Document public

Gestion des Eaux souterraines en région Aquitaine

Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation de réseaux de surveillance

- Module 2 - Année 4

Convention 2008-2013

Rapport final

BRGM/RP-63575-FR
Février 2015

Préfecture de la région Aquitaine
Secrétariat général pour les affaires régionales

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
AQUITAINE

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

RÉGION AQUITAINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Gestion des Eaux souterraines en région Aquitaine

Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation de réseaux de surveillance

- Module 2 - Année 4

Convention 2008-2013

Rapport final

BRGM/RP-63575-FR
Février 2015

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM PSP12AQI17

M. Saltel, B. Bourgine

Préfecture de la région Aquitaine
Secrétariat général pour les affaires régionales

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
AQUITAINE

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : Bruno MOUGIN	Nom : Nicolas PEDRON Directeur du BRGM Aquitaine (p.i.)
Date : 02/02/2015	Date : 03/02/2015

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

RÉGION AQUITAINE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : piézométrie, géostatistique, krigeage, carte, nappe, Eocène, Turonien, Aquitaine

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

Saltel M., Bourgine B. (2015) - Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation de réseaux de surveillance - Module 2 - Année 4 - Convention 2008-2013. Rapport final. BRGM/RP-63575-FR, 44 p., 35 fig., 4 ann.

© BRGM, 2015, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de la convention pluriannuelle « Gestion des Eaux souterraines en Région Aquitaine » signée entre le BRGM, la Région Aquitaine et l'Etat pour la période 2008-2013, avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le BRGM Aquitaine a entrepris des actions de recherche et de mise en valeur des ressources en eaux souterraines.

En année 4 de la convention, le programme a porté sur 7 modules. Le présent document est relatif au module 2 consacré à la piézométrie des systèmes aquifères et plus particulièrement à la mise en œuvre d'outils de cartographie et d'optimisation de réseaux de surveillance.

Les cartes piézométriques peuvent être considérées comme l'outil de base de l'hydrogéologue. Elles permettent d'identifier les directions générales d'écoulement des eaux souterraines, les zones de recharge et les zones d'exutoire mais aussi d'étudier les interactions nappes/rivières. La comparaison dans le temps des cartes piézométriques permet d'observer les évolutions naturelles de la nappe (hautes eaux et basses eaux) ainsi que les impacts liés à l'exploitation de la ressource.

L'objectif de ce module est de mettre au point :

- des méthodes de cartographie géostatistique des niveaux piézométriques prenant en compte le maximum de contraintes, avec évaluation de la précision de la carte produite ;
- des méthodes d'évaluation (globale ou locale) des différences entre deux situations piézométriques données, avec estimation de l'incertitude sur cette différence ;
- des méthodes permettant d'optimiser un réseau de surveillance des niveaux piézométriques (nombre minimum de piézomètres à suivre et position de ces piézomètres, en fonction de la précision souhaitée).

La première année d'étude (Bourgine, 2012), initiée en année 2 de la convention régionale, s'est axée sur les aspects méthodologiques. Elle a permis de tester des méthodes de cartographie des niveaux piézométriques à l'aide de techniques géostatistiques « standards » sur 2 cas d'aquifères réels : un de type captif (Eocène Nord-aquitain), l'autre libre (Turonien du nord-ouest de la Dordogne). Un exemple d'application portant sur l'optimisation des réseaux de surveillance a également été mis en œuvre sur la nappe du Turonien libre.

La seconde année d'étude (Bourgine et al., 2013), correspondant à l'année 3 de la convention régionale, a été consacrée à l'amélioration des méthodes proposées la première année, au développement/test de nouvelles méthodes, à la rédaction d'un tableau de « bonnes pratiques » présentant les différentes méthodes envisageables et leurs avantages/inconvénients.

La troisième année d'étude (année 4 de la convention régionale) a été consacrée à initier l'inventaire des cartes piézométriques réalisées à ce jour sur le territoire aquitain. Cette base recense à l'heure actuelle 265 cartes sur 8 nappes différentes. Sur ce total, 151 sont maintenant transposées au format .shape. Le travail de digitalisation étant relativement long, les cartes concernant les aquifères les plus stratégiques (utilisés pour l'alimentation en eau potable) ont été réalisées en priorité. Le travail de digitalisation sera poursuivi en année 5 de la convention régionale.

Le travail d'inventaire, de mise en forme et de renseignement de la donnée est un préalable nécessaire à la diffusion de l'information. La cartothèque, ainsi constituée a pour vocation à être

accessible au plus grand nombre. Le vecteur de diffusion naturel de cette information régionalisée est le SIGES Aquitaine (http://sigesaqi.brgm.fr/). Ainsi, les 18 cartes les plus représentatives sont maintenant accessibles en visualisation via l'espace cartographique du SIGES (« isopièzes de référence »). Elles sont également téléchargeables au format shape via chaque page GéoSource associée.

Dans un second temps, les méthodes développées dans le cadre des travaux précédents ont été utilisées pour réaliser une nouvelle carte de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers. En effet, seules deux cartes historiques ont été dressées sur ce secteur.

Les puits et piézomètres mesurés au mois de juillet 2013 ont fait l'objet de fiches descriptives de manière à pouvoir retrouver ces points plus facilement dans l'optique de futures campagnes piézométriques.

Le krigeage utilisant comme dérive externe le MNT lissé à 250 m apparait être la méthode la plus adaptée pour représenter la distribution des isopièzes. Cependant l'ajout de points de contraintes sur le réseau hydrographique reste nécessaire pour représenter les points à basse altitude.

L'inventaire de l'ensemble des points captant la nappe de l'Oligocène a permis de déterminer le nombre de point optimum pour élaborer la carte piézométrique de cet aquifère. Sur les 225 puits recensés sur la zone, la validation a permis d'éliminer 5 points non valides et 83 points suffisamment représentés par leurs voisins. Ainsi, une carte équivalente peut être réalisée à partir de 137 forages.

L'année 5 sera consacrée à la finalisation de l'inventaire des cartes piézométriques pour une meilleure accessibilité par l'intermédiaire du SIGES Aquitaine. Par ailleurs, la mise en application des méthodes géostatistiques testées et développées au cours des deux premières années d'étude sur des cas concrets va se poursuivre. L'objectif étant d'élaborer des cartes piézométriques de référence sur les principales nappes de la Région Aquitaine.

Sommaire

1. Introduction 9

1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL 9

1.2. OBJECTIF ET PROGRAMME DU MODULE 2 9

2. Inventaire des cartes existantes..... 11

3. Mise à disposition des cartes..... 15

3.1. UNIFORMISATION DES CARTES 15

3.2. CONSULTATION VIA L'ESPACE CARTOGRAPHIQUE DU SIGES AQUITAINE..... 17

3.3. TÉLÉCHARGEMENT DES CARTES AU FORMAT SIG (SHAPE)..... 18

4. Carte piézométrique des calcaires à astéries de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers . 21

4.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE 21

4.2. CAMPAGNE DE MESURES..... 26

4.3. INTERPOLATION DES CARTES..... 27

4.4. OPTIMISATION DU RÉSEAU DE MESURE..... 37

5. Conclusion..... 41

6. Bibliographie 43

Liste des illustrations

Figure 1 : Inventaire des cartes piézométriques 11
Figure 2 : Illustration de la méthode de géoréférencement sous ArcGis (carte papier scanée en noir et fond numérique en rouge ; les pointsde calage sont reliés par des traits bleus) 12
Figure 3 : Illustration de la méthode de digitalisation des cartes (courbe digitalisée tracée en rouge)..... 12
Figure 4 : Table attributaire d'un shapefile des isopièzes 13
Figure 5 : Bilan des cartes digitalisées 13
Figure 6 : Exemple de carte piézométrique uniformisée (Bichot et al., 1999)..... 16
Figure 7 : Espace cartographique du SIGES Aquitaine 17
Figure 8 : Cartes piézométriques intégrées à l'espace cartographique 18
Figure 9 : Téléchargement des cartes piézométriques via l'espace cartographique 19
Figure 10 : Secteur de l'Entre-Deux-Mers 21
Figure 11 : Coupe schématique de Blanquefort à Targon (Astié et al., 1968) 22
Figure 12 : Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène sur le secteur de l'Entre-Deux-Mers étiage 1962 (Laura, 1964)..... 23
Figure 13 : Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène sur le secteur de l'Entre-Deux-Mers étiage 1966 (Astié et al., 1968) 24
Figure 14 : Topographie et cavités de l'Entre-Deux-Mers (Lans, 2013) 25
Figure 15 : Localisation des points de mesures de la campagne de juillet 2013 26
Figure 16 : Variogramme calculé à partir des 91 mesures piézométriques 27
Figure 17 :Validation croisée du modèle à partir des données brutes 27
Figure 18 : Nuage de corrélation (Z*, Z) 28
Figure 19 : Nuage de corrélation (Z*, Err) 28
Figure 20 : Variogramme calculé après la validation croisée à partir des 79 mesures piézométriques validées 29
Figure 21 : Vue en coupe de la piézométrie interpolée par krigeage ordinaire (position en figure 22) (altitude en m NGF) 29
Figure 22 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers par krigeage ordinaire à partir des 79 points de mesure (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu) 30
Figure 23 : Variogramme calculé à partir des 79 points de mesures et des 130 points de contrainte 31
Figure 24 : Vue en coupe des piézométries interpolées par krigeage avec et sans points de contrainte (position en figure 25) (altitude en m NGF)..... 31
Figure 25 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers par krigeage ordinaire à partir des 79 points de mesure et des 130 points de contrainte (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu) 32
Figure 26 : Coefficient de corrélation entre cote topographique lissée et cote piézométrique, et écart-type du résidu de la régression linéaire 33
Figure 27 : Ecart-type de la régression linéaire entre cote piézométrique et topographie lissée et écart type du résidu, en fonction de la taille de la fenêtre de calcul de l'altitude moyenne 34

Figure 28 : Nuage de corrélation entre données utilisées pour l'interpolation et la topographie lissée sur une fenêtre de 250 m....34
Figure 29 : Variogramme des résidus entre la piézométrie et topographie lissée sur 250 m. 35
Figure 30 : Vue en coupe des piézométries interpolées par krigeage ordinaire et avec dérive externe (position en figure 31) 35
Figure 31 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers à partir des 79 points de mesure et des 130 points de contraintes par krigeage avec dérive externe sur la topographie lissée sur 250 m (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu) 36
Figure 32 : Variogramme calculé à partir des 355 mesures piézométriques....37
Figure 33 : Suppression des points anomaliques 38
Figure 34 : Variogramme des résidus entre la piézométrie et topographie lissée sur 250 m pour les 350 mesures 39
Figure 35 : Carte des écart-types avec toutes les données et sans les 83 piézomètres....39

Liste des annexes

Annexe 1 : Cartes piézométriques uniformisées....45
Annexe 2 : Campagne de mesure sur la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers – Fiches des 84 points de mesure 65
Annexe 3 : Campagne de mesure sur la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers – Tableau synthétique....111
Annexe 4 : Rappels sur la géostatistique 115

1. Introduction

1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Dans le cadre de la convention pluriannuelle signée entre le BRGM et la Région Aquitaine pour la période 2008-2013, avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le BRGM Aquitaine a entrepris des actions de recherche et de mise en valeur des ressources en eaux souterraines. Dans le cadre de l'année 4 de la convention, le programme porte sur les 7 modules suivants :

- **Module 1** : Actualisation et développement du Modèle Nord Aquitain (MONA) de gestion des systèmes aquifères ;
- **Module 2** : Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation des réseaux de surveillance ;
- **Module 3** : Valorisation et communication des connaissances hydrogéologiques d'Aquitaine ;
- **Module 4** : Connaissance des karsts aquitains ;
- **Module 5** : Système d'information pour la gestion des eaux souterraines (SIGES) ;
- **Module 6** : Étude des relations nappes-rivière-étangs côtiers en lien avec les formations Plio-Quaternaires des Landes de Gascogne et du Médoc en relation avec les SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux).
- **Module 7** : Impact du changement climatique sur les eaux souterraines – Évolution et perspectives d'adaptation en Aquitaine

Le présent document est relatif au module 2 et plus particulièrement aux résultats obtenus lors de la troisième année d'investigation de cette étude (année 4 de la convention régionale).

D'une façon plus large, cette étude s'inscrit dans le cadre des actions de Service Public du BRGM (PSP12AQI17). Elle est cofinancée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Conseil Régional Aquitaine et le BRGM.

1.2. OBJECTIF ET PROGRAMME DU MODULE 2

Le premier objectif de ce module est méthodologique ; il vise à :

1. mettre au point des méthodes de cartographie des niveaux piézométriques, avec évaluation de la précision de la carte produite ;
2. évaluer les différences entre deux situations piézométriques données (globalement ou localement), avec estimation de l'incertitude sur cette différence ;
3. élaborer des méthodes permettant d'optimiser un réseau de surveillance des niveaux piézométriques (nombre minimum de piézomètres à suivre et position de ces piézomètres, en fonction de la précision souhaitée).

Les deux premières années d'études (années 2 et 3 de la convention) ont répondu à ce premier objectif en proposant un catalogue de méthodes permettant de dresser des cartes piézométriques, d'évaluer l'incertitude associée et de proposer des méthodes d'optimisation des réseaux de mesures.

Le deuxième objectif de ce module est appliqué ; il vise à élaborer des cartes piézométriques de référence sur les principales nappes de la Région à partir des travaux méthodologiques réalisés lors des deux premières années, et assurer une large diffusion de celles-ci.

La 3ème année du module (année 4 de la convention) a été consacrée à la réalisation d'un inventaire des cartes piézométriques existantes pour étudier les modalités de circulation (zones d'alimentation, exutoires, axes de drainage) des grandes nappes du Bassin aquitain ceci afin de faire un état des lieux des données disponibles.

Cet inventaire intègre les cartes réalisées par le BRGM, les Universités, les bureaux d'études,…. Les cartes piézométriques les plus représentatives ont été incorporées dans une cartothèque (raster géo référencé et isopièzes produites au format Shape) et sont maintenant accessibles depuis le SIGES.

Par ailleurs, une carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers a été réalisée à l'aide des méthodes développées au cours des deux années précédentes. L'objectif étant de proposer une carte actualisée la plus aboutie possible intégrant des contraintes telles que : les interactions nappes/rivières, la topographie…

2. Inventaire des cartes existantes

Ce travail a pour objectif de référencer les cartes piézométriques réalisées jusqu'alors pour étudier les modalités de circulation des grandes nappes du Bassin aquitain (zones d'alimentation, exutoires, axes de drainage). Cette démarche permet de faire un état des lieux des données disponibles, de délimiter les secteurs à forts enjeux mais aussi d'évaluer où se situent les lacunes de connaissance.

Les cartes recensées proviennent essentiellement de rapports BRGM, de thèses universitaires, ou de travaux réalisés par des bureaux d'études. Elles sont disponibles à différents formats : papier pour les plus anciennes, images scannées, format SIG (.tab ou .shape) pour les plus récentes.

Au total, 265 cartes sont recensées sur 8 nappes différentes (Figure 1).

	Nombre de cartes recensées
Alluvions	11
Plio-Quaternaire	49
Miocène	20
Oligocène	49
Éocène moyen	78
Paléocène	3
Crétacé sup	49
Jurassique	6
TOTAL	**265**

Figure 1 : Inventaire des cartes piézométriques

Pour des nappes représentant un fort enjeu stratégique (Alimentation en eau potable) un très grand nombre de cartes ont été réalisées pour suivre l'évolution de la nappe au cours du temps. C'est notamment le cas pour la nappe de l'Éocène et de l'Oligocène. Le nombre de cartes réalisé pour le Plio-Quaternaire peut paraitre important mais ces dernières ne concernent que des secteurs restreints étudiés dans le cadre de thèses dans les années 60 pour lesquelles il existe le plus souvent une carte pour les hautes eaux et une pour les basses eaux.

Outre le recensement des cartes, un des objectifs de ce travail est de disposer d'un maximum de cartes au format numérique de manière à pouvoir diffuser l'information via le portail du SIGES Aquitaine (Cf. chapitre 3).

Les cartes déjà présentes au format SIG (.tab) ont été transformées en format .shape en veillant à ce que les métadonnées associées aient été renseignées. Pour les cartes les plus anciennes, un travail important de digitalisation a été mené.

Les cartes au format papier ont été scannées puis géo-référencées sous Arc GIS soit en prenant des points de calage présents sur la carte soit en utilisant des points de repère dont les coordonnées sont connues (limites administratives, réseau hydrographique,…). Les points de calage doivent être suffisamment espacés pour que le géo-référencement soit homogène à toute la carte.

Plus le nombre de points de calage est important et meilleur est le géo-référencement (Figure 2).

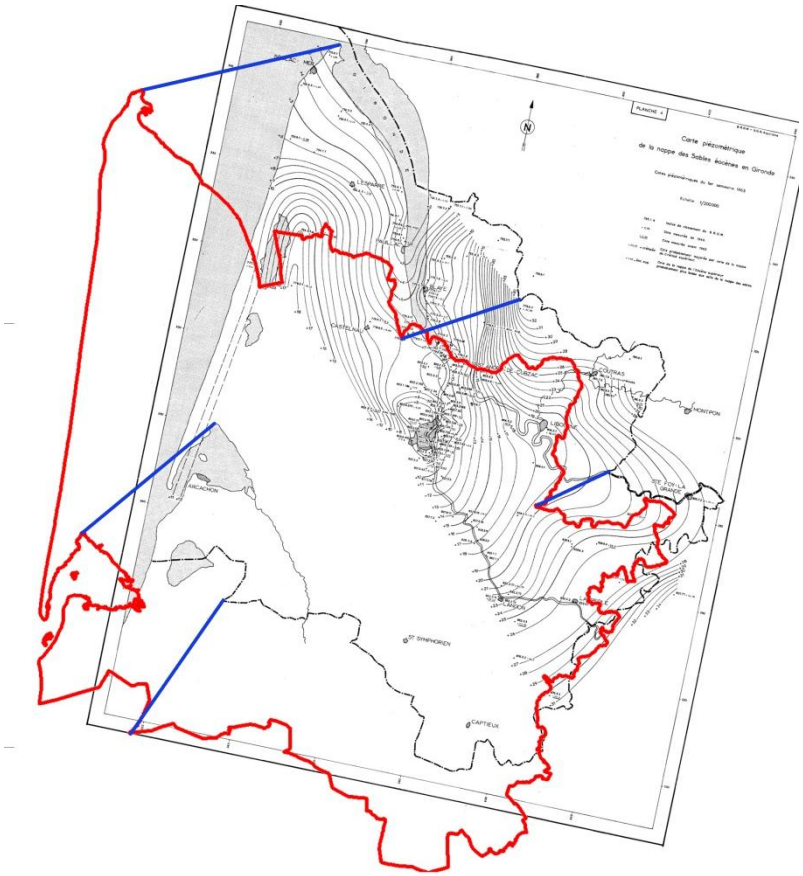


Figure 2 : Illustration de la méthode de géoréférencement sous ArcGis (carte papier scanée en noir et fond numérique en rouge ; les pointsde calage sont reliés par des traits bleus)

Une fois la carte géo-référencée, la digitalisation s'effectue en retraçant chaque isopièze point par point pour reproduire le modelé piézométrique (Figure 3).

