obtenu.

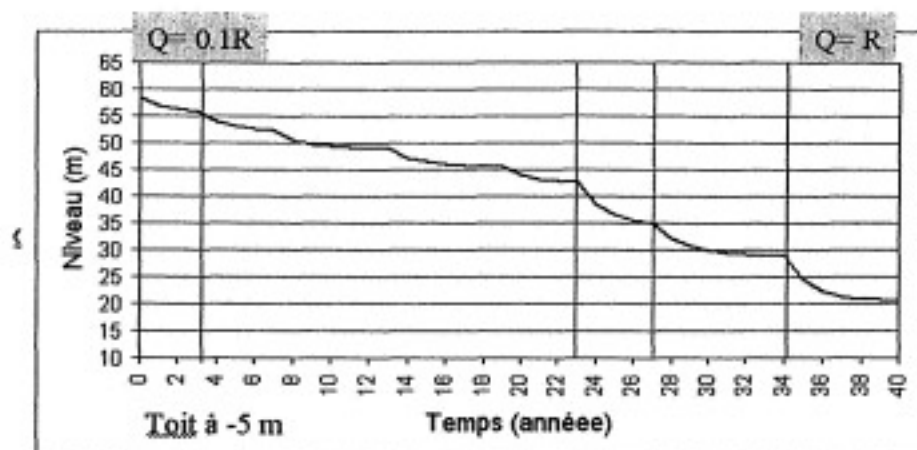
2) Utilisation d'un modèle conceptuel

En l'absence d'un modèle de gestion, il est possible de construire un modèle hydrodynamique conceptuel en simplifiant le contexte (paramètres homogènes par exemple).

La courbe ci-après représente l'évolution des niveaux d'une nappe dont les caractéristiques pourraient correspondre aux caractéristiques moyennes d'une nappe captive, telle celle de l'Eocène bergeracois :

Nappe captive d'une superficie $75 \times 50 \text{ km}^2$
Peu réalimenté : recharge de 4 M de m^3/an
Epaisseur de 50 m
Perméabilité = $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
Emmagasinement spécifique = 10^{-6} m^{-1}

Prélèvements : passant par paliers de 10 % de la recharge ($Q = 0,1R$) à 100% de la recharge ($Q = R$)



Le modèle permet de répondre aux questions suivantes :

- 1) Quels sont les niveaux à stabilisation et sont-ils admissibles en terme de piézométries d'objectifs ?
- 2) Quel est le temps d'obtention d'un régime stationnaire ?

Dans cet exemple, à chaque modification de prélèvements, il s'écoule à peu près 3 ans avant que l'équilibre ne soit atteint.

3) Essai de prévision par analyse des chroniques piézométriques

On peut tenter de calculer pour chaque accroissement de prélèvements la baisse de niveaux résultante.

Cela reste néanmoins approximatif car, dans un contexte de baisse généralisée, il y a :

- superposition spatiale des influences (interférences),
- superposition temporelle des effets successifs des prélèvements sur les niveaux.

On peut alors définir un prélèvement possible ("prélèvement objectif") à un certain horizon temporel et en déduire le "niveau piézométrique d'objectif" correspondant (figure 32).

La difficulté consiste à trouver de telles chroniques en nombre suffisant **et surtout la méthode ne garantit pas la cohérence spatiale des niveaux obtenus.**

4) Utilisation d'une solution analytique

C'est aussi une possibilité pour tenter une prévision mais cela suppose un contexte local homogène et une indépendance du secteur traité par rapport à l'environnement général (interférences réduites). Il est toujours possible d'appliquer le principe de superposition, mais dans ce cas la construction d'un modèle conceptuel est tout aussi rapide et plus riche de possibilités.

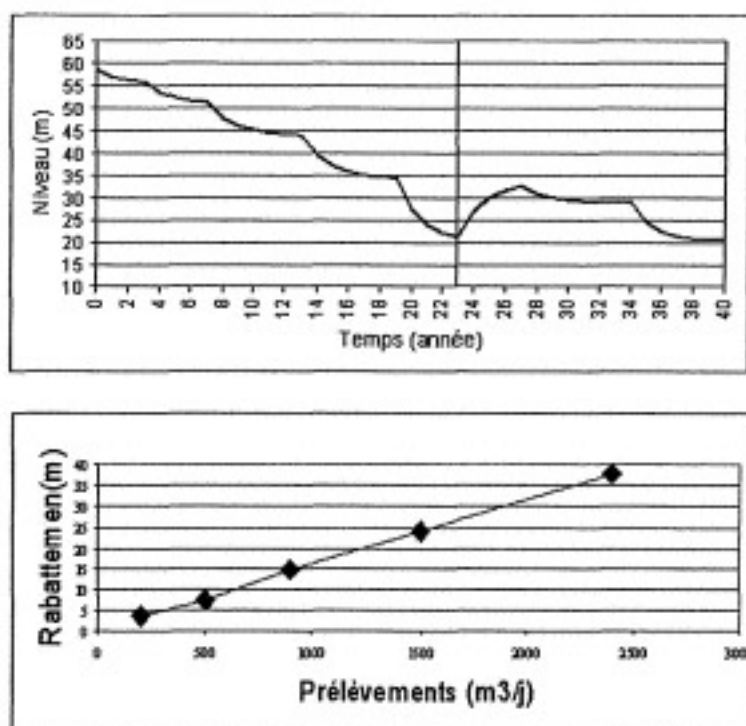


Figure 32 – Essai de détermination d'une relation "prélèvements –rabattements"

4.2.3. Nappe libre

Le cas des nappes libres est différent : elles sont en général bien réalimentées et le régime de déséquilibre n'est que temporaire, survenant en général en période estivale du fait de prélèvements importants pour l'irrigation des cultures. Les contraintes à respecter sont essentiellement des contraintes liées aux cours d'eau que ces nappes peuvent alimenter en situation "normale", alimentation qui peut cesser dans le cas d'une exploitation intensive.

Les exemples cités au chapitre 2 montrent que la fixation de seuils d'alerte se fait sur la base des chroniques piézométriques disponibles en recherchant dans ces chroniques les niveaux correspondant à des situations passées dont on souhaite éviter le retour.

Des approches plus prédictives peuvent être tentées, illustrées par les deux exemples ci-dessous.

Exemple 1

Il s'agit de calculer des niveaux (et des gradients) tels que le volume d'eau soutiré à la rivière par les pompages sur la période d'étiage ne conduise pas à un débit de celle-ci inférieur au Débit Objectif d'Etiage.

La méthode peut dériver de celle proposée pour délimiter une nappe d'accompagnement (rapport BRGM 38930 "Impact sur le débit des cours d'eau des prélèvements d'eau souterraine des nappes connexes aux rivières", 1996).

Cette méthode repose sur l'utilisation de solutions analytiques complexes correspondant à un certain nombre de configurations hydrogéologiques ("idéalisées") et de liaisons nappe-cours d'eau (cf. rapport BRGM 69 SGL 073 HYD : "Etude de l'influence de pompages en nappes alluviales sur le régime d'étiage du réseau superficiel" – 1969).

Elle permet de calculer une distance définissant une zone à l'intérieur de laquelle un prélèvement constant pendant 60 jours consécutifs conduit à extraire du cours d'eau vers la nappe un volume égal à un certain pourcentage du volume total pompé (figure 33).

Comme toute approche analytique, la méthode reste largement théorique mais peut s'avérer intéressante lorsque le contexte hydrogéologique s'approche des conditions d'utilisation de la solution employée.

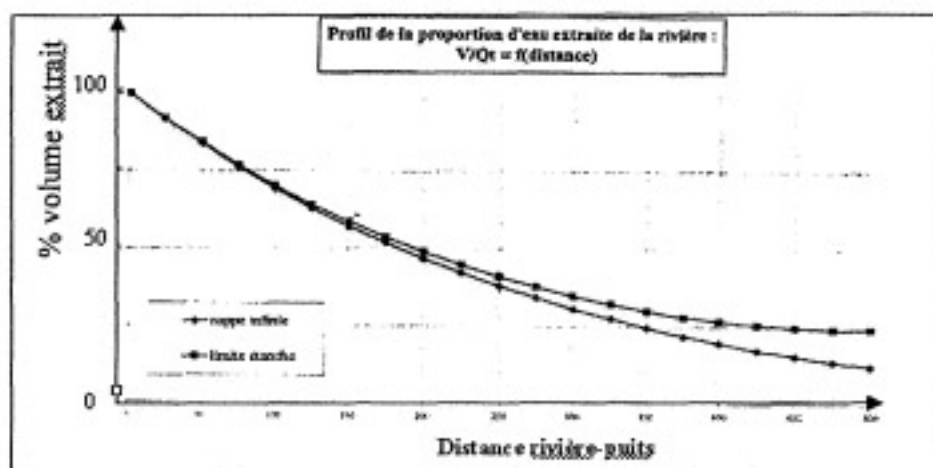


Figure 33 - Exemple de graphique tracé à partir des résultats d'une solution analytique pour définir un % de volume d'eau extrait

en fonction de la distance du puits à un cours d'eau

Exemple 2

Comme dans le cas des nappes captives, il peut être intéressant de construire un modèle conceptuel pour tester les réactions de la nappe dans certains contextes climatiques et de configurations de prélèvements. La figure 34, tracée à partir des résultats fournis par un tel modèle, montre par exemple que la réduction des prélèvements (dans l'exemple traité) doit s'opérer avant le franchissement du seuil d'alerte (malgré la réduction des prélèvements, les niveaux continuent en effet à baisser un certain temps, du fait de l'inertie de la nappe). Le seuil d'alerte, correspondant au niveau le plus bas observé à une certaine date ($t = 82$ mois sur la figure) doit donc être rehaussé.

Sur une chronique suffisamment longue, non influencée par des pompages de proximité, les seuils d'alerte peuvent aussi être fixés à partir d'une courbe de tarissement type que l'on essaie d'ajuster aux périodes d'étiages observées sur la chronique (figure 34).

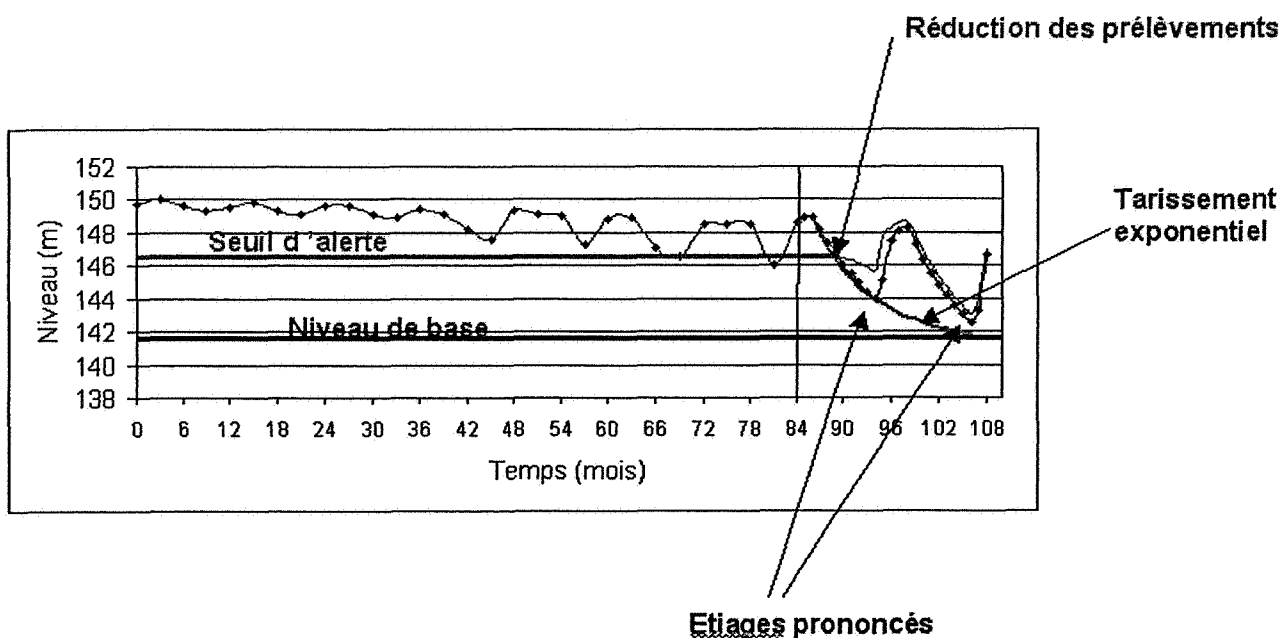


Figure 34 – Exemple d'utilisation d'un modèle pour prévoir la réaction d'une nappe en fonction des prélèvements



Conclusion

Cette étude, destinée à définir les conditions de possibilité d'une gestion rationnelle des ressources en eau souterraine à l'aide de "cotes piézométriques d'objectifs" (POE et PCR), met en évidence les difficultés d'obtention de critères de fixation de telles cotes.

Si ces critères s'imposent d'eux-mêmes dans une situation de crise avérée ou génératrice de crise à court terme, il en est autrement lorsque l'état des nappes ne laisse pas présager une telle situation.

Les exemples, dans quelques régions de France, de gestion des nappes à l'aide de seuils d'alerte sont peu nombreux et concernent presque exclusivement des nappes libres fortement sollicitées en période estivale pour l'irrigation des cultures (nappe des Calcaires de Beauce, nappes de Vendée, des Deux-Sèvres et de Charente maritime).

Ces exemples montrent que la démarche est le plus souvent pragmatique, basée sur des chroniques piézométriques de longue durée faisant apparaître des situations extrêmes (sécheresse de 1976 par exemple pour la nappe des Calcaires de Beauce) qu'il s'agit désormais d'éviter. Le seuil de crise s'impose donc et les seuils d'alerte constituent une gradation jusqu'à ce seuil à partir de niveaux intermédiaires observés certaines années.

Ces exemples montrent aussi que ces seuils ont pu être révisés au cours du temps, parfois revus à l'aide de modèles (nappes du Sud-Vendée).

En Aquitaine, la variété des conditions hydrogéologiques, des étendues, des structures et des comportements hydrodynamiques induits entraîne tout autant de variétés de modalités de gestion.

▪ Le cas de l'Eocène dans le Bergeracois ne peut être dissocié de celui de cette même nappe en Gironde. Si la configuration piézométrique, telle qu'elle ressort de la cartographie, résulte de l'existence d'un axe drainant et ne peut donc être identifiée à un prolongement du cône de dépression développé en Gironde, il apparaît néanmoins :

- que ce cône de dépression progresse vers la Dordogne (d'après l'examen comparatif des cartes de 1991 et 2002),
- qu'il existe localement, dans le Bergeracois, dans les zones de prélèvements importants, une baisse des niveaux susceptible d'aggraver la situation globale de l'Eocène.

Cette baisse des niveaux correspond sans doute à l'augmentation régulière des prélèvements depuis une vingtaine d'années et à priori ne résulte pas d'une exploitation de la nappe au-delà de ses capacités d'alimentation.

Quoi qu'il en soit, la gestion de cette ressource importante ne peut se concevoir sans son intégration dans un plan de gestion globale de la nappe de l'Eocène impliquant non seulement la Gironde, mais aussi la Dordogne et le Lot-et-Garonne.

Ainsi, la fixation de cotes piézométriques de gestion dans le Bergeracois reste dépendante de cette même opération dans les deux autres départements compte tenu de la situation actuelle de la nappe (fortement sollicitée) et de son caractère devenu indivisible.

Le modèle Nord-Aquitain utilisé en Gironde dans le cadre du SAGE "Nappes profondes" pour définir un "état piézométrique d'objectif" correspondant à des "volumes maximum prélevables d'objectifs" (VMPO), eux mêmes définis sur la base de simulations prospectives, pourrait être de nouveau utilisé dans sa version actuelle (3 couches Eocène,

maillage de 2 km) pour étendre l'opération à la totalité de la nappe Eocène, garantissant ainsi la cohérence spatiale de cet état piézométrique.

▪ La nappe du Jurassique en Lot-et-Garonne requiert également une attention particulière : les niveaux baissent depuis plusieurs années alors que les prélèvements n'augmentent pas de façon significative (pour autant qu'on puisse en juger d'après les données disponibles). A priori, le réservoir aquifère est important mais les zones de réalimentation sont très éloignées. Les baisses de niveaux observées sont au niveaux des forages :

- forages Rouquet (Agen), baisse de 14 m en 10 ans. Les niveaux continuaient à baisser en 2002 malgré la réduction des prélèvements en 1999,
- forage de Clairac, baisse de 18 m en 10 ans, au forage de Cauzac, baisse de 12 m en 10 ans (pour ces deux forages, arrêt des chroniques en 1997),
- forages de Feugarolles et du Passage d'Agen, non exploités, les baisses sont respectivement de 5 m en 6 ans et 4 m en 5 ans.

La prise de décision en matière de gestion des prélèvements nécessite un suivi régulier des niveaux et un inventaire systématique des prélèvements de façon à ce que la mise en relation niveaux-prélèvements permette de conclure quant à la capacité de production de la nappe. Les forages exploités étant peu nombreux, une solution consisterait à maintenir les prélèvements constants pendant un certain temps afin de savoir si la stabilisation des niveaux pourrait être atteinte ou non.

Comme pour la nappe de l'Eocène, le modèle Nord-Aquitain qui inclut cette couche Jurassique mais qui n'a pas fait l'objet jusqu'à présent d'un calage en régime transitoire pourrait être utilisé pour définir des scénarios d'exploitation et fixer des "piézométries d'objectifs".

Dans l'intervalle de temps, un modèle conceptuel monocouche (simplifiant la réalité complexe de ce réservoir Jurassique) et intégrant les données actuelles pourrait permettre d'identifier le type de comportement de l'aquifère.

▪ Le troisième cas de nappe captive étudiée, la nappe de l'Aquitainien dans la région de Mont-de-Marsan est différent : la nappe est en effet globalement à l'équilibre. Des baisses peuvent être observées certaines années déficitaires en recharge mais elles sont temporaires. L'alimentation de cette nappe étant essentiellement assurée par la nappe superficielle du Plio-Quaternaire relayée par la nappe de l'Helvétien, sa gestion est dépendante de celle de ces deux nappes.

La problématique réside essentiellement dans la limitation des interférences qui peuvent se produire entre pompages agricoles et pompages A.E.P. (Mont-de-Marsan par exemple).

▪ Le cas du Plio-Quaternaire dans le bassin versant de la Leyre relève d'une problématique de "relation nappe-rivière". Une étude portant à la fois sur les débits de la Leyre et les niveaux de la nappe permettrait de quantifier l'apport de la nappe et de définir les gradients (et les niveaux) à maintenir pour conserver un certain débit.

La suite de l'étude pourrait s'articuler avec le SAGE en cours.

▪ La nappe du Turonien de Dordogne (système 118C1), à une autre échelle que celle du bassin versant de la Leyre, relève aussi d'une gestion des étiages. Faute de points de repères piézométriques temporels, il n'est pas possible de connaître l'évolution suivie par la nappe. Un travail important de collecte de données reste à faire avant de pouvoir mettre en œuvre une politique de gestion par la piézométrie. La constitution de chroniques piézométriques est un préalable indispensable, de même que le suivi de certaines sources. Il pourrait être envisagé de sélectionner un bassin versant et de l'étudier sous l'angle des relations pluies-débits (d'une source) ou pluies-niveaux (d'un piézomètre de contrôle) en utilisant un modèle global.

Comme dans le cas de la Leyre, l'étude conjointe du débit d'un cours d'eau (hydrogramme) et du niveau de la nappe drainée pourrait apporter des éléments de quantification.

D'une façon générale, le suivi des niveaux des nappes par les réseaux piézométriques ou par des points spécifiques permettant de contrôler un contexte local problématique est une nécessité. Il n'est pas inutile de rappeler que les niveaux d'une nappe représentent la variable d'état la plus porteuse d'information : ils permettent d'estimer l'état des flux et celui des réserves et ils enregistrent toutes les influences. C'est par l'intermédiaire de longues séries de données, qu'il sera possible d'appréhender le futur d'une nappe dans des contextes climatiques et de prélèvements donnés et de fixer des "piézométries d'objectifs" et de mettre en place une politique de gestion appropriée.

Le suivi du débit des sources identifiées comme exutoires de la nappe apporte aussi une information essentielle pour estimer les impacts des prélèvements.



Références bibliographiques

Bichot F., Seguin J.J. - 2000 - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine – Année 4 – Evaluation des ressources – Modélisation des aquifères du Miocène, Recueil et synthèse de données.

Rapport BRGM/R-50466-FR – Décembre 2000.

Comte J.P., David A., Landreau A. - 1997 - Méthode de détermination par système aquifère des niveaux de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines.

Rapport BRGM/R-38856-FR – Janvier 1997.

David A. - 1998 - Diagnostic et cadre général pour l'organisation des réseaux de connaissance et de suivi des eaux souterraines dans le bassin Adour-Garonne – Phase 1.

Rapport BRGM/R-39484-FR - Septembre 1998.

Lambert M., Armand C. - 1996 - Modélisation hydrodynamique des nappes du Miocène dans la région de Mont-de-Marsan.

Rapport ANTEA A 05802 – Avril 1996.

Pédron N., Seguin J.J., Bichot F. - 2001 - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 5. Evaluation des ressources. Modélisation des aquifères du Miocène. Calage du modèle et simulations.

Rapport BRGM/RP-51176-FR – Décembre 2001.

Pédron N., Capdeville J.P. - 2003 - Evaluation de la ressource en eau de l'Eocène dans le Bergeracois - Année 1- Recueil et synthèse des données.

Rapport BRGM/RP-51528-FR - Septembre 2003.

Seguin J.J. - 2002 - Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux "Nappes profondes de Gironde". Orientations de gestion et propositions d'indicateurs piézométriques pour le tableau de bord du SAGE. Contribution du BRGM

Rapport BRGM RP-51777-FR - Juin 2002.

Mauroux B., Winckel A. - 2003 - Piézométrie de l'aquifère Turonien-Coniacien dans la partie occidentale du département de la Dordogne. Année 1

Rapport BRGM/RP-52258-FR – Octobre 2003.

Géoaquitaine - 2001 - Bassins versants de la Courance et du Mignon – Recherche de nouveaux indicateurs d'état de la ressource.

Rapport GeoAquitaine HN/W02710/HYD – Décembre 2001.

Géoaquitaine - 2003 - Etat de la ressource en eau sur le cours amont de la Sèvre Niortaise.

Rapport GeoAquitaine HN/W03758/HYD.

Gestion des nappes du Sud-Vendée pour l'année 2003.

Document DDAF de la Vendée (transmis par le Service Hydrogéologie du Conseil Général de Vendée).

Rapport BRGM - 1996 - Impact sur le débit des cours d'eau des prélèvements d'eau souterraine des nappes connexes aux rivières. Rapport BRGM 38930.

Rapport BRGM - 1969 - Etude de l'influence de pompages en nappes alluviales sur le régime d'étiage du réseau superficiel. Rapport BRGM 69 SGL 073 HYD.

Annexe 1

Systèmes aquifères de la région Aquitaine

SYSTÈMES AQUIFÈRES LIBRES

- 108 *BASSIN DE BRIVE*
- 118C0 *ANGOUMOIS / CAMPANO-MAASTRICHTIEN*
- 118C1 *ANGOUMOIS / SANTONIEN-CONLACIEN-TURONIEN*
- 118C2 *ANGOUMOIS / CENOMANIEN*
- 118K *ANGOUMOIS / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR*
- 118L *ANGOUMOIS / LIAS DE BORDURE DU LIMOUSIN*
- 119C0 *PERIGORD NORD / CAMPANO-MAASTRICHTIEN*
- 119C1 *PERIGORD NORD / SANTONIEN-CONLACIEN-TURONIEN*
- 119K *PERIGORD NORD / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR*
- 120C0 *PERIGORD SUD / CAMPANO-MAASTRICHTIEN*
- 120C1 *PERIGORD SUD / SANTONIEN-CONLACIEN-TURONIEN*
- 120K *PERIGORD SUD / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR*
- 121C0 *SARLADAIS MARTEL / CAMPANO-MAASTRICHTIEN*
- 121C1 *SARLADAIS MARTEL / SANTONIEN-CONLACIEN-TURONIEN*
- 121K *SARLADAIS MARTEL / JURASSIQUE MOYEN ET SUPERIEUR*
- 124 *BOURLANE*
- 125A0 *BLAYAIS / EOCENE*
- 126 *ENTRE-DEUX-MERS*
- 127A0 *LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / (MIO)-PLIO-QUATERNAIRE*
- 127A1 *LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / OLIGOCENE*
- 127A2 *LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / EOCENE*
- 127A3 *LANDES AQUITAINE OCCIDENTALE / CRETACE*
- 128 *MARSAN*
- 133 *MASSIF DES ARBAILLES*
- 134 *MASSIF DE LA PIERRE-SAINT-MARTIN ET DES EAUX-CHAUDES*
- 135A *CHAINON CALCAIRE / MASSIF DE SAINT-PE-DE-BIGORRE*
- 135B *CHAINON CALCAIRE / BIELLE LURBE*
- 135C *CHAINON CALCAIRE / SARRANCE*
- 135D *CHAINON CALCAIRE / MASSIF DE LAYENS*
- 135E *CHAINON CALCAIRE / MASSIF D'AHARGOU*

Annexe 2

Aquifères Eocène du Bergeracois

SYSTÈMES AQUIFÈRES CAPTIFS

214 *EOCENE ADOUR-GARONNE*

215 *CRETACE SUPERIEUR POITOU-CHARENTE ET AQUITAINE*

217 *JURASSIQUE CALCAIRE MOYEN ET SUPERIEUR*

230 *OLIGOCENE*

231 *CRETACE SUPERIEUR MAASTRICHTIEN ET CAMPANIEN IV ET V*

232 *LIAS ET INFRA-LIAS D'AQUITAINE*

233 *PALEOCENE NORD-PYRENEEN*

234 *GRAVIERS DE BASE PLIOCENE*

235 *MIOCENE*

236 *CRETACE INFERIEUR DES BASSINS DE PARENTIS ET NORD-PYRENEEN*

SYSTÈMES AQUIFÈRES ALLUVIAUX

343 *GARONNE 2*

344 *LOT*

345A *GARONNE 3 / ENTRE LANGON ET LE CONFLUENT DE LA DORDOGNE*

345B *GARONNE 3 / ENTRE LANGON ET LE CONFLUENT DU LOT*

346 *DORDOGNE*

347 *ISLE ET DRONNE*

348 *ADOUR*

349 *LUYS*

350 *GAVE DE PAU*

351 *GAVE D'OLORON*

353 *GIRONDE*

392 *BIDASSOA*

DOMAINES HYDROGÉOLOGIQUES

559A FIGEAC TERRASSON / NORD

562 AGENAIS

563 GUYENNE

564 DOUBLE ET LANDAIS

565 ARMAGNAC

565A ARMAGNAC / STRUCTURE HAUTE DES LANDES

566 BEARN – SUD LANDES

566A BEARN – SUD LANDES / STRUCTURES HAUTES DES LANDES

566B BEARN – SUD LANDES / MASSIFS TRIASIQUES LANDAIS

567A PYRENEES OCCIDENTALES / BASSIN DU FLYSCH

567B PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS PALEOZOIQUES BASQUES

567C PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS DE L'ARBEROUE ARMENDARITS

567D PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF DE SAINTE-SUZANNE

567E PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF TRIASIQUE DE SALIES

567F PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF DE LA RHUNE

568A PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIFS PYRENEENS

SYSTÈMES AQUIFÈRES DE SOCLE

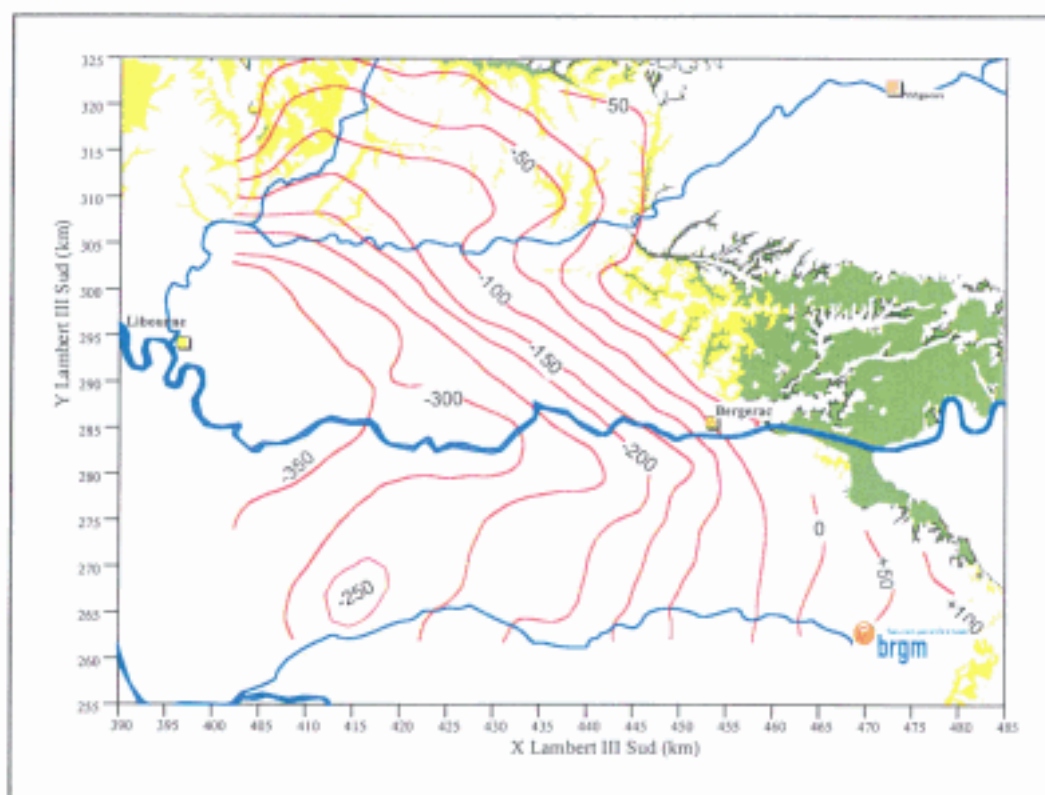
610R1 LIMOUSIN SUD / HAUT BANDIAT - TARDOIRE - AUVEZERE - VEZERE

620G PYRENEES OCCIDENTALES / MASSIF DES EAUX-CHAUDES

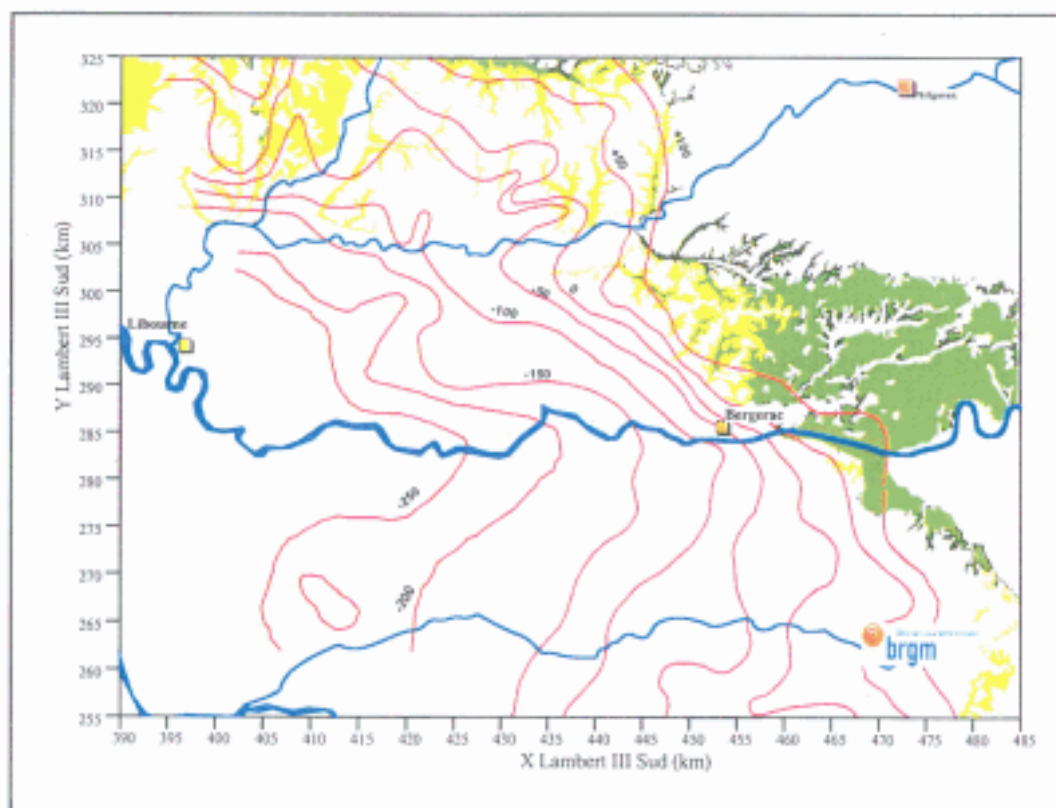
620F PYRENEES OCCIDENTALES / URSUYA

A 2.1

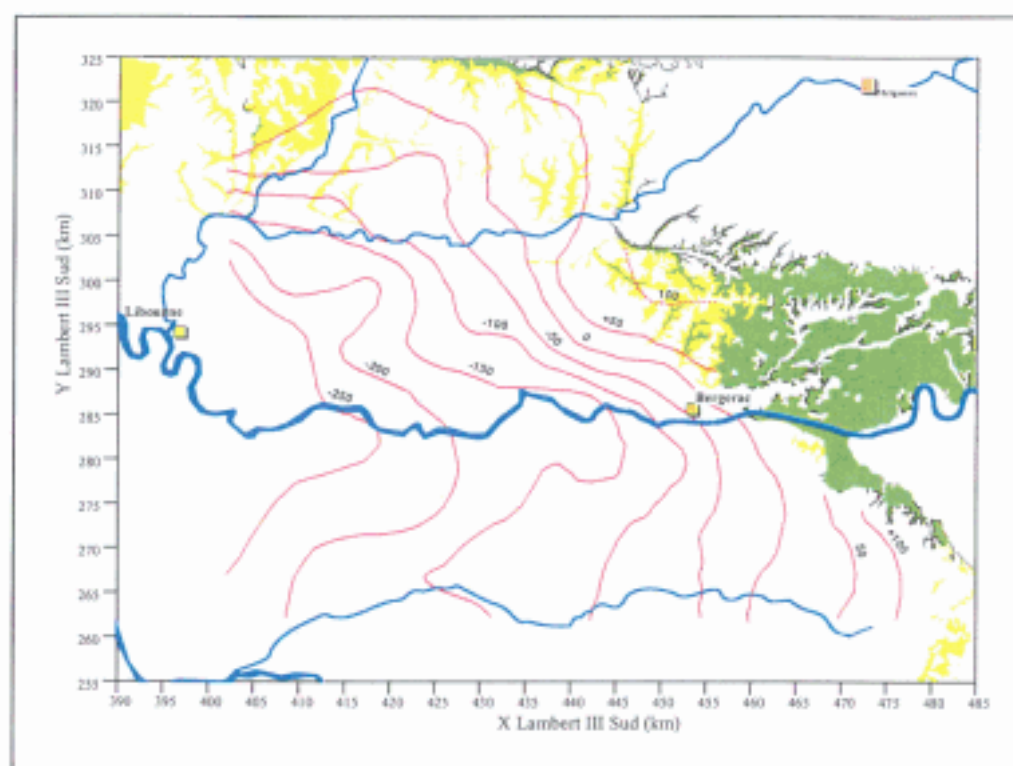
Géologie



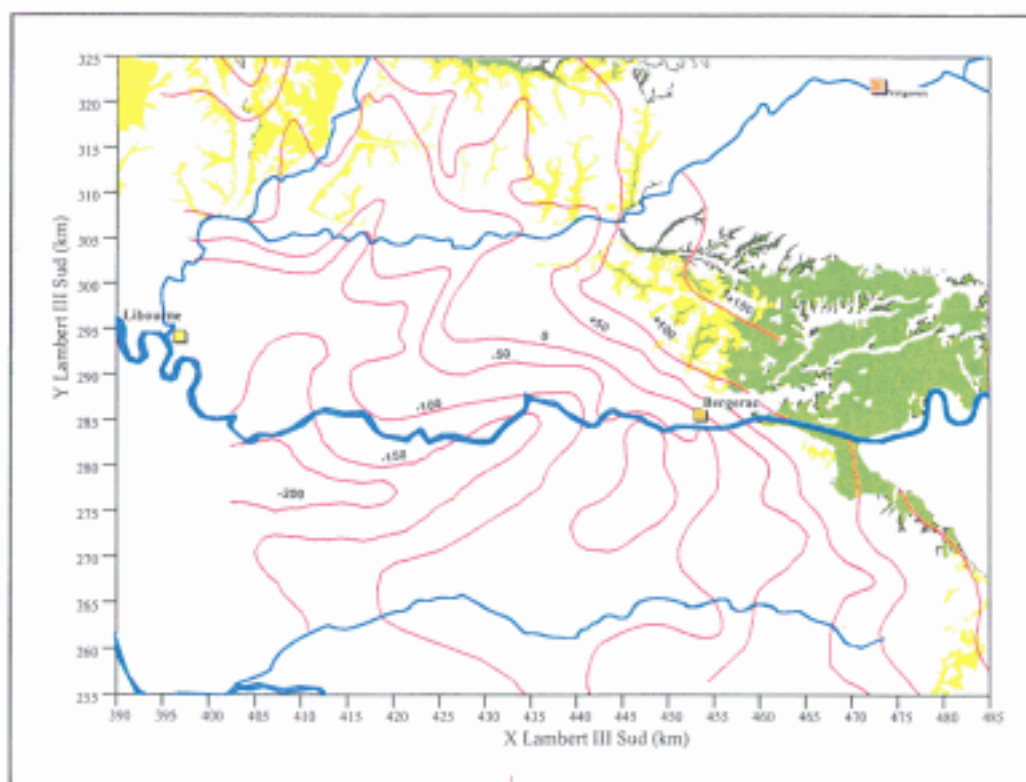
Mur Eocène inférieur



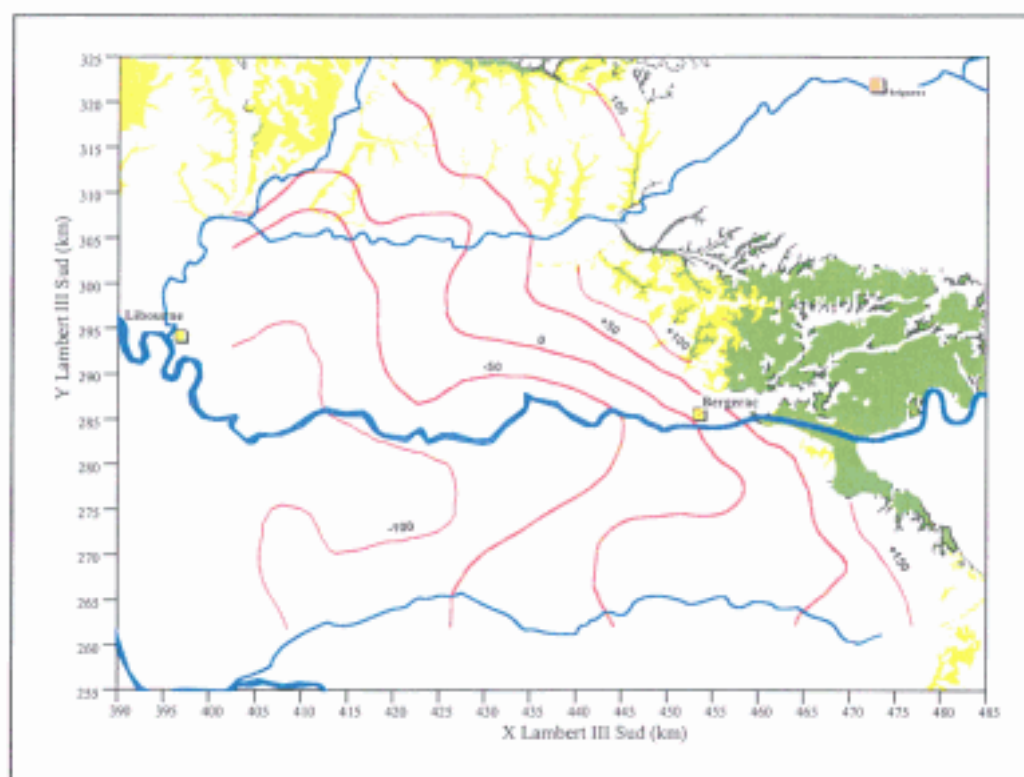
Toit Eocène inférieur



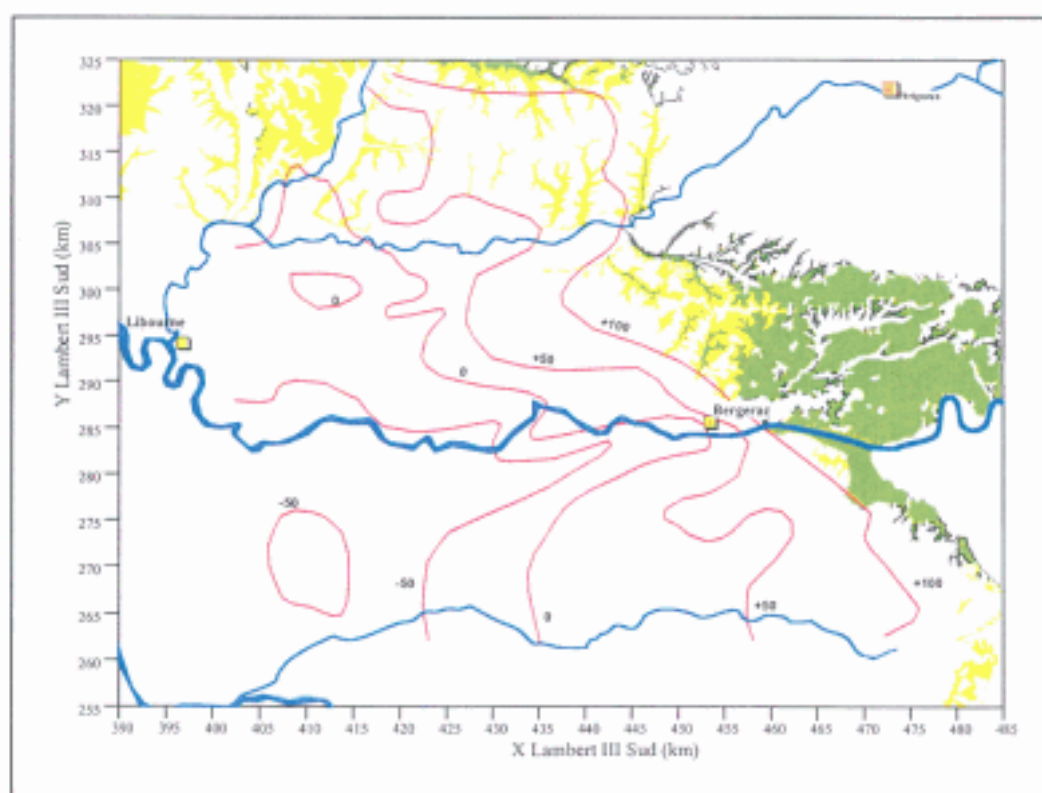
Mur Eocène moyen



Toit Eocène moyen

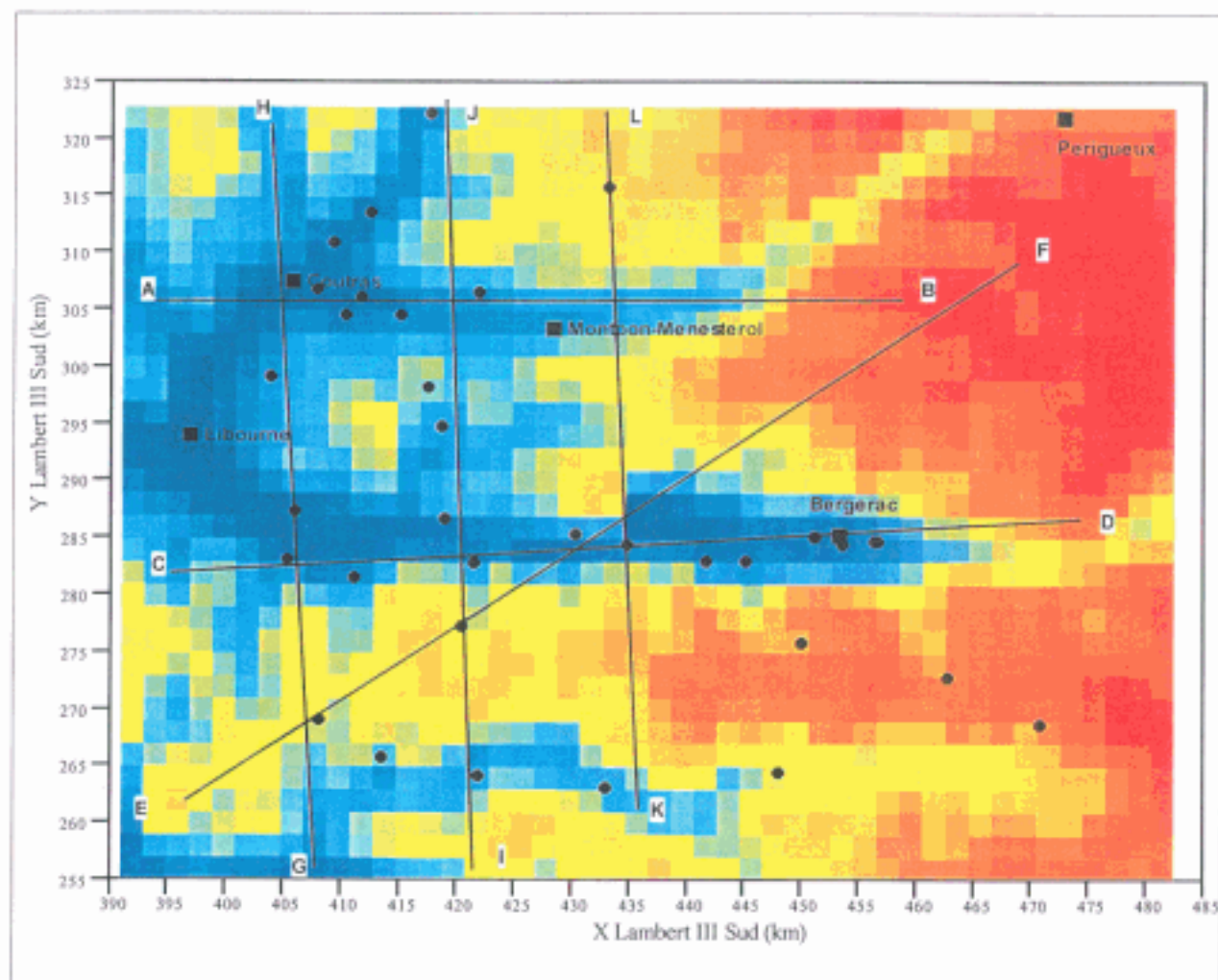


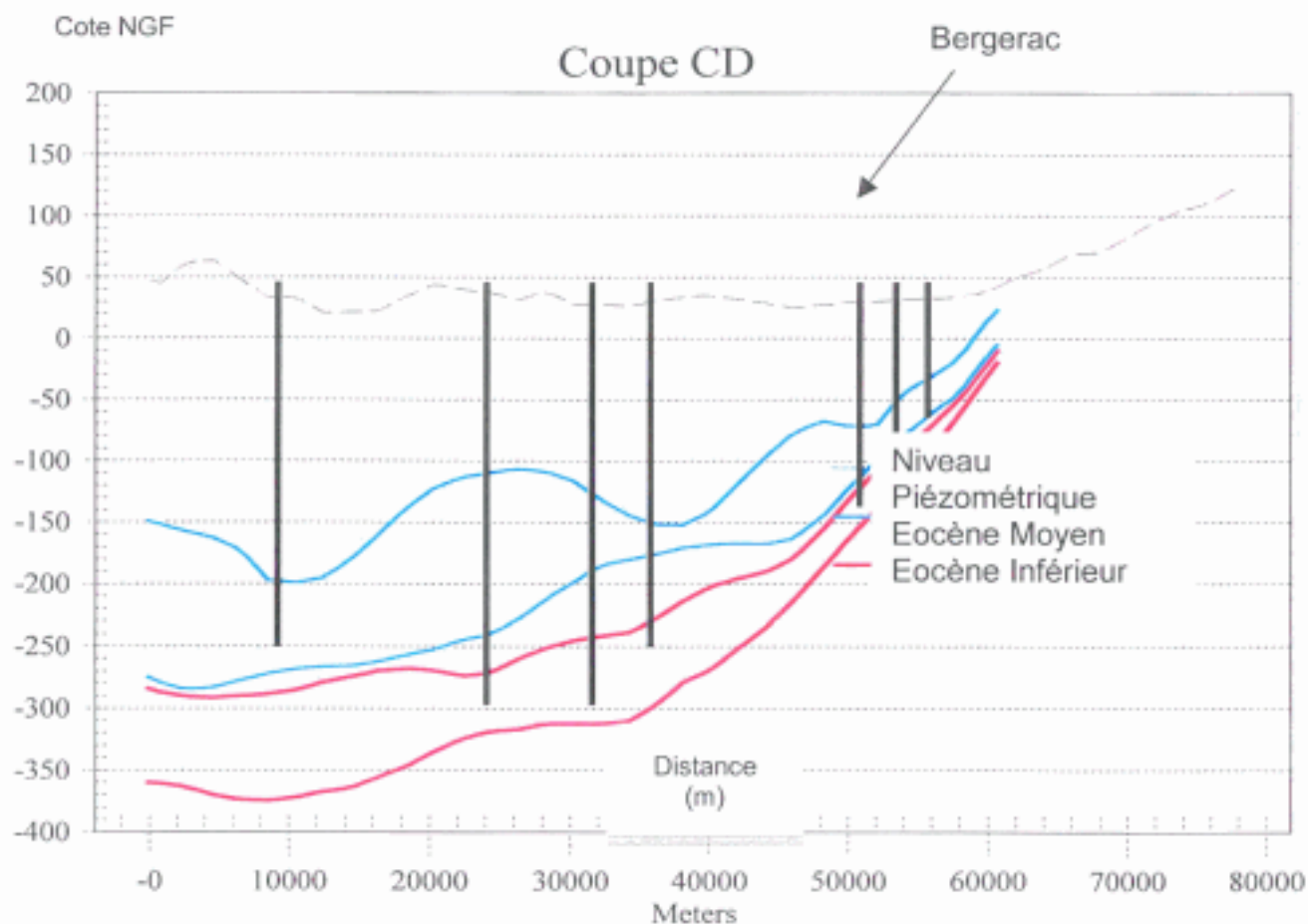
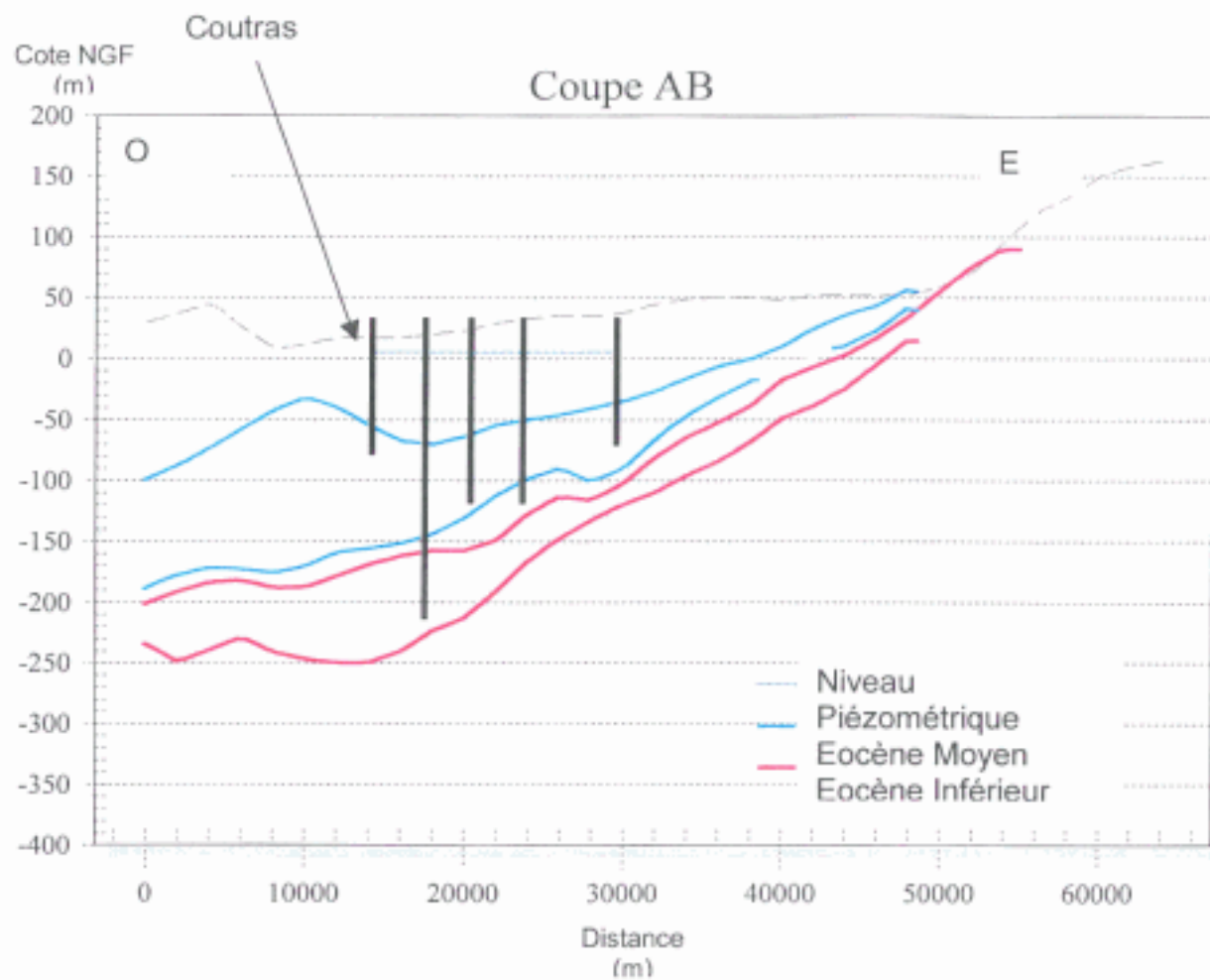
Mur Eocène supérieur

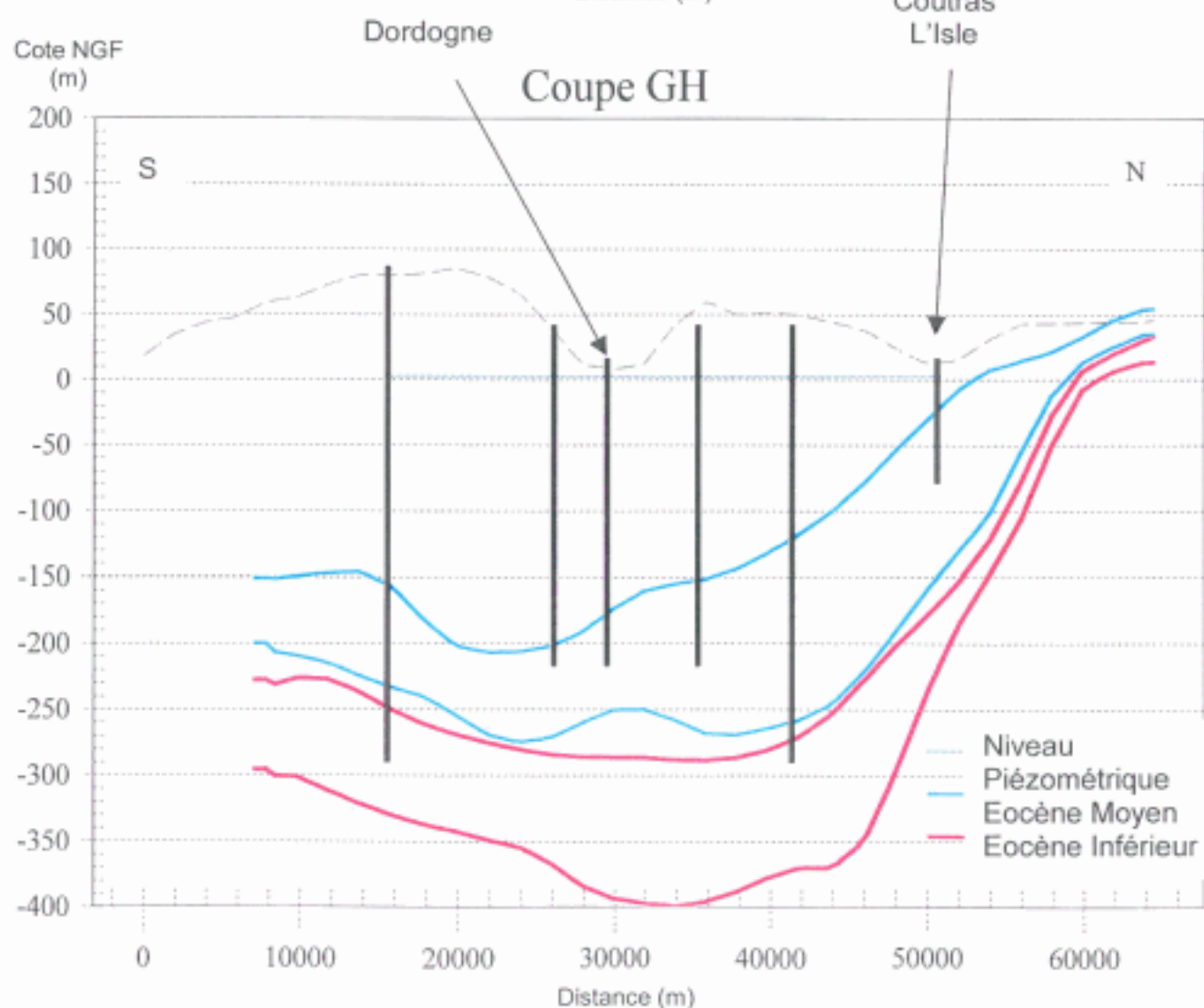
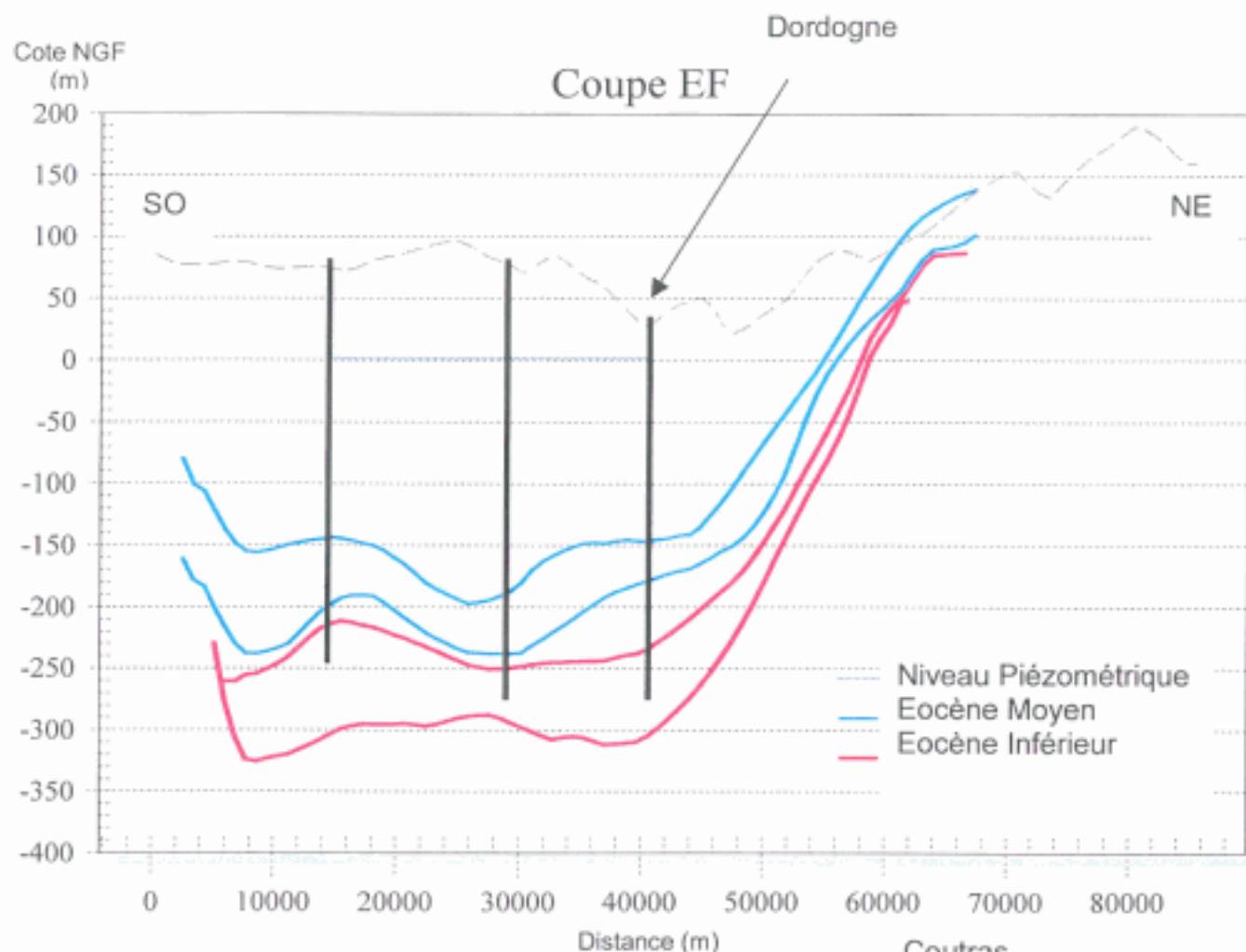


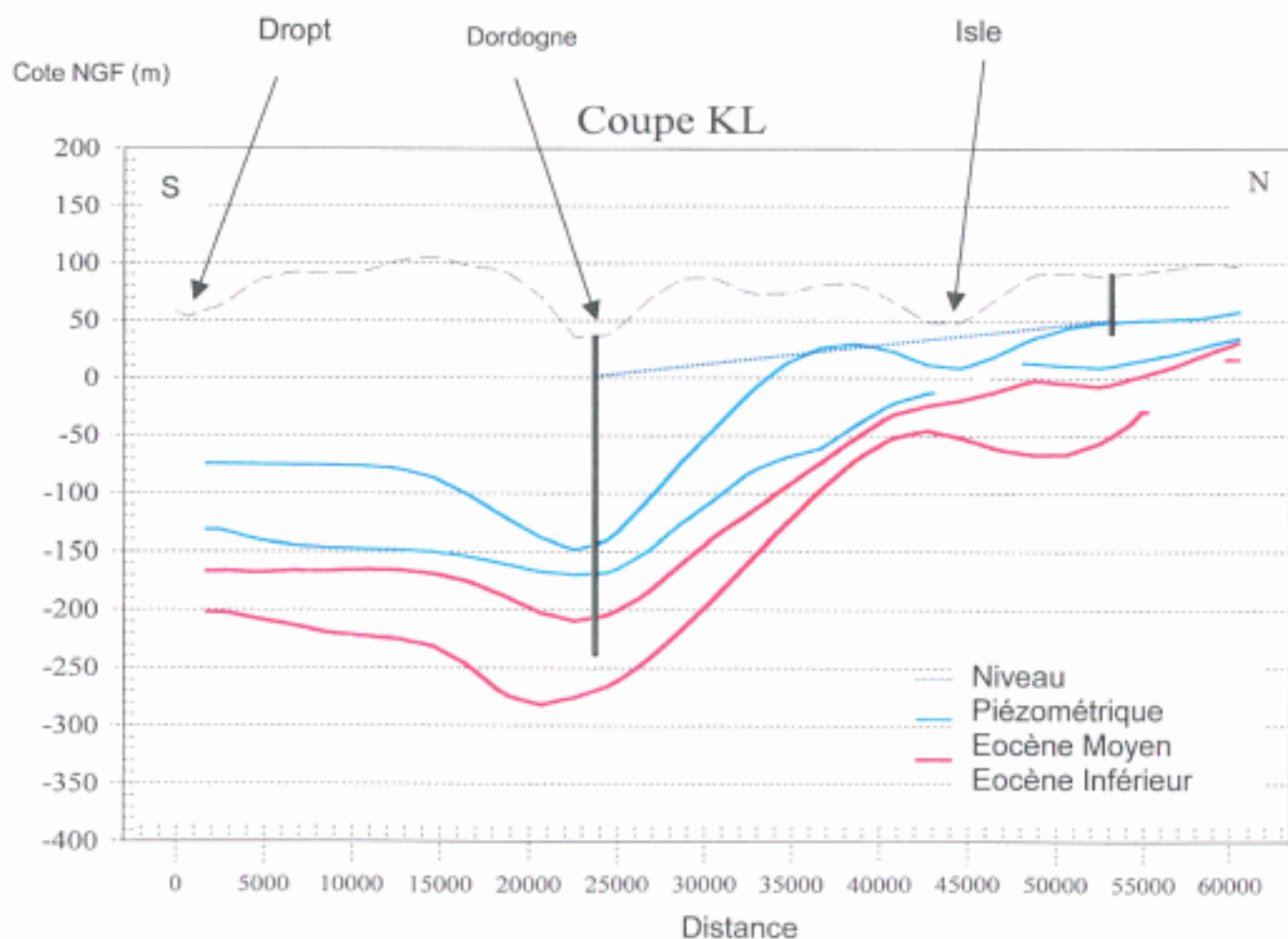
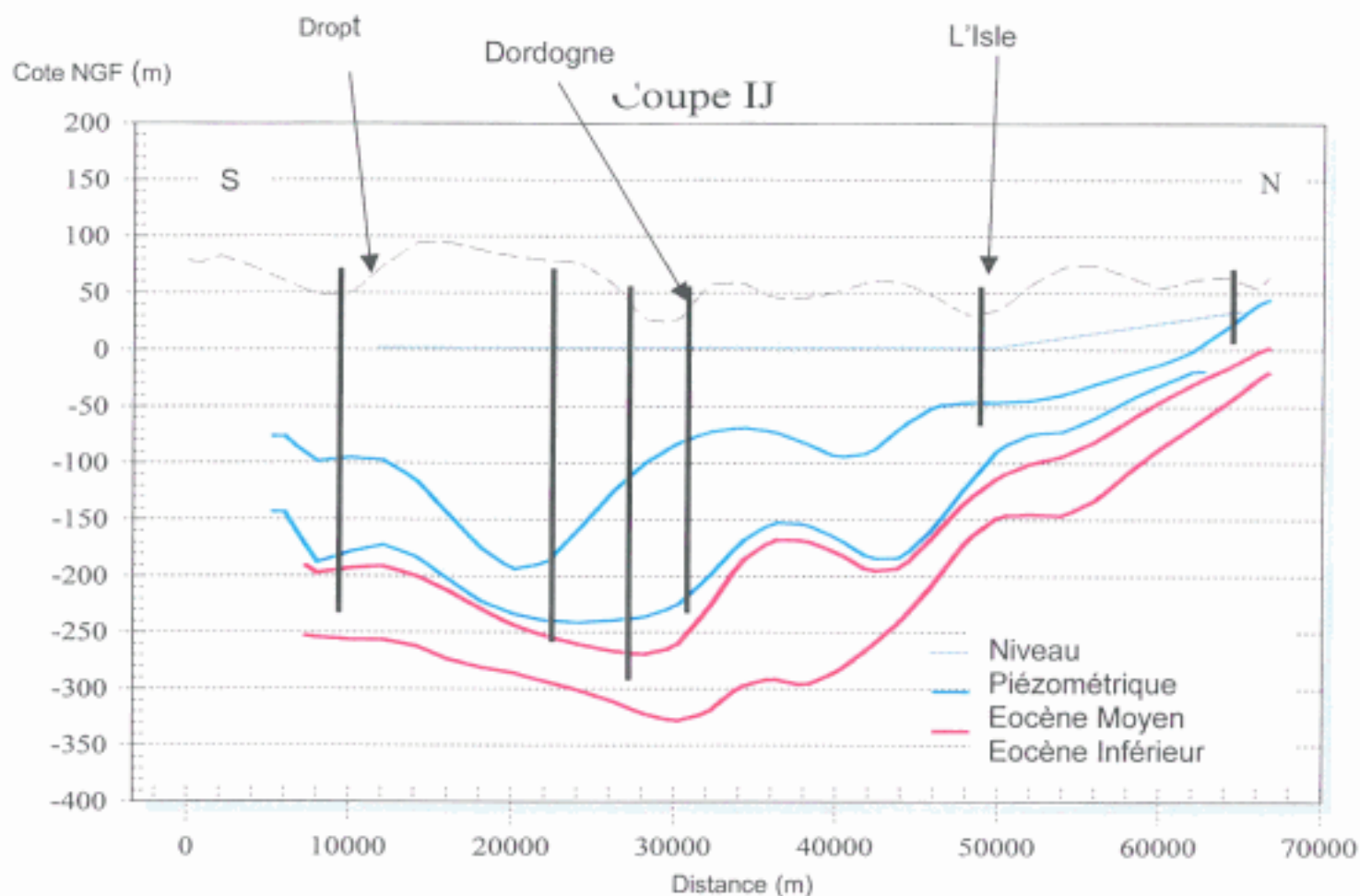
Toit Eocène supérieur