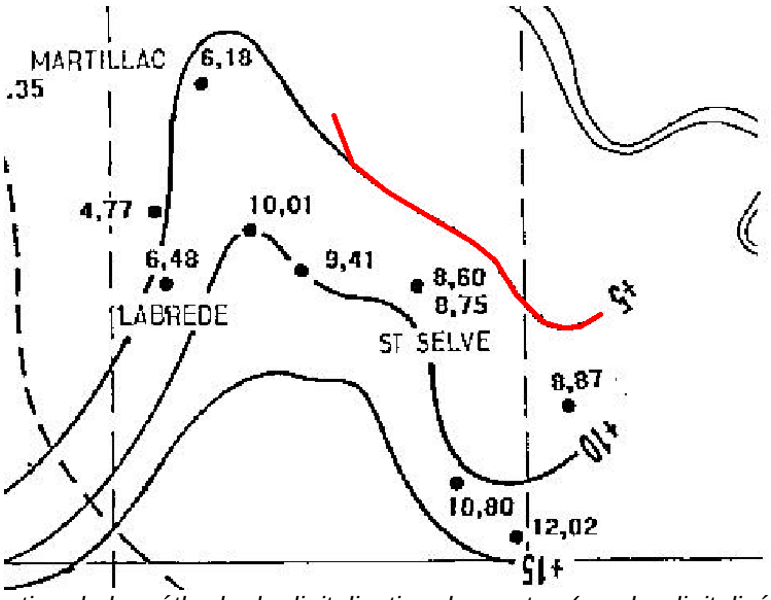


Figure 3 : Illustration de la méthode de digitalisation des cartes (courbe digitalisée tracée en rouge)

Pour chacune des cartes ont été renseignées les métadonnées[1] suivantes (Figure 4) :

- La nappe concernée (ex : Oligocène),
- La période de réalisation des mesures (ex : 1980),
- Renseignements complémentaires correspondant à des détails sur l'emprise de la carte (ex : zone bordelaise) ou l'horizon aquifère considéré (ex : Éocène moyen calcaire),
- La source de la carte (ex : Bellegarde R., Bonnery H. et Hosteins L. (1980) - Gestion des nappes en Aquitaine - Compte rendu annuel de surveillance 1980 - Nappes des sables éocènes en Gironde et des calcaires oligocènes en rive gauche de la Gironde-Garonne - Rapport BRGM 80 SGN 723 AQI),
- L'équidistance principale des isopièzes (ex : 10 m),
- Le code BDRHFV1[2] (ex : 230),
- Le code BD LISA[3] (ex : 324AA01),
- Le code Masse d'eau souterraine[4] (ex : 5083/5102),
- La cote des isopièzes (en m NGF),
- Le degré d'incertitude du tracé (pointillé dans les zones plus incertaines).

Isopièzes_sommet_gironde_1995_L2E

FID	Shape *	nom	Type	Nappe	Annee	Etage	Equidistan	BDRHFV1	LISA	MESO	Source	COTE_mNGF
0	Polyligne	Isopièzes	Estimé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	2.5
1	Polyligne	Isopièzes	Estimé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	5
2	Polyligne	Isopièzes	Estimé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	10
3	Polyligne	Isopièzes	Estimé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	15
4	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	2.5
5	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	5
6	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	5
7	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	10
8	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	15
9	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	25
10	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	20
11	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	10
12	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	15
13	Polyligne	Isopièzes	Calculé	Crétacé sup	1995	Sommet	5	127a3	348	5072	Bonnery H.,	20

Figure 4 : Table attributaire d'un shapefile des isopièzes

Sur les 265 cartes recensées, 151 sont maintenant transposées au format .shape (Figure 5). Le travail de digitalisation étant relativement long, les nappes de l'Éocène, de l'Oligocène, et du Miocène ont été digitalisées en priorité du fait de leur importance stratégique pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation. Le travail de digitalisation sera poursuivi en année 5 de la convention régionale.

	Nombre de cartes recensées	**Nombre de cartes digitalisées**
Alluvions	11	3
Plio-Quaternaire	49	5
Miocène	20	17
Oligocène	49	43
Éocène moyen	78	56
Paléocène	3	2
Crétacé sup	49	21
Jurassique	6	4
TOTAL	**265**	**151**

Figure 5 : Bilan des cartes digitalisées

[1] Métadonnées : ensemble des informations techniques et descriptives ajoutées aux documents pour mieux les qualifier

[2] BDRHFV1 : Base de Données du Référentiel Hydrogéologique National version 1

[3] BD LISA : Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères

[4] Masse d'eau : unité hydrographique (eau de surface) ou hydrogéologique (eau souterraine) cohérente, présentant des caractéristiques assez homogènes et pour laquelle, on peut définir un même objectif

3. Mise à disposition des cartes

Le travail d'inventaire, de mise en forme et de renseignement de la donnée est un préalable nécessaire à la diffusion de l'information. La cartothèque, ainsi constituée, a pour vocation à être accessible au plus grand nombre. Le vecteur de diffusion naturel de cette information régionalisée est le SIGES Aquitaine (http://sigesaqi.brgm.fr/).

La mise à disposition des cartes via le SIGES est prévue sous différents formats :

- sous formes d'images (.jpeg),
- au format WMS[5] (Web Map Service) via la consultation sur l'espace cartographique du SIGES,
- au format .shape via l'espace de téléchargement défini dans chaque page GéoSource[6] associée.

3.1. UNIFORMISATION DES CARTES

A terme (année 5), les cartes piézométriques sous formes d'images, provenant de l'inventaire détaillé au chapitre 2, seront disponibles via le SIGES grâce à l'application ePhoto qui correspond à un logiciel de gestion de photothèque optimisé pour l'indexation, la recherche, le partage et la publication d'images et autres documents...

Au préalable, un travail d'uniformisation des cartes a été réalisé pour disposer d'une charte graphique commune. Un atlas a donc été créé sous ArcGis de manière à générer automatiquement les cartes au même format. Ainsi, pour une même nappe, les cartes réalisées ont la même emprise géographique ce qui permet une meilleure superposition/comparaison.

Sur chaque carte figure : la nappe et les codes géologiques associés, l'année de réalisation, les zones d'affleurement, la référence bibliographique, une légende traduisant le degré d'incertitude de la carte.

A ce stade, 18 cartes ont été réalisées pour :

- les nappes du Plio-Quaternaire (carte de référence),
- les nappes du Miocène (1969-1973, 1984, 1998-1999, 2005),
- les nappes de l'Oligocène (1979, 1994, 2001, 2009)
- les nappes de l'Éocène (1870-1900, 1940-1950, 1965, 1968-1969, 1975, 1984, 1996, 2000, 2005).

Ces cartes ont été choisies en fonction de leur emprise (les plus grandes extensions ont été privilégiées) et de manière à retranscrire l'évolution des piézométries au cours du temps. Seule une carte de référence a été présentée pour la nappe du Plio-Quaternaire du fait de la stabilité des niveaux observés. Un exemple est présenté en figure 6. L'ensemble des cartes réalisées sont présentées en annexe 1.

[5] Web Map Service ou WMS est un protocole de communication standard qui permet d'obtenir des cartes de données géoréférencées à partir de différents serveurs de données. Cela permet de mettre en place un réseau de serveurs cartographiques à partir desquels des clients peuvent construire des cartes interactives. Le WMS est décrit dans des spécifications maintenues par l'Open Geospatial Consortium.

[6] Outil de catalogage de données et services à références spatiales.

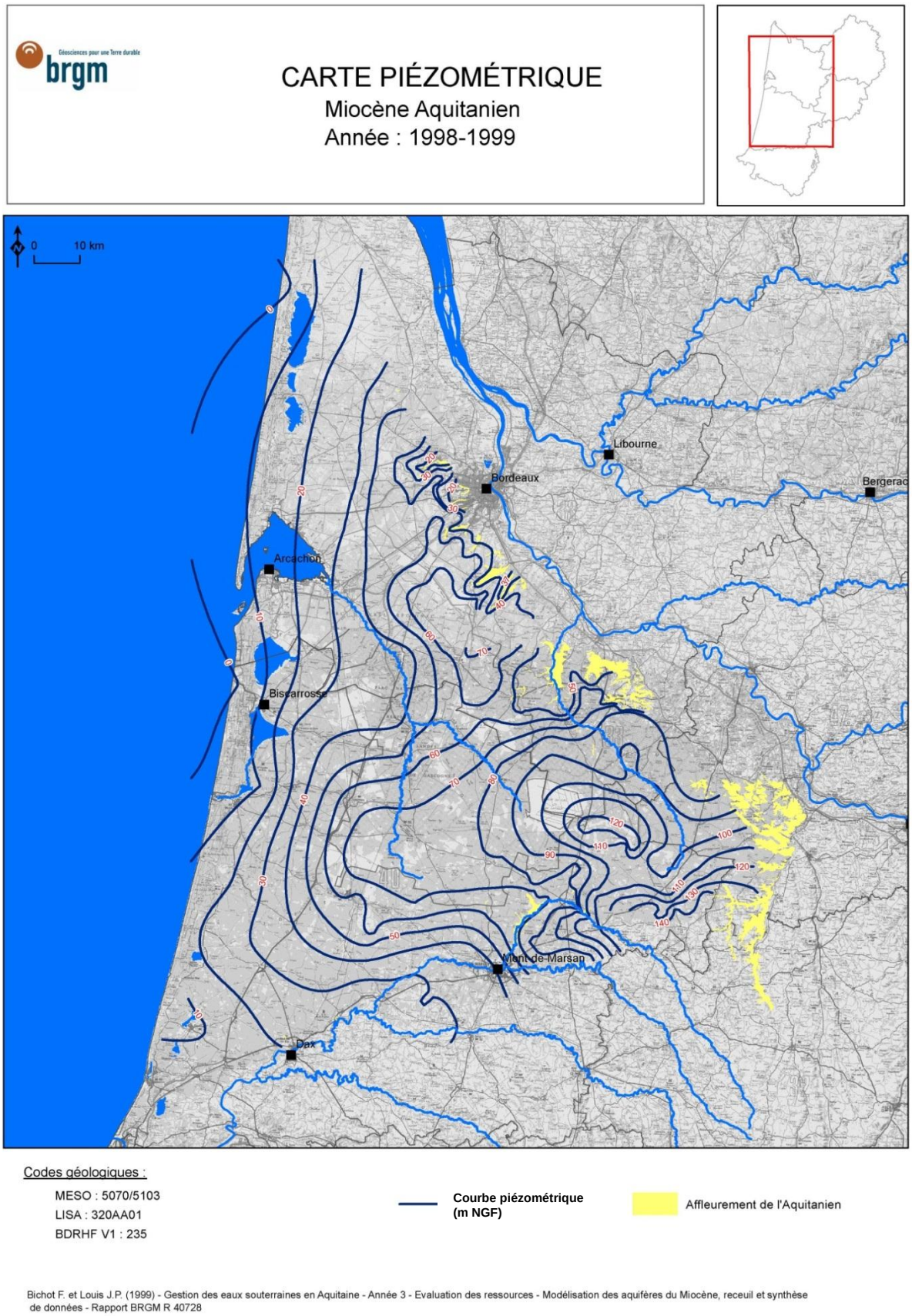


Figure 6 : Exemple de carte piézométrique uniformisée (Bichot et al., 1999)

3.2. CONSULTATION VIA L'ESPACE CARTOGRAPHIQUE DU SIGES AQUITAINE

L'espace cartographique du SIGES Aquitaine est un portail géomatique d'accès aux données géo-scientifiques. Il comporte (Figure 7) :

- un volet de navigation (encadré 1) permettant de zoomer, dézoomer, se déplacer…
- un volet gérant l'affichage des couches (encadré 2) dans lequel il est possible de définir les couches affichées, la légende et de dessiner ses propres objets cartographiques (points, lignes, polygones)
- un volet d'options supplémentaires (encadré 3) dans lequel on retrouve des possibilités de localisation par numéro BSS ou par commune, des outils d'impression et de création de log s'appuyant sur la base de données LISA.

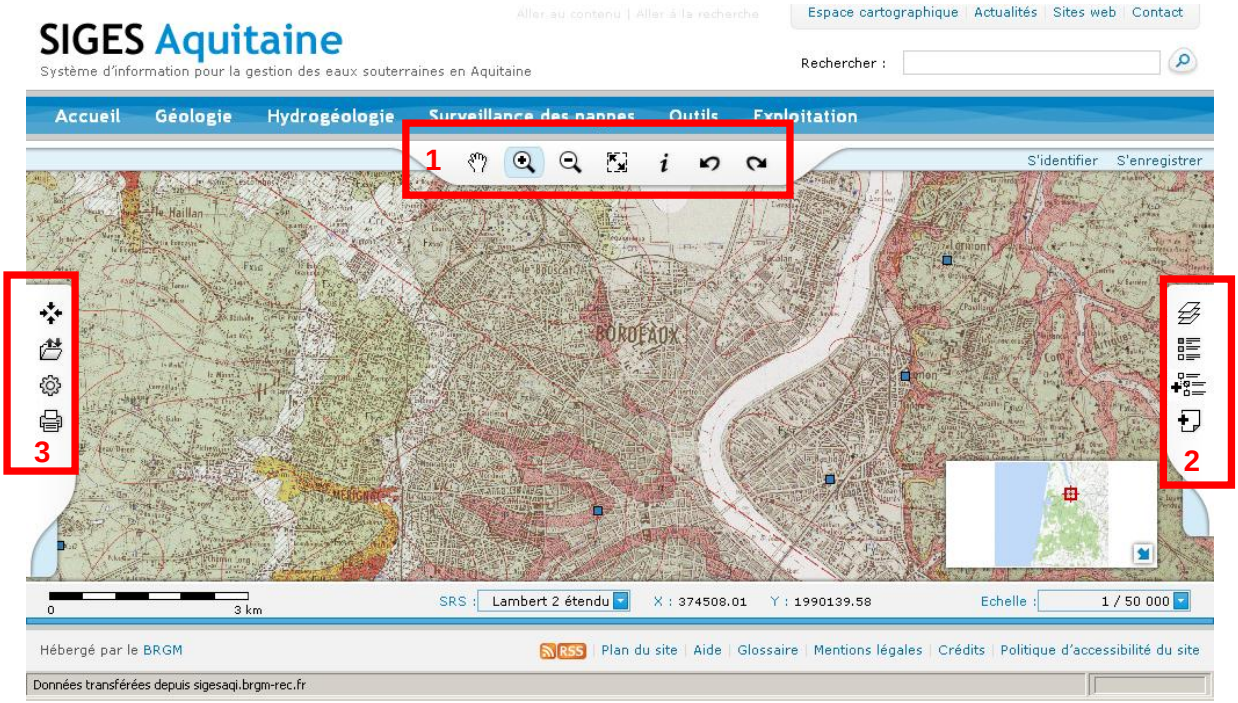


Figure 7 : Espace cartographique du SIGES Aquitaine

Les données disponibles dans cet espace correspondent à :

- des fonds cartographiques (Scan IGN, orthophotos, cartes géologiques,…),
- des limites administratives (Communes, départements, régions, …),
- le réseau hydrographique...,
- des données ponctuelles sur les forages (BSS, ADES),
- les référentiels sur les limites des aquifères : BDRHFV1 (Base de Données du Référentiel Hydrogéologique Français, version 1), BD LISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères),
- Corine Land Cover (occupation des sols),
- IPDR (Indice de développement et de persistance des réseaux) qui traduit l'aptitude des formations du sous-sol à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux de surface.

Au total 18 cartes ont été transformées au format WMS pour être intégrées à l'espace cartographique du SIGES (Figure 8). Ce sont les mêmes cartes qui ont été uniformisées dans l'atlas décrit au chapitre 3.1.

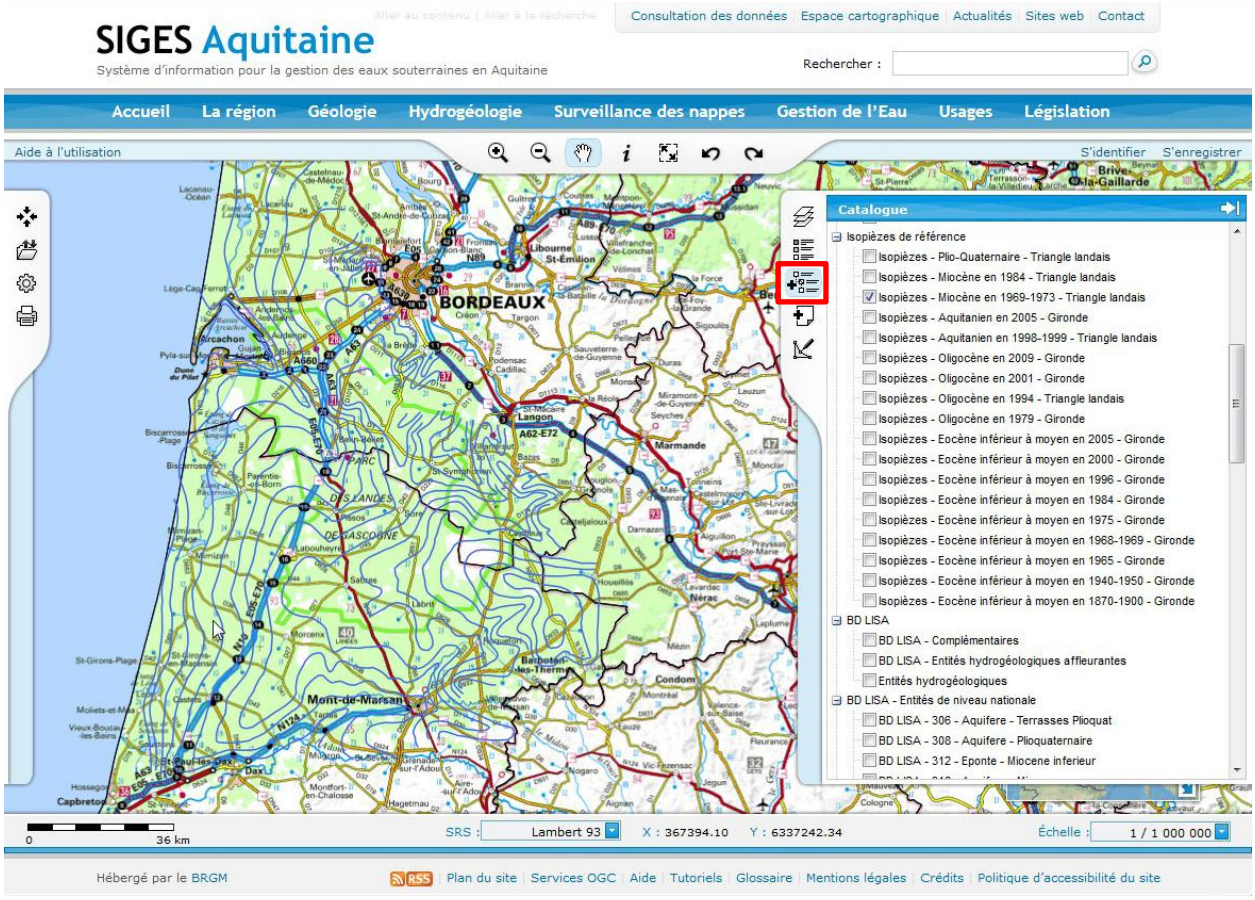


Figure 8 : Cartes piézométriques intégrées à l'espace cartographique

L'affichage des couches s'effectue dans le volet de droite gérant l'affichage des couches via l'onglet « Choix des couches »