**Coupes réalisées dans les formations Eocène
à partir des grilles de valeurs "toits et murs" au pas de 2km**





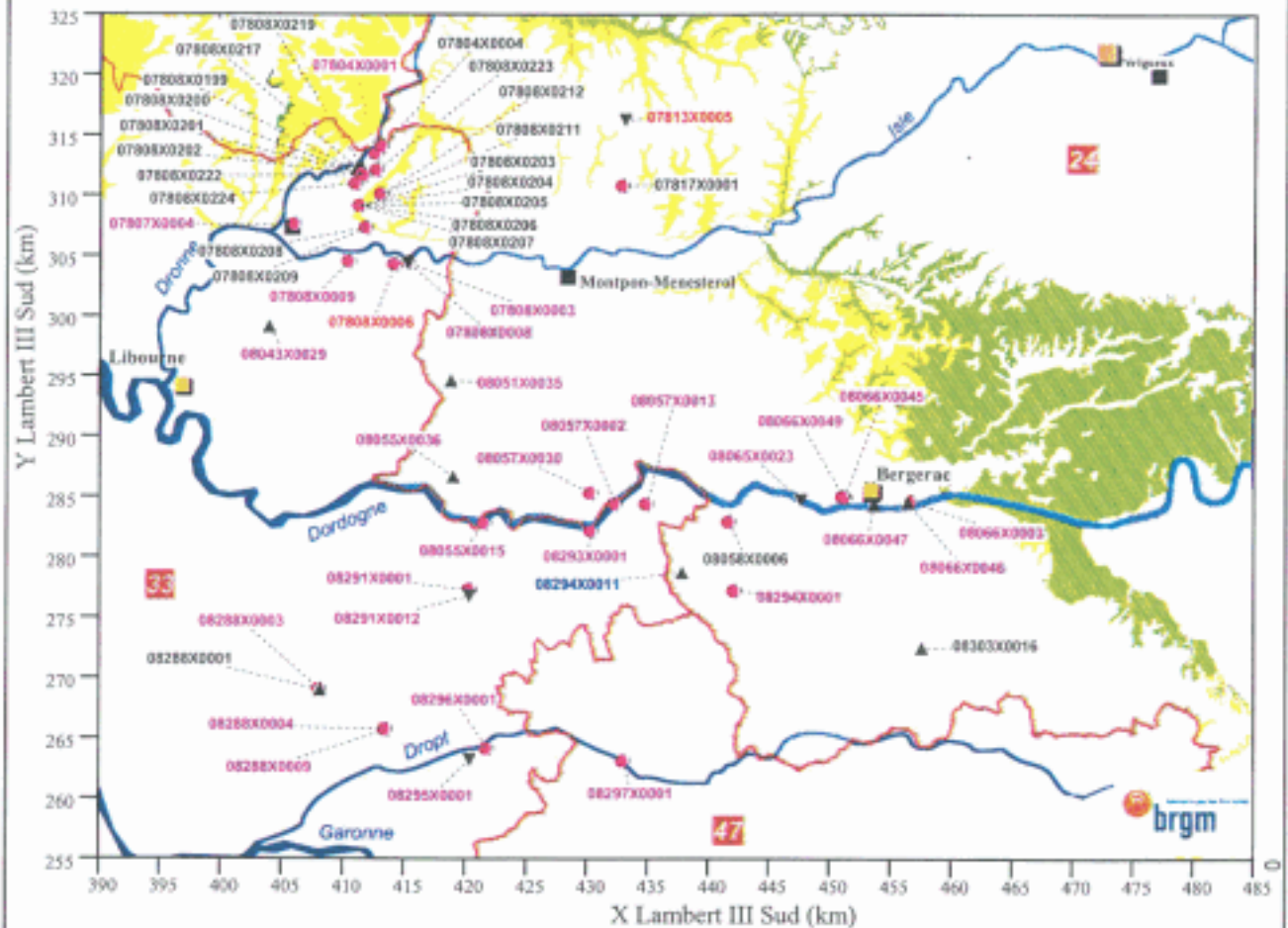




A 2.2.

Localisation des forages

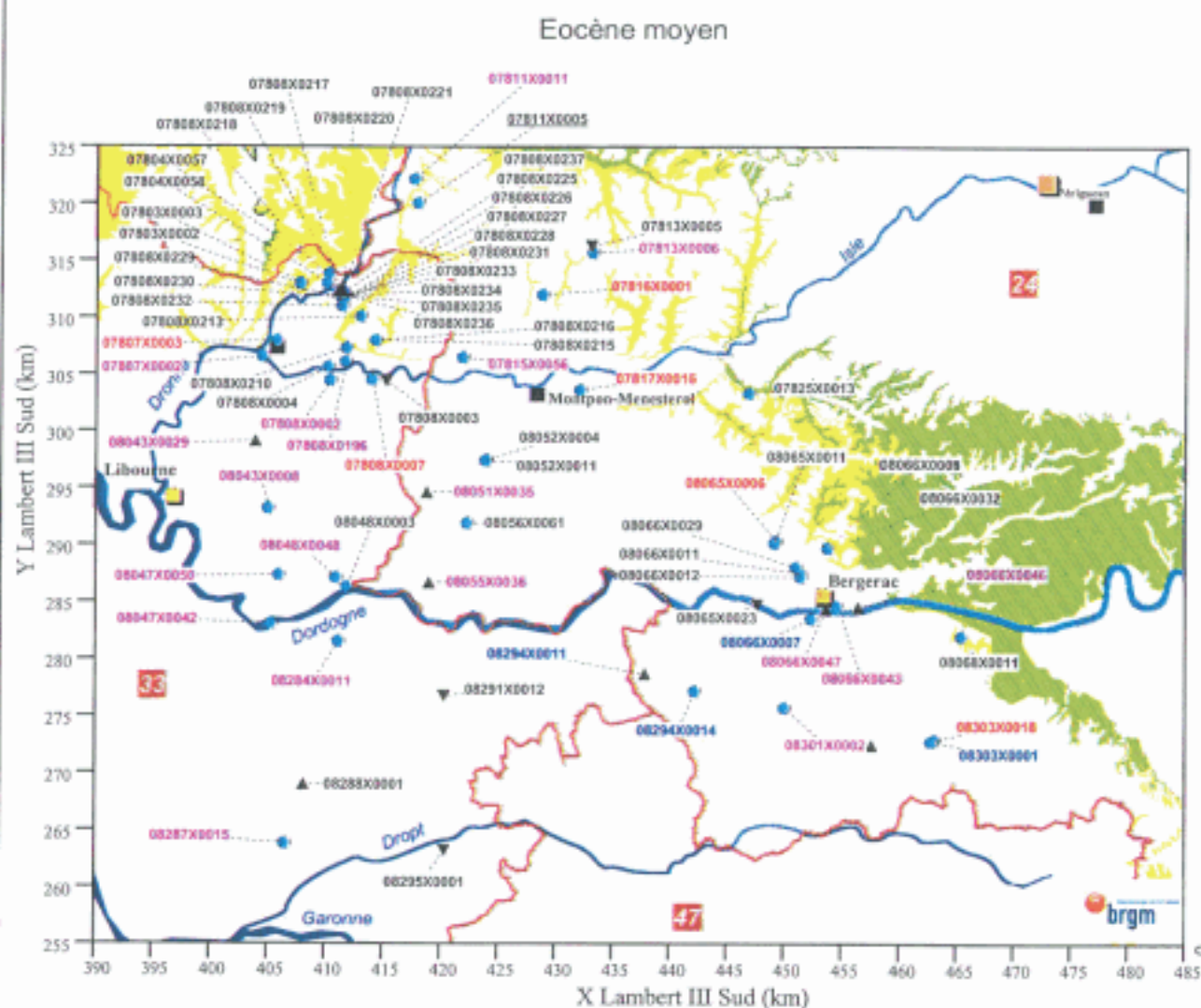
Eocène inférieur



REPARTITION DES DONNEES

- Eocène inférieur
- ▲ Eocènes Moyen et inférieur avec éponte
- ▼ Eocènes Moyen et inférieur sans éponte

- 08307X0001 - Aucune donnée
- 08307X0001 - Prélèvements
- 08307X0001 - Chroniques piézométriques
- 08307X0001 - Prélèvements et piézométrie
- 08307X0001 - Sources



REPARTITION DES DONNEES

- Eocène Moyen
- ▲ Eocènes Moyen et Inférieur avec épor
- ▼ Eocènes Moyen et Inférieur sans épor

08307X0001 - Aucune donnée

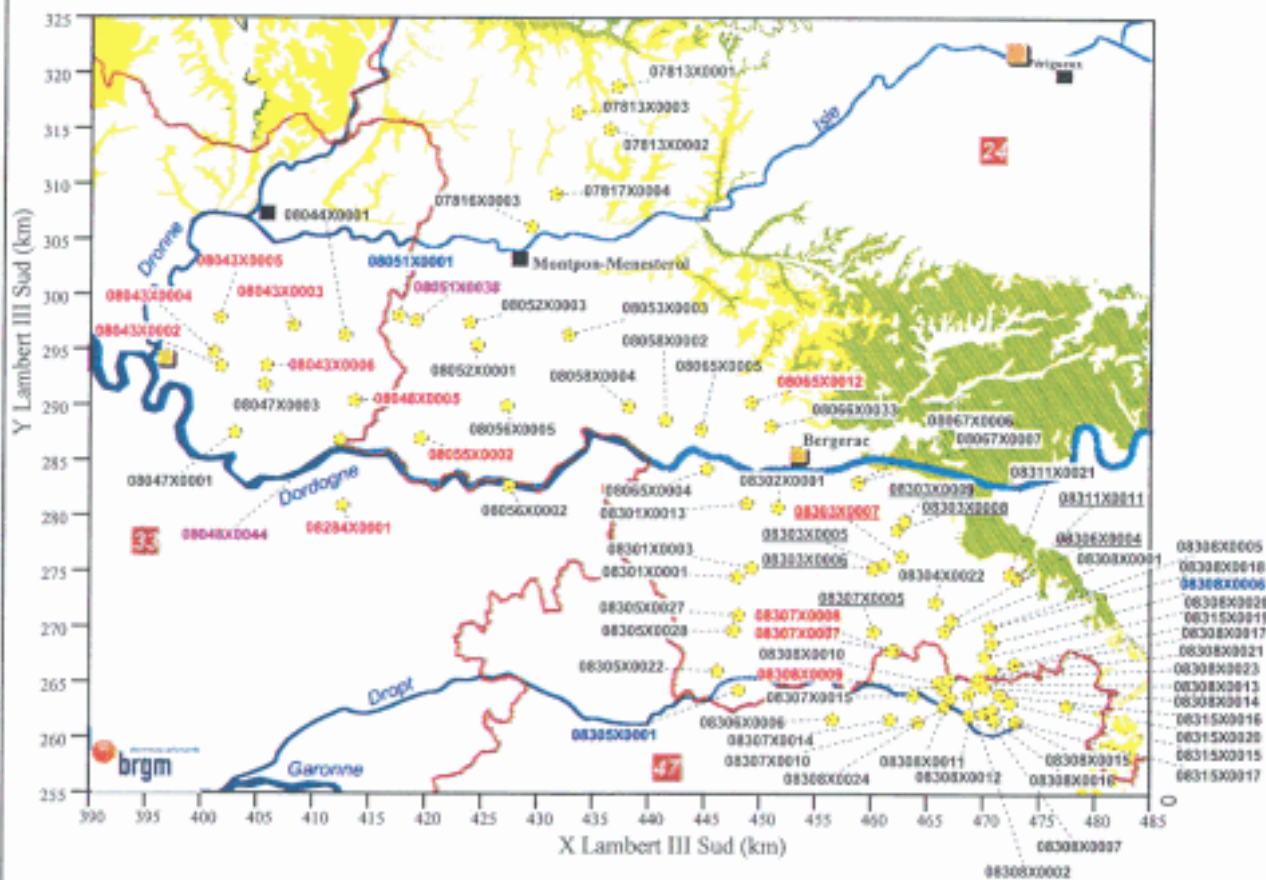
08307X0001 - Prélèvements

08307X0001 - Chroniques piézométriques

08307X0001 - Prélèvements et piézométrie

08307X0001 - Sources

Eocène supérieur



✶Eocène Supérieur

REPARTITION DES DONNEES

08307X0001 - Aucune donnée

08307X0001 - Prélèvements

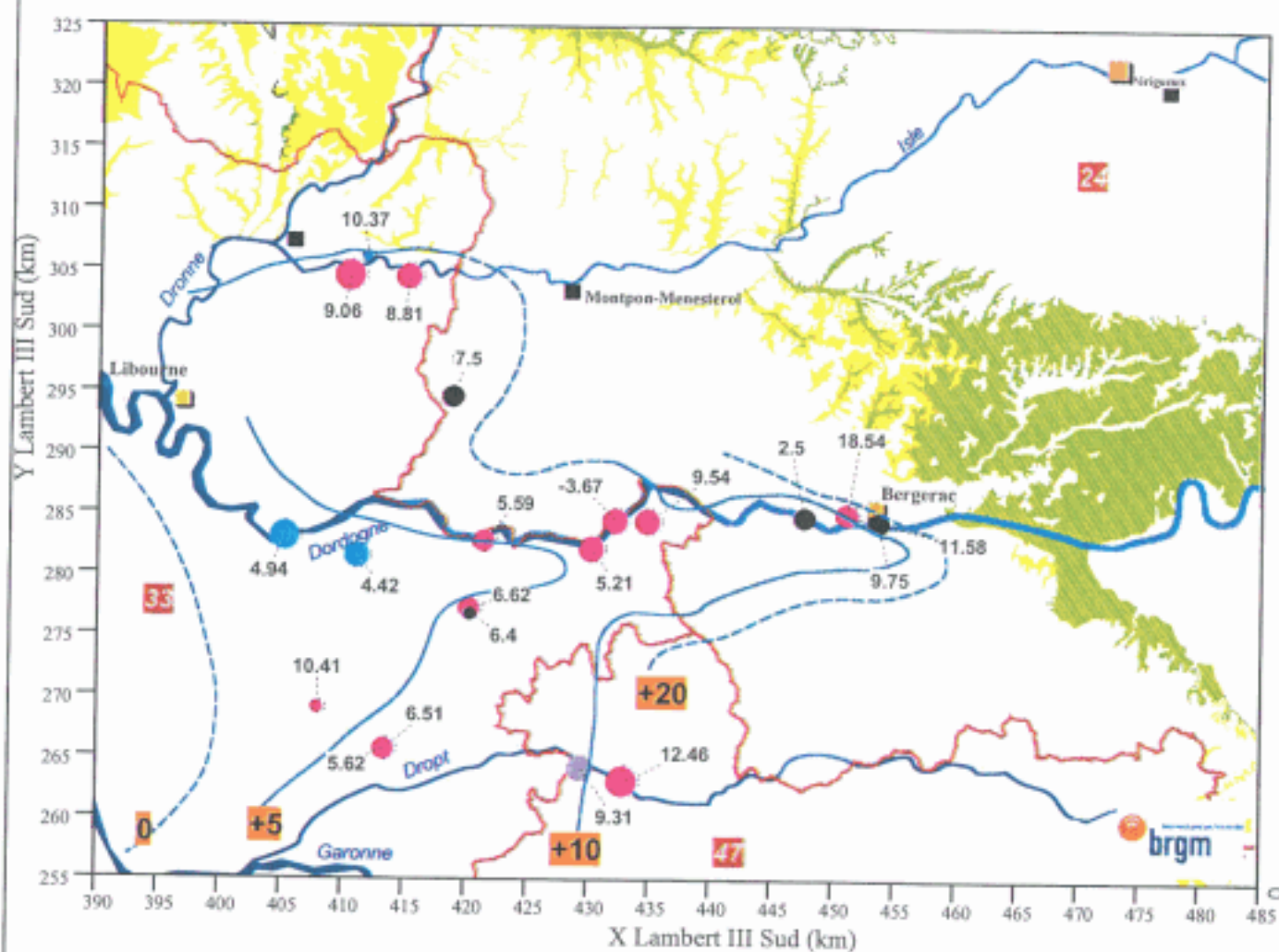
08307X0001 - Chroniques piézométriques

08307X0001 - Prélèvements et piézométrie

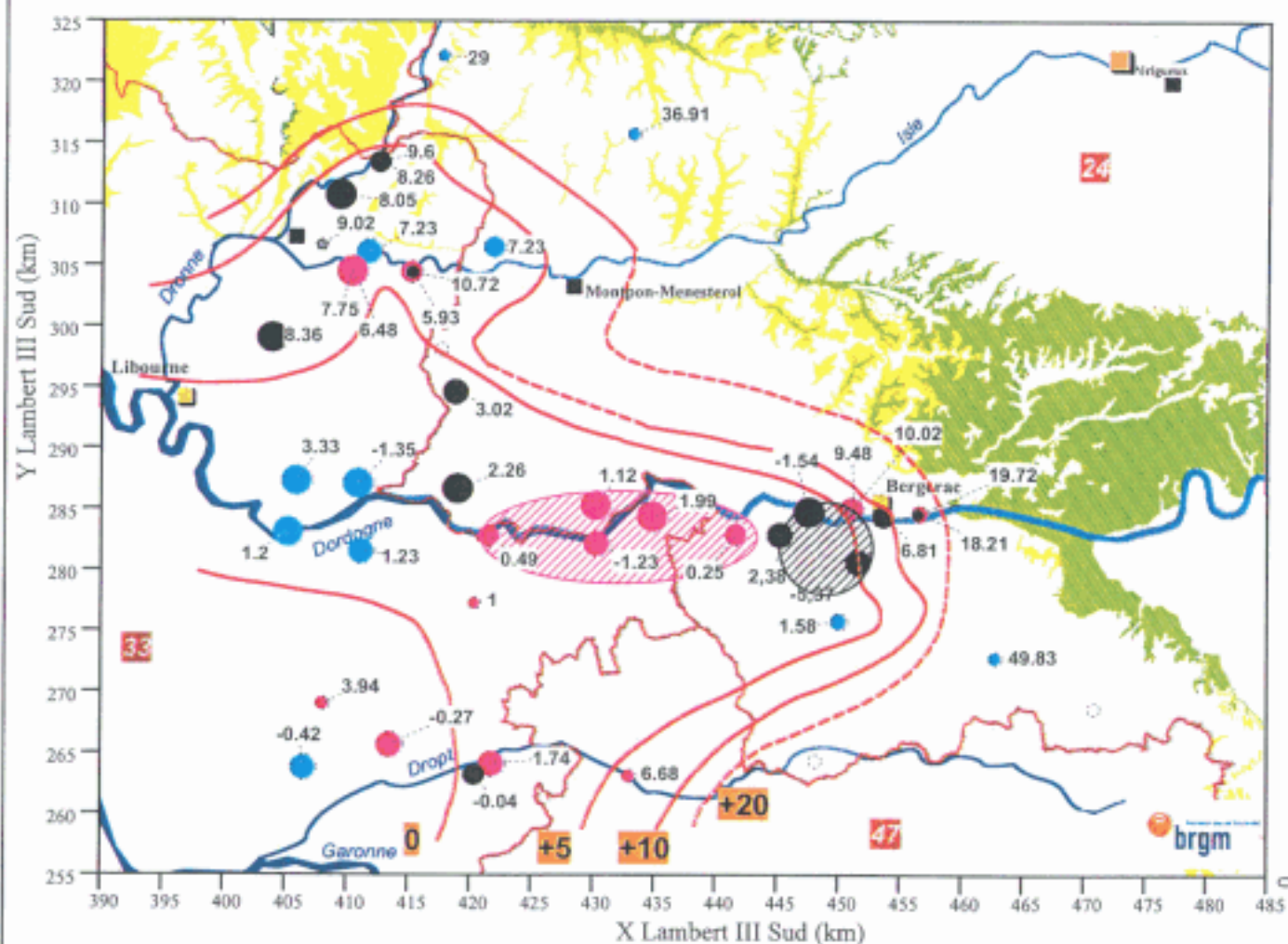
08307X0001 - Sources

A 2.3.

Piézométrie et prélèvements



Eocène: piézométrie 1991



Classes de prélèvements (m3)
Année 2000

- 0 - 50 000 (4)
- 50 000 - 100 000 (2)
- 100 000 - 250 000 (9)
- 250 000 - 400 000 (9)
- 400 000 - 1 000 000 (10)

Aquifères captés

- Eocène Inférieur
- Eocène Moyen
- Eocène indifférencié
- Eocènes Moyen et Inférieur avec éponte
- Eocènes Moyen et Inférieur sans éponte

Eocène: piézométrie 2000

EVOLUTION DES VOLUMES PRELEVES ET DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES

1-EOCENE INFERIEUR

Point d'eau : 07804X0001/F1

Utilisation = AEP

Coordonnées (Lambert III Sud km) :

Cote Toit = -109

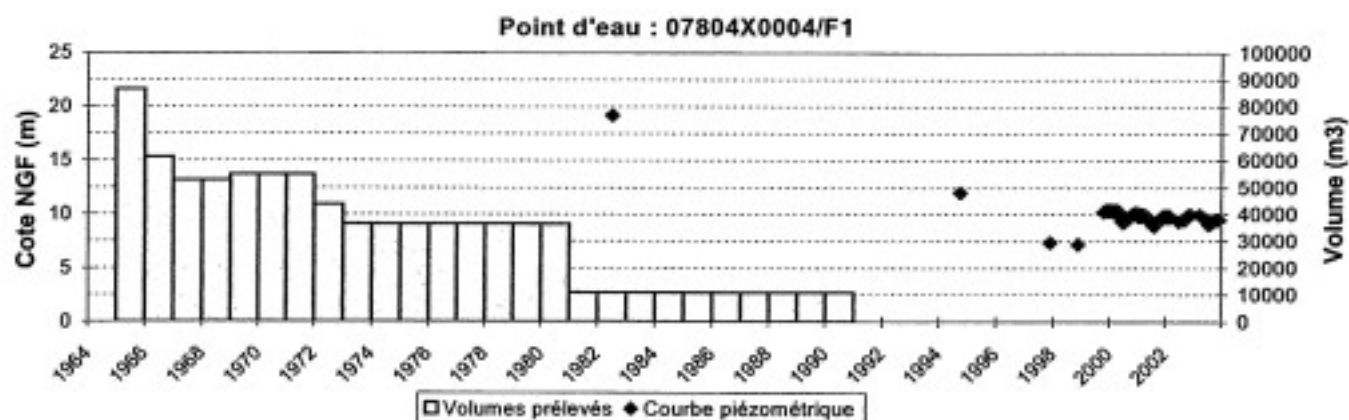
Cote Mur = -124

Commune : EGLISOTTES-ET-CHALAURES

Département : GIRONDE

X = 412,57

Y = 313,46



Point d'eau : 07807X0004/F2

Utilisation = AEP

Coordonnées (Lambert III Sud km) :

Cote Toit = -208.65

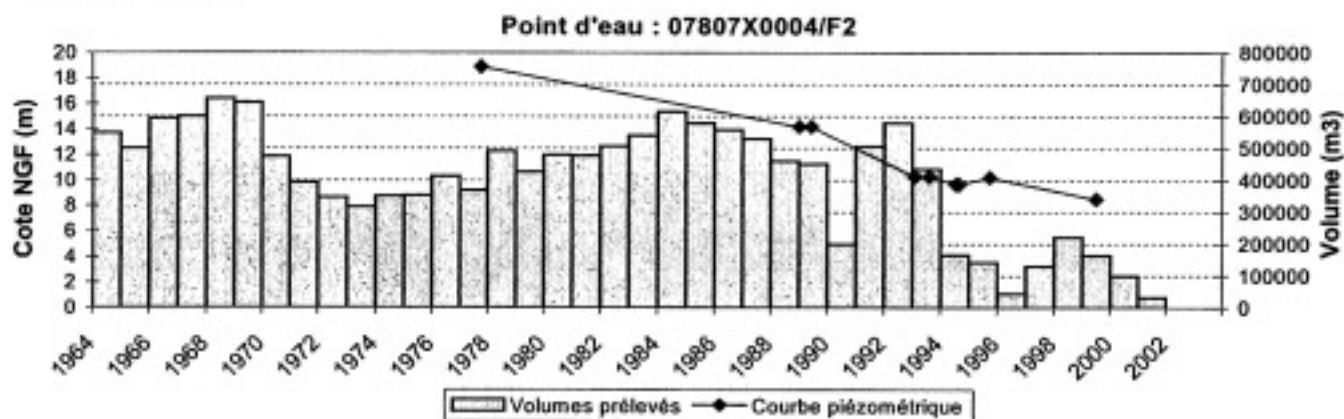
Cote Mur = -239.65

Commune : COUTRAS

Département : GIRONDE

X = 405,94

Y = 307,60



Point d'eau : 07808X0008/F2

Utilisation = AEP

Coordonnées (Lambert III Sud km) :

Cote Toit = -198

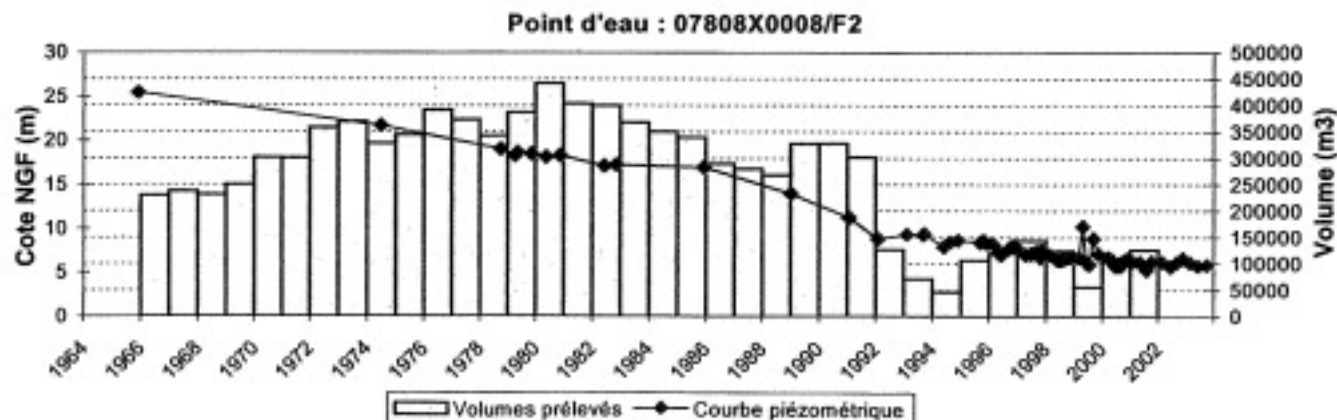
Cote Mur = -246

Commune : SAINT-SEURIN-SUR-L'ISLE

Département : GIRONDE

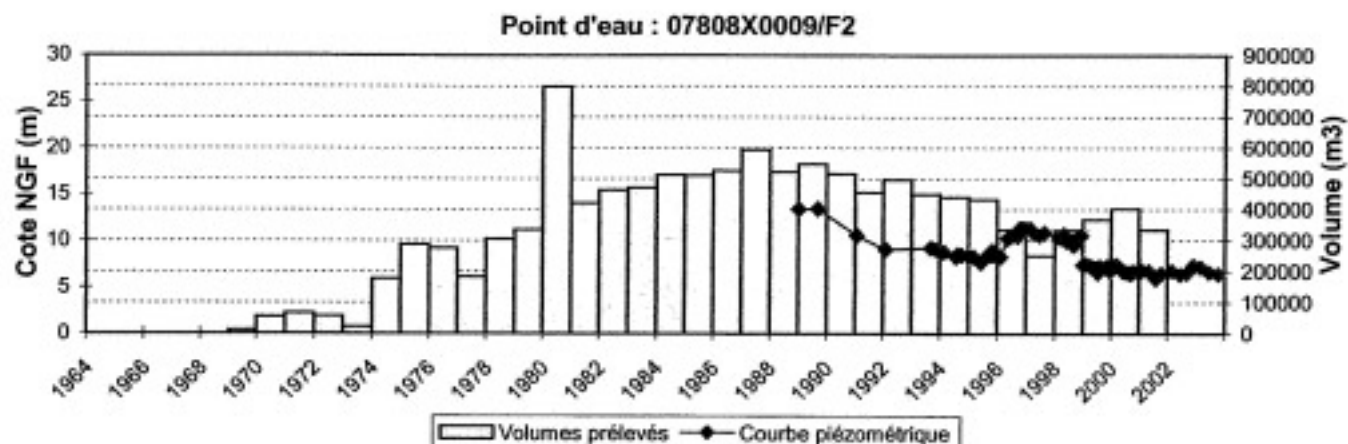
X = 415,22

Y = 304,48



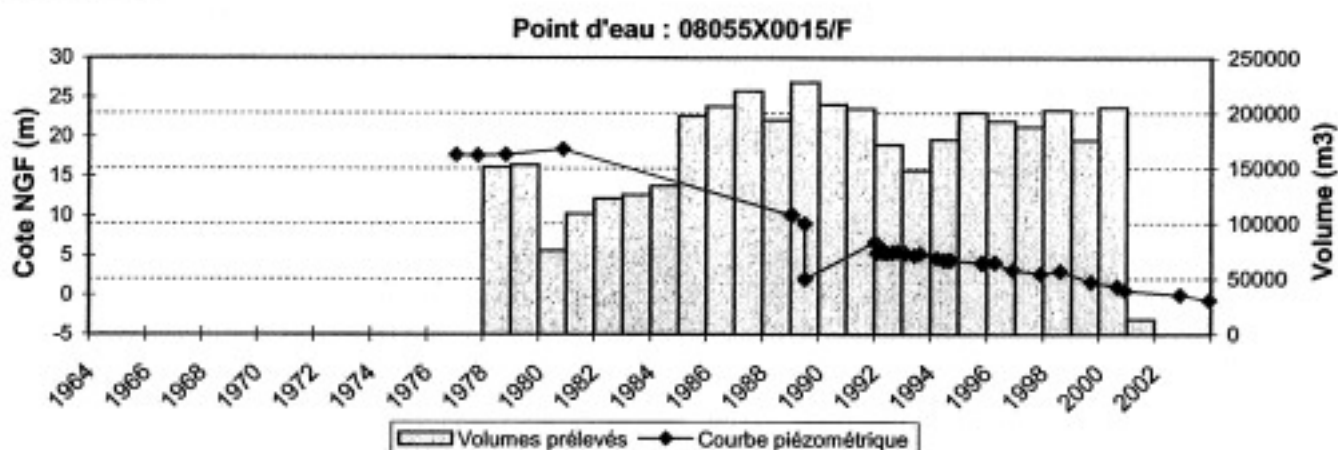
Point d'eau : 07808X0009/F2
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -177
 Cote Mur = -218

Commune : SAINT-MEDARD-DE-GUIZIERES
 Département : GIRONDE
 X = 410,44 Y = 304,53



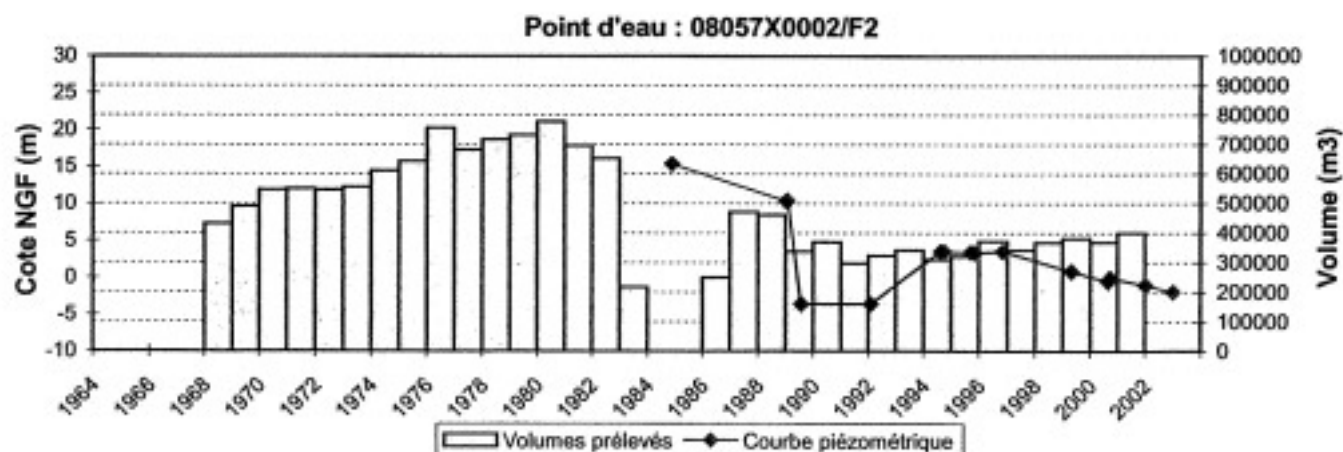
Point d'eau : 08055X0015/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -262
 Cote Mur = -312

Commune : PESSAC-SUR-DORDOGNE
 Département : GIRONDE
 X = 421,60 Y = 282,80



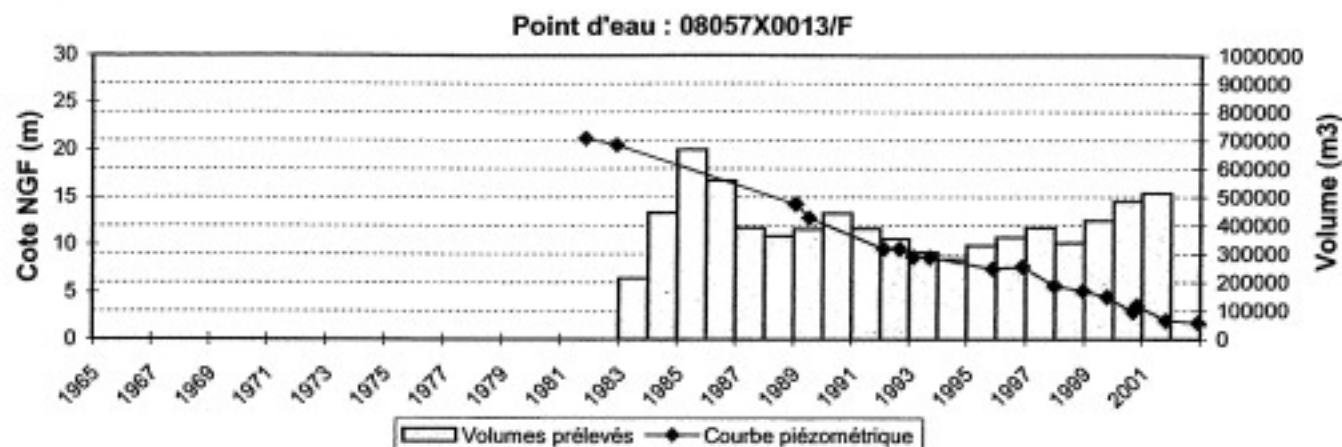
Point d'eau : 08057X0002/F2
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -272.8
 Cote Mur = -293

Commune : SAINTE-FOY-LA-GRANDE
 Département : GIRONDE
 X = 432,31 Y = 284,43



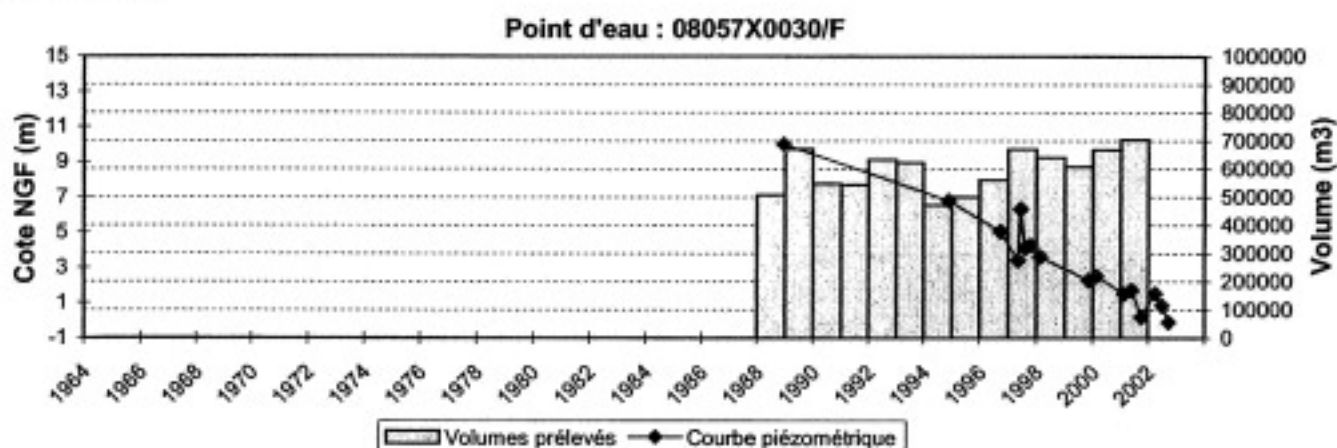
Point d'eau : 08057X0013/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -202.5
 Cote Mur = -256.5

Commune : SAINTE-AVIT-SAINT-NAZAIRE
 Département : GIRONDE
 X = 434,95 Y = 284,40



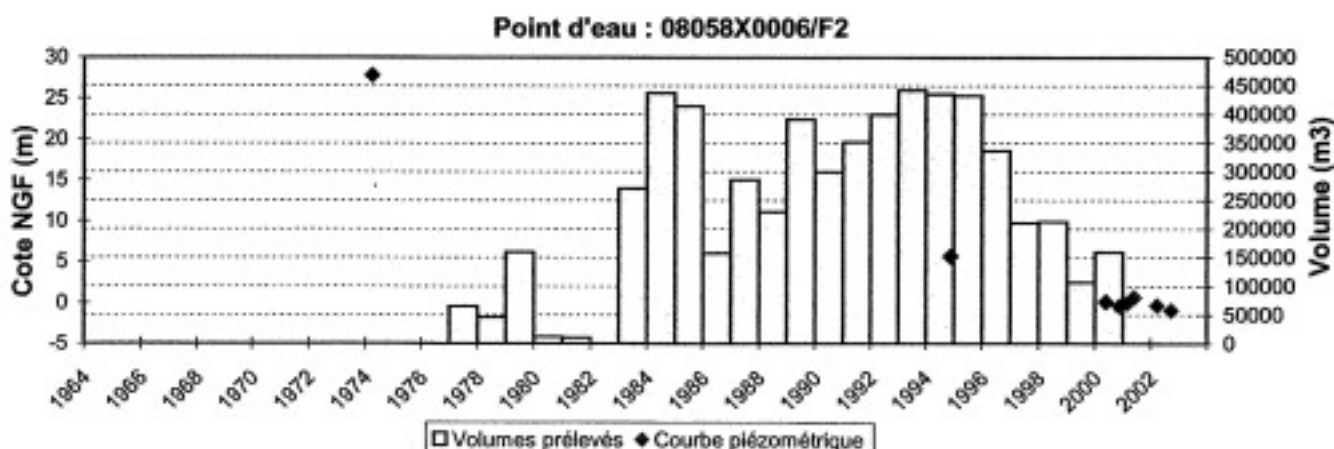
Point d'eau : 08057X0030/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -259
 Cote Mur = -307

Commune : PORT-SAINT-FOY-ET-PONCHAPT
 Département : DORDOGNE
 X = 430,35 Y = 285,32



Point d'eau : 08058X0006/F2
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -203
 Cote Mur = -263

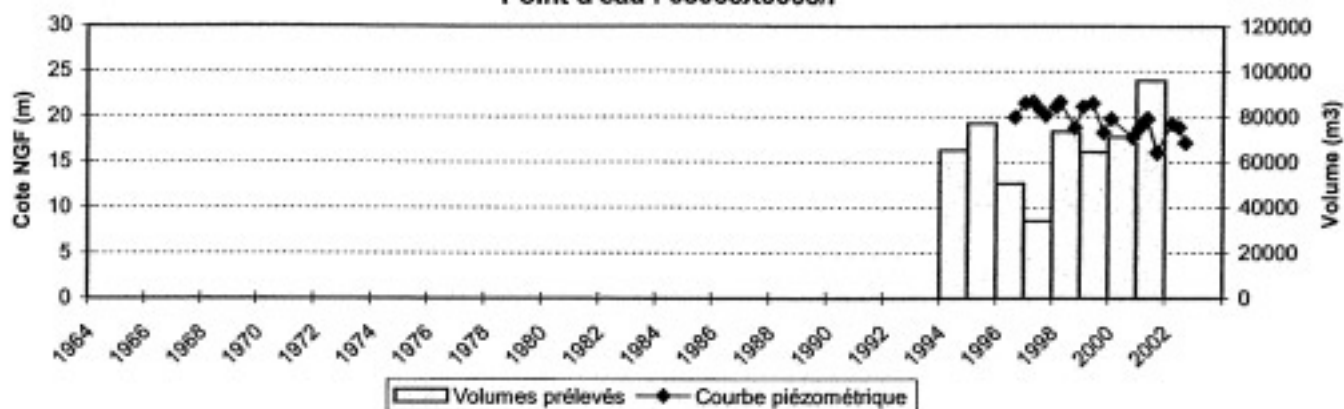
Commune : GARDONNE
 Département : DORDOGNE
 X = 441,75 Y = 282,90



Point d'eau : 08066X0003/F
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -32.9
 Cote Mur = -60.4

Commune : BERGERAC
 Département : DORDOGNE
 X = 456,70 Y = 284,62

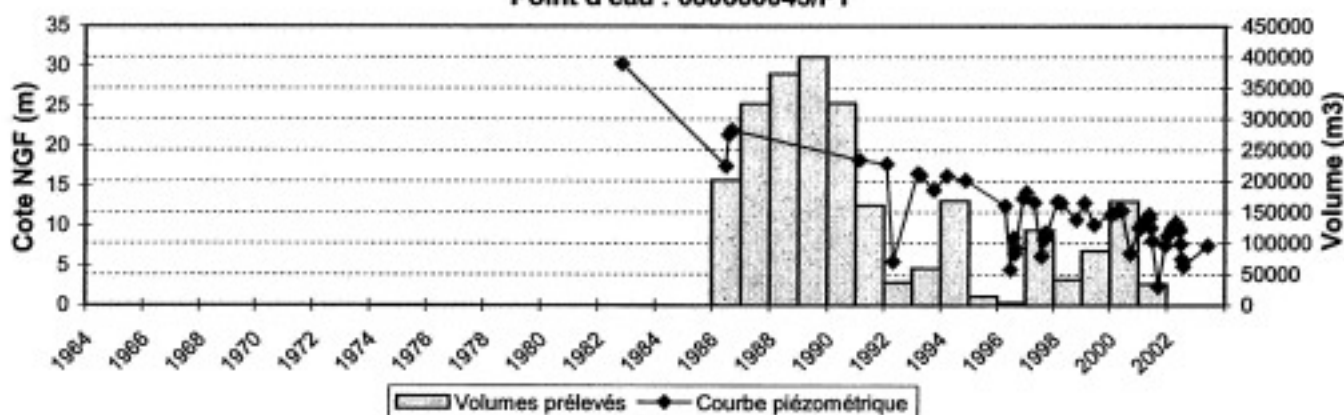
Point d'eau : 08066X0003/F



Point d'eau : 08066X0045/F1
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -68
 Cote Mur = -111,4

Commune : BERGERAC
 Département : DORDOGNE
 X = 451,29 Y = 284,97

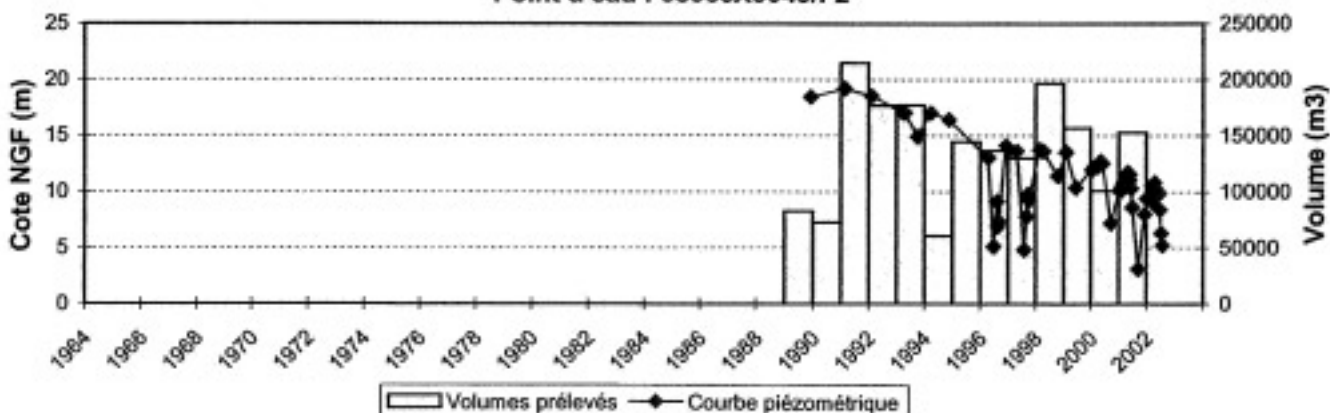
Point d'eau : 080660045/F1



Point d'eau : 08066X0049/F2
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -71
 Cote Mur = -115

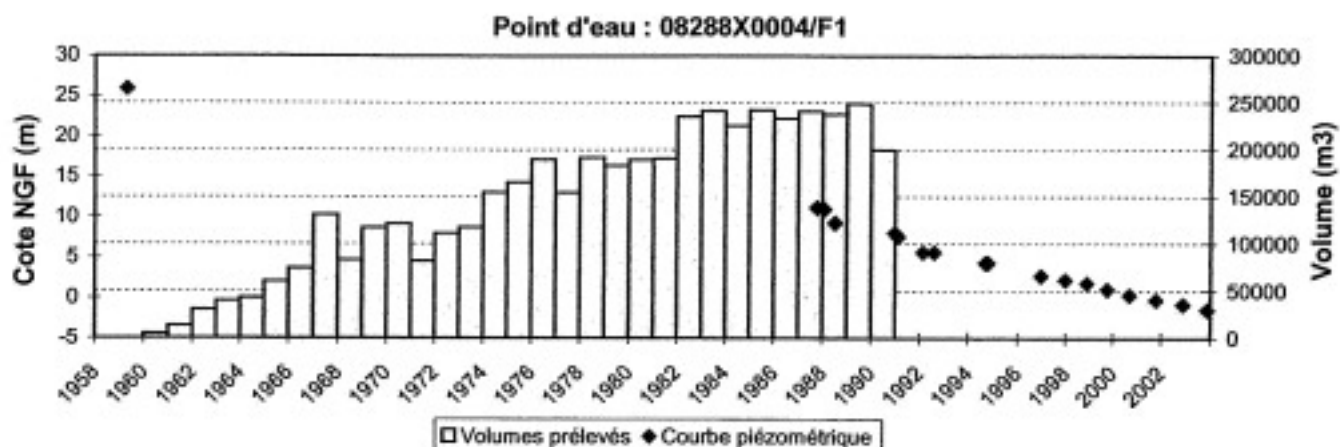
Commune : BERGERAC
 Département : DORDOGNE
 X = 451,12 Y = 285,05

Point d'eau : 08066X0049/F2



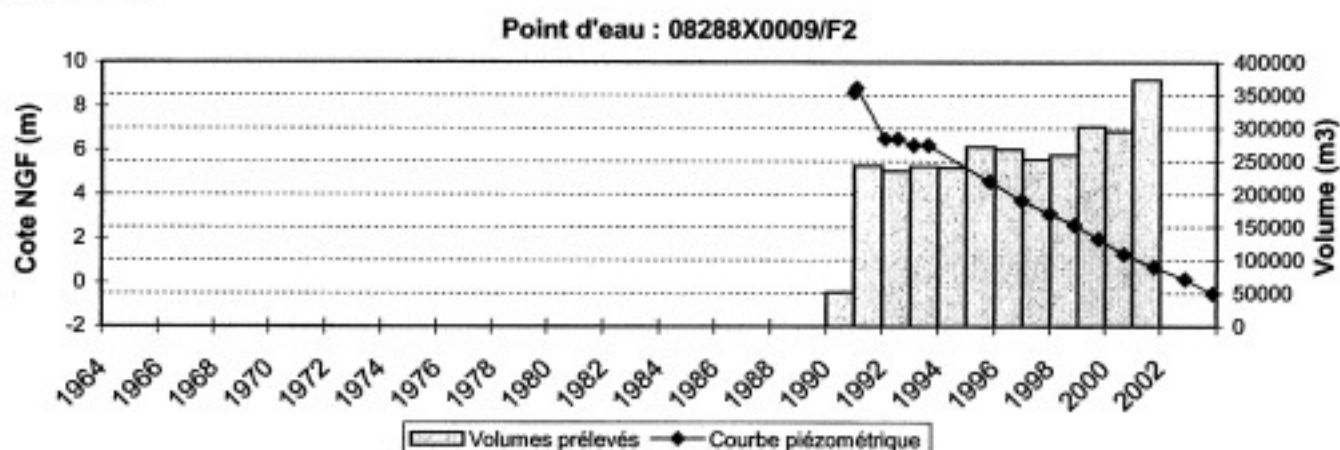
Point d'eau : 08288X0004/F1
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -170.03
 Cote Mur = -268.73

Commune : LANDERROUET-SUR-SEGUR
 Département : GIRONDE
 X = 413,56 Y = 265,73



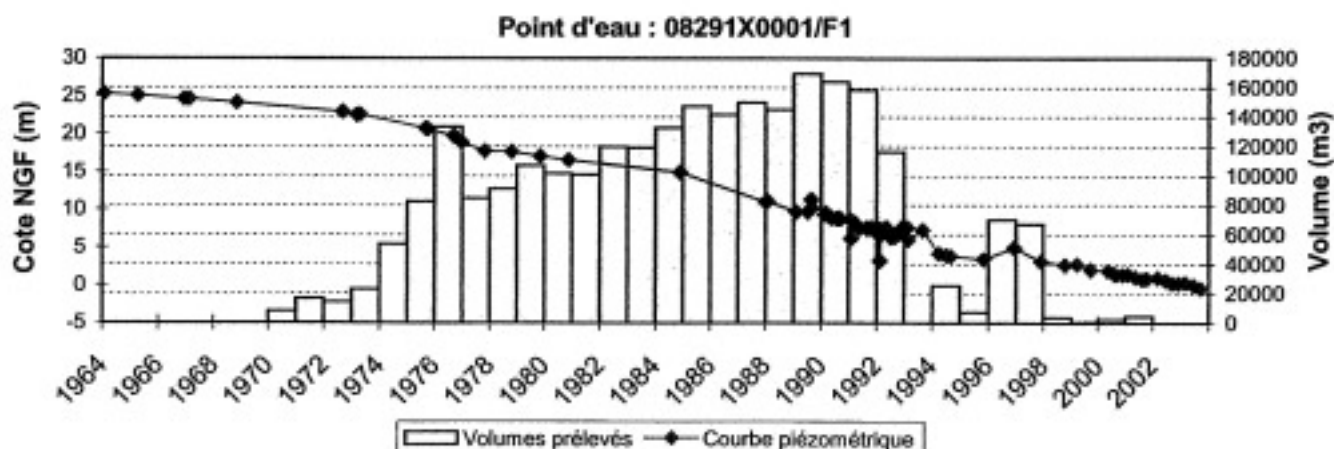
Point d'eau : 08288X0009/F2
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -202
 Cote Mur = -251

Commune : LANDERROUET-SUR-SEGUR
 Département : GIRONDE
 X = 413,58 Y = 265,68



Point d'eau : 08291X0001/F1
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -247.84
 Cote Mur = -283.84

Commune : MASSUGAS
 Département : GIRONDE
 X = 420,43 Y = 277,27



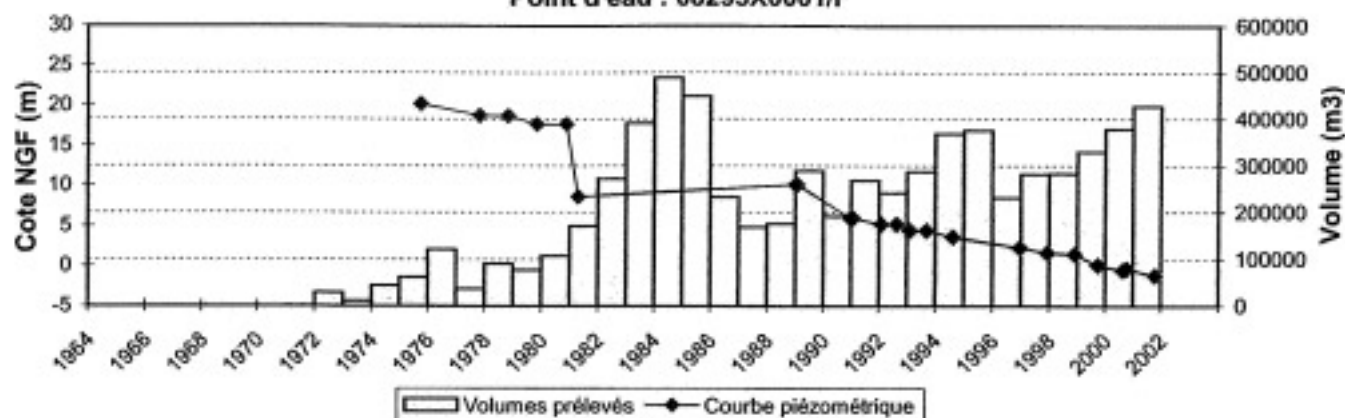
Point d'eau : 08293X0001/F

Commune : SAINT-ANDRE-ET-APPELLES

Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -250
 Cote Mur = -304

Département : GIRONDE
 X = 430,40 Y = 282,15

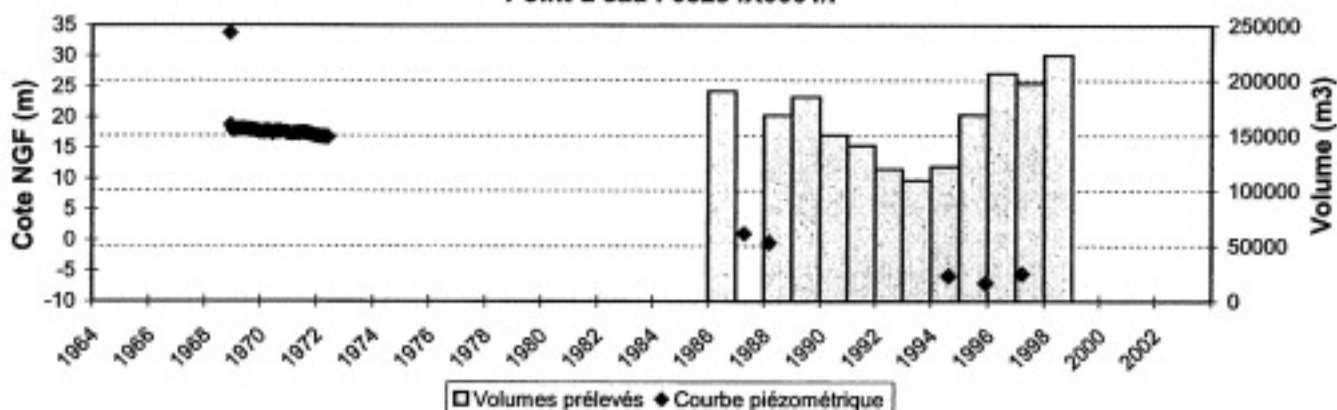
Point d'eau : 08293X0001/F



Point d'eau : 08294X0001/F2
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -175
 Cote Mur = -252

Commune : MONESTIER
 Département : DORDOGNE
 X = 442,22 Y = 277,20

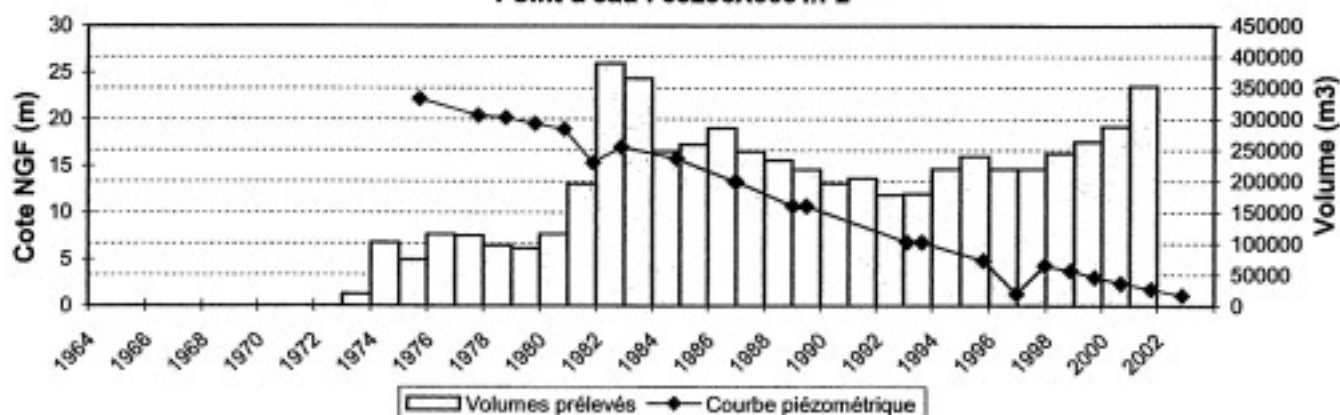
Point d'eau : 08294X0001/F



Point d'eau : 08296X0001/F2
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -175
 Cote Mur = -252

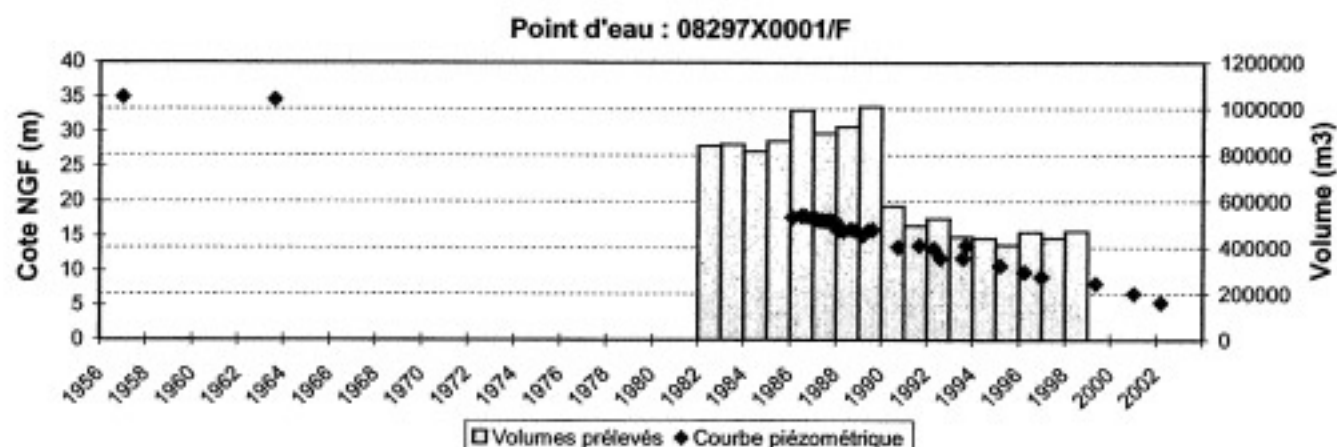
Commune : MONSEGUR
 Département : GIRONDE
 X = 421,88 Y = 264,12

Point d'eau : 08296X0001/F2



Point d'eau : 08297X0001/F1
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -166.2
 Cote Mur = -223.2

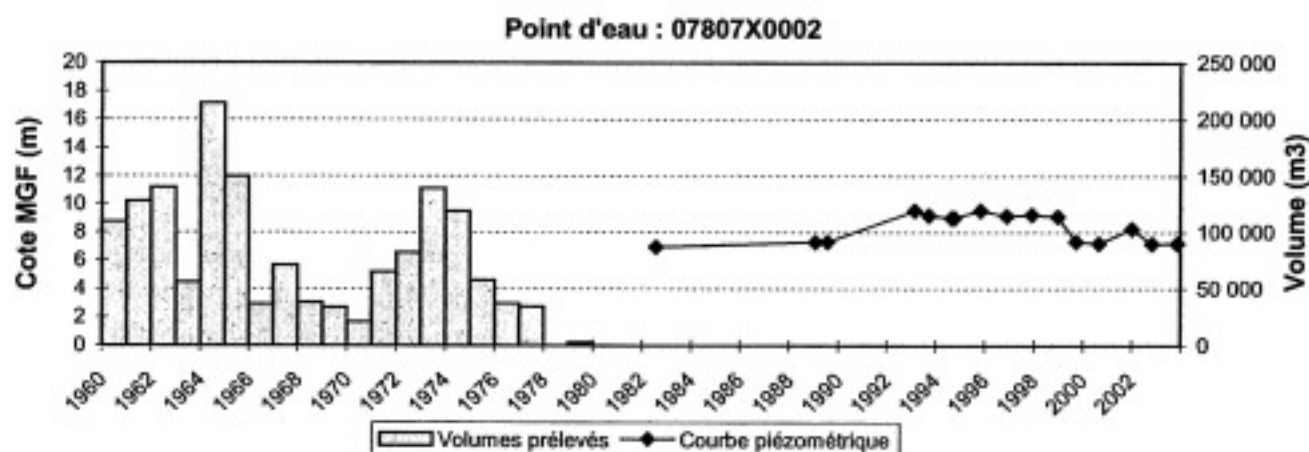
Commune : AURIAC-SUR-DROPT
 Département : LOT-ET-GARONNE
 X = 433,07 Y = 263,11



EOCENE MOYEN

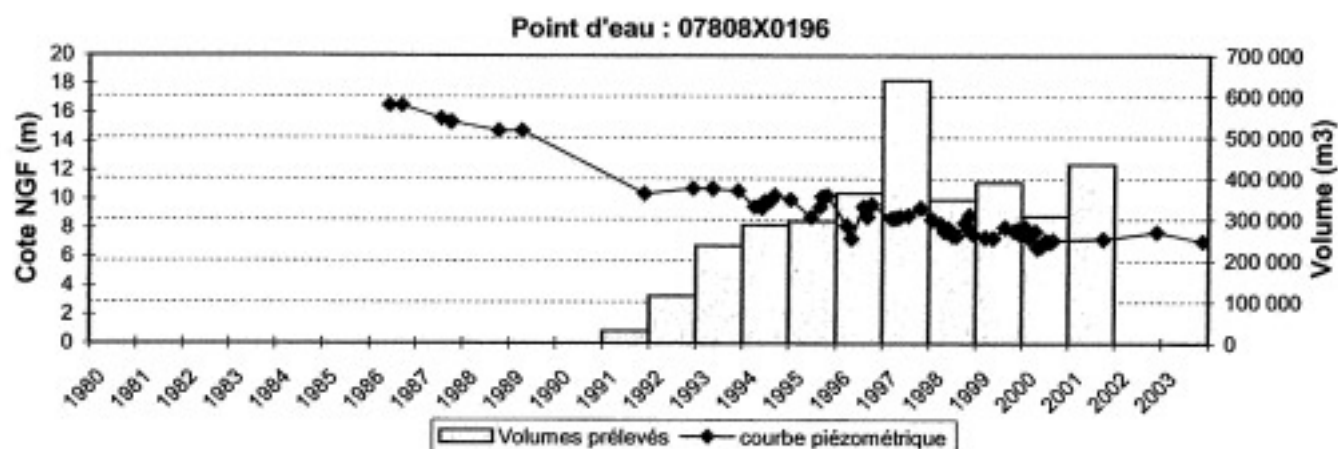
Point d'eau : 07807X0002/F
 Utilisation = Piézomètre
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -67,5 m
 Cote Mur = -109,7 m

Commune : COUTRAS
 Département : GIRONDE
 X = 404,50 Y = 306,56



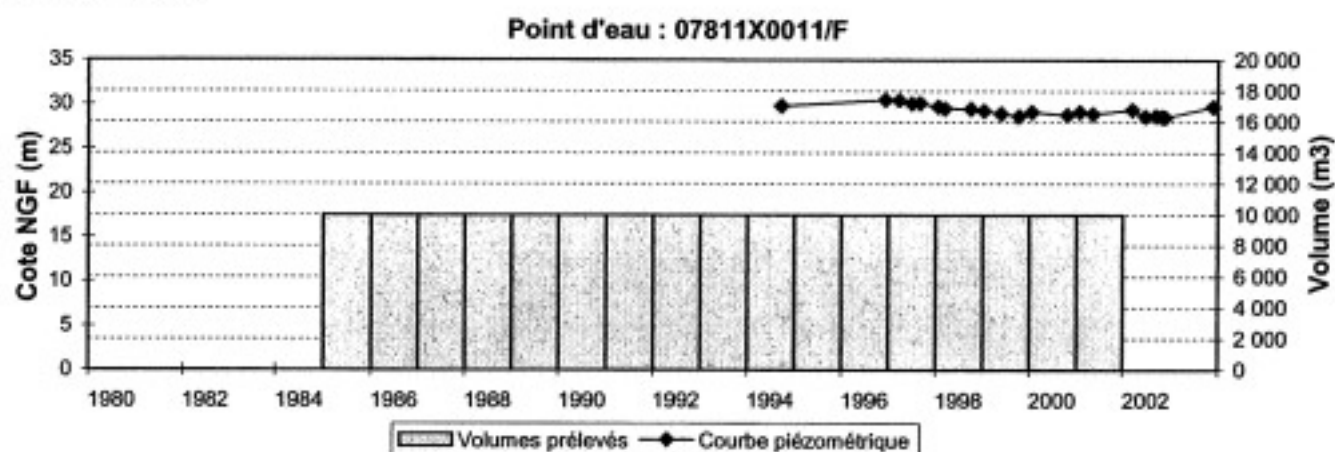
Point d'eau : 07808X0196/F1
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -194 m
 Cote Mur = -252 m