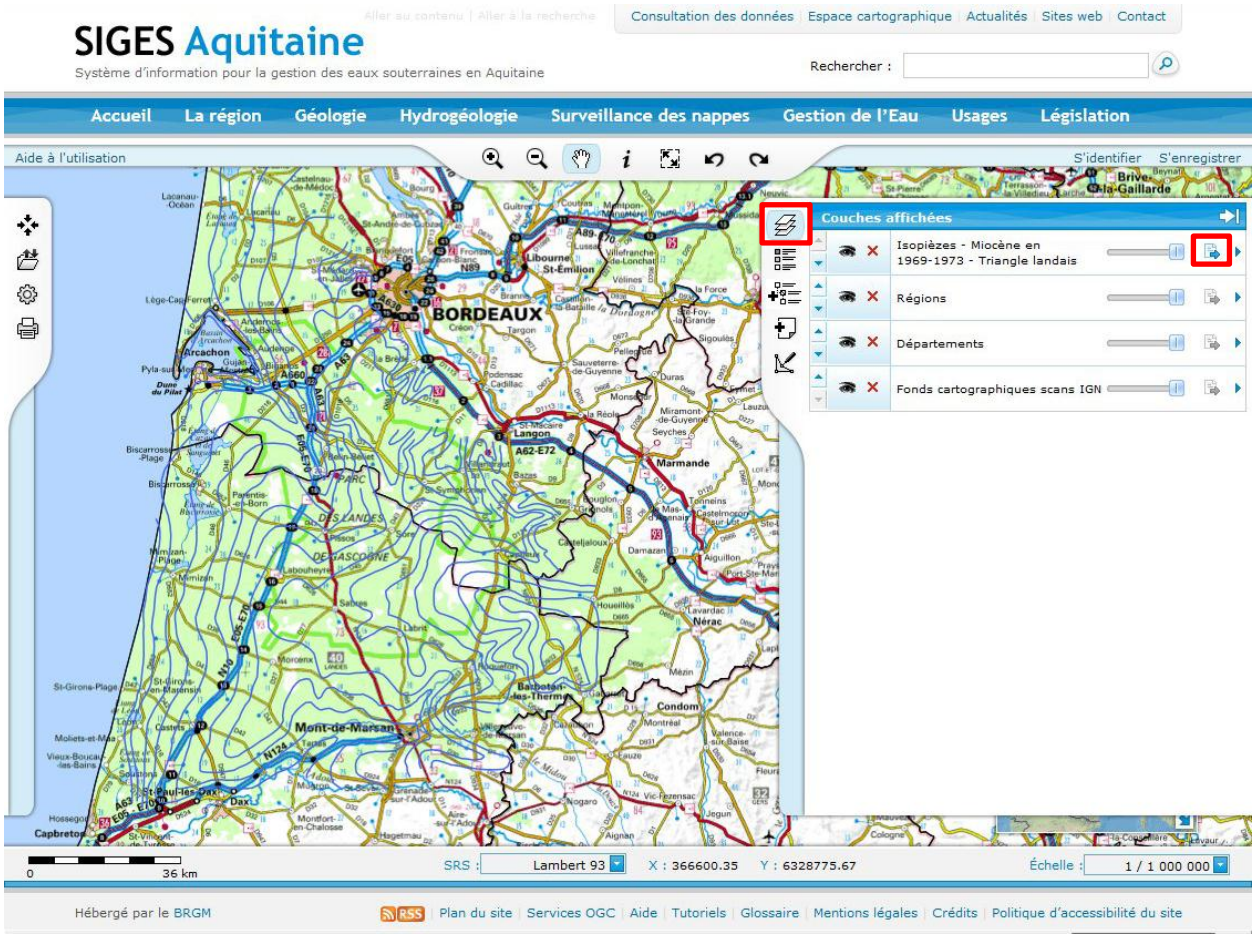
3.3. TÉLÉCHARGEMENT DES CARTES AU FORMAT SIG (SHAPE)

Outre la visualisation des isopièzes sur l'espace cartographique, il est également possible de télécharger ces données au format Shape. La couche que l'on souhaite télécharger doit au préalable être sélectionnée dans l'onglet « Choix des couches ».

Le téléchargement s'opère ensuite à partir du volet d'affichage des couches de l'espace cartographique (Figure 9) via l'onglet « Couches affichées »»

Pour la couche correspondant aux isopièzes, l'onglet « Informations sur cette couche » apparait en surbrillance.

Il permet d'accéder à la page à la page GéoSource qui constitue l'outil choisi pour répondre aux fonctionnalités de base documentaire et de diffusion de métadonnées au sein du SIGES. Sur cette page sont disponibles des liens permettant le téléchargement des couches SIG au format Shape du WMS (Figure 9).



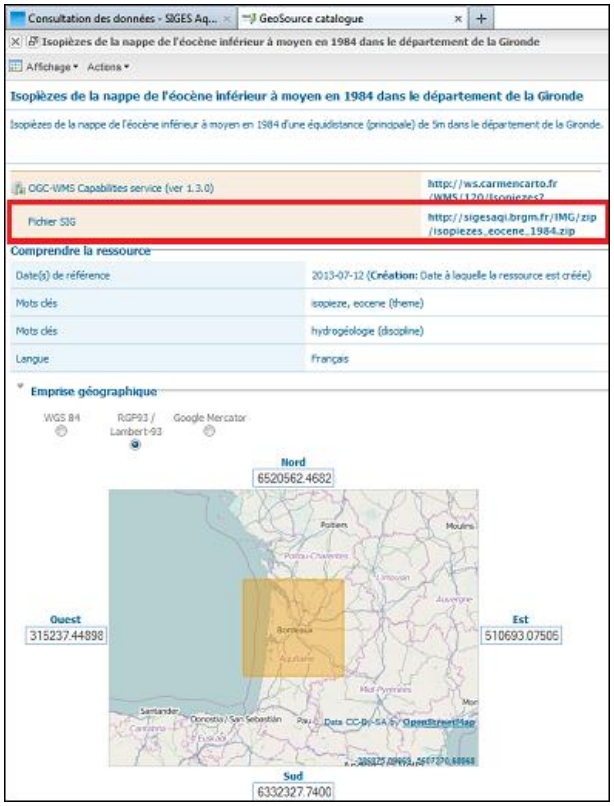


Figure 9 : Téléchargement des cartes piézométriques via l'espace cartographique

4. Carte piézométrique des calcaires à astéries de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers

4.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

L'Entre-Deux-Mers (Figure 10), constitue un vaste plateau d'altitude assez élevée localisé entre la vallée de la Dordogne et celle de la Garonne au sein duquel le calcaire à Astéries constitue une épaisse table calcaire présentant un léger pendage vers le Sud-Ouest (Laura, 1964).

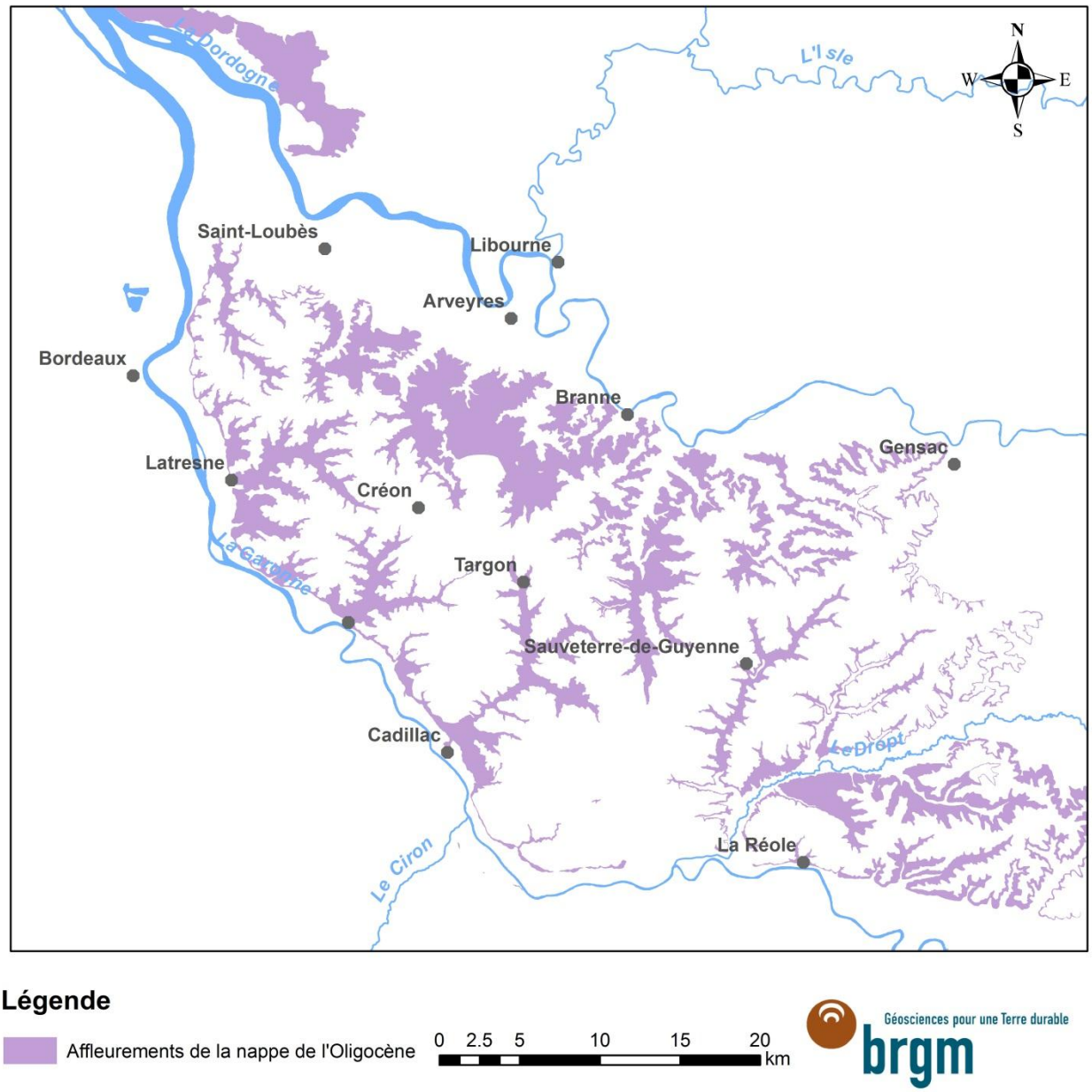


Figure 10 : Secteur de l'Entre-Deux-Mers

Le Long de la Garonne, le jeu de la faille de Bordeaux a pu entrainer un décalage des formations géologiques aquifères entre la rive gauche et la rive droite surélevée.

Par ailleurs, le relief a été érodé par les eaux de ruissellement entaillant ainsi de nombreuses vallées. Ces ruisseaux, provenant de sources très nombreuses, constituent des affluents de la Garonne et de la Dordogne. Parallèlement à la circulation des eaux de ruissellement superficiel et à l'érosion qu'elles entrainent, l'Entre-Deux-Mers est caractérisé par une importante karstification. L'aquifère des calcaires à Astéries de l'Entre-Deux-Mers est délimité verticalement par deux épontes. En continuité avec la sédimentation fluvio-lacustre de l'Éocène supérieur, l'Oligocène débute par 30 à 50 m de sables et argiles carbonatées (la base correspondant à la molasse du Fronsadais). Au-dessus de cet ensemble, la transgression marine du Stampien a d'abord déposé quelques mètres de marnes vertes suivi d'une quinzaine de mètres de calcaires bioclastiques plus ou moins gréseux (Calcaire à Astéries). Cette sédimentation carbonatée disparait progressivement vers l'est, au-delà de la vallée du Dropt au profit d'une sédimentation argilo-sableuse continentale (Molasse de l'Agenais). L'ensemble du plateau de l'Entre-Deux-Mers est recouvert de dépôts clastiques, d'origine fluvio éolienne.

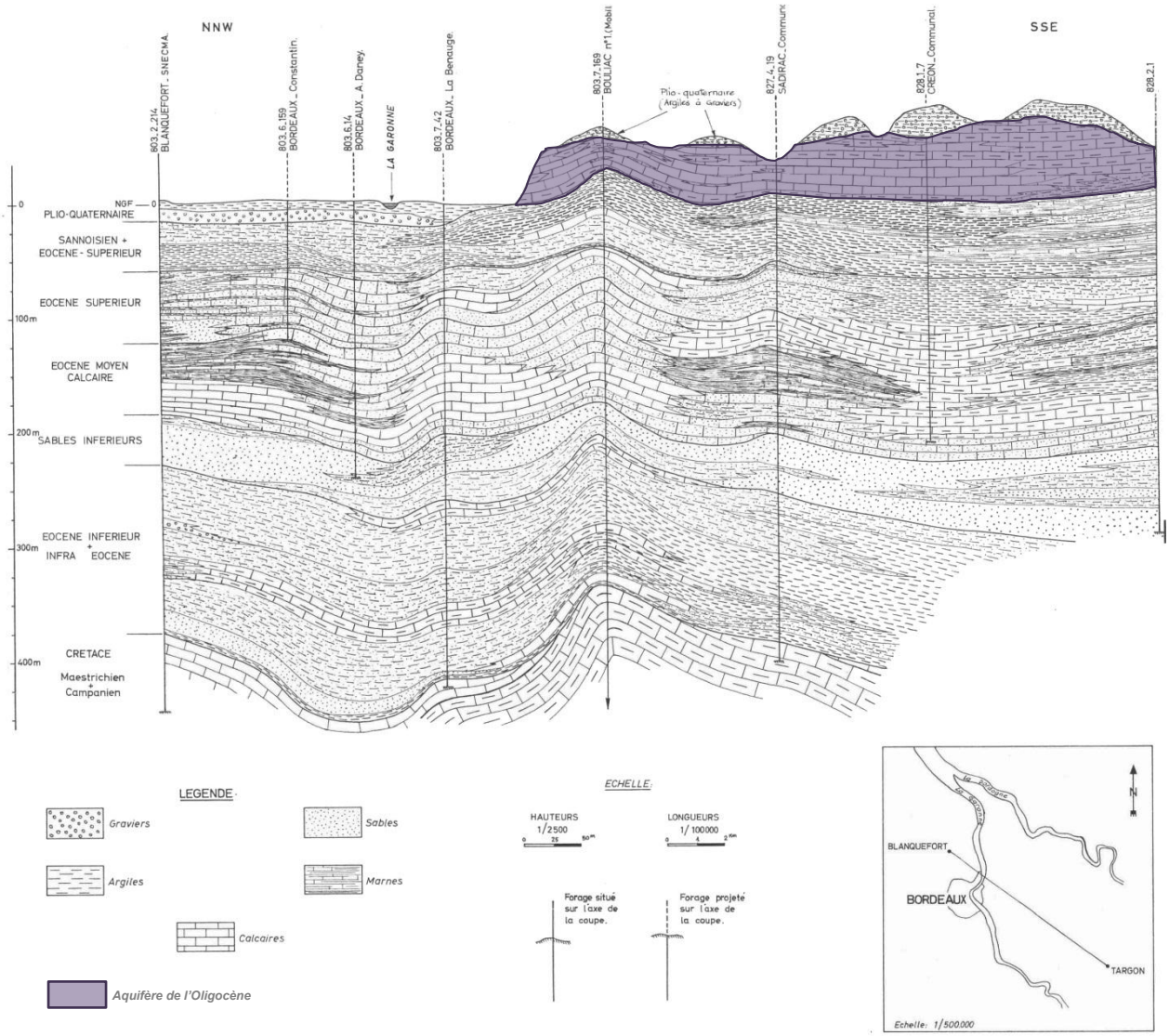


Figure 11 : Coupe schématique de Blanquefort à Targon (Astié et al., 1968)

Les calcaires à Astéries constituent la partie médiane des coteaux des vallées de la Dordogne et de la Garonne, et le substratum de la plupart des vallées transversales qui alimentent ces deux cours d'eau (Bichot et al., 2001).

Le contact entre les marnes vertes et les calcaires à Astéries est marqué par l'existence de source dont certaines sont exploitées pour l'alimentation en eau potable (ex : source du Fontet à Saint-Félix-de Foncaude – 08287X0014/S). Les sources sont très nombreuses dans ce secteur, leur débit est généralement faible. Le calcaire à Astéries affleurant directement sur une grande partie de l'Entre-Deux-Mers, la nappe est généralement libre. Il arrive qu'elle soit captive lorsque le recouvrement argileux présente une épaisseur importante. En comparaison à la nappe de l'Oligocène en rive gauche de la Garonne, où la nappe est largement exploitée pour l'alimentation en eau potable, peu de cartes piézométriques ont été réalisées sur le secteur de l'Entre-Deux-Mers. Les premières cartes (crue 1962, étiage 1962 et crue 1963) ont ainsi été tracées dans le cadre de travaux de thèse (Laura, 1964) au début des années 1960 (Figure 12).

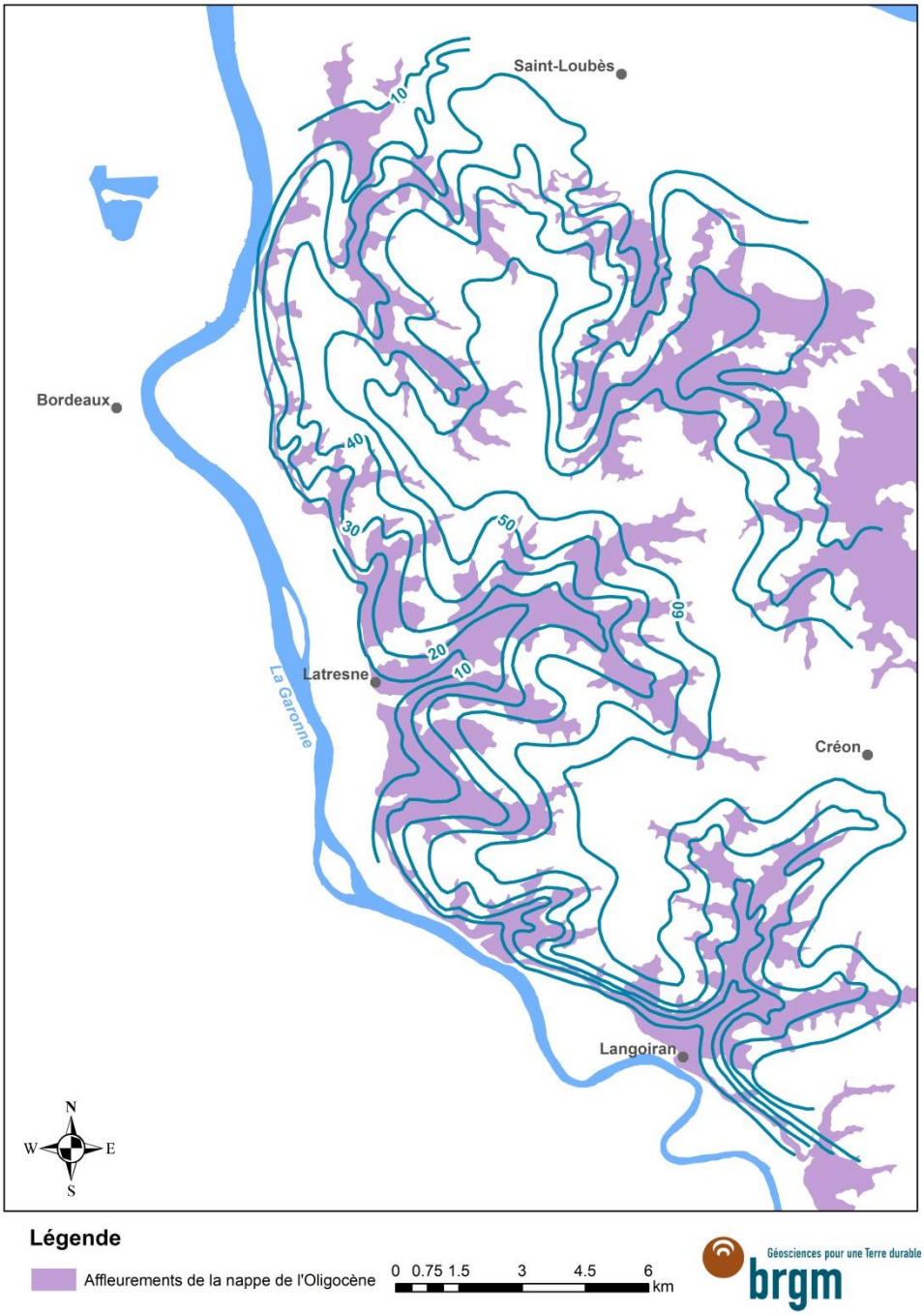


Figure 12 : Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène sur le secteur de l'Entre-Deux-Mers étiage 1962 (Laura, 1964)

Cette carte a été réalisée en ajoutant aux mesures réalisées dans les puits les cotes des sources pour obtenir un quadrillage plus serré.