Commune : COUSTRAS
 Département : GIRONDE
 X = 411,75 Y = 306,12



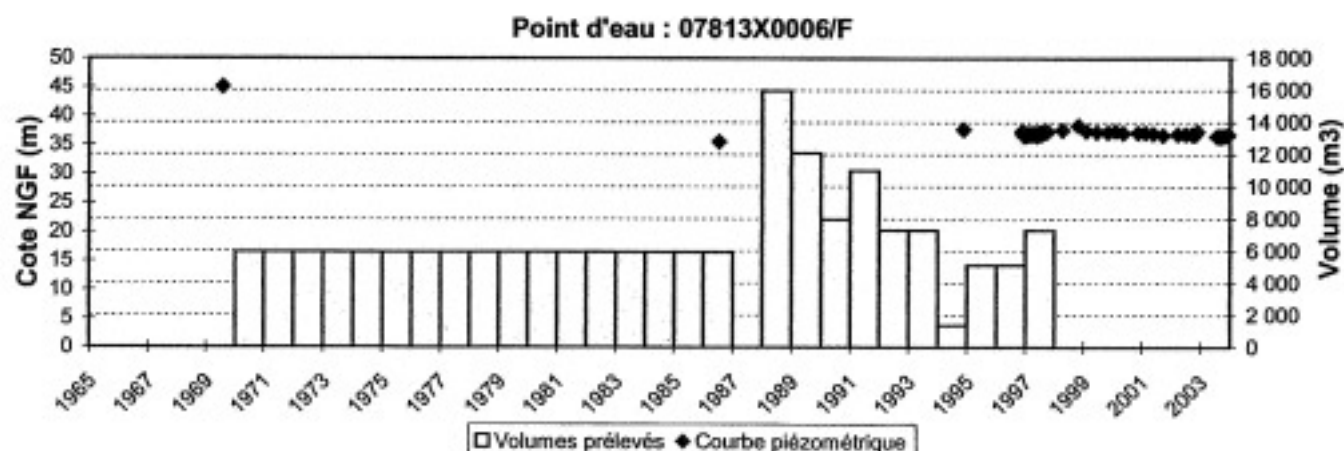
Point d'eau : 07811X0011/F
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -6,5 m
 Cote Mur = -25,5 m

Commune : LA ROCHE-CHALAIS
 Département : DORDOGNE
 X = 417,66 Y = 322,18



Point d'eau : 07813X0006/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -7 m
 Cote Mur = -17 m

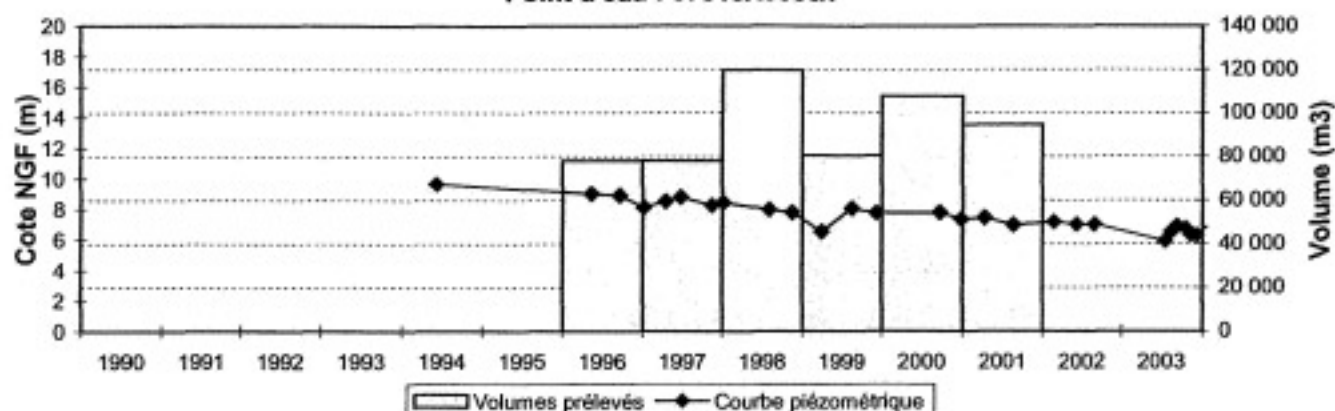
Commune : ECHOURNAC
 Département : DORDOGNE
 X = 433,20 Y = 315,75



Point d'eau : 07815X0056/F
 Utilisation = Eau Agricole
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Utilisation = Eau Agricole
 Cote Toit = -74 m
 Cote Mur = -86 m

Commune : LE PIZOU
 Département : DORDOGNE
 X = 421,93 Y = 306,53

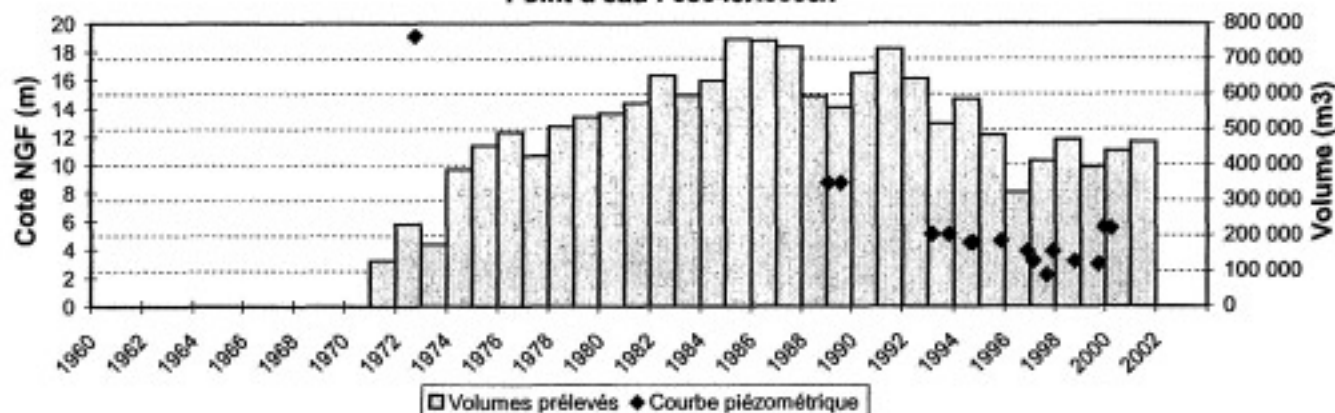
Point d'eau : 07815X0056/F



Point d'eau : 08043X0008/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -214 m
 Cote Mur = -286 m

Commune : SAINT-EMILION
 Département : GIRONDE
 X = 405,06 Y = 293,20

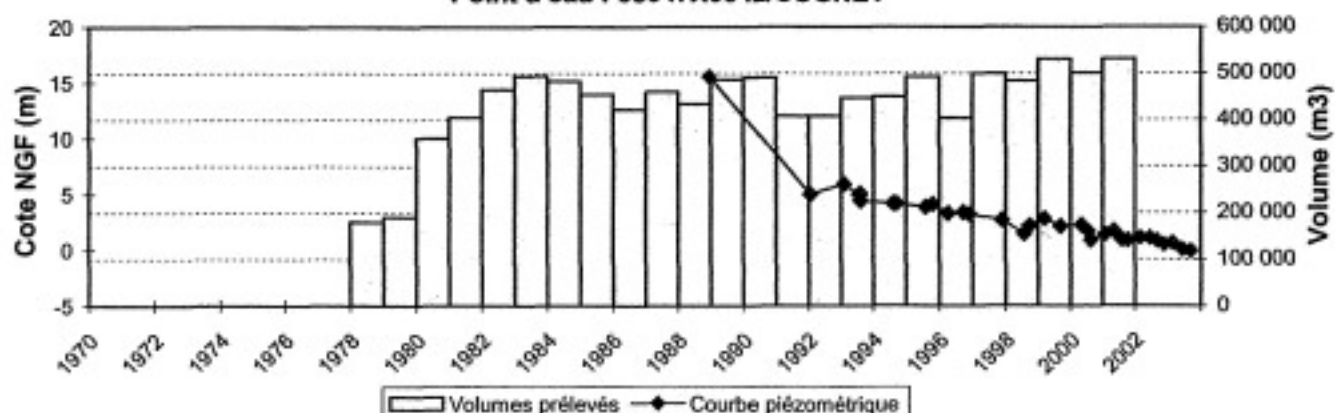
Point d'eau : 08043X0008/F



Point d'eau : 08047X0042/CUGNET
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -227 m
 Cote Mur = -283 m

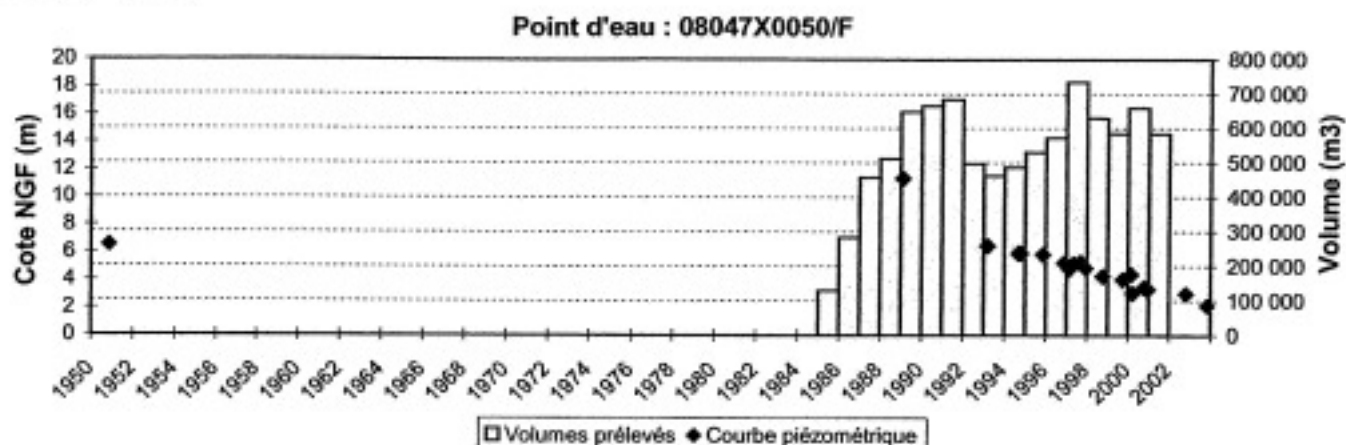
Commune : SAINT-JEAN-DE-BLAIGNAC
 Département : GIRONDE
 X = 405,34 Y = 283,10

Point d'eau : 08047X0042/CUGNET



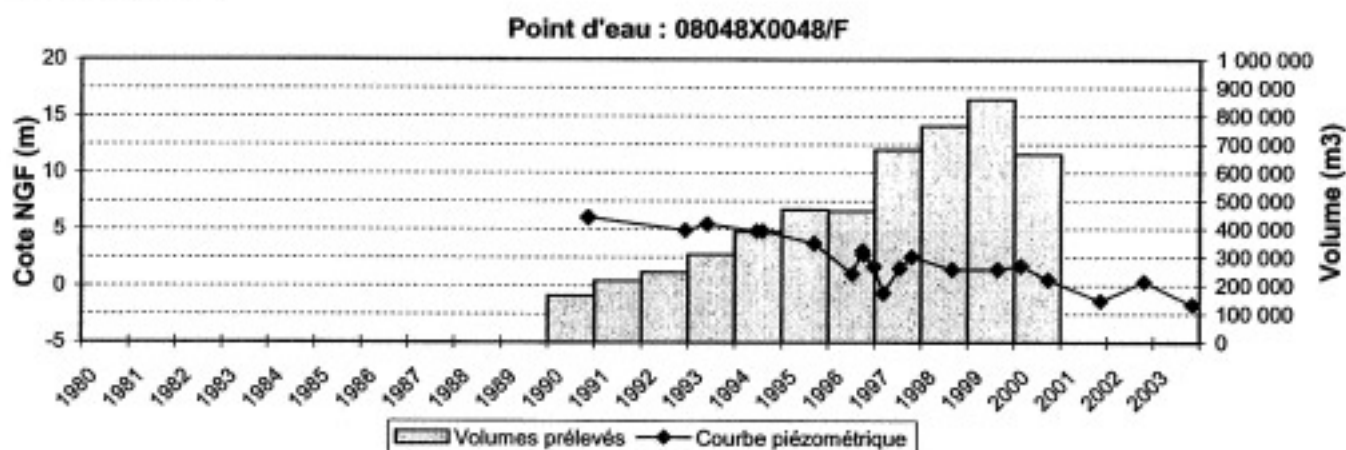
Point d'eau : 08047X0050/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -236 m
 Cote Mur = -296 m

Commune : SAINT-PEY-D'ARMENS
 Département : GIRONDE
 X = 406,00 Y = 287,32



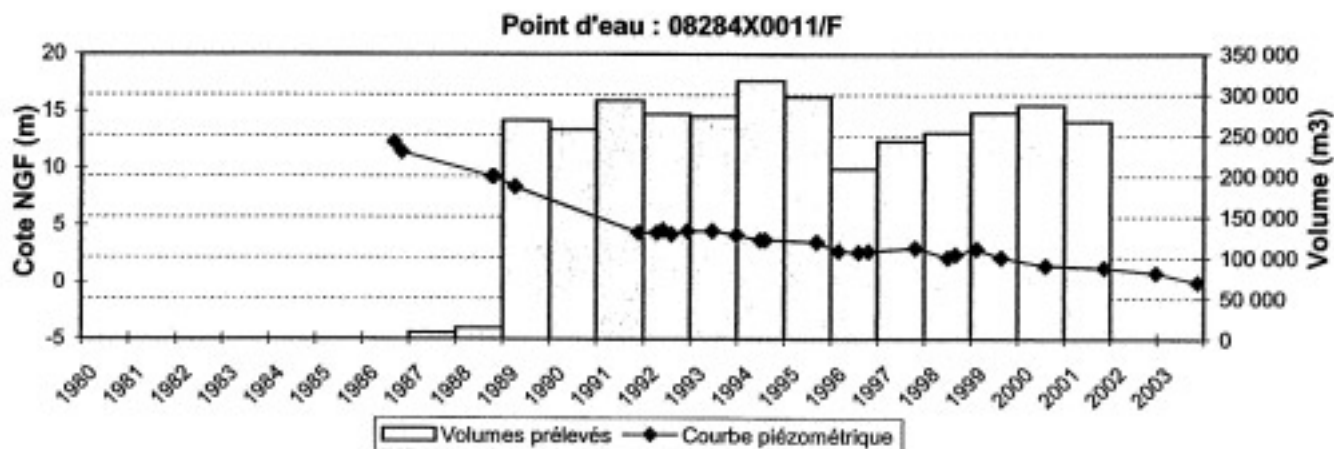
Point d'eau : 08048X0048/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -225,4 m
 Cote Mur = -267,8 m

Commune : SAINT-MAGNE-DE-CASTILLON
 Département : GIRONDE
 X = 410,97 Y = 287,10



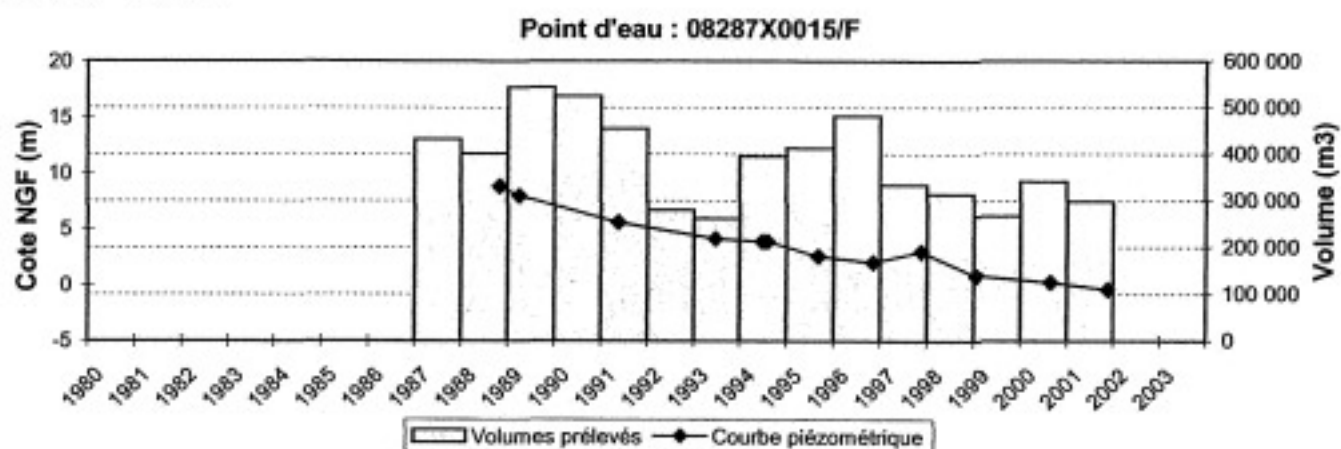
Point d'eau : 08284X0011/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -226 m
 Cote Mur = -286 m

Commune : SAINT-PEY-DE-CASTETS
 Département : GIRONDE
 X = 411,21 Y = 281,52



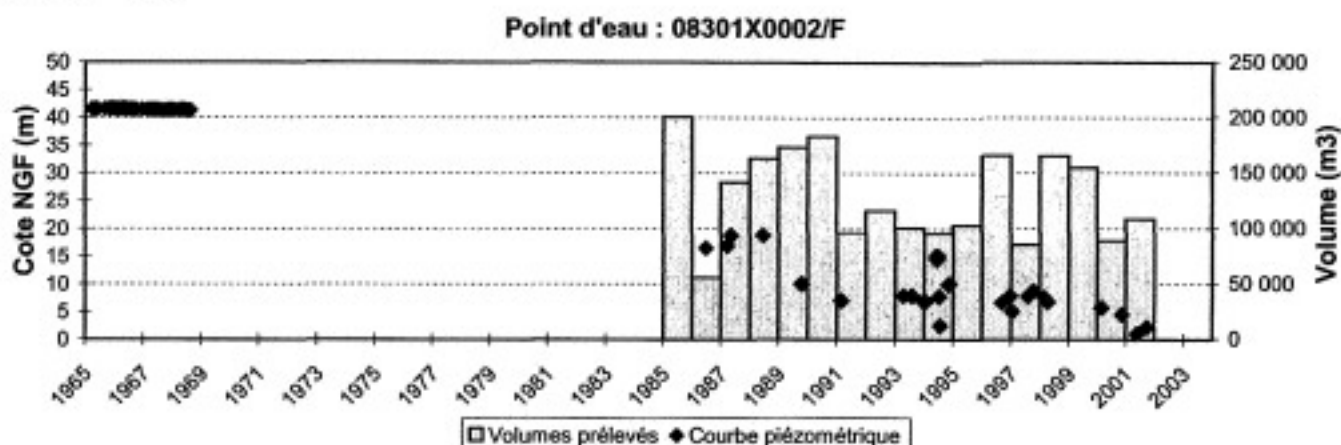
Point d'eau : 08287X0015/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -190,75 m
 Cote Mur = -262,75 m

Commune : SAINT-FELIX-DE-FONCAUDE
 Département : GIRONDE
 X = 406,60 Y = 263,80



Point d'eau : 08301X0002/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -109
 Cote Mur = -149,8

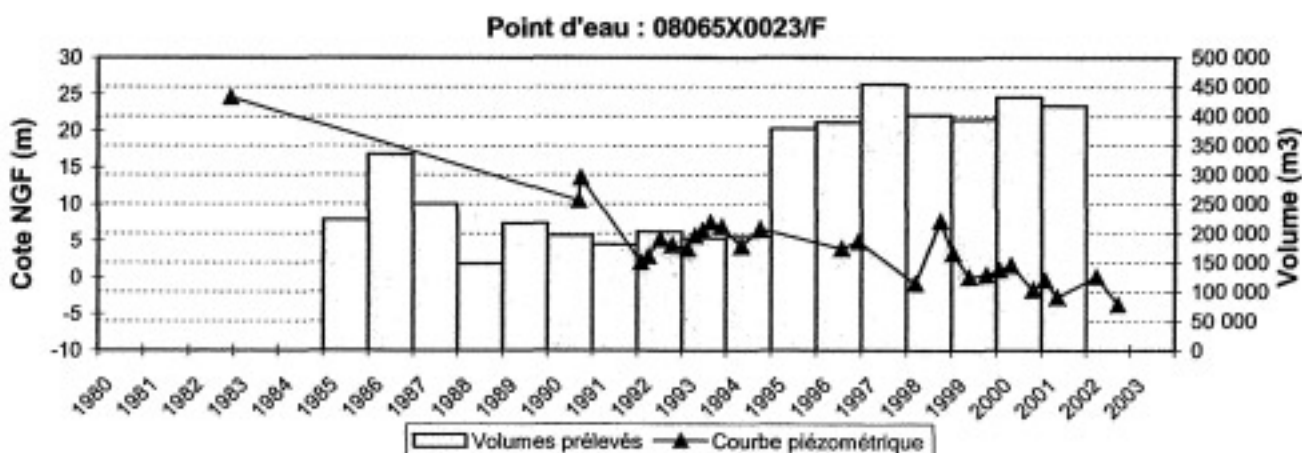
Commune : FLAUGEAC
 Département : DORDOGNE
 X = 410,97 Y = 287,10



EOCENE INFERIEUR ET MOYEN SANS EPONTE

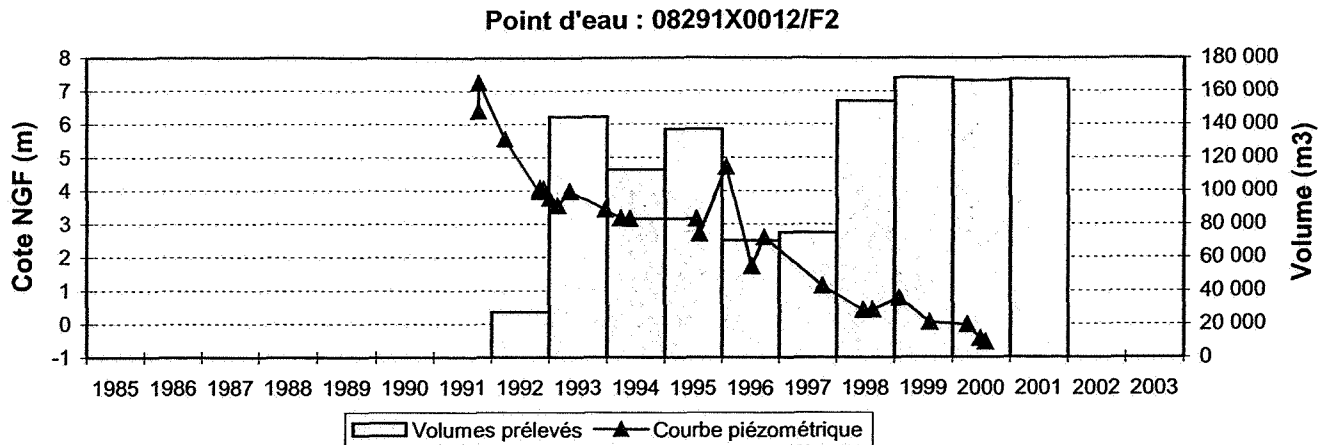
Point d'eau : 08065X0023/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -107 m
 Cote Mur = -151 m

Commune : PRIGONRIEUX
 Département : DORDOGNE
 X = 447,63 Y = 284,75



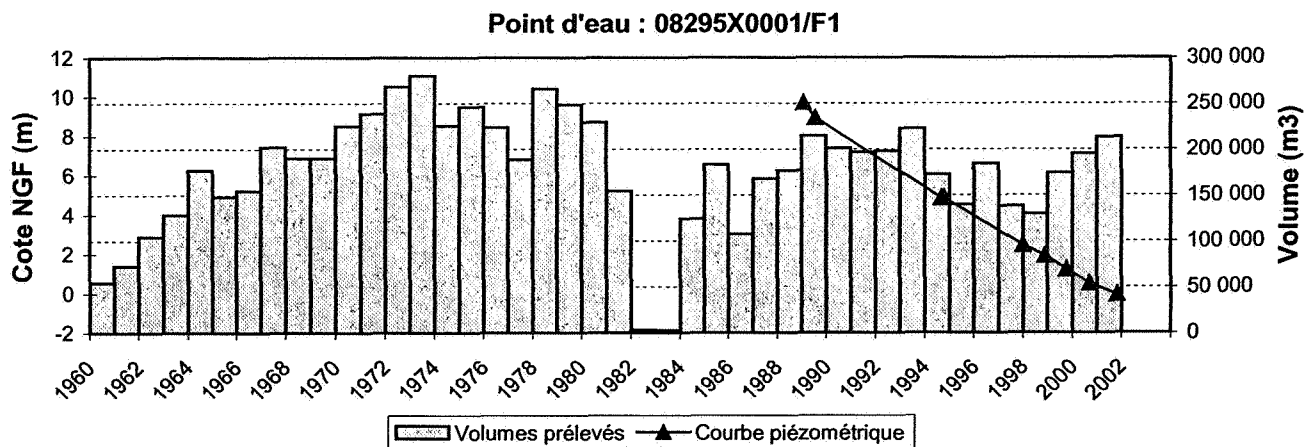
Point d'eau : **08291X0012/F2**
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -232 m
 Cote Mur = -292 m

Commune : PELLEGRUE
 Département : GIRONDE
 X = 420,33 Y = 276,77



Point d'eau : **08295X0001/F1**
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -136,7 m
 Cote Mur = -235,1 m

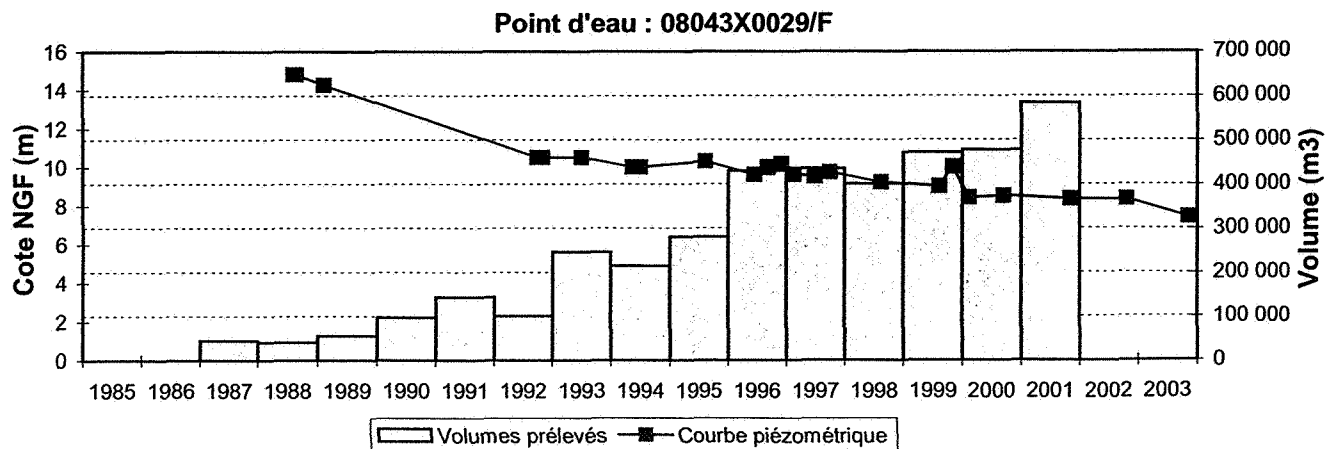
Commune : MONSEGUR
 Département : GIRONDE
 X = 420,40 Y = 263,22



EOCENE INFÉRIEUR ET MOYEN AVEC EPONTE

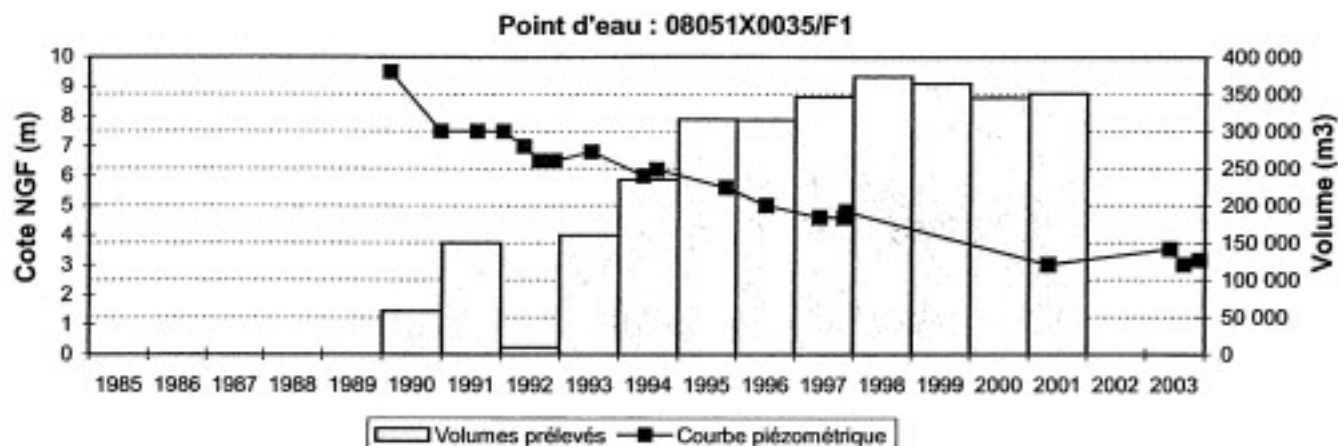
Point d'eau : **08043X0029/F**
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -246 m
 Cote Mur = -300 m

Commune : LES-ARTIGUES-DE-LUSSAC
 Département : GIRONDE
 X = 403,90 Y = 299,10



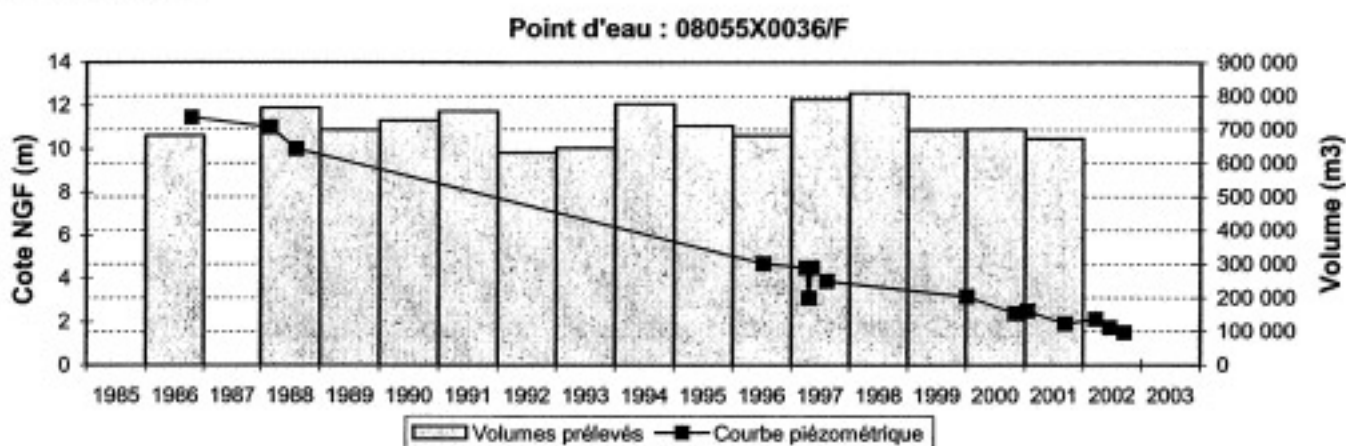
Point d'eau : 08051X0035/F1
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -112 m
 Cote Mur = -275 m

Commune : MONTPEYROUX
 Département : DORDOGNE
 X = 418,79 Y = 294,63



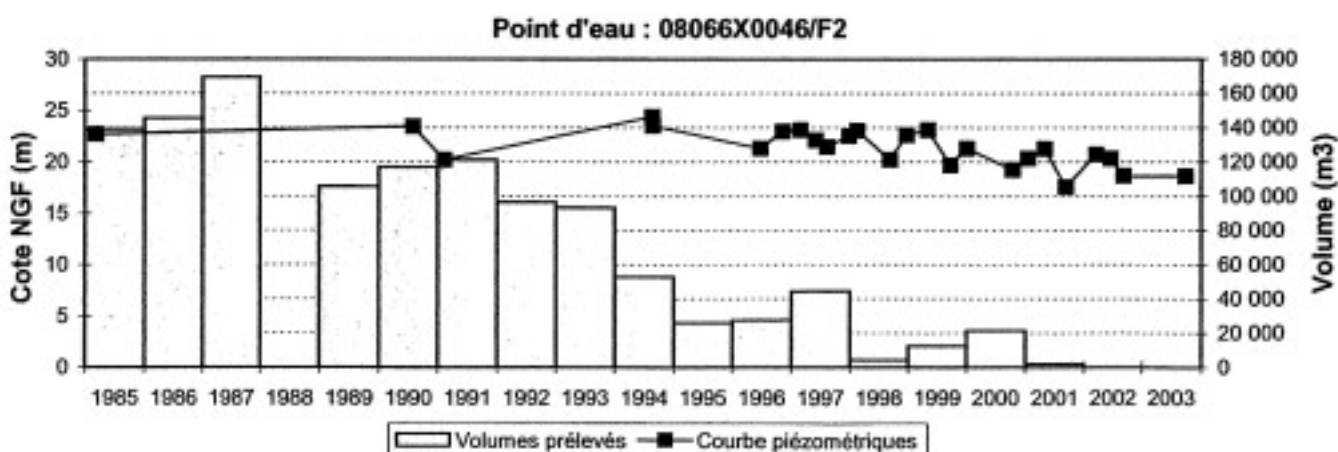
Point d'eau : 08055X0036/F
 Utilisation = AEP
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -250 m
 Cote Mur = -332 m