Une nouvelle carte a été dressée à la fin des années 1960 (Figure 13) à l'occasion d'une synthèse des connaissances hydrogéologiques sur le secteur (Astié et al., 1968). Cette nouvelle interprétation apparait plus détaillée que la précédente puisque qu'un total de 268 points a été mesuré à l'étiage 1966.

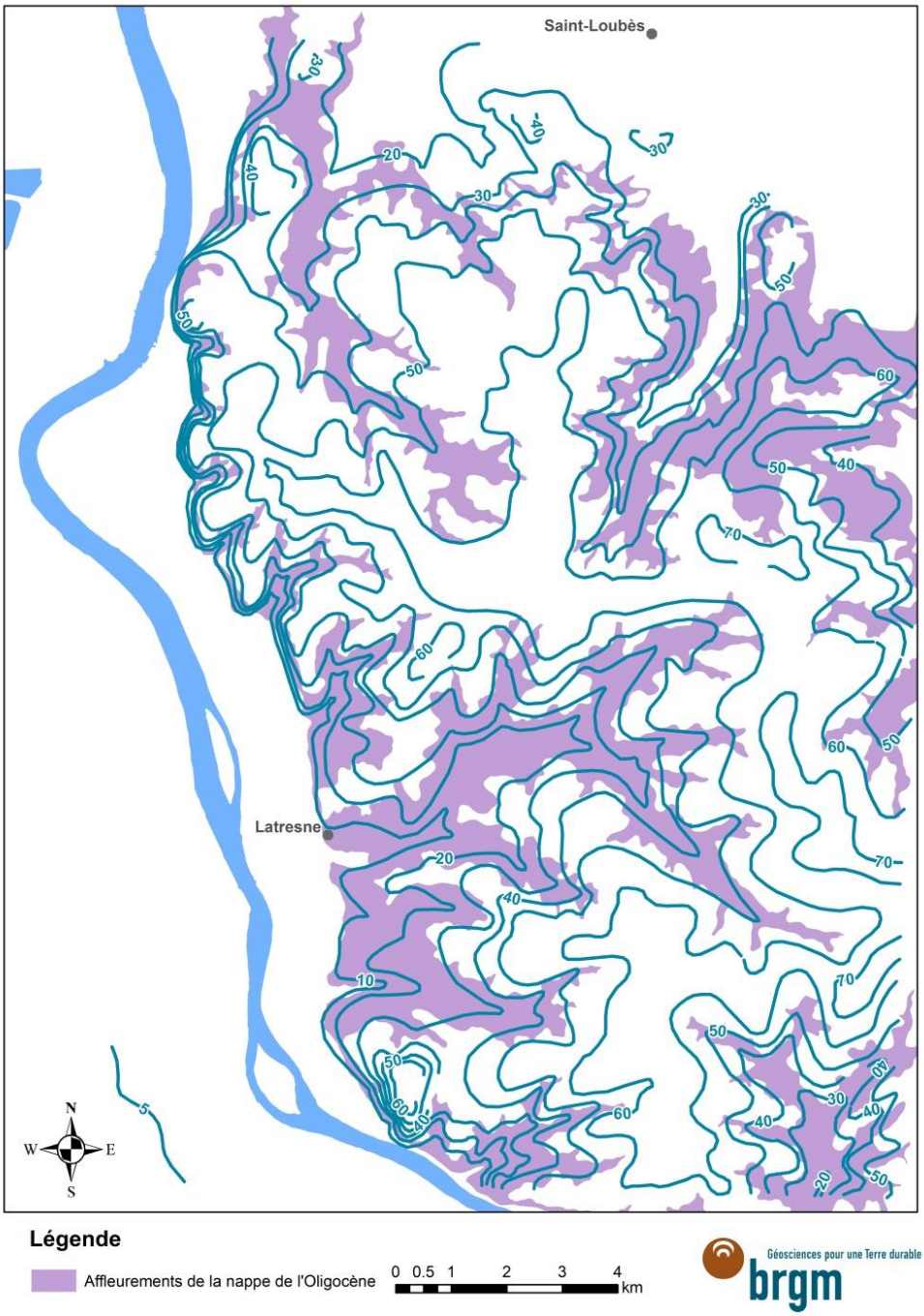


Figure 13 : Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène sur le secteur de l'Entre-Deux-Mers étiage 1966 (Astié et al., 1968)

Enfin, la carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène réalisée pour l'année 1977 dans le cadre de la surveillance et la gestion des nappes d'eau souterraine dans le département de la Gironde s'étend également sur le territoire de l'Entre-Deux-Mers (Astié et al., 1968). Cependant cette carte a été réalisée à l'échelle du département de la Gironde à partir de 250 points de mesures et la précision sur le secteur qui nous intéresse est moins importante en comparaison des cartes réalisées dans les années 1960.

De manière générale, il ressort de l'analyse de l'ensemble de ces cartes une corrélation évidente entre la topographie et la piézométrie du fait de l'alimentation directe depuis la surface ou par l'intermédiaire des argiles à graviers sus-jacentes. La nappe est intensément drainée par le réseau hydrographique, la distribution des isopièzes est donc fortement influencée par les rivières. Les isopièzes convergent vers les cours d'eau ce qui traduit une alimentation des rivières par la nappe.

La description du contexte hydrogéologique de l'Entre-Deux-Mers ne serait pas complète sans évoquer les phénomènes karstiques. Ces derniers, ne sont toutefois pas observés de façon homogène sur l'ensemble du territoire (Laura, 1964).

C'est en effet à l'est d'un axe formé par Langoiran, Créon et Libourne que les cavités les plus nombreuses et les plus importantes sont observées (Figure 14). Les réseaux souterrains de l'Entre-Deux-Mers se développent parfois sur de grandes distances.

On connait vingt-deux ruisseaux hypogés de plus d'un kilomètre de long. La cavité la plus étendue est celle du Grand Antoine près de Frontenac avec 11 km de galeries ; il correspond à la confluence de trois réseaux majeurs (Séronie-Vivien, 1988).

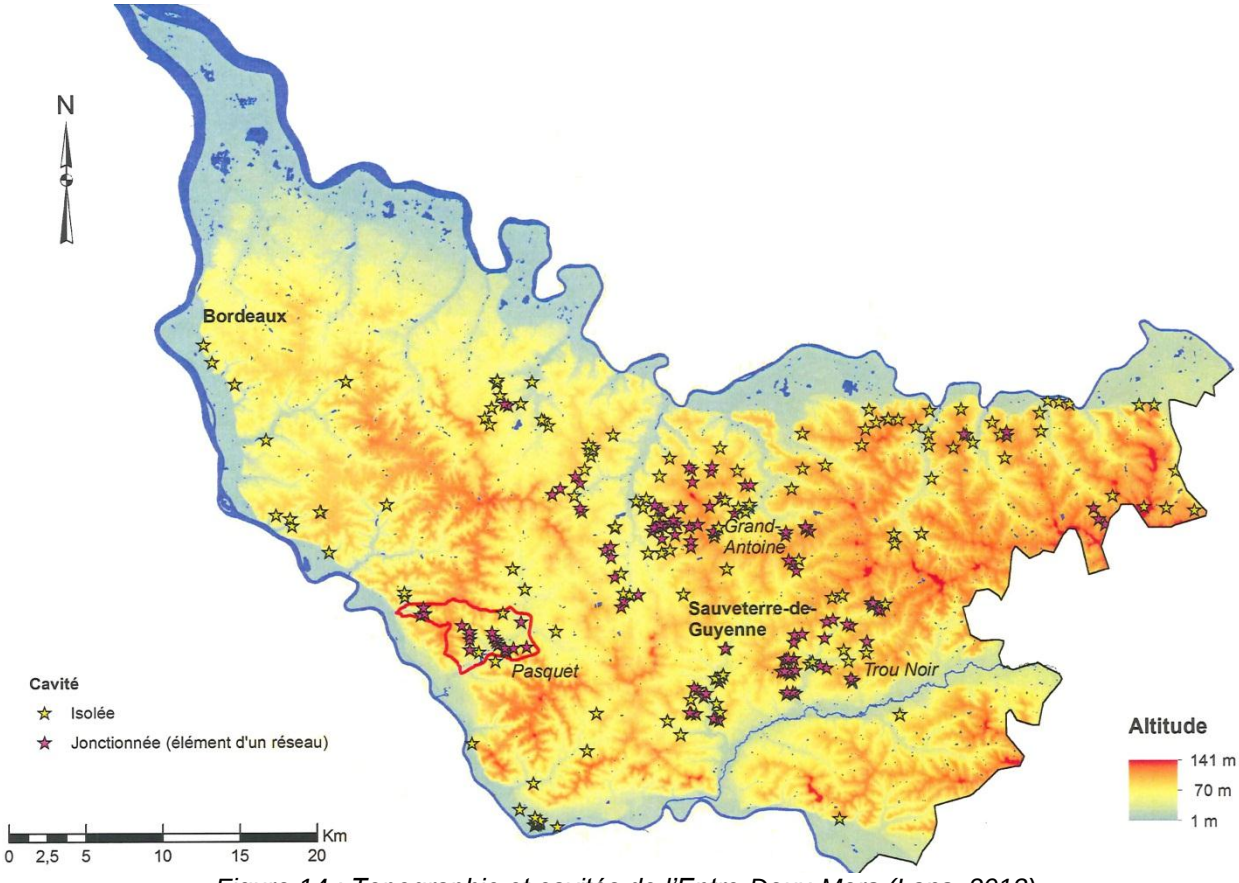


Figure 14 : Topographie et cavités de l'Entre-Deux-Mers (Lans, 2013)

4.2. CAMPAGNE DE MESURES

La campagne de mesure a été réalisée par le BRGM en juillet 2013 sur un total de 84 points de mesure (Figure 15). Le secteur concerné correspond à la partie ouest de l'Entre-Deux-Mers où la karstification est moins intense. Les points mesurés ont fait l'objet d'une fiche descriptive présentée en annexe 2 et annexe 3.

L'objectif est ici d'appliquer les méthodes d'interpolation développées dans le cadre de l'année 2 (Bourgine, 2012) et 3 (Bourgine et al., 2013) de la convention.

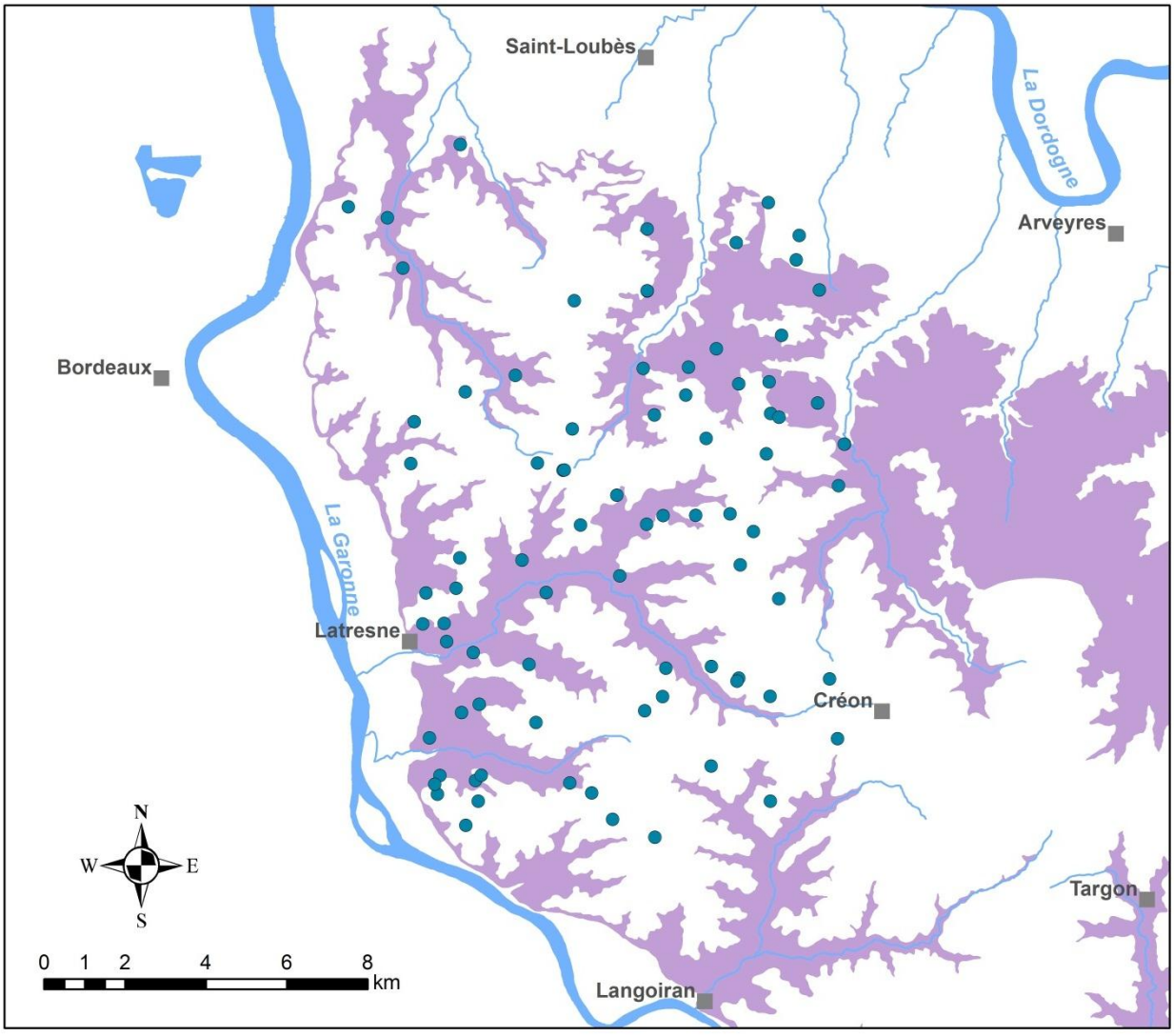


Figure 15 : Localisation des points de mesures de la campagne de juillet 2013

4.3. INTERPOLATION DES CARTES

Afin d'analyser les mesures de terrains, il est intéressant d'étudier leur corrélation spatiale grâce au variogramme expérimental (Annexe 4). Calculé à partir des données, le variogramme mesure l'écart carré moyen entre deux mesures, en fonction de l'interdistance entre ces points de mesure.

Un variogramme de la cote piézométrique toutes directions confondues (variogramme « omnidirectionnel ») a tout d'abord été calculé au pas de 500 m (Figure 16). Il peut être ajusté par un modèle exponentiel.

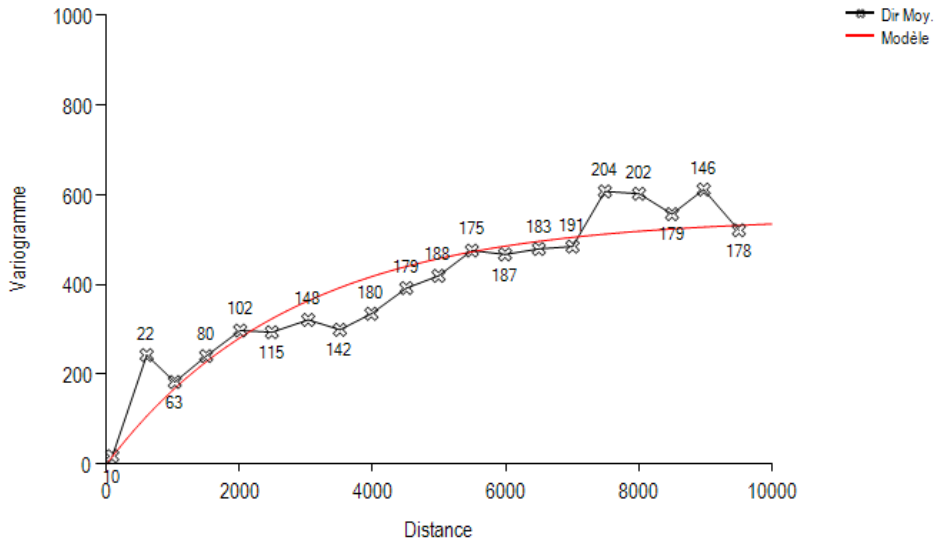


Figure 16 : Variogramme calculé à partir des 91 mesures piézométriques

Dans un second temps la validation croisée des données permet de critiquer les mesures (Annexe 4). Cette méthode consiste pour chaque point de donnée, à ré-estimer la valeur en un point uniquement à partir des données voisines sans tenir compte de la donnée en ce point. On obtient alors au point qui a été enlevé une valeur estimée (***Z****) et un écart-type de krigeage (***Sk***). L'erreur d'estimation (***Err***) correspondant à la différence entre la valeur réelle (***Z***) et la valeur ré-estimée (***Z****) est alors calculée. En comparant cette différence à l'écart type d'estimation ***Sk*** il est possible de calculer l'erreur réduite (***Err/Sk***). Il est admis que l'erreur réduite se rapproche d'une distribution gaussienne de moyenne nulle et de variance 1. Donc en calculant l'erreur réduite pour chacun des points de mesure il est possible de générer un histogramme et de vérifier s'il se rapproche d'une loi gaussienne centrée normée. Les points anomaliques, s'éloignant du standard, doivent être examiné car potentiellement liés à des erreurs (ex : mesure en niveau dynamique, mauvaise nappe captée, problème de localisation,…) ou à un comportement différent de la variable étudiée.

La validation croisée calculée sur l'ensemble des 84 mesures montre que les erreurs réduites sont en moyenne proches de 0 et l'écart type réduit proche de 1 (Figure 17).

	NB	Mini	Maxi	Moy	Sigma
Erreur brute	84	-39.36	29.98	-0.31	12.11
Erreur réduite	84	-2.79	2.44	-0.01	1.02

Figure 17 :Validation croisée du modèle à partir des données brutes

Cependant, l'analyse plus poussée des données montre quelques points dont l'erreur réduite est supérieure à 2.5 (Figure 18 et Figure 19).