Commune : MONTCARET
 Département : DORDOGNE
 X = 419,00 Y = 286,68



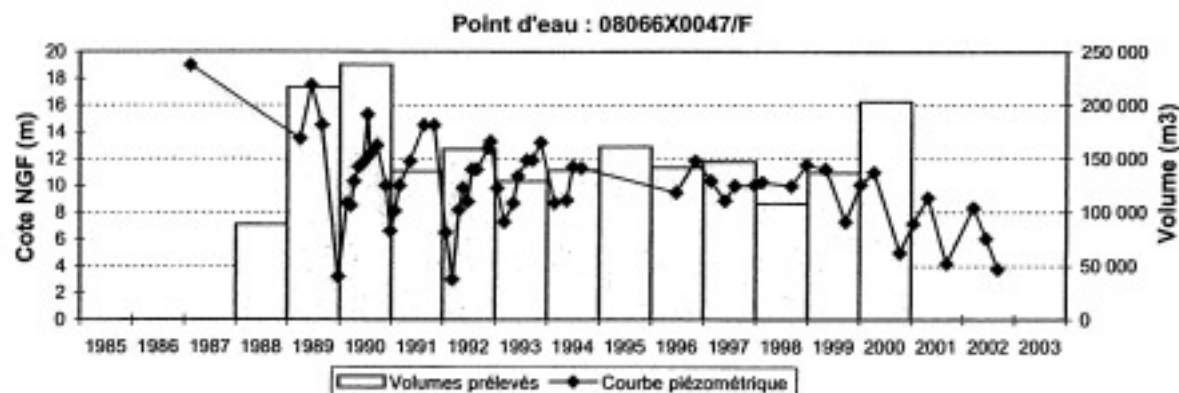
Point d'eau : 08066X0046/F2
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -36 m
 Cote Mur = -72 m

Commune : BERGERAC
 Département : DORDOGNE
 X = 456,45 Y = 284,58



Point d'eau : 08066X0047/F
 Utilisation = Eau Industrielle
 Coordonnées (Lambert III Sud km) :
 Cote Toit = -55 m Cote Mur = -122 m

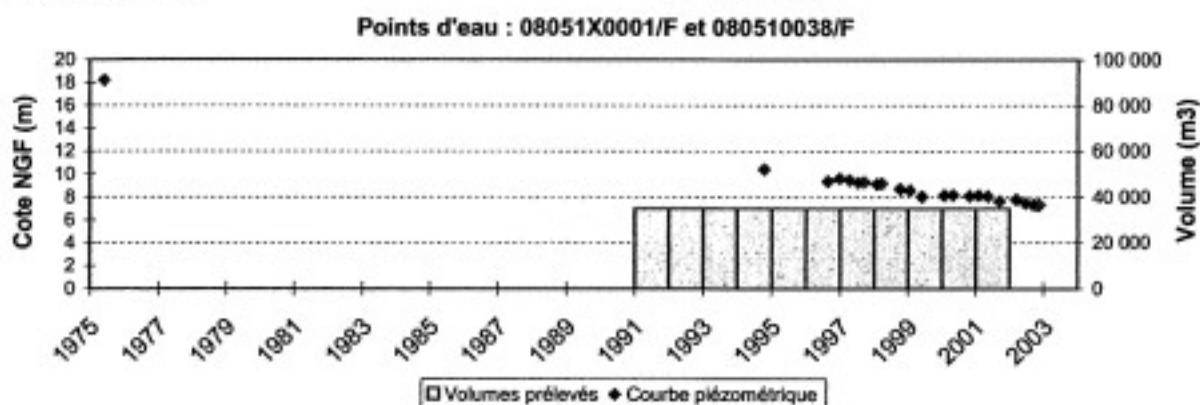
Commune : BERGERAC
 Département : DORDOGNE
 X = 453,66 Y = 284,36



EOCENE SUPERIEUR

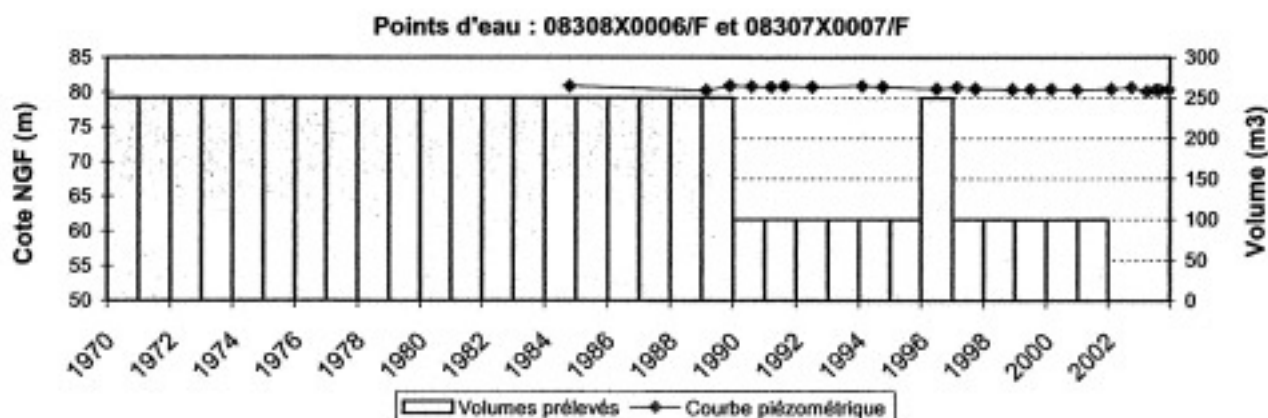
Point d'eau : 08051X0001/F (Piézométrie)
 Commune : MINZAC
 Département : DORDOGNE
 X = 417,63 Y = 298,13
 Utilisation : Eau agricole
 Cote Toit = -36,2 m
 Cote Mur = -112 m

Point d'eau : 08051X0038/F (Prélèvements)
 Commune : VILLEFRANCHE-DE-LONCHAT
 Département : DORDOGNE
 X = 419,14 Y = 297,70
 Utilisation : Eau agricole
 Cote Toit = -31 m
 Cote Mur = -67 m



Point d'eau : 08308X0006/F (Piézométrie)
 Commune : SAINTE-SABINE-BORNE
 Département : DORDOGNE
 X = 470,85 Y = 268,67
 Utilisation : Eau agricole
 Cote Toit = 81 m
 Cote Mur = 60 m

Point d'eau : 08307X0007/F (Prélèvements)
 Commune : MONMARVES
 Département : DORDOGNE
 X = 462,17 Y = 267,95
 Utilisation : Eau Individuelle
 Cote Toit = 103 m
 Cote Mur = 47 m



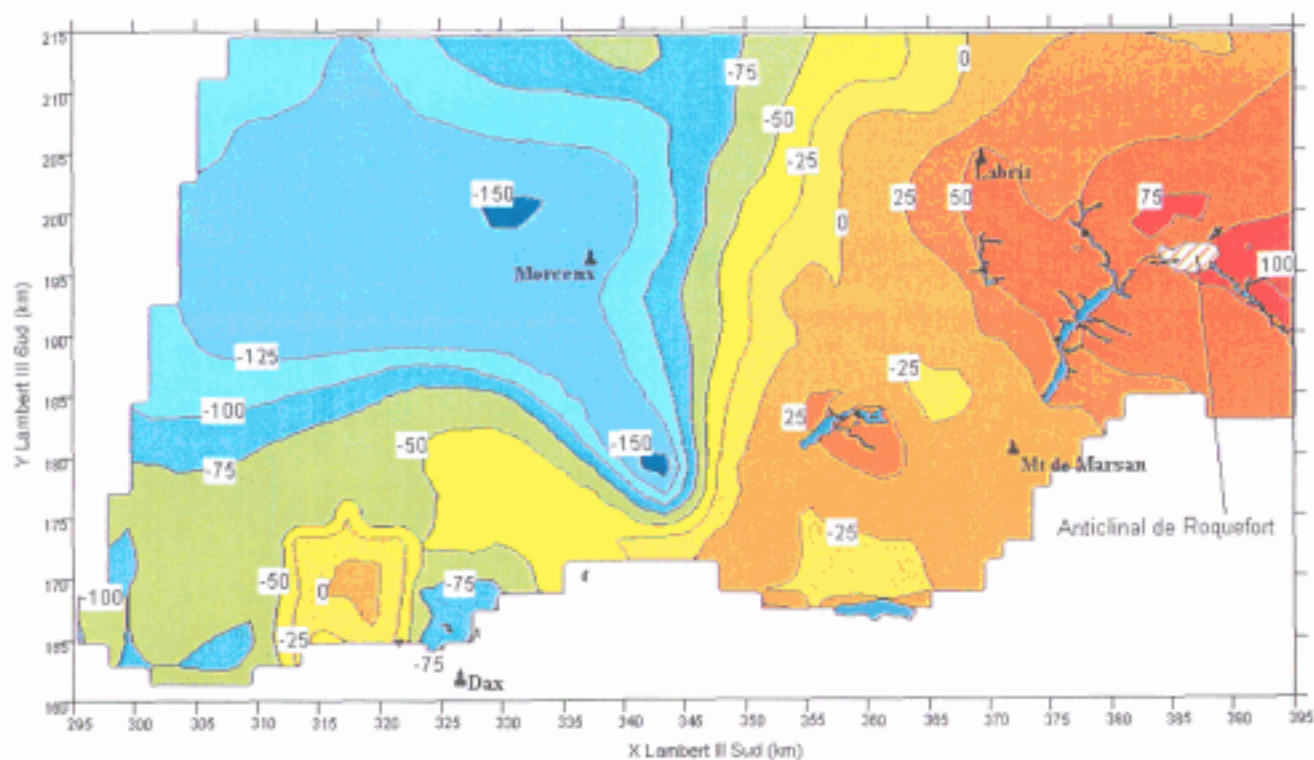
Annexe 3

Aquitanien de la région de Mont-de-Marsan

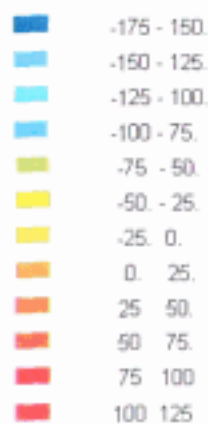
A.3.1.

Géologie

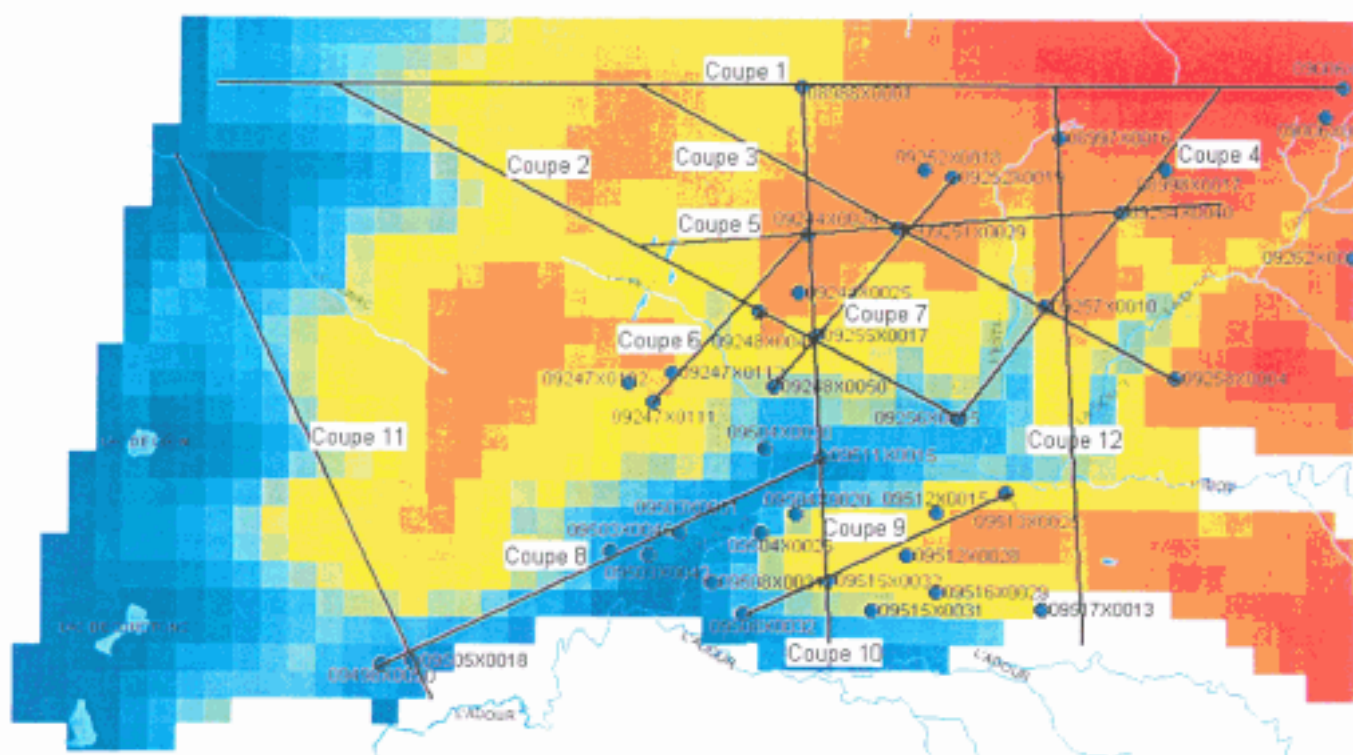
Carte du toit de l'Aquitanien



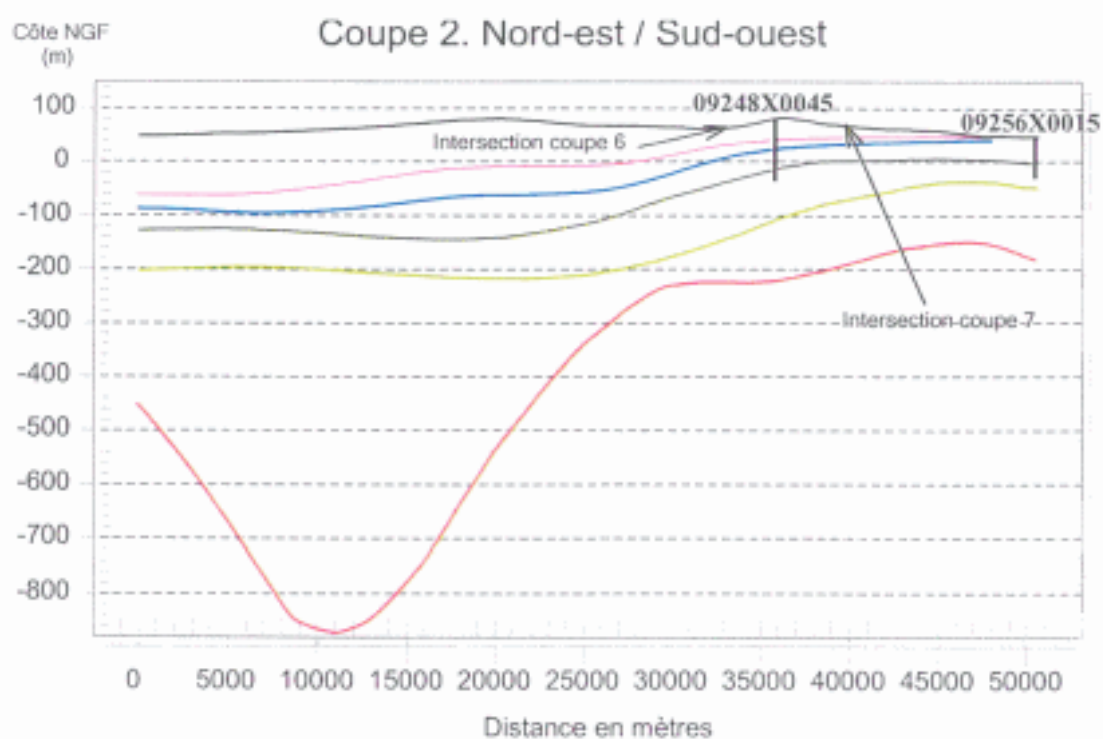
Cote du toit (m)

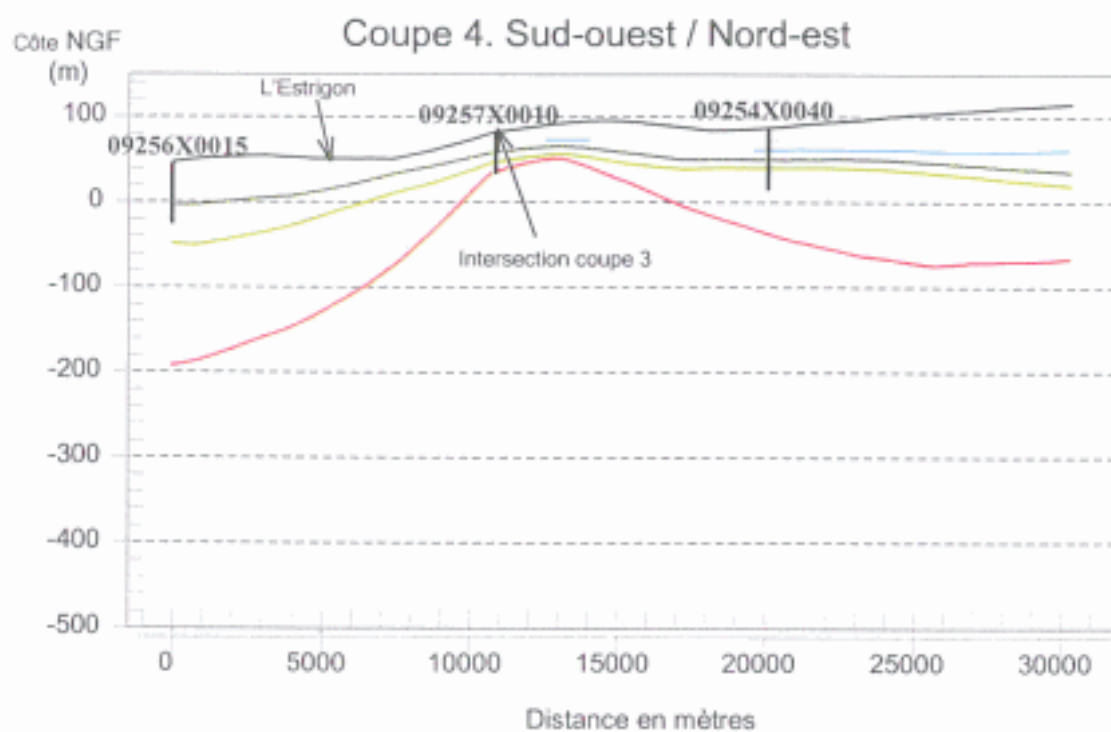
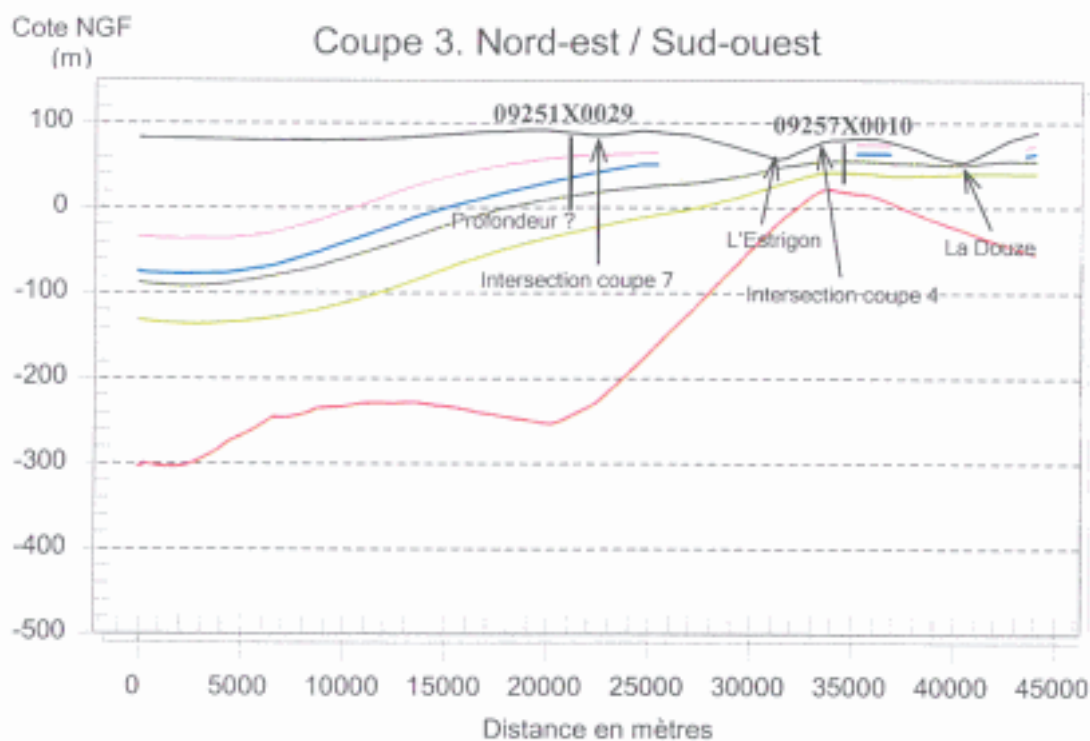


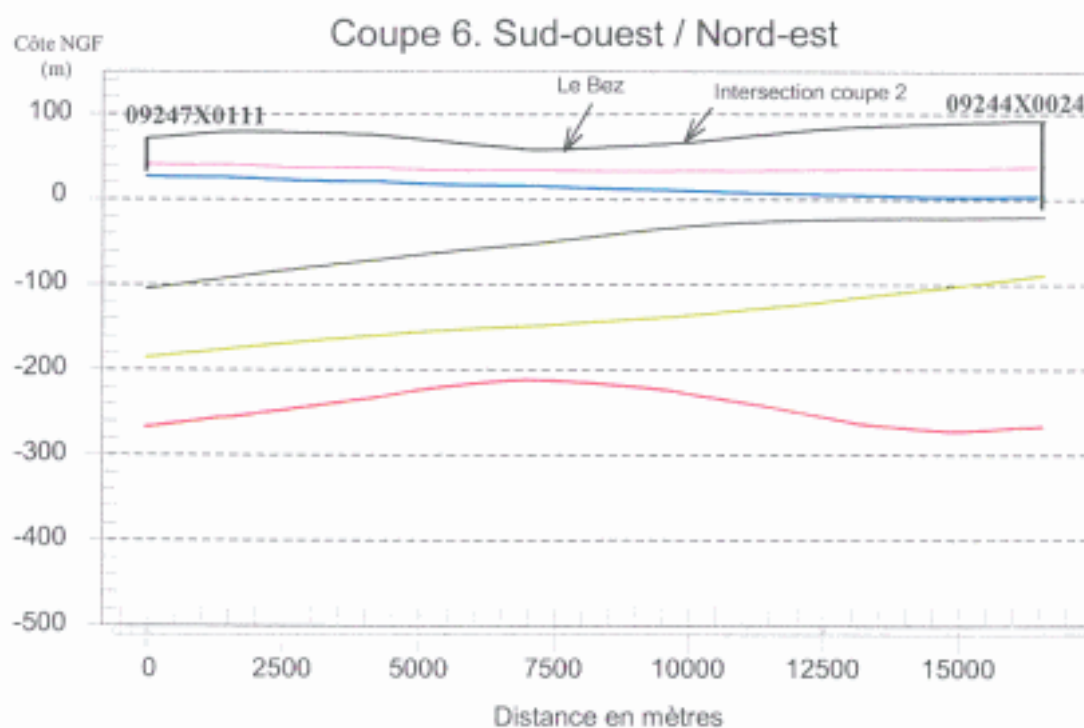
Coupes réalisées à partir des grilles de valeurs "Topographie" et "toits et murs"
Helvétique, Aquitnien, Oligocène au pas de 2 km



- Topographie
- Toit Helvétique
- Toit Aquitanien
- Mur Helvétique
- Mur Aquitanien
- Toit Oligocène

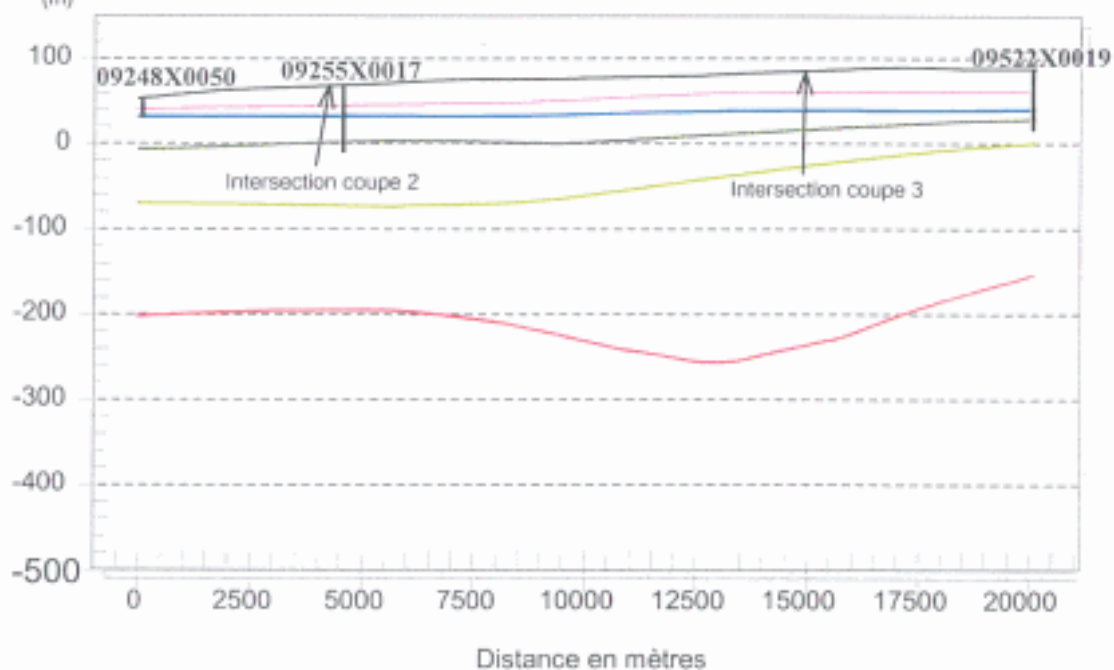






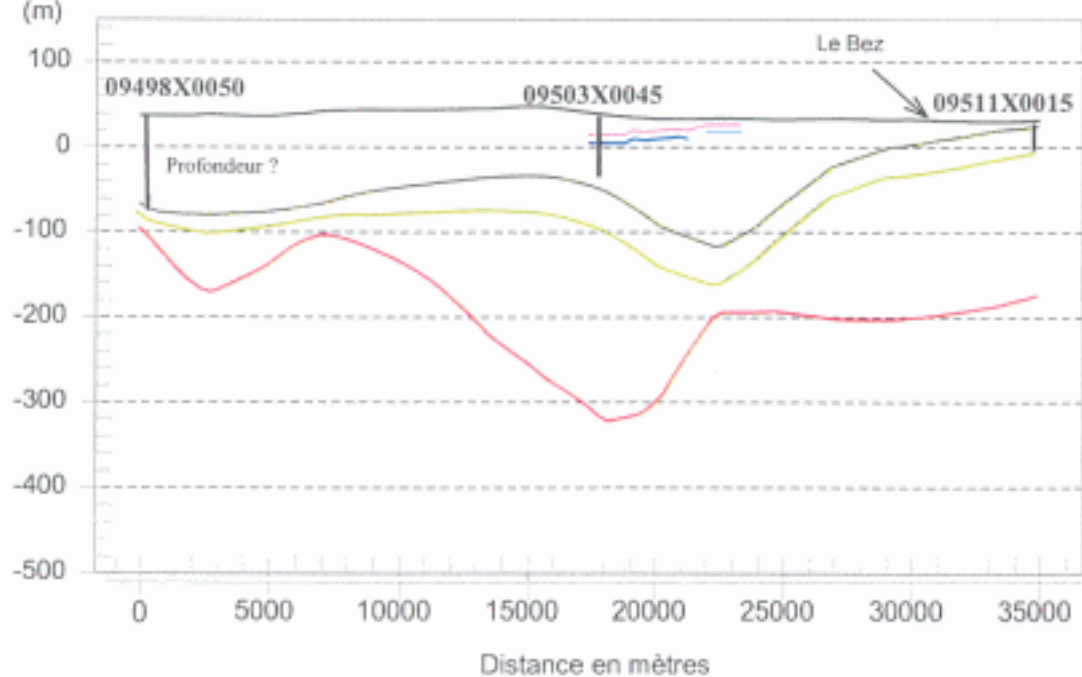
Côte NGF
(m)

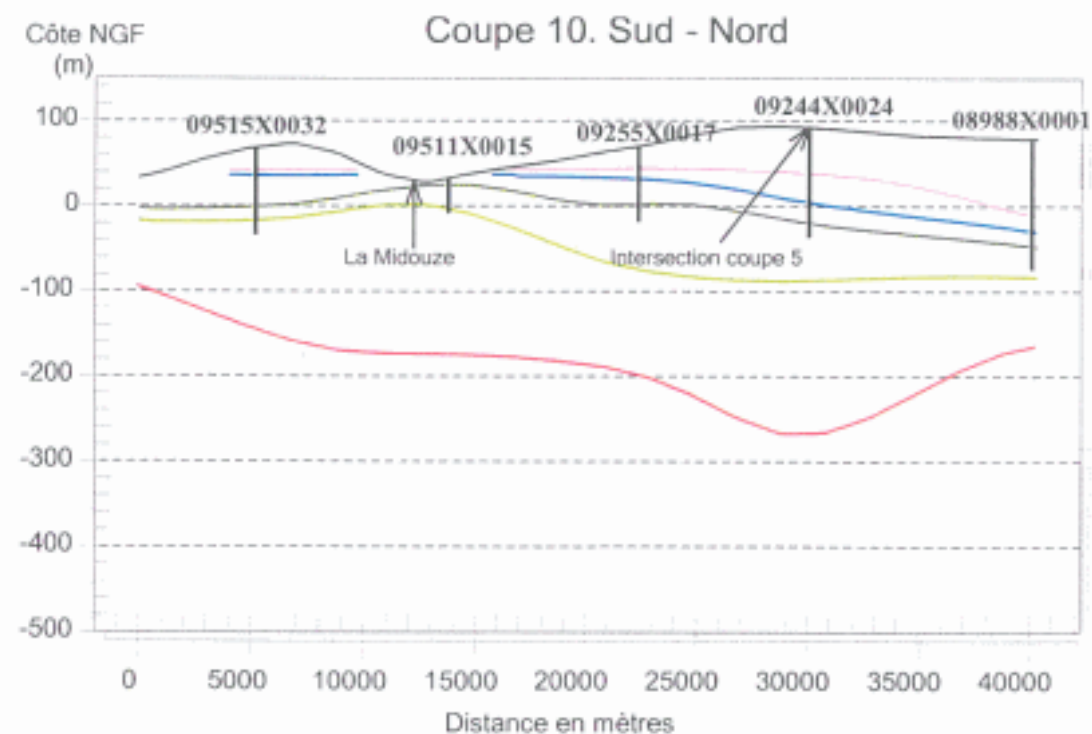
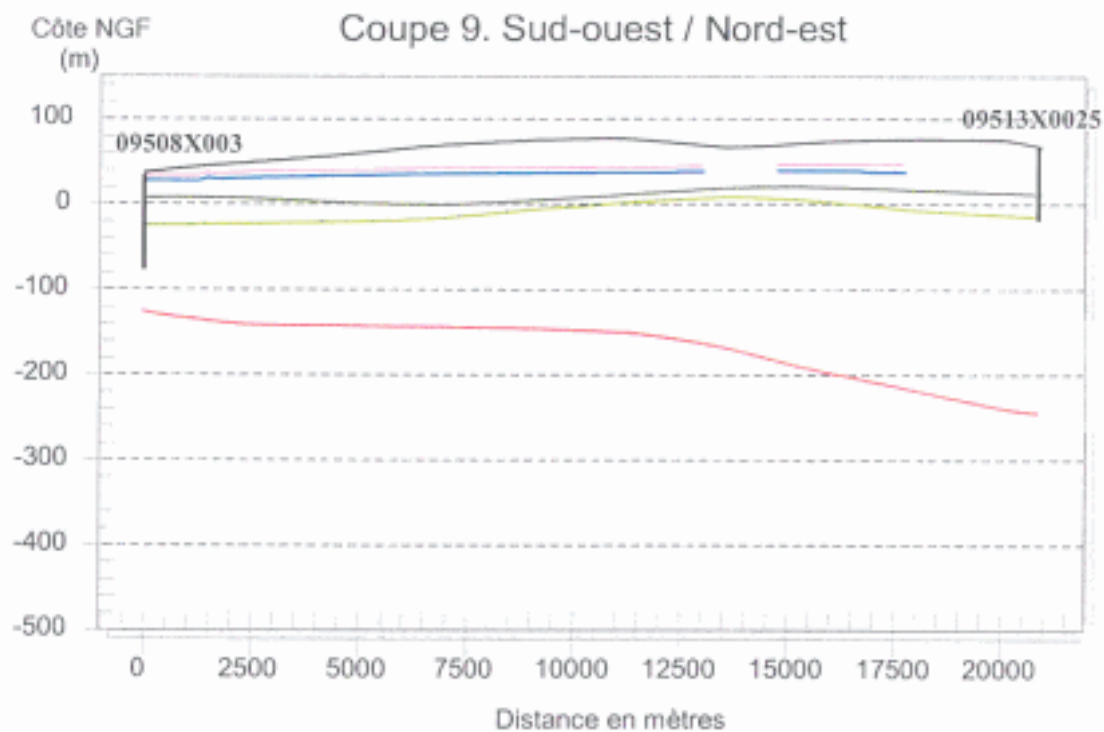
Coupe 7. Sud-ouest / Nord-est