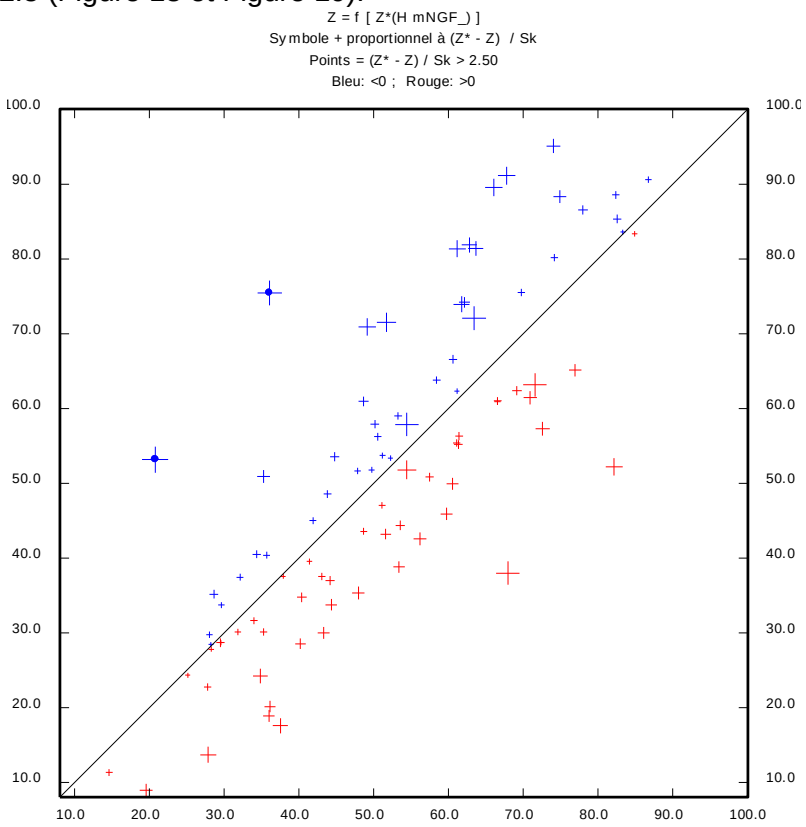


Figure 18 : Nuage de corrélation (Z, Z)*

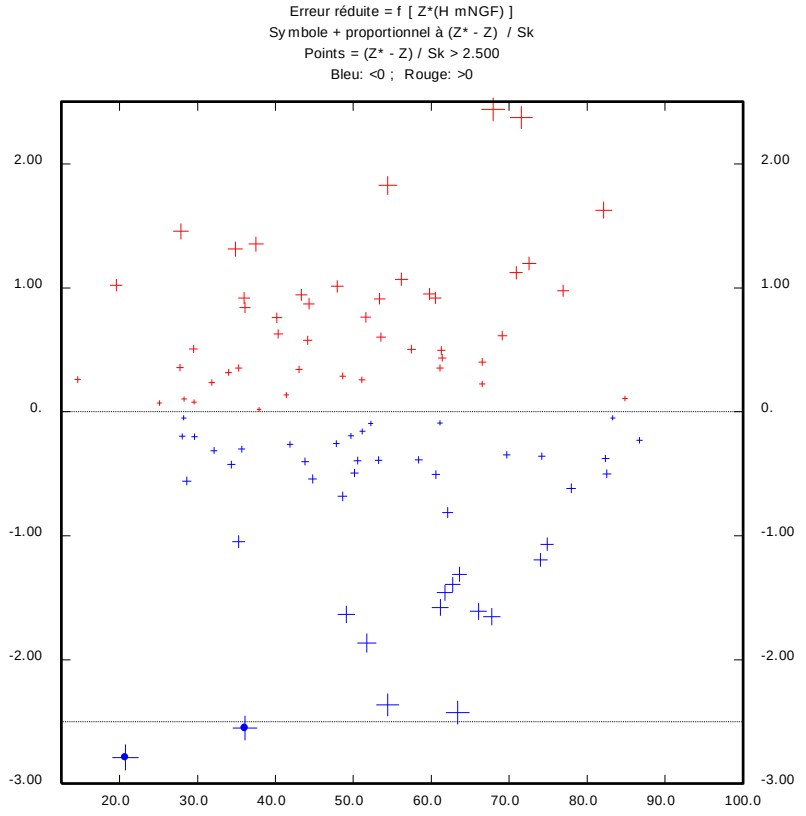


Figure 19 : Nuage de corrélation (Z, Err)*

Par ailleurs, les données mesurées sur des points situés à de faibles distances (quelques dizaines de mètres) présentent parfois des écarts importants. L'examen des points anomaliques a conduit à la suppression de 5 points ce qui ramène le nombre total de mesures piézométriques validées à 79.

A noter que la suppression de ces points ne change pas l'allure générale du variogramme et que le même modèle peut être appliqué (Figure 20).

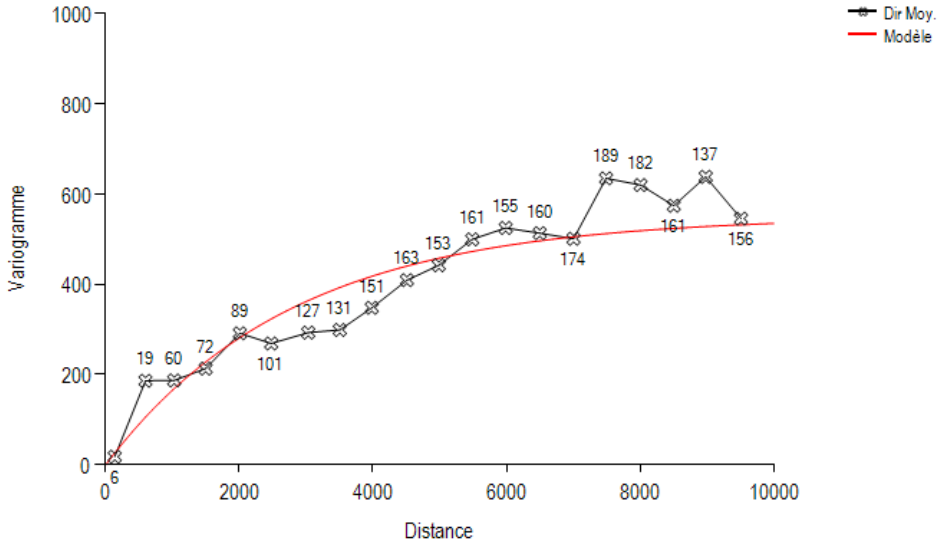


Figure 20 : Variogramme calculé après la validation croisée à partir des 79 mesures piézométriques validées

La carte obtenue par krigeage ordinaire à partir des seuls points de mesures n'est pas très satisfaisante (Figure 22). En effet, la comparaison avec la carte réalisée en 2013 met en évidence de grandes différences avec la carte réalisée en 1966. Les axes de drainage ne sont, pour la plupart, pas représentés correctement, la piézométrie interpolée apparait beaucoup plus lisse que la piézométrie de 1966 pour laquelle la corrélation avec la topographie est très marquée. Par ailleurs, il apparait que la piézométrie est supérieure à la topographie dans de nombreux secteurs, principalement dans les vallées (Figure 21).

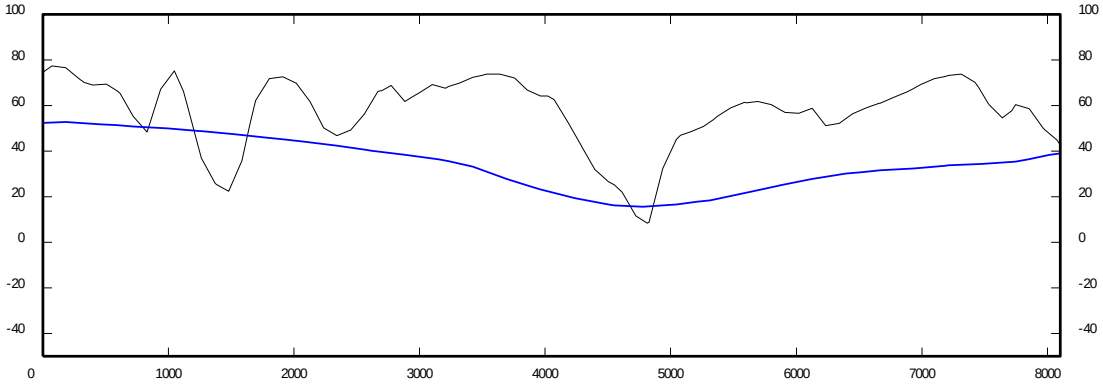


Figure 21 : Vue en coupe de la piézométrie interpolée par krigeage ordinaire (position en figure 22) (altitude en m NGF)

L'ajout de points de contraintes permettrait d'améliorer significativement l'interpolation. Cependant, les valeurs ajoutées doivent avoir un sens physique.

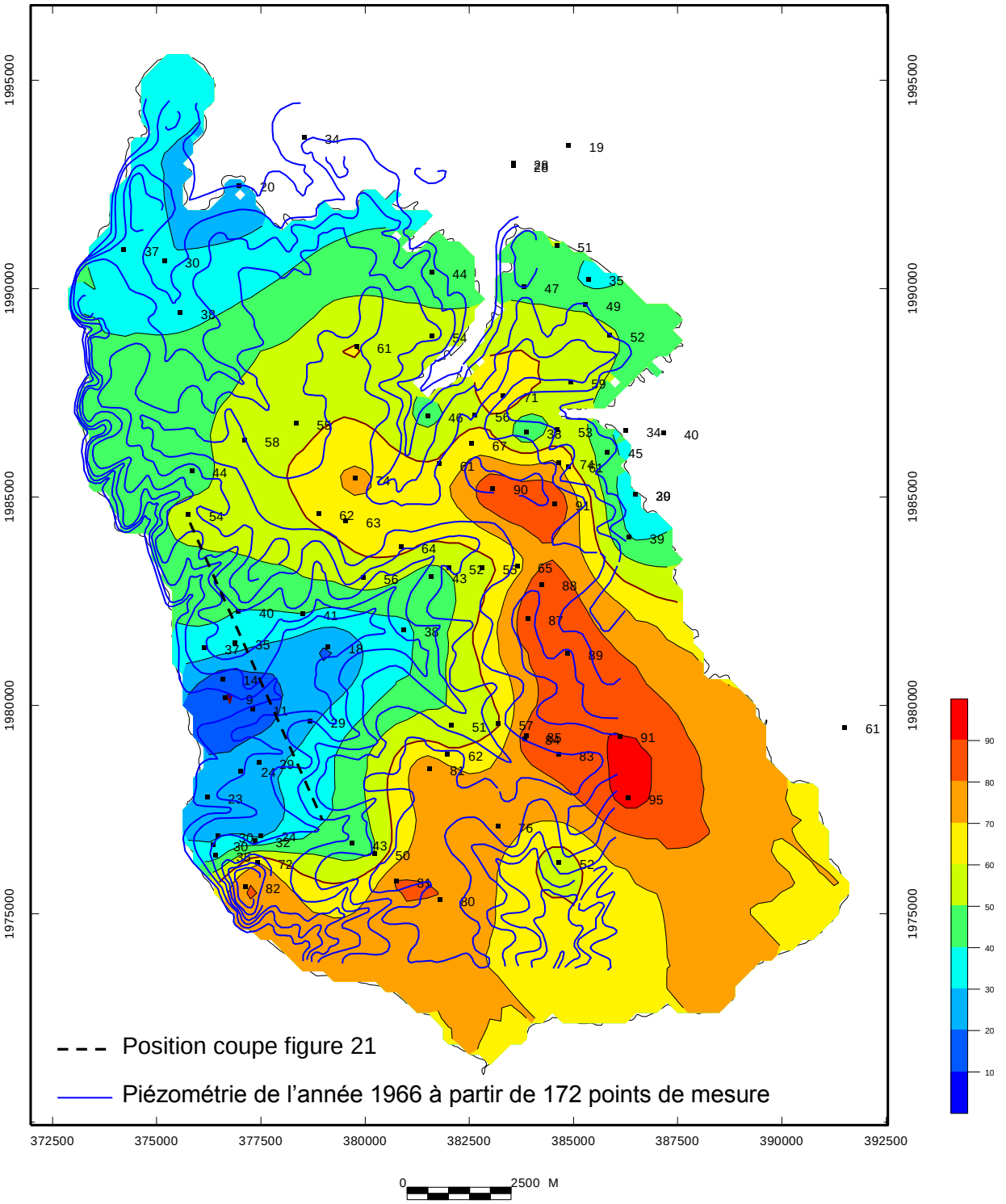


Figure 22 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers par krigeage ordinaire à partir des 79 points de mesure (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu)

L'analyse exposée ci-dessus a montré que la piézométrie n'était pas bien restituée au droit des vallées, or les différentes études réalisées sur cette nappe indiquent que cette dernière est intensément drainée par le réseau hydrographique. Par ailleurs, les cours d'eau de la zone proviennent de sources très nombreuses dont la plupart ne tarissent jamais (Laura, 1964).

Deux types de points de contraintes ont été rajoutés :

- des points de contraintes correspondant à des sources pérennes référencées dans la BSS (Banque de données du Sous-Sol du BRGM) et captant la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers (51 points),
- des points de contrainte placés sur le réseau hydrographique (79 points).

Le nombre total de points de données obtenus est alors de 209 points (79 points de mesure + 130 points de contrainte). Pour les sources, c'est l'altitude renseignée en BSS qui a été utilisée pour contraindre l'interpolation alors que pour les cours d'eau c'est la valeur issue du MNT au pas de 25 m (IGN, GIP ATGeRi) qui a été prise en compte.

Un variogramme toutes directions confondues (variogramme « omnidirectionnel ») a été calculé au pas de 500 m (Figure 23). Il peut être ajusté par un modèle exponentiel.

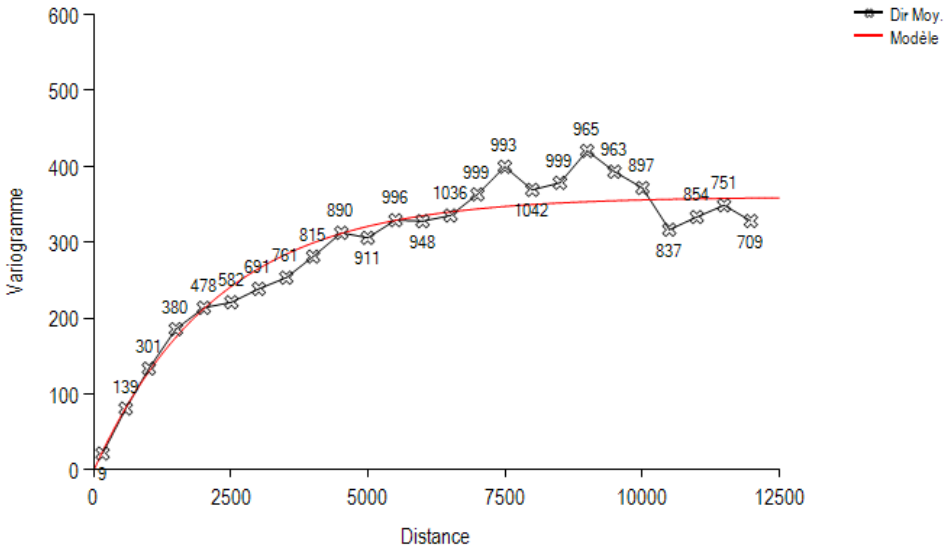


Figure 23 : Variogramme calculé à partir des 79 points de mesures et des 130 points de contrainte

La carte réalisée à partir des 79 mesures piézométriques et des 130 points de contrainte permet de mieux retranscrire les axes de drainages de la nappe (Figure 25). Cependant, bien que l'allure générale de la piézométrie soit plus satisfaisante en comparaison de l'interpolation réalisée uniquement à partir des mesures effectuées dans les puits, la carte obtenue apparait moins détaillée que celle réalisée en 1966 à partir de 172 points de mesures. Par ailleurs, malgré l'ajout de points de contrainte, la piézométrie se retrouve encore parfois au-dessus de la topographie dans les vallées (Figure 24).

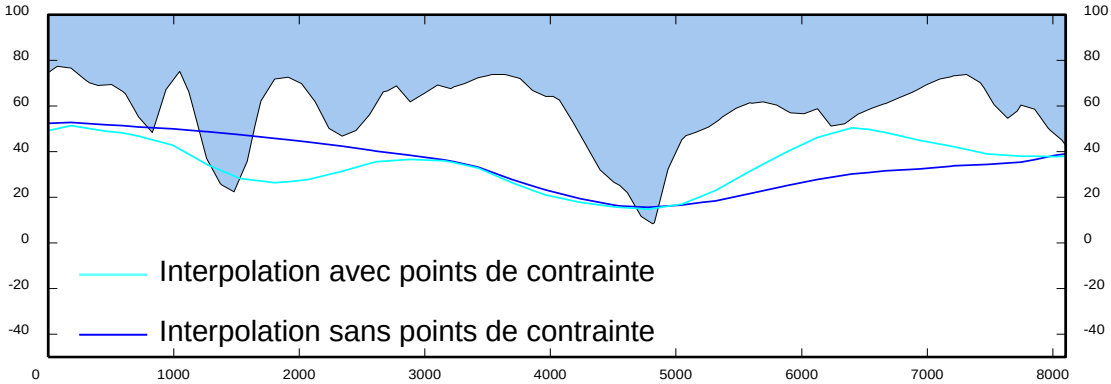


Figure 24 : Vue en coupe des piézométries interpolées par krigeage avec et sans points de contrainte (position en figure 25) (altitude en m NGF)

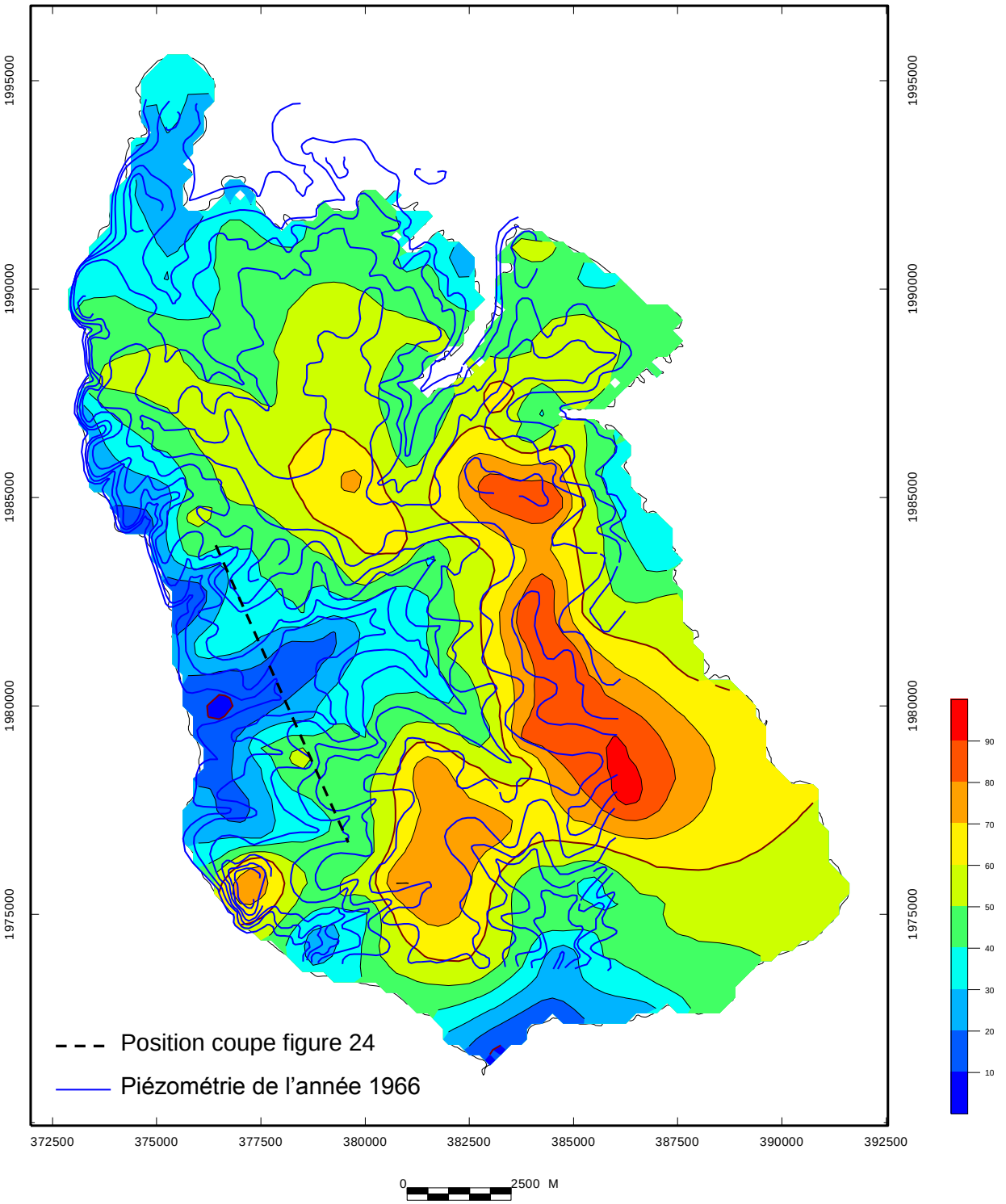


Figure 25 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers par krigeage ordinaire à partir des 79 points de mesure et des 130 points de contrainte (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu)

Les travaux réalisés en année 2 de la convention ont montré que le krigeage avec dérive externe basée sur une version lissée de la topographie est bien adapté pour l'interpolation des surfaces piézométriques des nappes à surface libre.