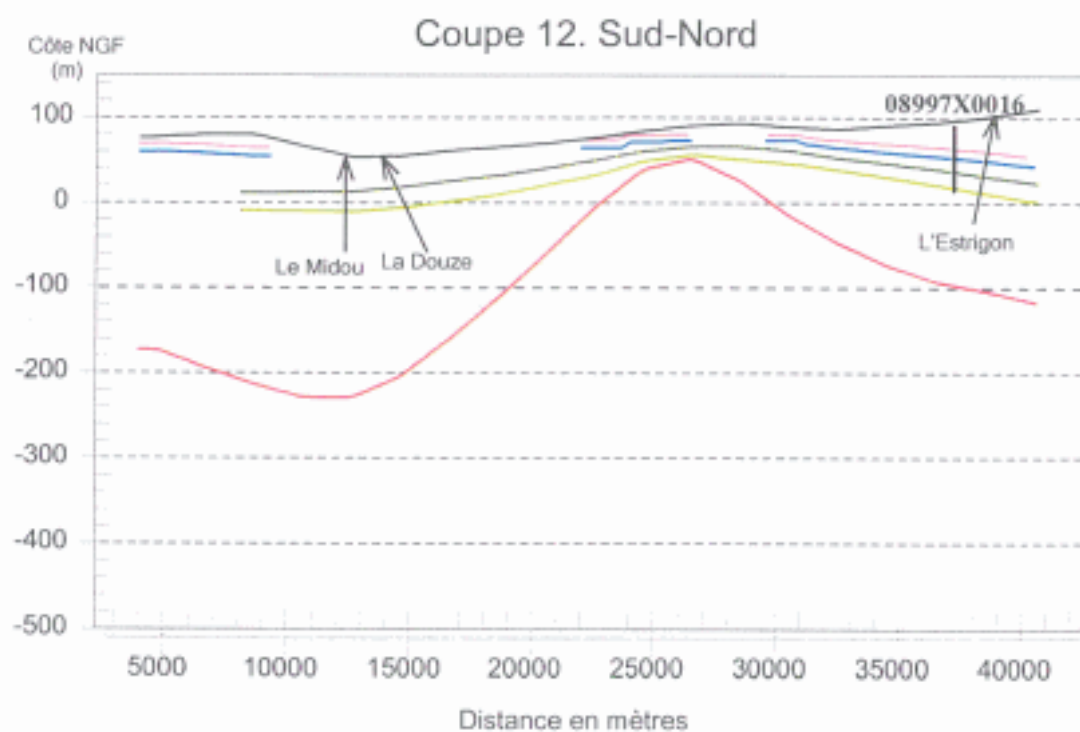
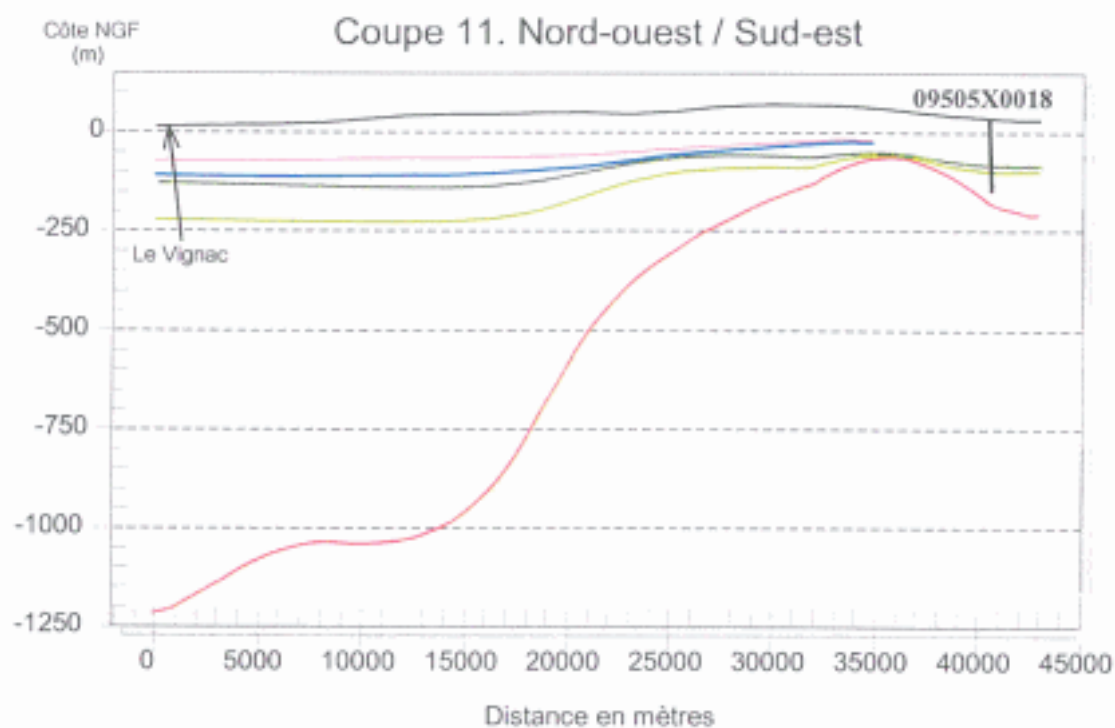


Côte NGF
(m)

Coupe 8. Sud-ouest / Nord-est



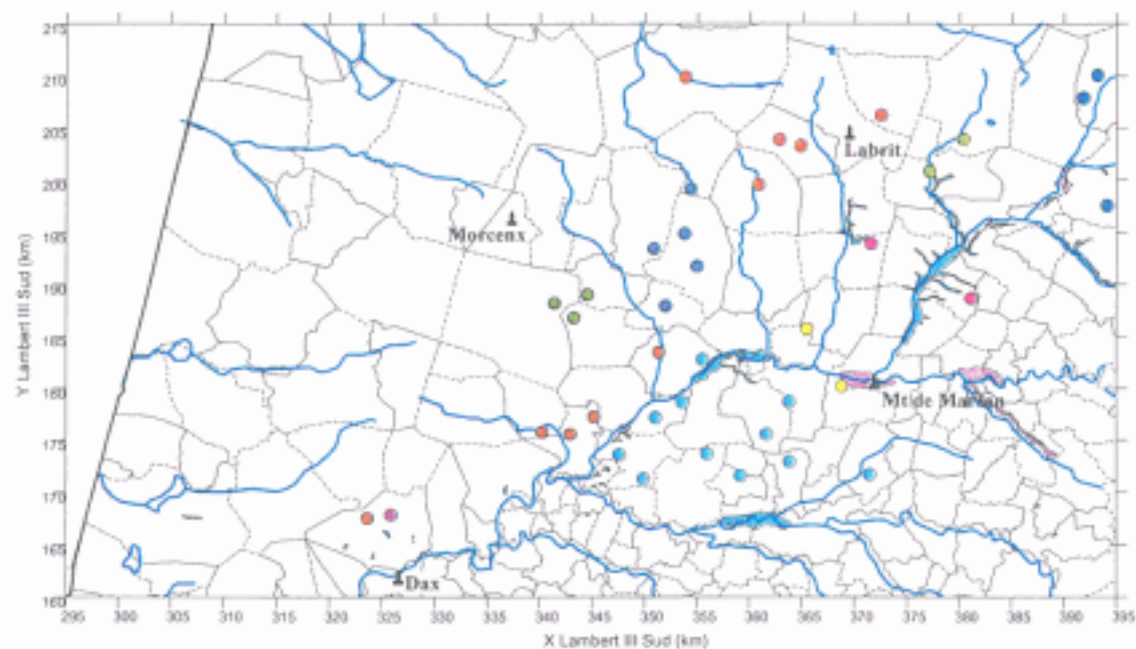




A 3.2.

Chroniques piézométriques

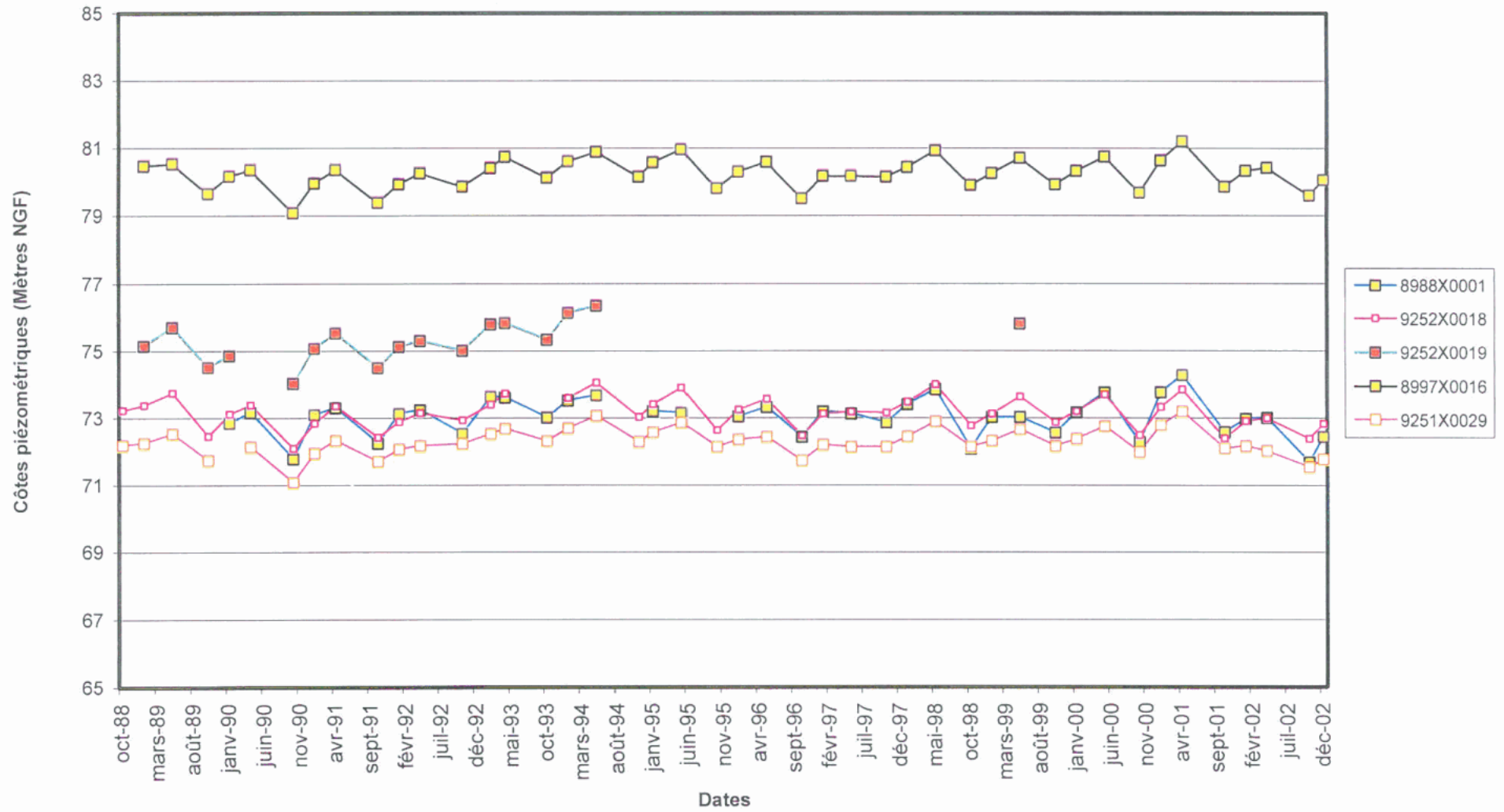
Groupement des points à chroniques par secteur



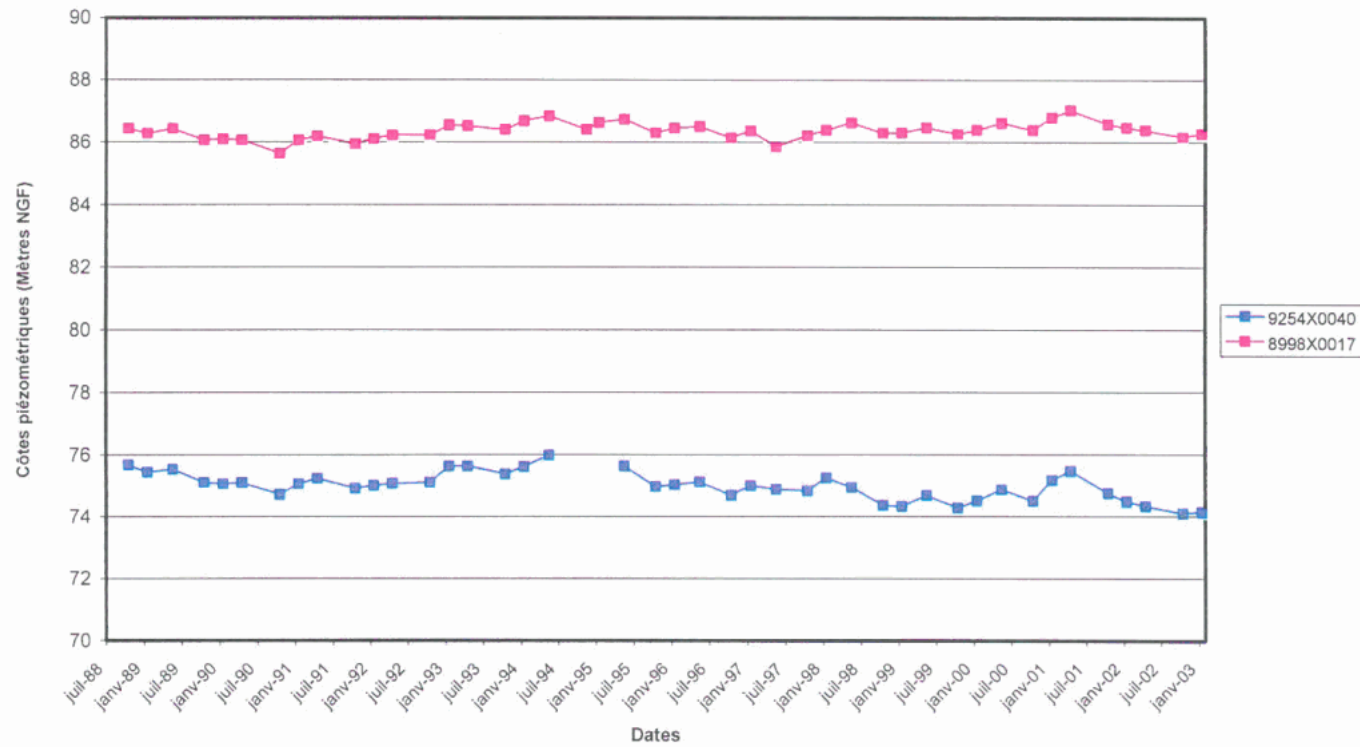
Répartition par secteur

- 1 (5)
- 2 (2)
- 3 (3)
- 4 (2)
- 5 (2)
- 6 (11)
- 7 (5)
- 8 (3)
- 9 (5)

Comparaison de chroniques par secteurs (Secteur 1)

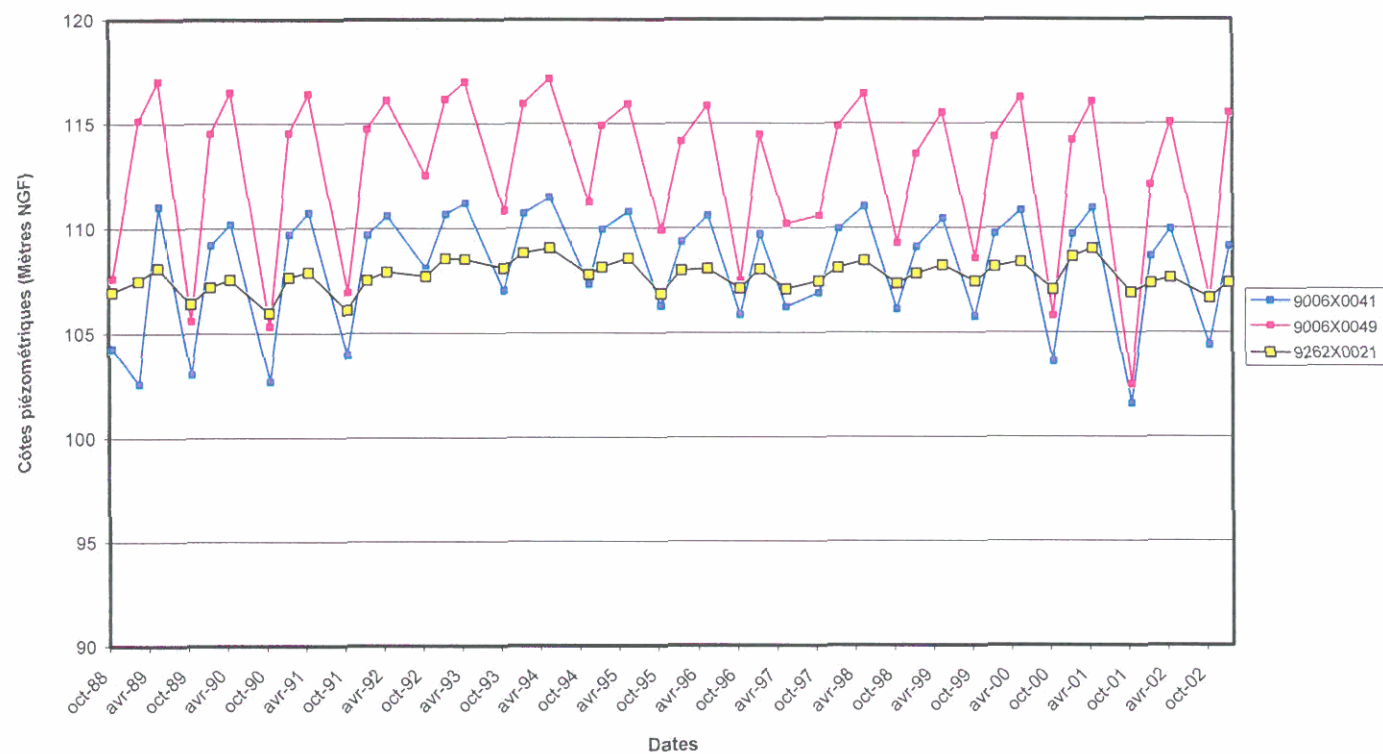


Comparaison de chroniques par secteurs (secteur 2)



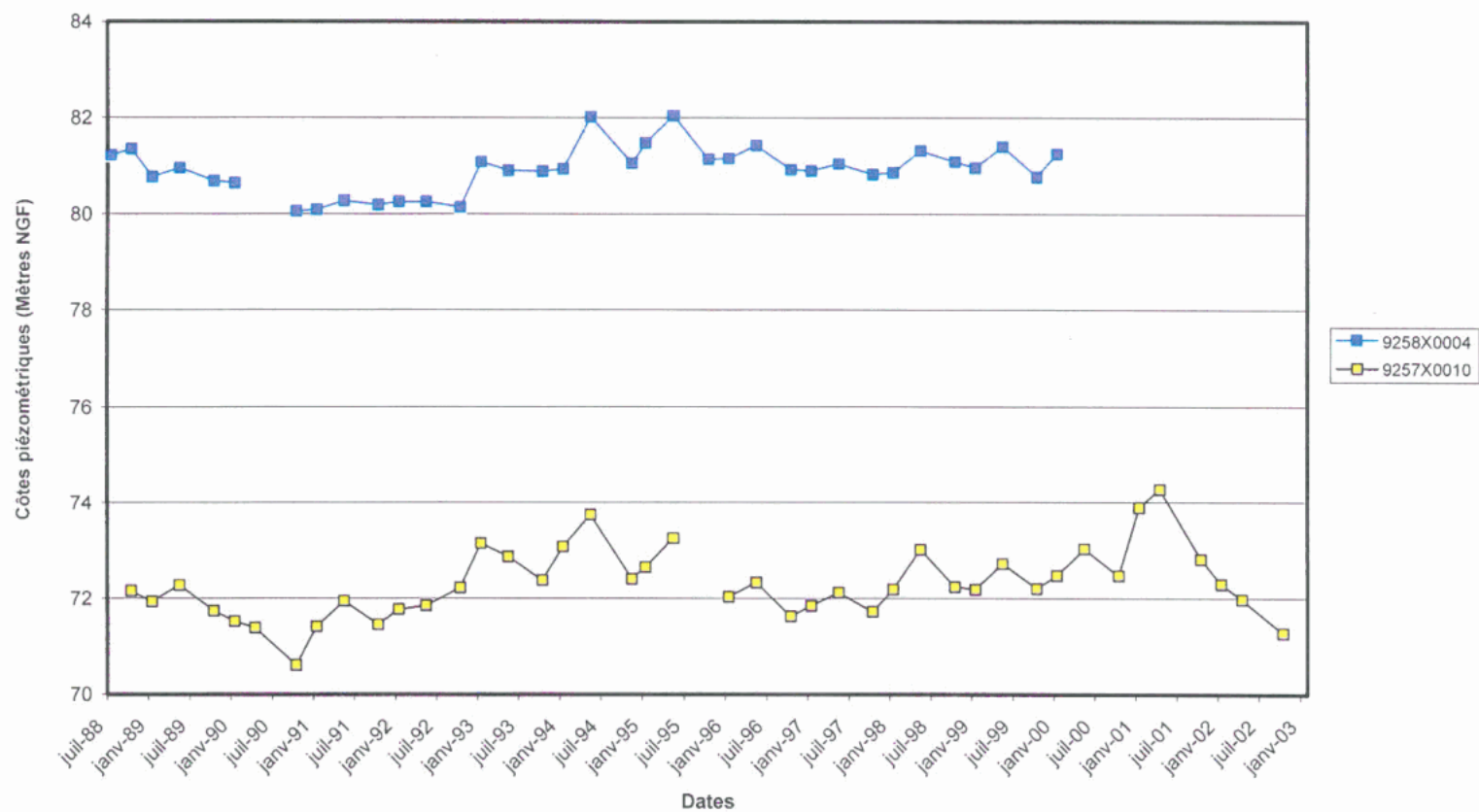
Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
08998X0017	LENCOUACQ	CASTAING	380,35	203,95	90	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	70,9	61,9	52,8	42,5	86,29	0,27
09254X0040	CACHEN	GUIRAOUT C/O MR LANGLADE	377,15	200,85	85	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	50,9	41,2	74,94	0,40

Comparaison de chroniques par secteurs (secteur 3)



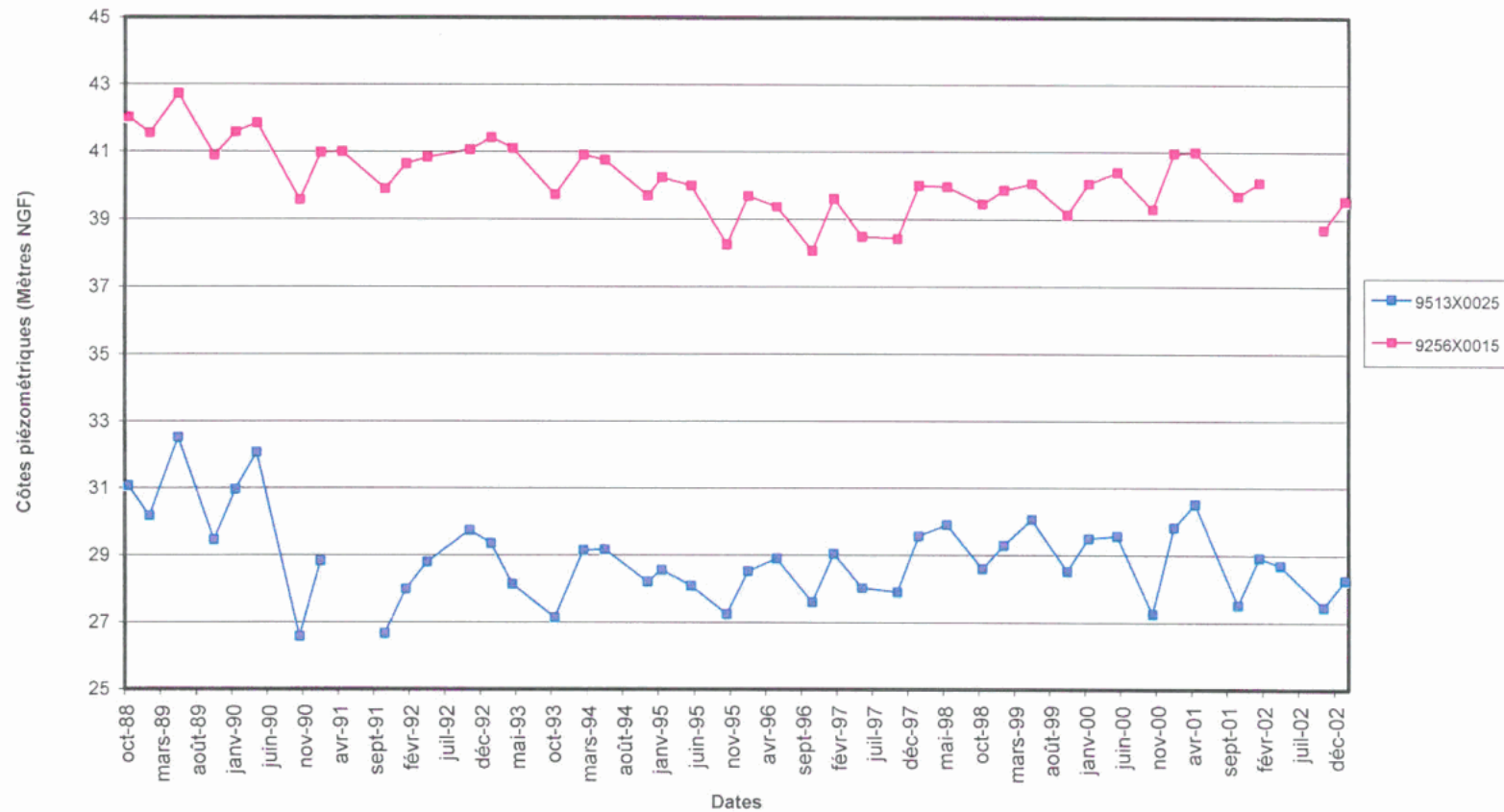
Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09006X0041	BOURRIOT- BERGONCE	GEME	391,88	207,88	112,5	Eau-agricole		AQUIT	90,7	80,7	55,9	38,2	108,21	2,82
09006X0049	BOURRIOT- BERGONCE	LA PLANTE	393,2	210,05	126	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	96,8	86,8	50,2	30,4	112,76	3,94
09262X0021	SAINT-GOR	SARPOUT	394,14	197,58	121	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	81,9	73,1	107,71	0,72

Comparaison de chroniques par secteurs (Secteur 4)



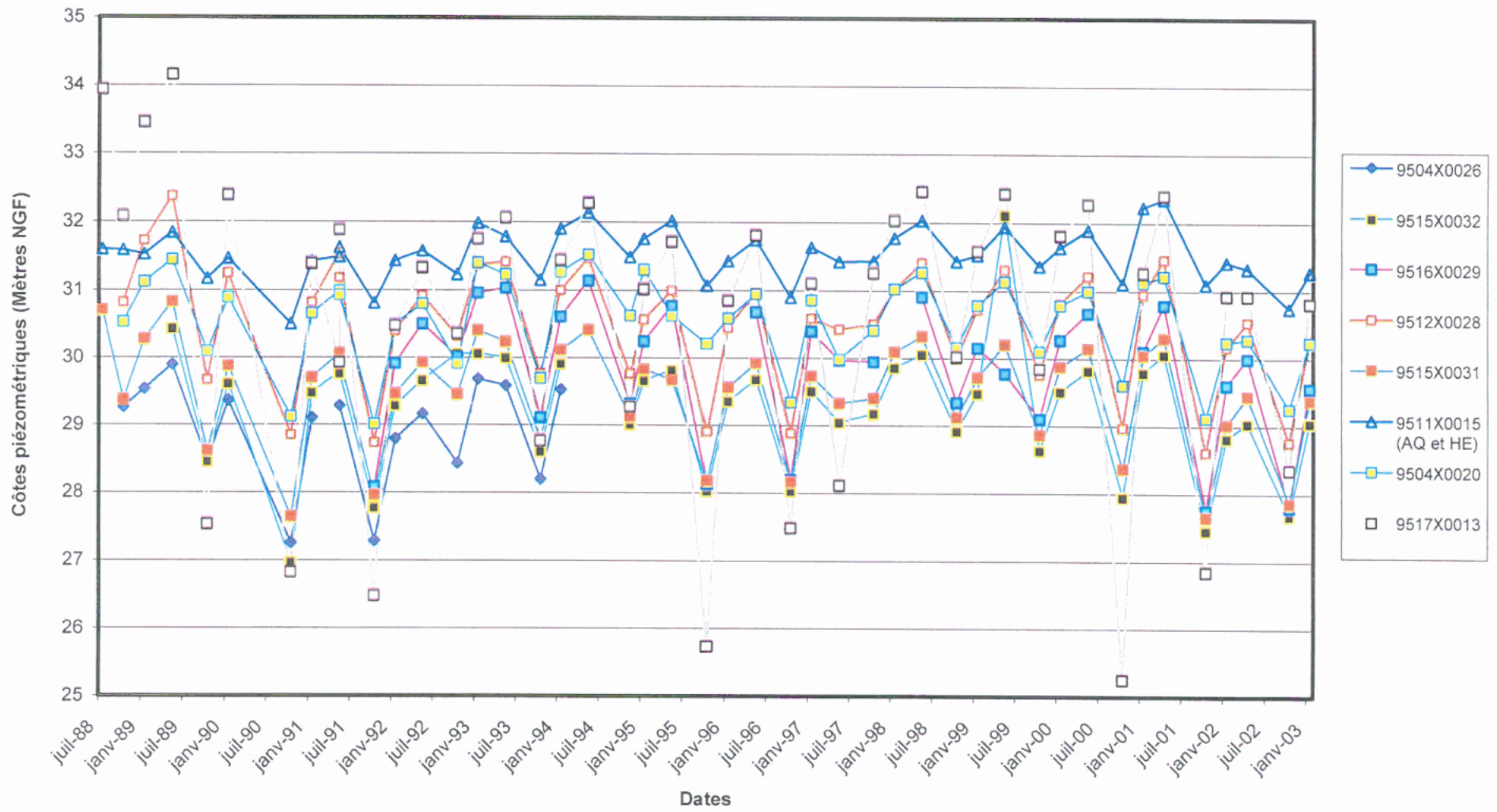
Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09257X0010	CERE	BARIS	371,62	193,9	83	Eau-agricole		AQUIT	Abs	Abs	54,7	41,5	72,3	0,73
09258X0004	LUCBARDEZ- ET-BARGUES	PEREZ, LE GRAND CHEMIN	381,15	188,63	89	Eau- individuelle	Exploité	AQUIT	73,2	63,5	54,8	40,6	80,95	0,54

Comparaison de chroniques par secteurs (Secteur 5)

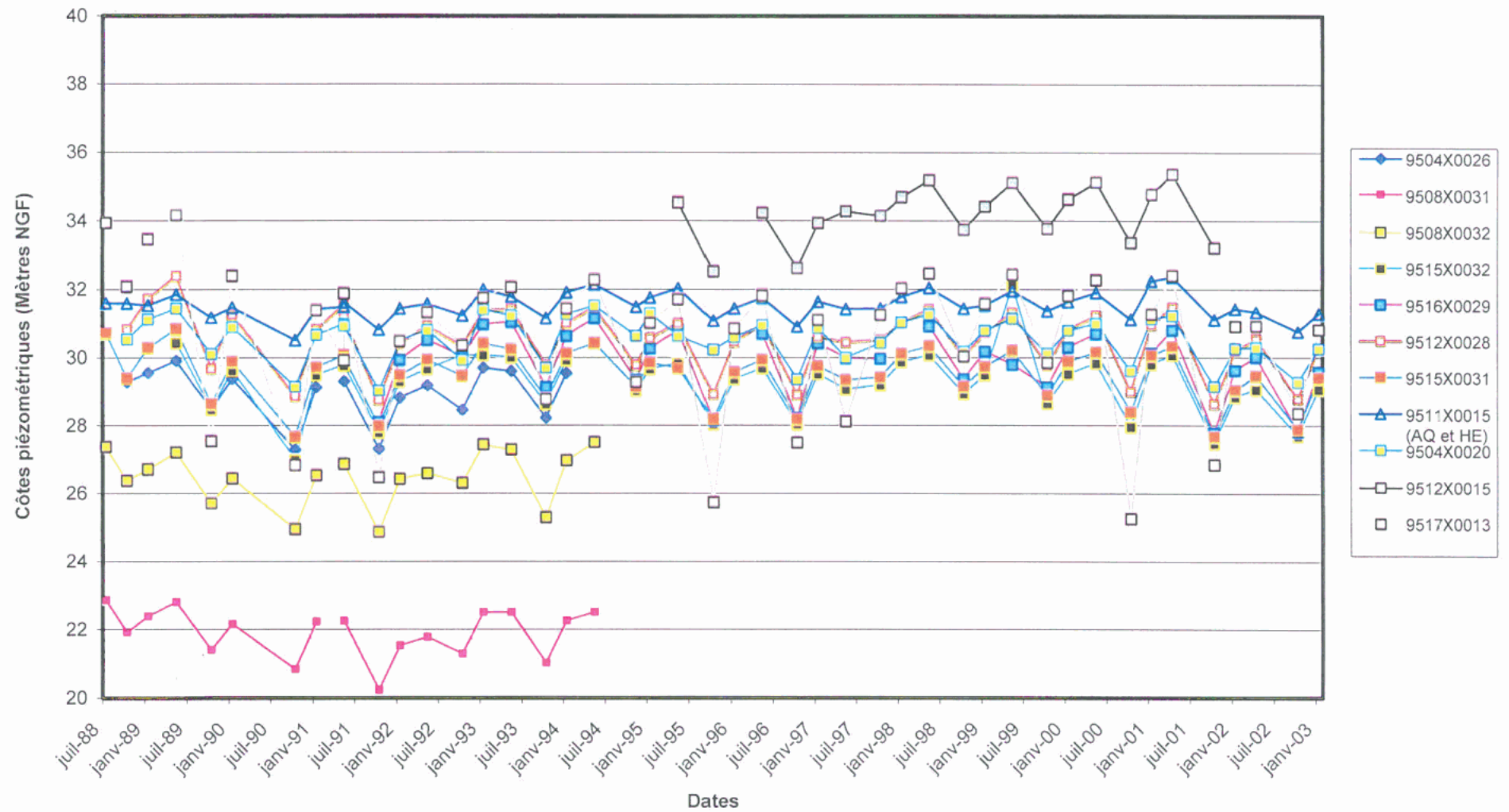


Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09256X0015	UCHACQ-ET-PARENTIS	BARRASSON C/O MR BATBY	365,5	185,7	51	Eau-agricole		AQUIT	Abs	Abs	-3,1	-48,2	39,89	1,10
13X0025	SAINT-PIERRE-DU-MONT	CHEZ MR MARTIN, BURTE	368,8	180,2	76	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	12,3	-13,1	28,97	1,43