Pour mémoire, le krigeage avec dérive externe consiste à décomposer la variable mesurée ***P(x,y)*** en une dérive ***M(x,y)*** et un résidu stationnaire ***R(x,y)*** :

P(x,y) = k .M(x,y) + R(x,y)

Cette méthode suppose une corrélation relativement linéaire entre la variable d'intérêt et une variable auxiliaire ***M(x,y)*** connue partout, cette variable auxiliaire étant nommée « dérive externe ». Le coefficient ***k*** (pente de la régression) peut varier localement pour obtenir une meilleure régression locale.

Dans cette technique, on considère que la forme et la structure générale de la variable d'intérêt sont données par la dérive externe. Le krigeage avec dérive externe va schématiquement consister à « plaquer » cette forme sur les données, tout en respectant globalement la forme sous-jacente. Cependant, même s'il y a une corrélation entre la piézométrie et la topographie, le lien n'est pas direct. En effet, la cote piézométrique présente une variabilité moindre que la topographie car elle n'épouse pas les moindres reliefs. Aussi est-il préférable d'utiliser une version lissée de la topographie. Une étude préalable peut permettre de choisir le degré de lissage le plus approprié.

Si au lieu de comparer la cote piézométrique à la cote topographique au même point, on la compare à la cote topographique moyenne dans le voisinage du piézomètre on peut établir que le coefficient de corrélation évolue selon la taille de ce voisinage.

La régression Piézo HE = a . ZTOPO + b a été calculée, ZTOPO étant la moyenne mobile de la cote topographique dans un voisinage de 100 x 100 m, 250 x 250 m, 500 x 500 m, etc… (Variable appelée cote topographique lissée Z100, Z250, Z500, etc…).

A partir de ces régressions on a calculé l'écart-type σ_R de la différence entre la cote piézométrique calculée par cette régression et la cote piézométrique mesurée, ainsi que le coefficient de corrélation ρ entre la cote topographique lissée et la cote piézométrique hautes eaux. Les résultats de ces tests sont indiqués dans la figure 26.

	MNT 100 m	**MNT 250 m**	**MNT 500 m**	**MNT 1000 m**	**MNT 2000 m**	**MNT 3000 m**	**MNT 4000 m**	**MNT 5000 m**
Coef de corrélation ρ	0.88	0.90	0.87	0.81	0.74	0.69	0.57	0.53
Ecart-Type du résidu σ_R	8.42	7.79	8.71	10.59	12.05	12.94	14.65	15.12

Figure 26 : Coefficient de corrélation entre cote topographique lissée et cote piézométrique, et écart-type du résidu de la régression linéaire

Le graphique en figure 27 illustre l'évolution de l'écart-type du résidu σ_R et du coefficient de corrélation ρ en fonction de la taille de la fenêtre de calcul de l'altitude moyenne.

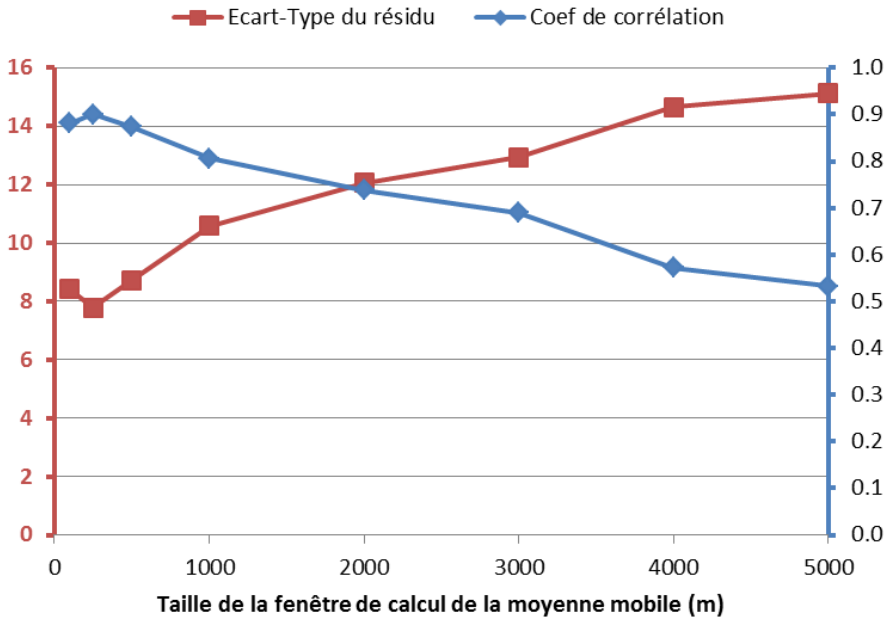


Figure 27 : Ecart-type de la régression linéaire entre cote piézométrique et topographie lissée et écart type du résidu, en fonction de la taille de la fenêtre de calcul de l'altitude moyenne

D'après le tableau et le graphique précédents, il apparait que la corrélation maximale est obtenue pour une topographie lissée dans un voisinage de taille 250 m. Le nuage de corrélation entre topographie moyenne sur 250 m et les données utilisées pour l'interpolation est représenté en figure 28. Certaines valeurs s'éloignent de la droite de corrélation mais il a été choisi de les conserver après vérification des données.

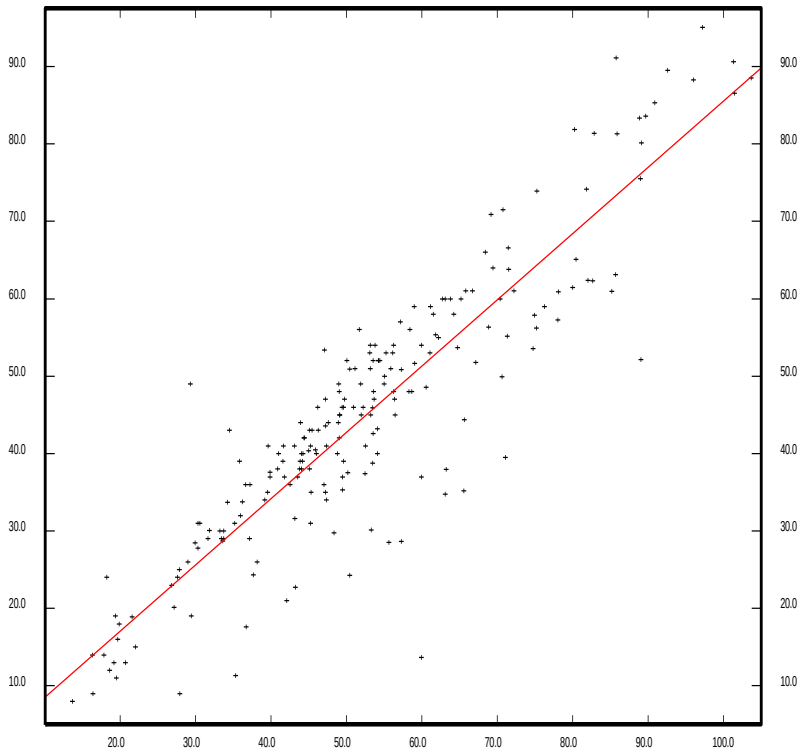


Figure 28 : Nuage de corrélation entre données utilisées pour l'interpolation et la topographie lissée sur une fenêtre de 250 m

Le variogramme du résidu (= de la différence) entre cote piézométrique et topographie lissée sur une fenêtre de 250 m est présenté en figure 29. Ce variogramme peut être ajusté par un modèle sphérique de portée pratique voisine de 550 m.

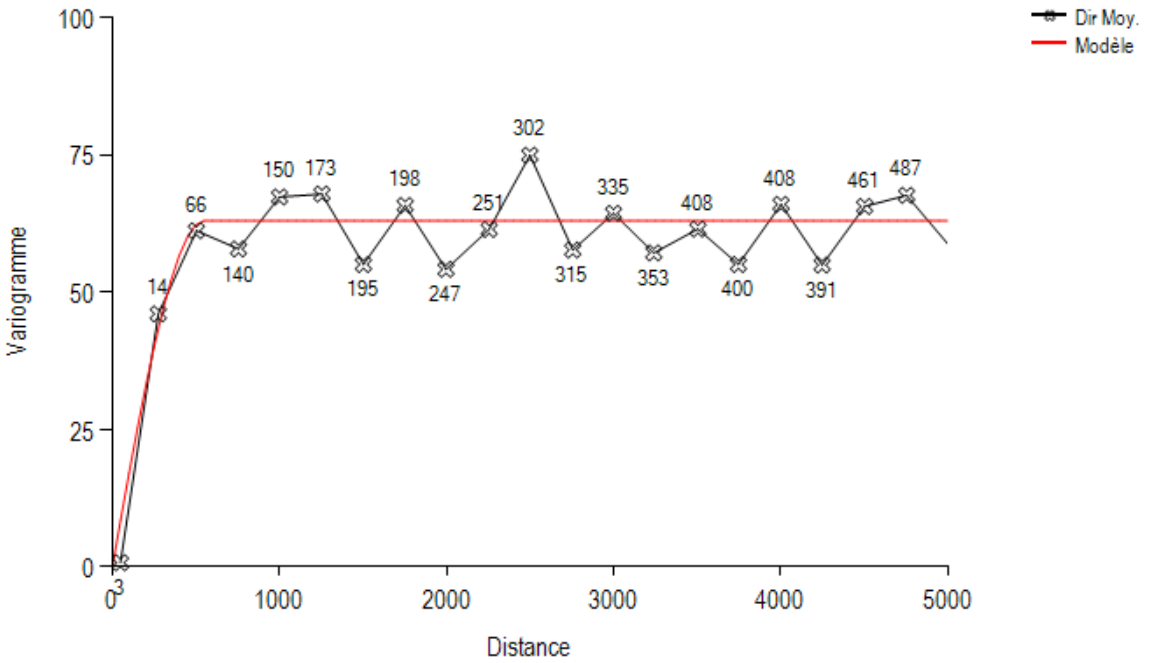


Figure 29 : Variogramme des résidus entre la piézométrie et topographie lissée sur 250 m.

La validation croisée, calculée sur l'ensemble des données utilisées pour l'interpolation, montre que les erreurs réduites sont en moyenne proches de 0 et l'écart type réduit proche de 1.

La carte piézométrique réalisée en utilisant en tant que dérive externe le MNT lissé à 250 m est la carte la plus aboutie. C'est l'interpolation la plus proche de l'interprétation réalisée en 1966. Les zones de crête et les axes de drainage sont bien restitués (Figure 30 et Figure 31). La surface piézométrique est beaucoup moins lisse et nettement plus marquée par l'influence du réseau hydrographique et donc de la topographie.

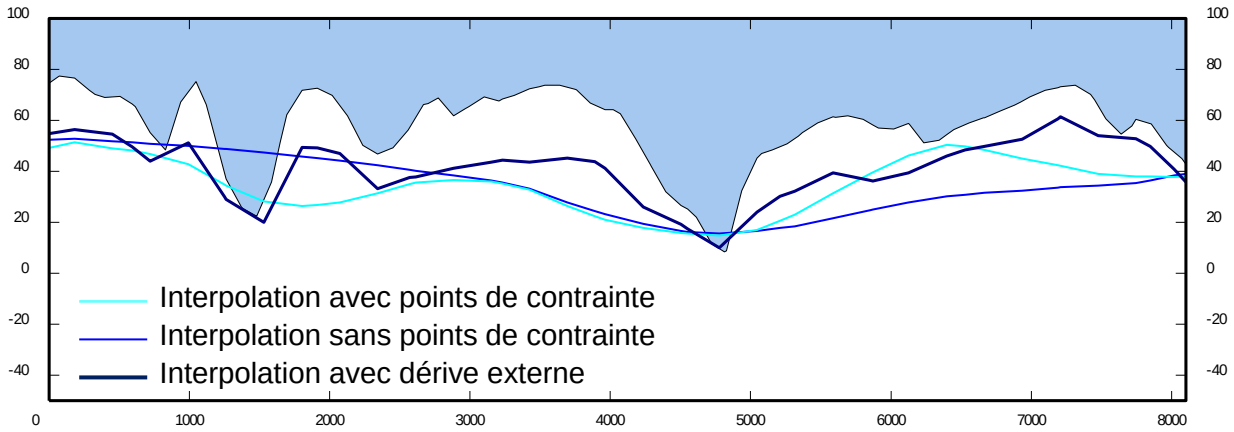


Figure 30 : Vue en coupe des piézométries interpolées par krigeage ordinaire et avec dérive externe (position en figure 31)

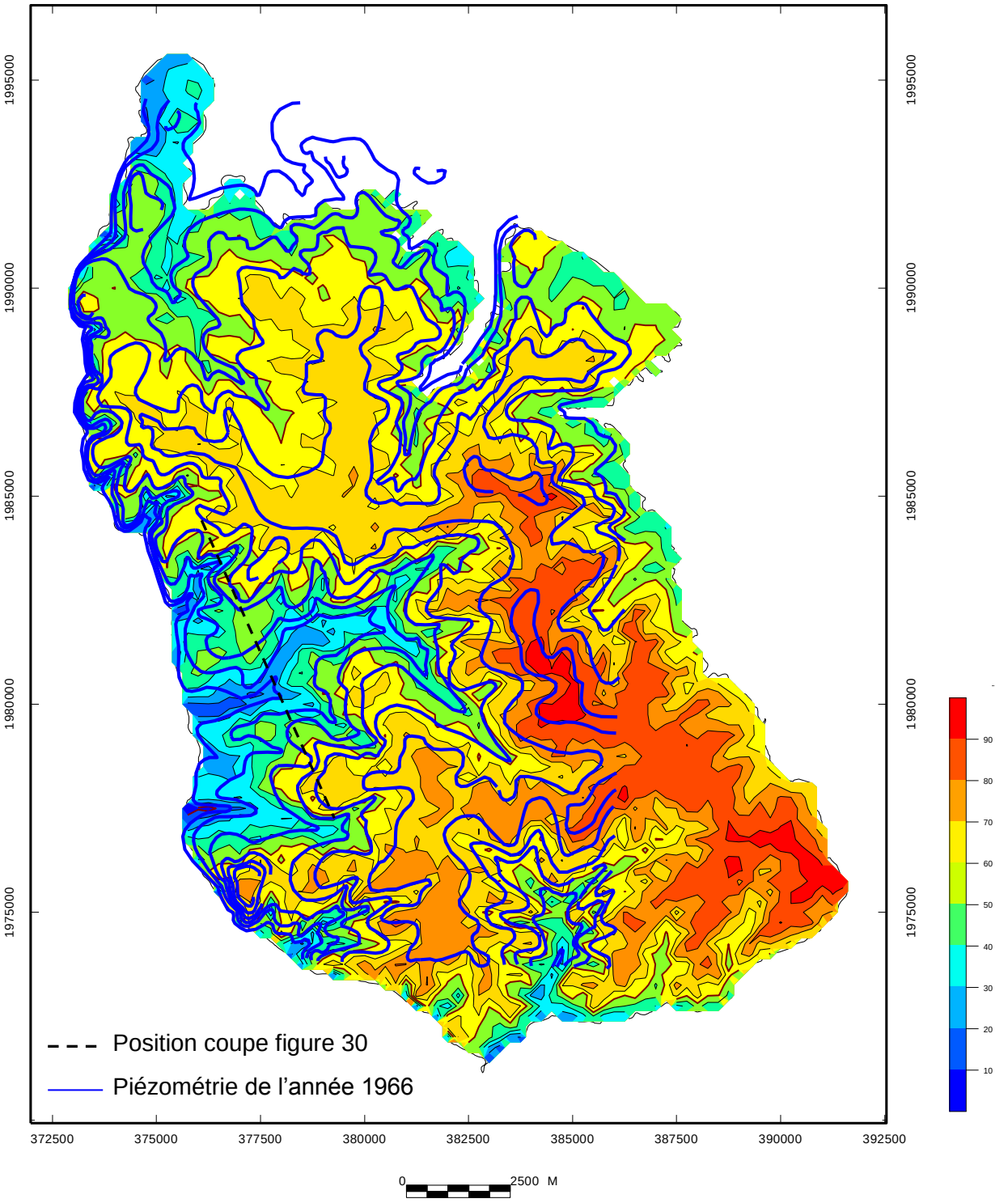


Figure 31 : Interpolation de la piézométrie de juillet 2013 de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers à partir des 79 points de mesure et des 130 points de contraintes par krigeage avec dérive externe sur la topographie lissée sur 250 m (altitude en m NGF, quadrillage de la carte en Lambert 2 étendu)

Le krigeage avec dérive externe basée sur une version lissée de la topographie apparait le mieux adapté au contexte des nappes libres fortement drainées par le réseau hydrographique.

4.4. OPTIMISATION DU RÉSEAU DE MESURE

La carte piézométrique réalisée en juillet 2013 s'est basée sur 79 points de mesure, celle réalisée en 1966 (Astié et al., 1968), plus complète, a été construite à partir de 172 points de mesure. La comparaison des points utilisés dans les deux campagnes montrent que 26 mesures sont communes aux deux campagnes. Sur la zone d'étude, c'est donc un total de 225 points qui pourraient être utilisés pour construire une autre carte piézométrique de référence. Si l'on rajoute les 130 points de contraintes utilisés précédemment cela ferait un total de 355 points pour construire une future carte.

L'objectif est d'utiliser les démarches d'optimisation de réseau basées sur le principe de la validation croisée pour définir le nombre de points optimum pour construire une future carte [(Bourgine, 2012) ; (Bourgine et al., 2013), (Corbier et al., 2014)].

Lorsque le variogramme est connu, il est possible de calculer l'erreur d'interpolation que l'on obtient en tout point (où l'on ne dispose pas de mesure) lorsqu'on cherche à estimer la valeur en ce point à partir des points de mesure.

En effet, d'un point de vue mathématique, il suffit de connaître le modèle de variogramme (c'est à dire la variabilité du phénomène dans l'espace, voire dans le temps) ainsi que les coordonnées des points de mesure pour prévoir l'erreur d'interpolation en un point donné. À partir de l'analyse de l'erreur d'interpolation, il est possible d'identifier les piézomètres redondants ou non indispensables.