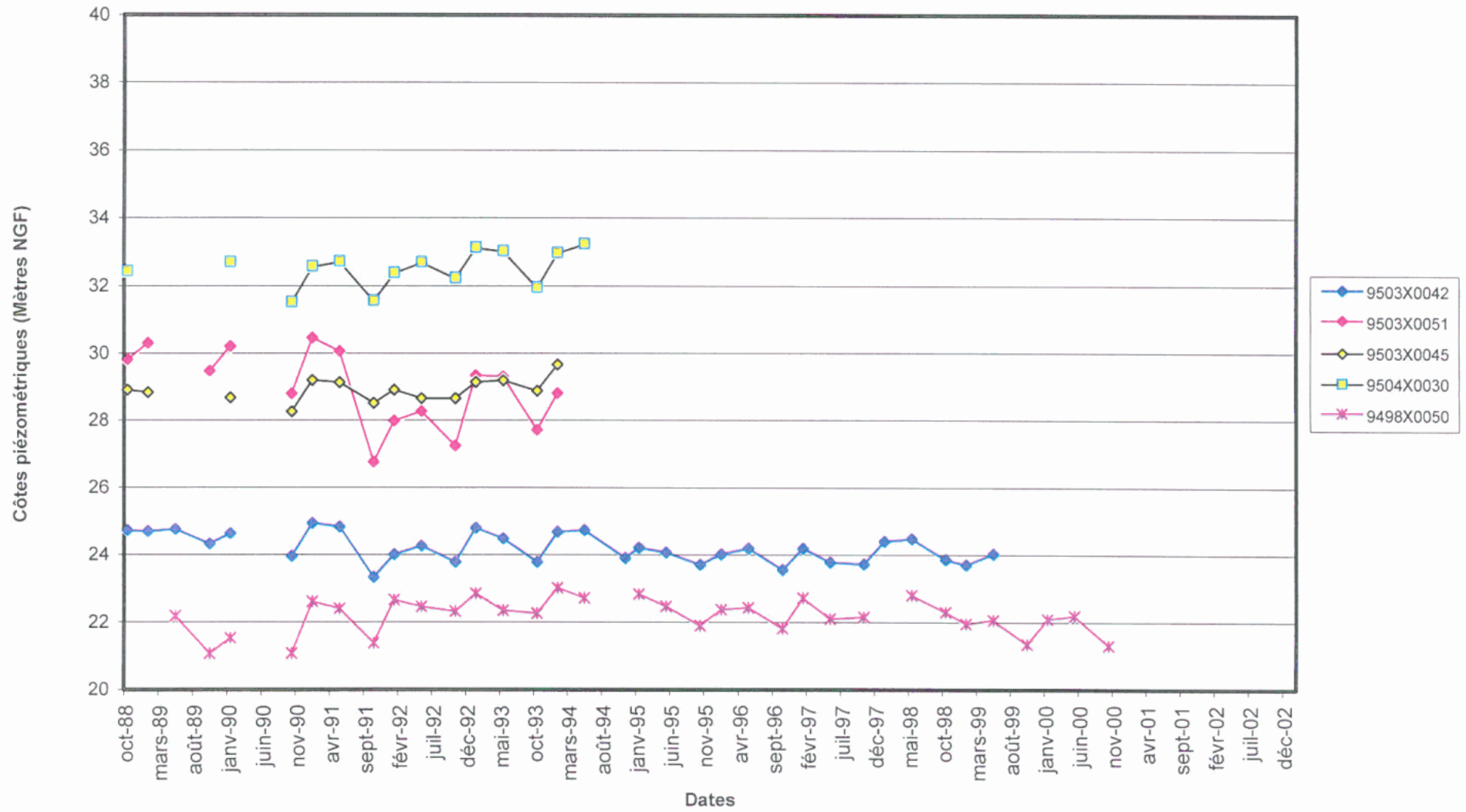
Comparaison de chroniques par secteurs. (Secteur 6)



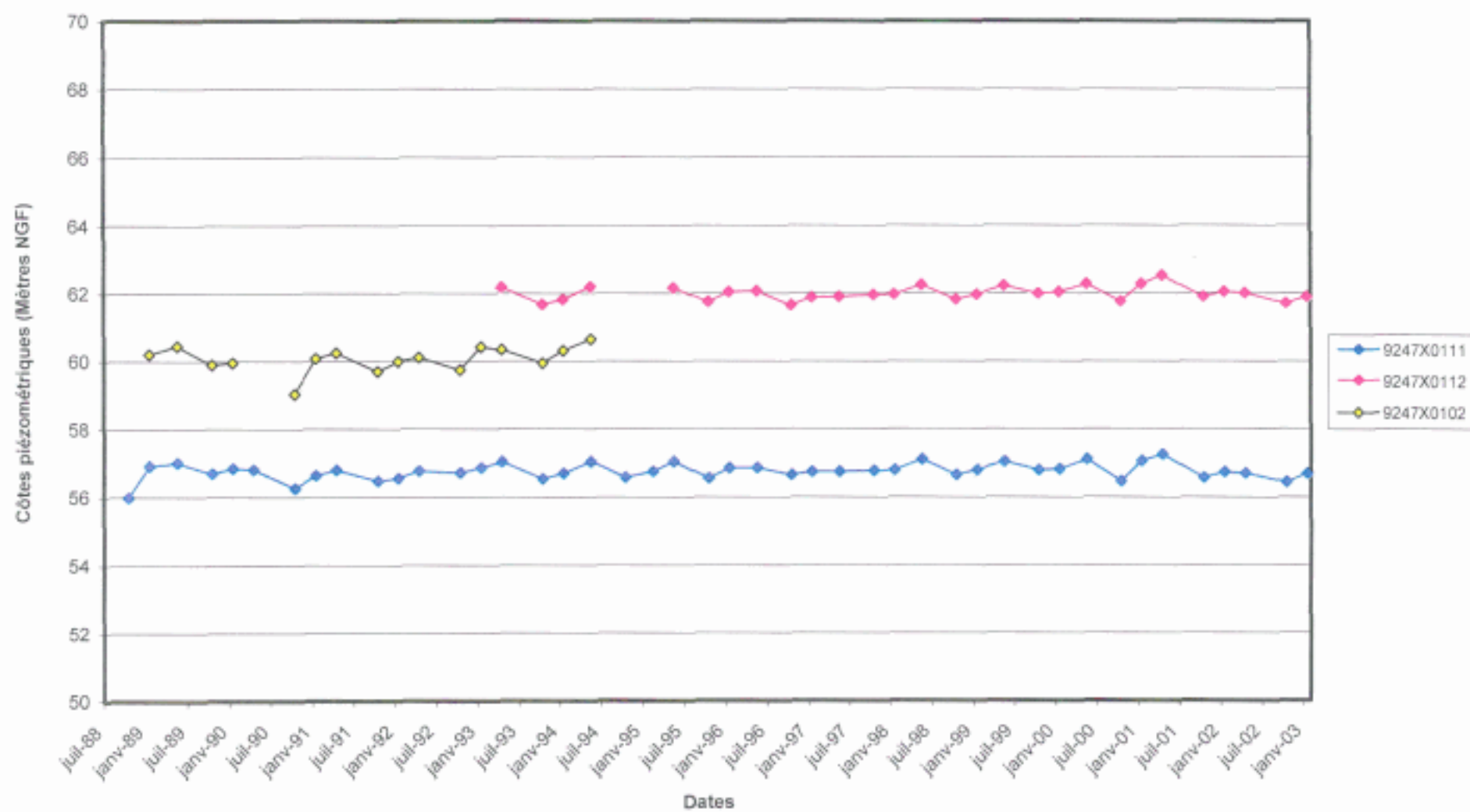
Comparaison de chroniques par secteurs. (Secteur 6)



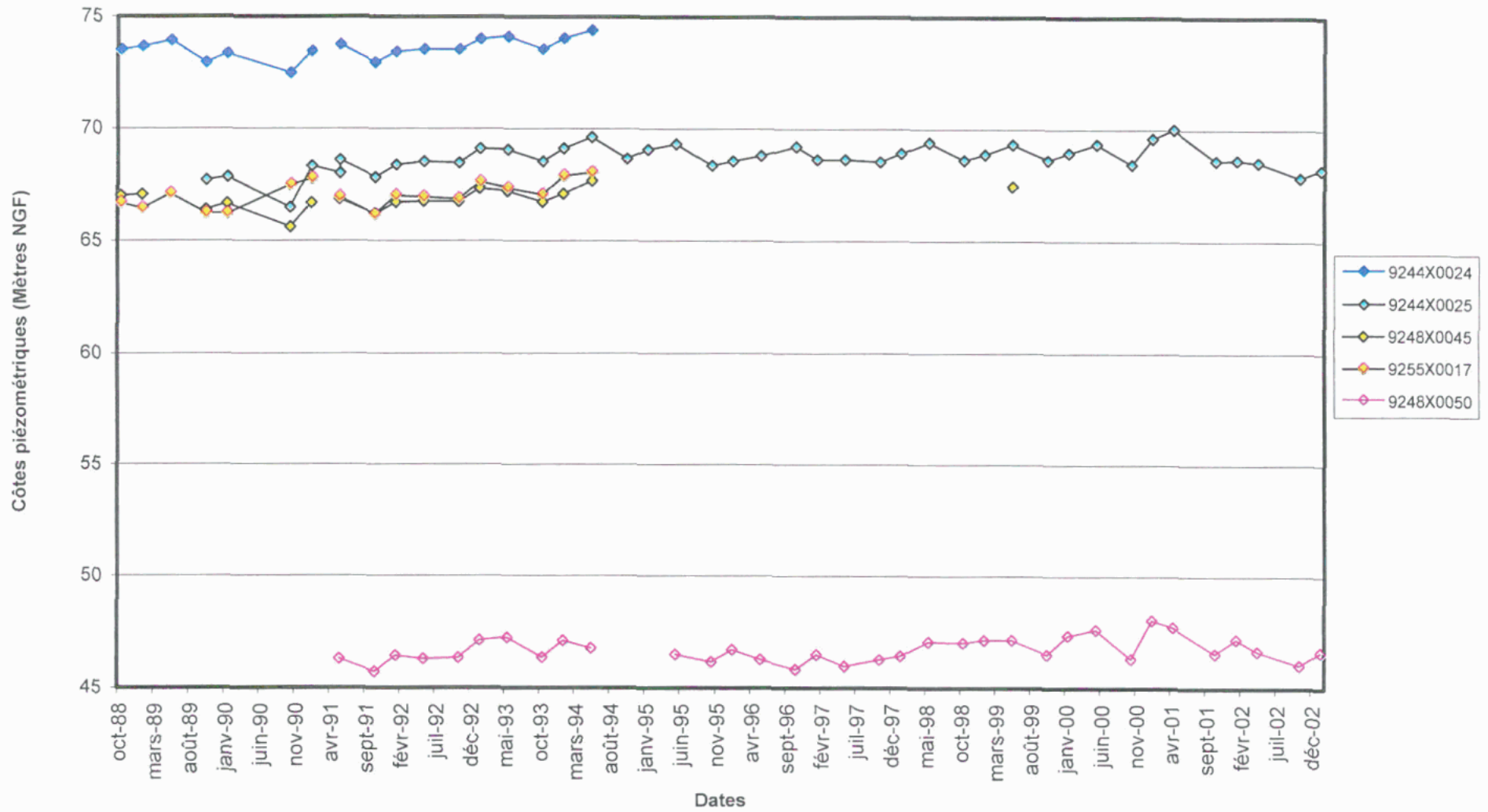
Comparaison de chroniques par secteur. (Secteur 7)



Comparaison de chroniques par secteurs. (Secteur 8)



Comparaison de chroniques par secteurs. (Secteur 9)



Secteur 1

Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_ BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
08988X0001	SABRES	COMMUNE	353,87	209,9	78	AEP	Abandonné	AQUIT	-14,7	-32,26	-49	-83,9	72,90	0,64
08997X0016	SEN(LE)	"LE BOY" C/O MR PICON	372,55	206,24	100	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	65,2	54,6	38,5	21	80,25	0,47
09251X0029	GAREIN	LAFITTE	360,89	199,58	84	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	59,8	36,1	14,1	-29,5	72,26	0,42
09252X0018	VERT	POUY-BLANC C/O MR DE SALETTES	362,85	203,9	95	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	56,6	29,5	18,2	-11,1	73,12	0,48
09252X0019	GAREIN	GRILLOUAT	364,87	203,3	85	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	61,8	41	28,8	1,7	75,29	0.6

Secteur 6

Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09504X0020	CARCARES- SAINTE- CROIX	TRENQUOUETS	353,65	178,65	53	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	42,2	35,2	9,06	-13,5	30,36	0,69
09504X0026	CARCARES- SAINTE- CROIX	PERRIN-HAUT C/O MR DAUDON	351,06	177,18	54	Eau-agricole	Exploité	HE-128			4,3	-24,8	29,06	0,82
09508X0031	TARTAS	TASTE C/O ME LEGLISE	347,6	173,6	45	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	32	24,5	-2,8	-43,2	21,91	0,73
09508X0032	TARTAS	GUIROY	349,9	171,3	51	Eau-agricole		AQUIT	33,25	27,1	7,1	-25	26,54	0,83
09511X0015	SAINT- YAGUEN	LOUSTAOUNAOU	355,53	182,76	46	Eau-agricole	Exploité	AQUIT HELVE	Abs	Abs	25,1	-0,9	31,49	0,39
09512X0015	SAINT- PERDON	BERTHEUIL C/O MR LAMAISSON	363,8	178,7	70	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	47,25	39,5	20,8	3,6	34,14	0,80
09512X0028	CAMPAGNE	CHOURRIOU	361,65	175,58	84	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	45,7	38,7	9,7	0,1	30,33	0,93
09515X0031	LAMOTHE	FRANCESON	359,2	171,6	52	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	-3,4	-12,9	29,39	0,83
09515X0032	SOUPROSSE	PRITCHE	355,98	173,7	72	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	42,2	35,9	-1,7	-17,2	29,24	0,94
09516X0029	AURICE	PEYRE	363,83	172,94	65	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	1,8	-9,15	28,54	1,90
09517X0013	BENQUET	PEYRERE	371,5	171,7	58	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	Abs	Abs	8,4	-10	30,53	2,14

Secteur 7

Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09498X0050	SAINT-PAUL-LES-DAX	LOUSTALOT	323,65	167,54	29	Eau-agricole	Exploité	AQUIT-HELVE	Abs	Abs	-68,8	-76,5	22,12	0,52
09503X0042	BEGAAR	LUC C/O MR CATLAS	342,9	175,6	27,5	Eau-agricole	Exploité	HELVE	19,3	9,7	-78,2	-119,95	24,19	0,44
09503X0045	LESGOR	MANSON C/O MME BARRERE	340,25	175,8	37	Eau-agricole	Exploité	HELVE	14,6	4,6	-59,4	-102,5	28,93	0,37
09503X0051	BEGAAR	MIGNONBROY	345,17	177,26	36	Eau-agricole	Exploité	HELVE	25,7	17,9	-93,2	-133,4	28,91	1,16
09504X0030	SAINT-YAGUEN	JORDY	351,32	183,44	37,5	Eau-agricole	Exploité	AQUIT	37,1	30,4	1,3	-43,6	32,48	0,54

Secteur 8

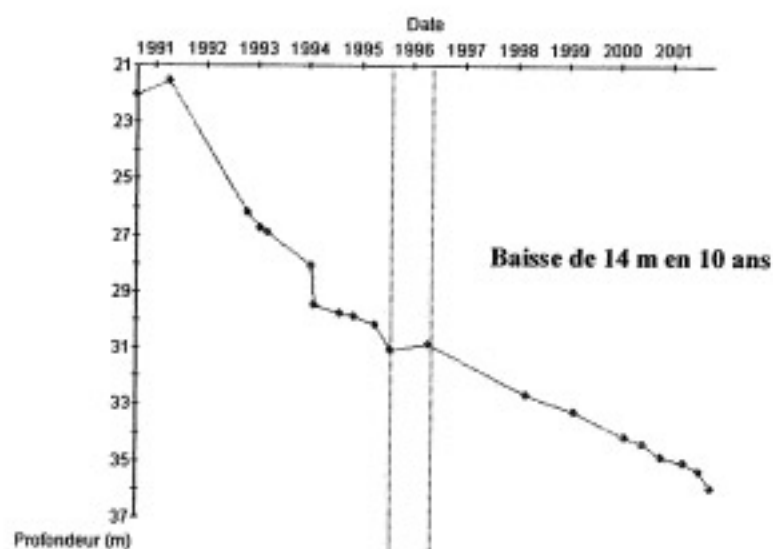
Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09247X0102	RION-DES-LANDES	LARROUDE	341,4	188,16	82	Eau-agricole	Exploité	HELVE	25,6	8,9	-115,7	-203,3	60,05	0,38
09247X0111	BEYLONGUE	PERICHEAU	343,24	186,77	71	Eau-agricole	Exploité	HELVE	41	27	-103,9	-183,5	56,54	0,23
09247X0112	VILLENAVE	DUVIGNEAU	344,55	188,97	82,5	Eau-agricole	Exploité	HELVE	36,3	20,7	-85,4	-172,6	61,95	0,21

Secteur 9

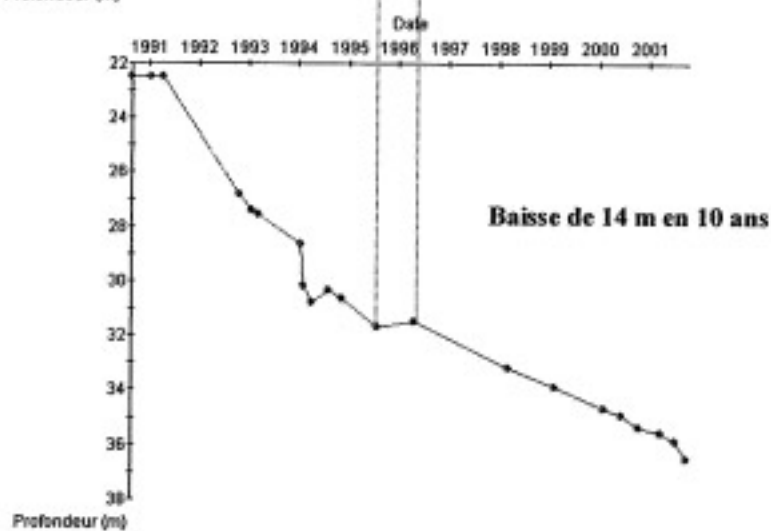
Indice	Commune	Lieu-dit	X	Y	Z_BSS	Utilisation	Etat	Etage + Aquifère capté	cote toit Hel	cote mur Hel	cote toit Aqui	cote mur Aqui	valeur moyenne piézo (m)	Ecart type (m)
09244X0024	LUGLON	LAGOUARDOUNE	354,4	199,14	95	Eau-agricole	Exploité	HELVE	38,6	3,95	-20,15	-88,3	73,08	0,48
09244X0025	YGOS-SAINT-SATURNIN	DARRIEUTORT	353,8	194,87	98	Eau-agricole	Exploité	HELVE	42,4	21,7	-4	-92,1	68,67	0,63
09248X0045	ARENGOSSE	GUILHEM	350,88	193,42	91	Eau-agricole	Exploité	HELVE	38,5	19,2	-20,43	-119,1	66,88	0,51
09248X0050	OUSSE-SUZAN	BACHE	352	187,9	61	Eau-agricole	Exploité	HELVE	54,6	40,7	-7,06	-70,6	46,61	0,54
09255X0017	YGOS-SAINT-SATURNIN	PEYRES	355	191,7	73	Eau-agricole	Exploité	HELVE	45	31,8	2,3	-74,5	67,00	0,59

Annexe 4

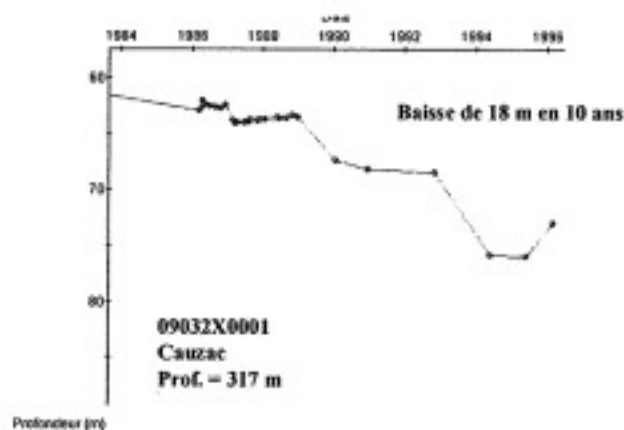
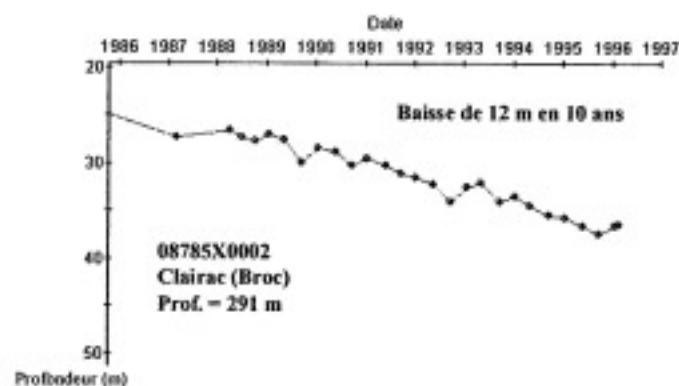
Jurassique de Lot et Garonne



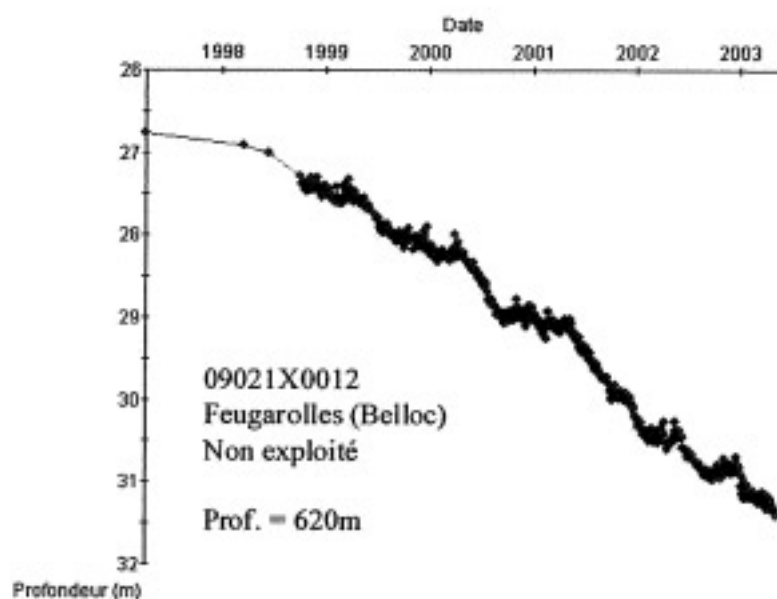
Année	Volume (m3)
1991	1275000
1992	1936650
1993	1595390
1994	1492738
1995	1120024
1996	114345
1997	329965
1998	533211
1999	81000



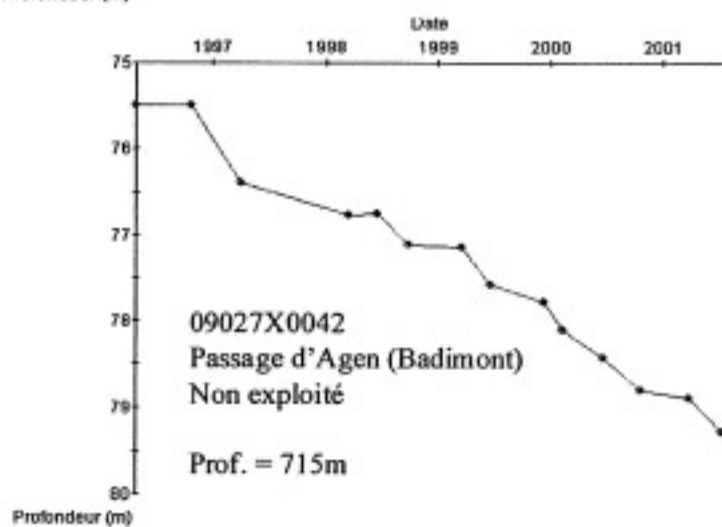
Année	Volume (m3)
1991	0
1992	443072
1993	294120
1994	394212
1995	533526
1996	114345
1997	329965
1998	1234679
1999	81000



Clairac		Cauzac	
Année	Volume (m3)	Année	Volume (m3)
1982	361080	1982	830739
1983	256171	1983	831224
1984	585923	1984	994113
1985	506911	1985	1028583
1986	512327	1986	1100131
1987	457635	1987	965342
1988	358951	1988	932348
1989	371434	1989	936582
1990	362100	1990	775092
1991	332884	1991	782320
1992	294074	1992	817949
1993	283241	1993	802646
1994	283566	1994	980000
1995	304992	1995	609628
1996	304337	1996	630715
1997	290138	1997	652403
1998	308108	1998	657984
1999	295558		



Baisse de 5 m en 6 ans

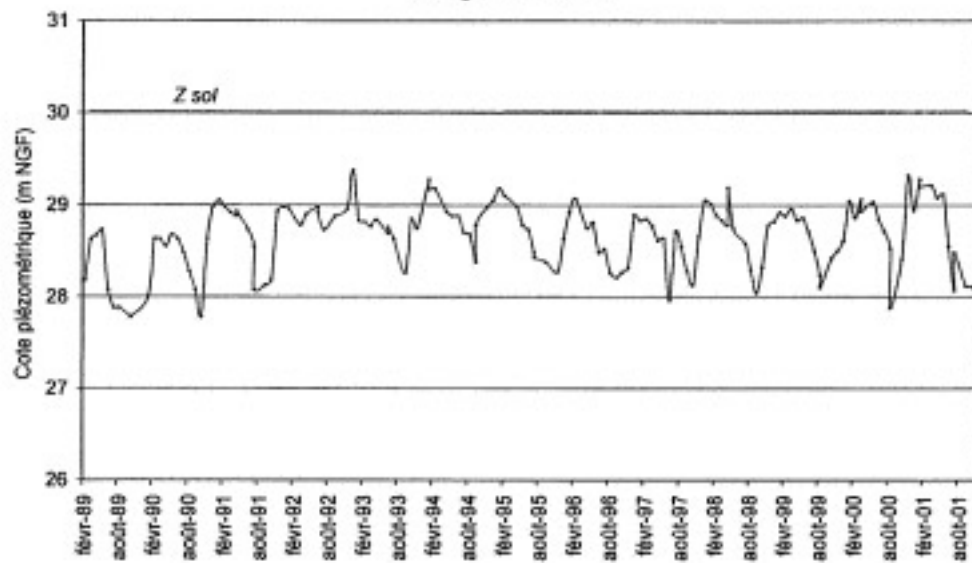


Baisse de 4 m en 5 ans

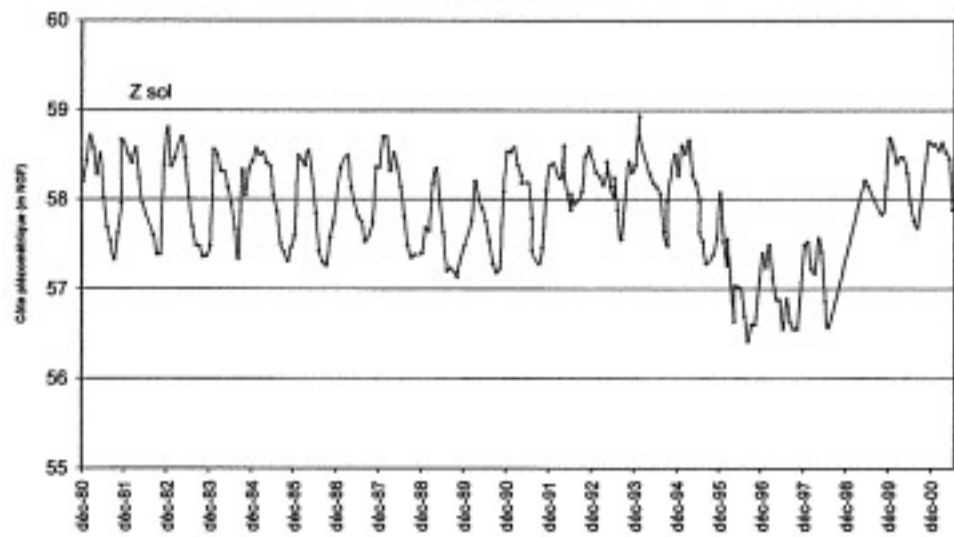
Annexe 5

Plio-Quaternaire du bassin de la Leyre

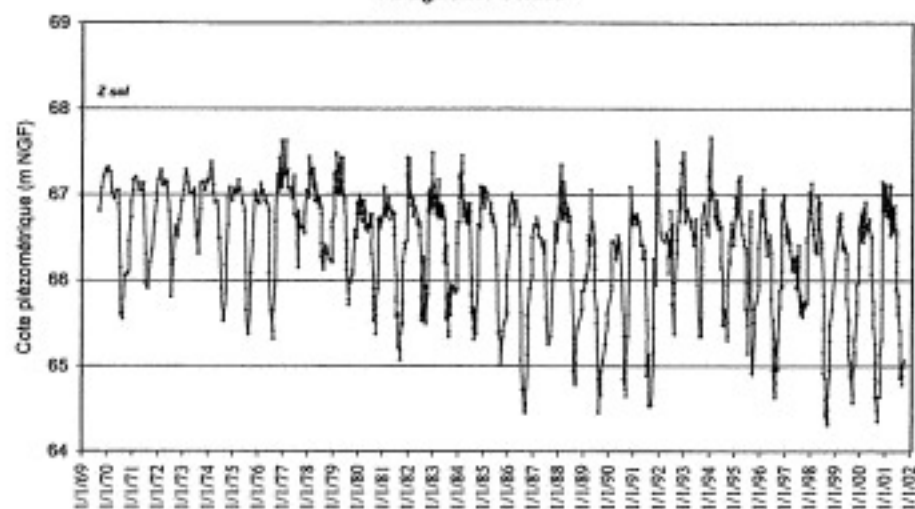
Forage 08266X0003



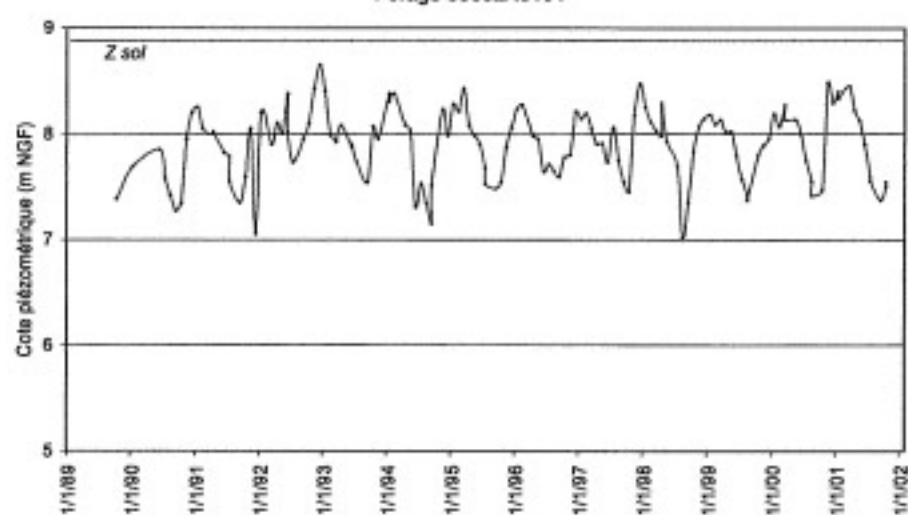
Forage 08275X0070



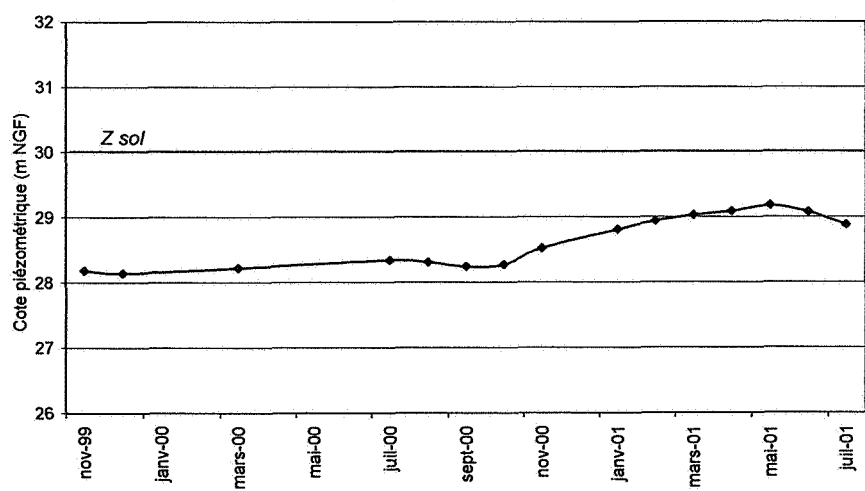
Forage 08511X0036



Forage 08502X0104



Forage 08518X0034



BRGM
SERVICE des ACTIVITES REGIONALES
SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL AQUITAINE
24, avenue Léonard de Vinci - 33600 - PESSAC - France
Tél. : 33 (0)5 57 28 52 70