Schématiquement la validation croisée consiste à effectuer une estimation de la valeur d'une variable en chaque point de donnée x où la variable est connue, à partir des autres points de données où cette variable est connue, sans utiliser la donnée au point x. On ré-estime chaque point à partir des voisins, comme si on ne connaissait pas la valeur au point lui-même.

Un variogramme de la cote piézométrique toutes directions confondues (variogramme « omnidirectionnel ») a tout d'abord été calculé au pas de 500 m à partir des 355 mesures piézométriques de 1966 et 2013 (Figure 32). Il peut être ajusté par un modèle sphérique.

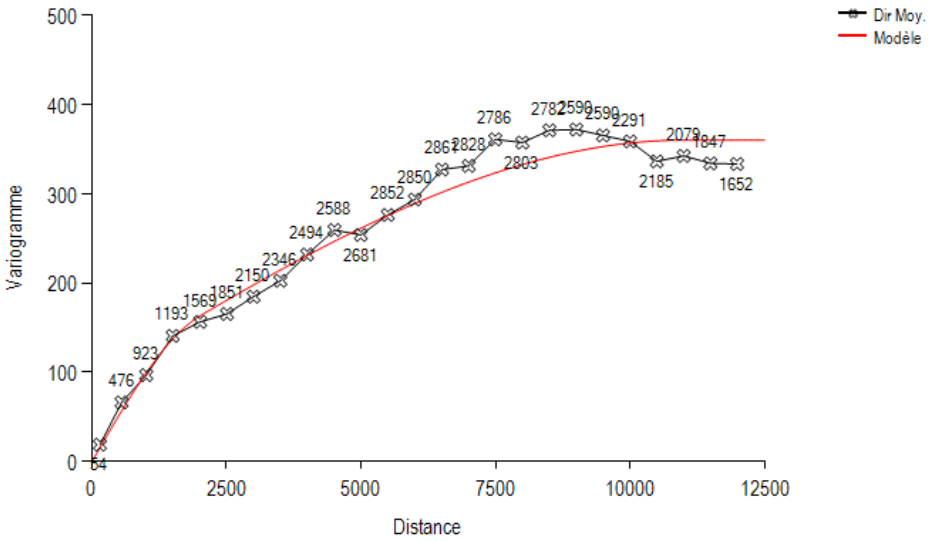
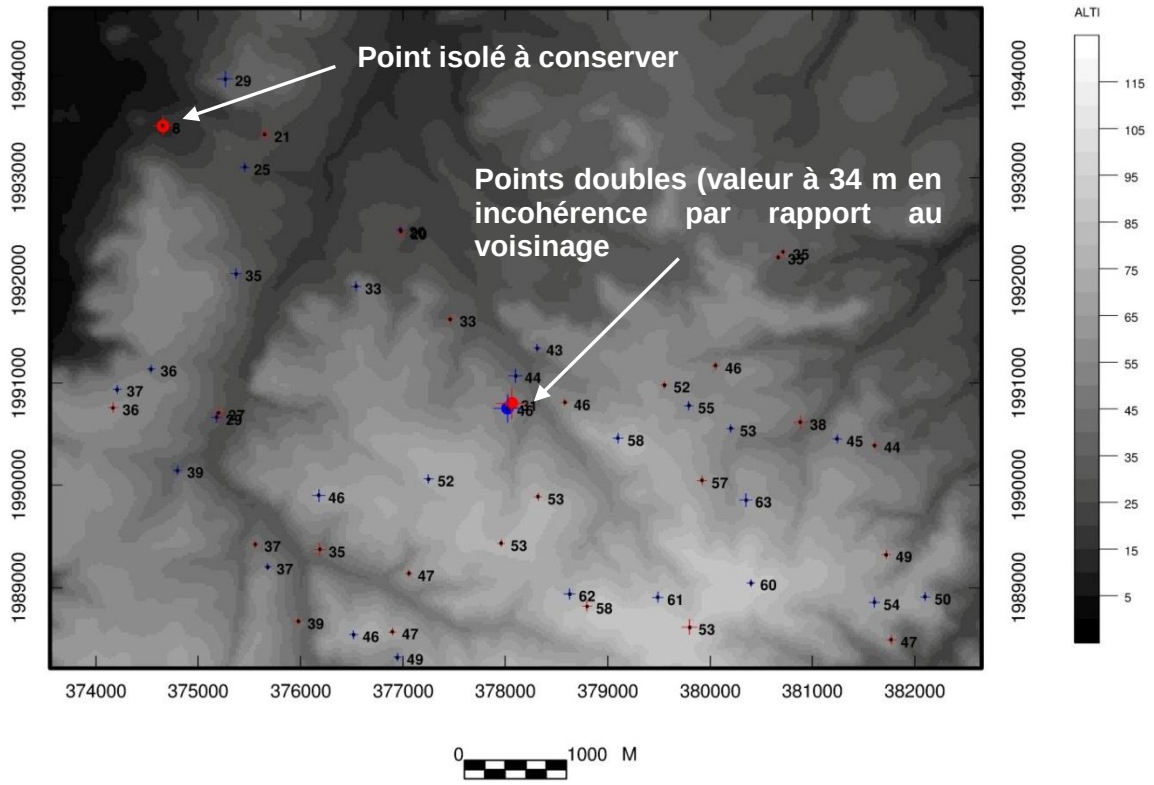


Figure 32 : Variogramme calculé à partir des 355 mesures piézométriques

Sur l'ensemble des 355 points, une première analyse par validation croisée basée sur le variogramme présenté en figure 32 permet d'identifier 14 points non robustes. Ces points « mal » ré-estimés sont des points en contradiction avec leur voisinage. Il peut s'agir (i) soit d'une erreur de saisie/report de valeur ou une mesure en niveau dynamique (forage dont l'arrêt n'a pas été suffisant avant de faire la mesure), auquel cas le point doit être éliminé, (ii) soit d'un point qui présente un comportement « atypique » par rapport à son voisinage. Par exemple, une crête piézométrique ou un creux piézométrique isolé. Dans ce dernier cas, le point ne doit pas être enlevé mais au contraire conservé. Il sera sans doute souhaitable de densifier le réseau autour de ce point pour bien cerner les variations locales autour de ce point s'il s'agit d'un endroit sensible.

Certains points doubles (très proches l'un de l'autre) peuvent présenter des valeurs non cohérentes l'une avec l'autre (Figure 33). Cependant il n'est pas nécessaire de supprimer les deux points. L'élimination du point le moins concordant par rapport aux voisins permet de résoudre le problème localement. Dans d'autres cas, il n'est pas possible de supprimer les points non robustes du fait de leur position, car ils ne sauraient être représentés à partir de ses voisins du fait de leur éloignement. La validation croisée a abouti à la suppression de 5 points non robustes, correspondant à des anomalies.



+ *: Erreur réduite < 2.5 ; valeurs positives en rouge, négatives en bleu*

● *: Erreur réduite > 2.5 ; valeurs positives en rouge, négatives en bleu*

Figure 33 : Suppression des points anomaliques

A contrario, les points « bien » ré-estimés (erreur réduite faible et surtout erreur de ré-estimation faible) sont ceux qui sont en accord avec leur voisinage. Une partie de ces points cohérents avec les mesures voisines peut être éliminée si l'on se fixe un critère d'erreur maximale à ne pas dépasser.

Ainsi sur les 350 points conservés, 83 piézomètres présentent une erreur de ré-estimation inférieure à 0,5 m. En éliminant ces points, il est possible de générer une carte avec seulement 137 points de mesure (en conservant les 130 points de contraintes) en utilisant comme dérive externe le MNT à 250 m à partir du variogramme défini sur les 350 mesures disponibles (Figure 34). La comparaison des cartes des écarts-types permet de vérifier si ces écart-types n'ont pas trop augmenté et restent dans la gamme des valeurs souhaitées (Figure 35).

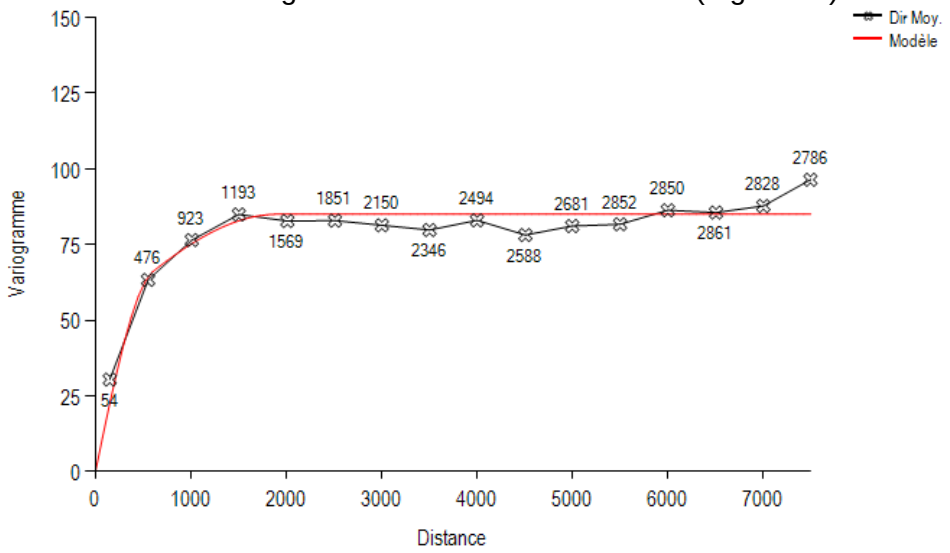
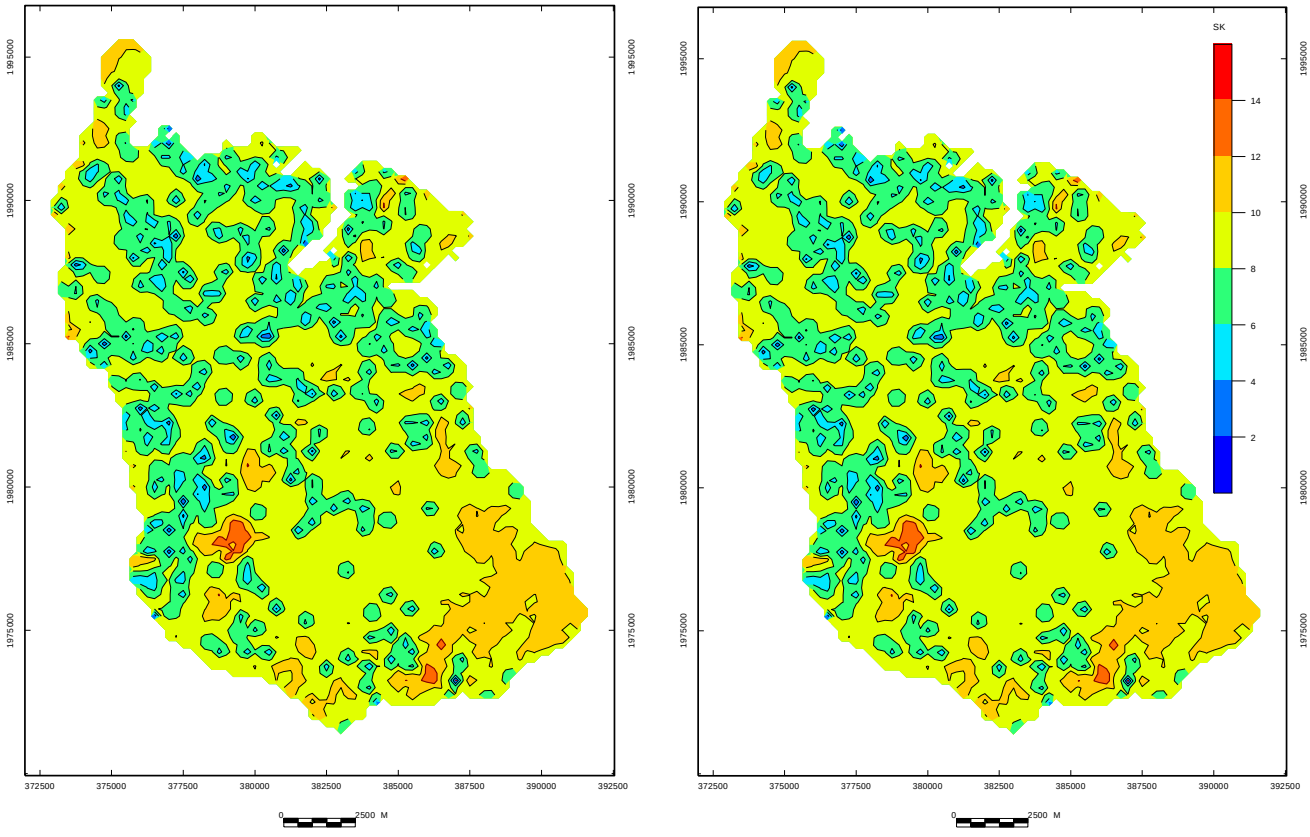


Figure 34 : Variogramme des résidus entre la piézométrie et topographie lissée sur 250 m pour les 350 mesures



Écart-type obtenu en utilisant l'ensemble des données (220 points)

Écart-type obtenu en utilisant une sélection de 137mesures

Figure 35 : Carte des écart-types avec toutes les données et sans les 83 piézomètres

Le travail décrit dans ce chapitre montre qu'il est possible d'établir une nouvelle carte piézométrique de référence du niveau piézométrique de basses eaux de l'aquifère considéré (calcaires à astéries de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers) à partir de 137 points de mesure sur le terrain.

5. Conclusion

Cette troisième année d'étude (année 4 de la convention régionale) a permis de commencer l'inventaire des cartes piézométriques dressées en région aquitaine. Au total 265 cartes ont été recensées sur 8 nappes différentes. Sur cet ensemble, 151 sont maintenant disponibles sous SIG au format shape. L'objectif est de rendre cette cartothèque accessible au plus grand nombre. C'est pourquoi, une sélection des 18 cartes les plus représentatives ont été mises en ligne sur l'espace cartographique du SIGES Aquitaine (http://sigesaqi.brgm.fr/). Elles sont également téléchargeables au format shape via la page GéoSource associée à chaque carte piézométrique.

Dans un second temps, les méthodes développées dans le cadre des deux premières années de ce module (année 2 et 3 de la convention régionale) ont été utilisées pour réaliser une nouvelle carte de la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers. Les premières cartes ont ainsi été tracées dans le cadre de travaux de thèse (Laura, 1964) au début des années 1960. Cette carte a été réalisée en ajoutant aux mesures réalisées dans les puits, les cotes des sources pour obtenir un quadrillage plus serré.

Une nouvelle carte a été dressée à la fin des années 1960 à l'occasion d'une synthèse des connaissances hydrogéologiques sur le secteur (Astié et al., 1968). Cette nouvelle interprétation apparait plus détaillée que la précédente puisque qu'un total de 268 points a été mesuré à l'étiage 1966.

Afin d'établir une carte plus récente, les puits et piézomètres mesurés au mois de juillet 2013 ont fait l'objet d'une fiche descriptive présentée en annexe 2 de manière à pouvoir retrouver ces points plus facilement dans l'optique de futures campagnes piézométriques.

Le krigeage utilisant comme dérive externe le MNT lissé à 250 m apparait être la méthode la plus adaptée pour représenter le plus fidèlement possible la distribution des isopièzes. Cependant l'ajout de points de contraintes sur le réseau hydrographique reste nécessaire pour représenter les points bas.

L'inventaire de l'ensemble des points captant la nappe de l'Oligocène a permis de déterminer le nombre de point optimum pour élaborer la carte piézométrique. Sur les 225 recensés sur la zone, la validation a permis d'éliminer 5 points non valides et 83 points suffisamment représentés par leurs voisins. Ainsi, une carte équivalente peut être réalisée à partir de 137 forages.

L'année 5 sera consacrée à la finalisation de l'inventaire des cartes piézométrique pour une meilleure accessibilité par l'intermédiaire du SIGES Aquitaine. Par ailleurs, la mise en application des méthodes géostatistiques testées et développées au cours des deux premières années de ce module (année 2 et 3 de la convention régionale) sur des cas concrets va se poursuivre. L'objectif étant d'élaborer des cartes piézométriques de référence sur les principales nappes de la Région Aquitaine.

6. Bibliographie

Allard A. (1981) - La nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne. BRGM Service géologique régional Aquitaine, 35 p

Astié H. (1978) - Surveillance et gestion des nappes d'eau souterraine dans le département de la Gironde. 78 SGN 481 AQI, 12 p., 7 fig., 7 ann.

Astié H., Bellegarde R., Bourgeois M., Pratviel L. (1968) - Synthèse des connaissances hydrogéologiques acquises en janvier 1967 sur le territoire des feuilles topographiques au 1/25 000 de : Bordeaux (803) coupures 3-4-7-8, Pessac (827) coupures 3-4; BRGM/68-SGN-011-AQI, 82 p., 8 ann.

Astié H., Chamayou J. (1970) - Étude hydrogéologique des alluvions de la Garonne entre la Réole et Podensac (Gironde) – Première partie – Rapport BRGM 70 SGN 309 AQI, 167 p., 64 fig., 10 ann.

Astié H., Chamayou J. (1972) - Étude hydrogéologique des alluvions de la Garonne entre la Réole et Podensac (Gironde) - 72 SGN 081 AQI, 40 p., 15 fig., 15 pl.

Auriol J., Bellegarde R., Bonnery H., Hosteins L. (1979) - Gestion des nappes en Aquitaine - Compte rendu annuel de surveillance 1979 - Nappes des sables éocènes en Gironde et des calcaires oligocènes en rive gauche de la Gironde-Garonne, Rapport BRGM 79 SGN 755 AQI, 20 p., 24 fig., 2 pl., 7 tab.

Bellegarde R. (1969) - Historique de la piézométrie de la nappe des sables éocènes en Gironde - 69 SGN 144 AQI, 23 p., 18 ann.

Bellegarde R. (1975) - Nappe des sables éocènes en Gironde (situation en 1975) - Rapport BRGM 75 SGN 293 AQI, 14 p., 11 fig., 4 pl.

Bellegarde R., Bonnery H., Hosteins L. (1980) - Gestion des nappes en Aquitaine, compte rendu annuel de surveillance 1980, nappes des sables éocènes en Gironde et des calcaires oligocènes en rive gauche de la Gironde-Garonne - 80 SGN 723 AQI, 24 p., 25 fig., 2 pl. 7 tab.

Bichot F., Alexandre A., Baraton A. (2001) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 5. Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines. Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine. BRGM/RP-51175-FR ,172p.

Bichot F., Louis J.P., Astruc J.G., Dufour P., Platel J.P. (1999) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. Année 3 - Evaluation des ressources - Modélisation des aquifères du Miocène - Recueil et synthèse de données. BRGM/RR-40728-FR, 27 p., 12 fig. 3 ann.

Bonnery H., Chamayou J., Hostens L. (1984) - Gestion des nappes profondes en Gironde-Rapport BRGM 84 AGI 392 AQI, 43 p., 39 fig., 2 tab., 4 ann.

Bonnery H., Sourisseau B. (1988) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 1987) - Rapport BRGM 88 SGN 668 AQI d'après Bellegarde R. (1969) - Historique de la nappe des sables Eocènes, 76p., 56 fig., 1ann.

Bonnery H., Sourisseau B. (1995) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 1994), Rapport BRGM RR 38623 FR, 104 p. ,71 fig., 1 ann.

Bourgine B. (2012) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine -Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation de réseaux de surveillance – Année 2. BRGM/RP-60153-FR, 85 p., 39 fig., 6 tab., 1 ann.

Bourgine B., Pédron N. (2013) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine - Piézométrie des systèmes aquifères : outils de cartographie et optimisation de réseaux de surveillance – Module 2 - Année 3. Rapport final. BRGM/RP-62346-FR, 47 p., 28 fig., 1 ann.

Chamayou J., Mazurier C. (1985) - Evolution de la nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne, Rapport BRGM 85 SGN 390 AQI, 32 p., 4 fig., 6 tab., 3 ann.

Corbier P., Abou Akar A., Bourgine B. (2014) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eaux souterraine en Gironde 20 13 - Sélection des points annuels. Rapport BRGM/RP-63512-FR, 13 p., 5 ill., 1 ann.

Corbier P., Abou Akar A., Mazurier C., Platel J.P. (2010) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 2009). Rapport BRGM/RP-59202-FR, 200 p., 86 fig., 6 ann.

Desbarats A.J., Logan C.E., Hinton M.J., Sharpe D.R. (2002) - On the kriging of water table elevations using collateral information from a digital elevation model. Journal of Hydrology, Vol. 255, 25-38.

Lans B. (2013) - Livret-Guide (figures) pour les journées de l'Association Française de Karstologie. Septembre 2013 en Gironde (Graves et Entre-Deux-Mers).

Laura R. (1964) - Hydrogéologie et géochimie du Calcaire à Astéries (Stampien) de l'Entre-deux-Mers dans le département de la Gironde. Thèse de doctorat : Université de Bordeaux,

Mazurier C., Mauroux B., Pédron N., Dubreuilh J. (2002) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 2001) - Rapport BRGM RP 51840 FR, 134 p., 76 fig. hors texte, 5 tab.

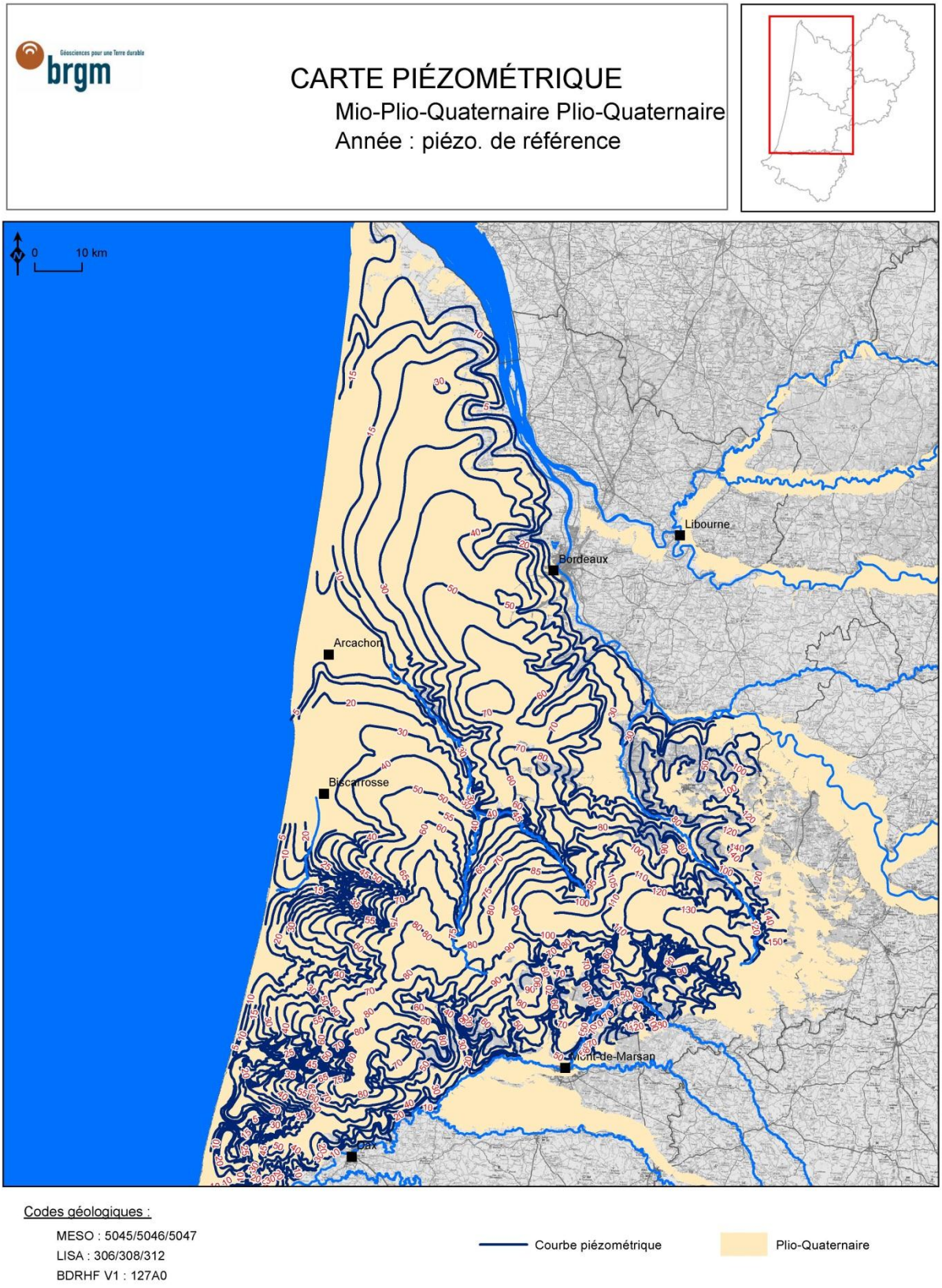
Schnebelen N., Mauroux B., Seguin J.J., Dubreuilh J. (2001) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde. État des connaissances à fin 2000 - BRGM/RP-51307-FR, 96 p., 46 fig., 6 tab.

Séronie-Vivien R. (1988) - Le Karst de l'Entre-Deux-Mers, L'Entre-Deux-Mers à la recherche de son identité. Actes du 1er colloque tenu à Branne les 19 et 20 septembre 1987, CLEM, AHB.

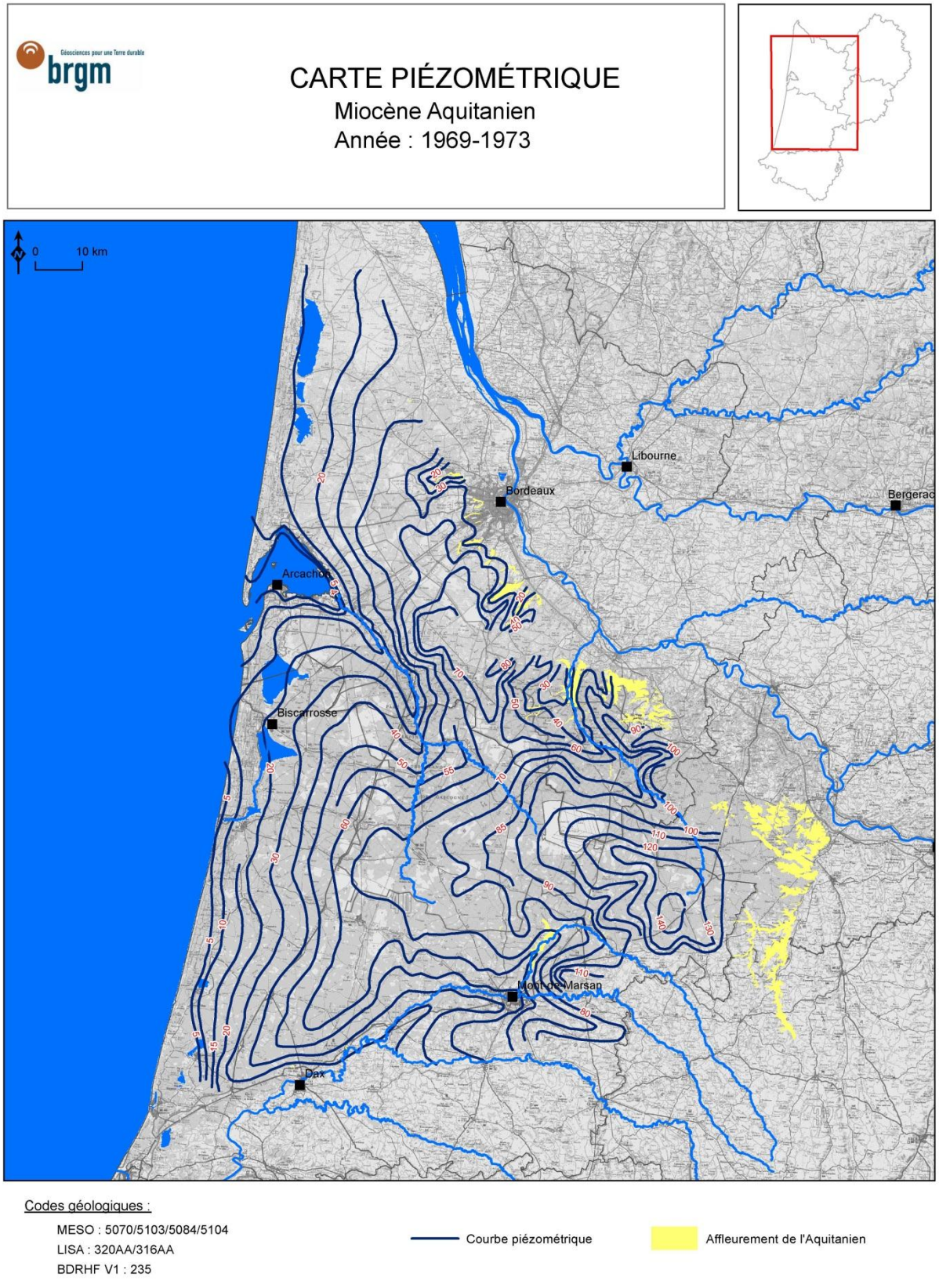
Winckel A., Abou Akar A., Caperan F., Baudry D., Mazurier C., Mauroux B., Dubreuilh J., Benhammouda S., Dufour P. (2007) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde - Etat des connaissances à fin 2005. BRGM RP 54994 FR, 167 p., 67 fig.

Annexe 1

Cartes piézométriques uniformisées



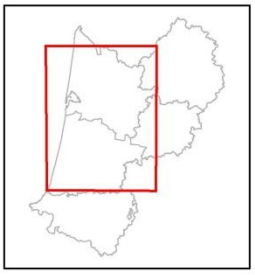
Bichot F., Alexandre A. et Baraton .A (2001) - Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine -Rapport BRGM RP 51175 FR d'après une synthèse bibliographique de thèses et rapports entre 1960 et 1980

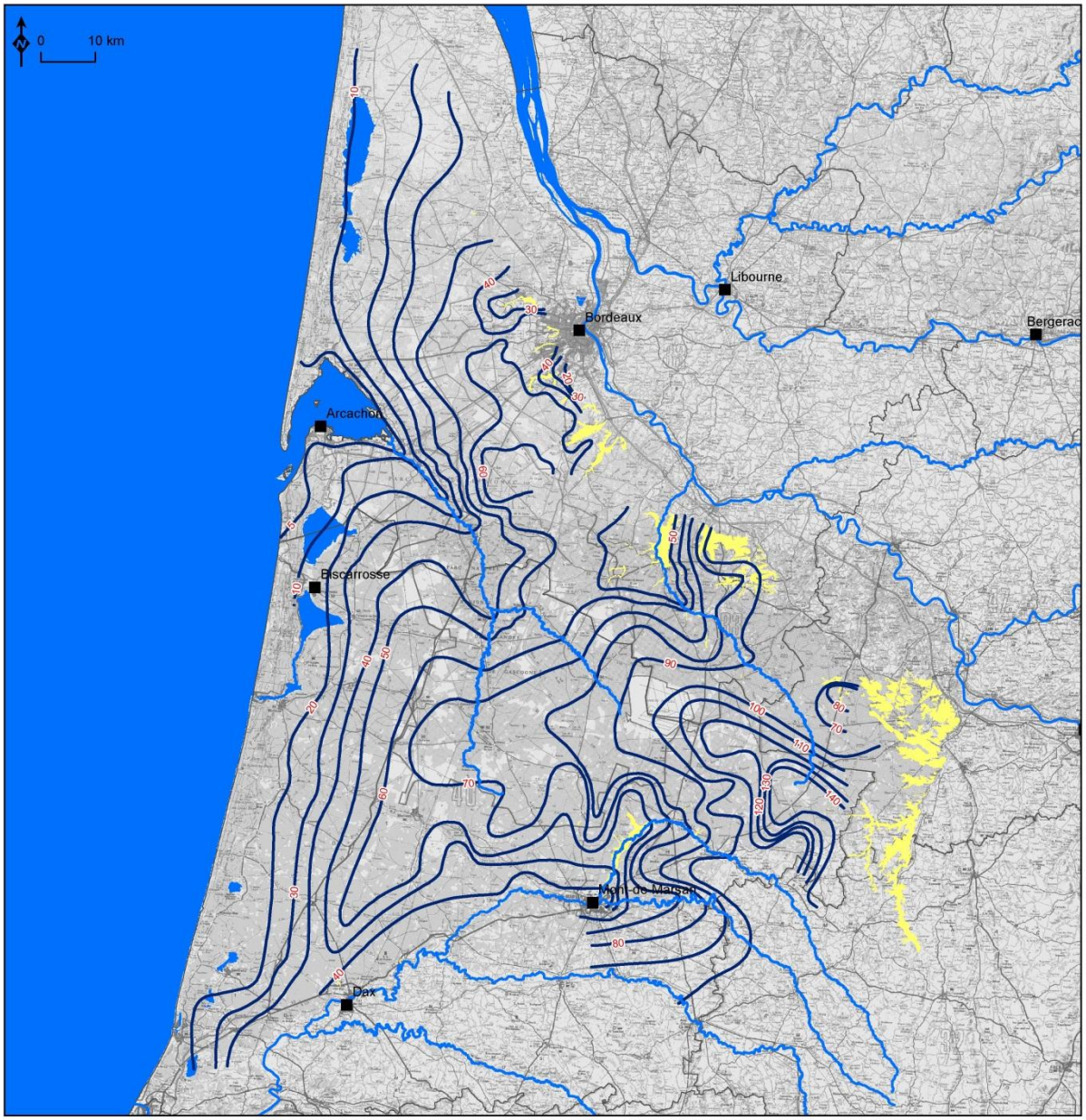


Allard A. (1981) - La nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne - Possibilités d'exploitation dans le cadre des alimentations en eau potable, industrielle, et des aménagements hydro_agricoles - Ouvrage BRGM Aquitaine

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Miocène -
Année : 1984





Codes géologiques :

MESO : 5070/5103/5084/5104
LISA : 320AA/316AA
BDRHF V1 : 235

Courbe piézométrique

Courbe piézométrique approximative ou incertaine

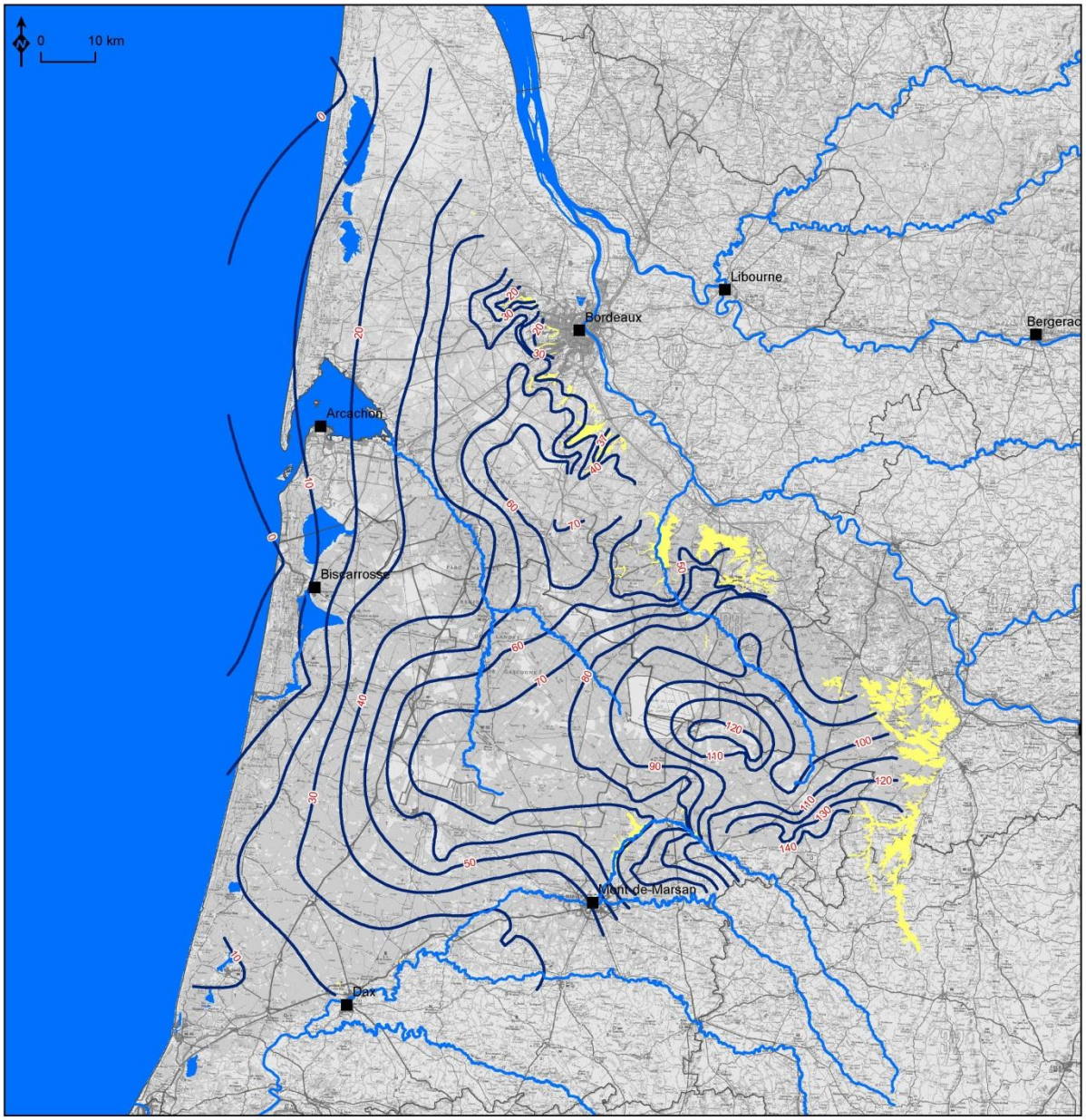
Affleurement de l'Aquitanien

Chamayou J. et Mazurier C. (1985) - Evolution de la nappe du Miocène dans les Landes de Gascogne - Rapport BRGM 85 SGN 390 AGI

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Miocène Aquitanien

Année : 1998-1999



Codes géologiques :

MESO : 5070/5103

LISA : 320AA01

BDRHF V1 : 235

Courbe piézométrique

Affleurement de l'Aquitanien

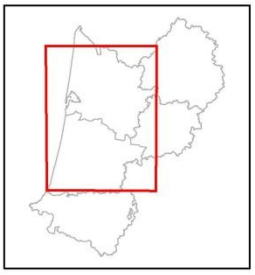
Bichot F. et Louis J.P. (1999) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine - Année 3 - Evaluation des ressources - Modélisation des aquifères du Miocène, receuil et synthèse de données - Rapport BRGM R 40728

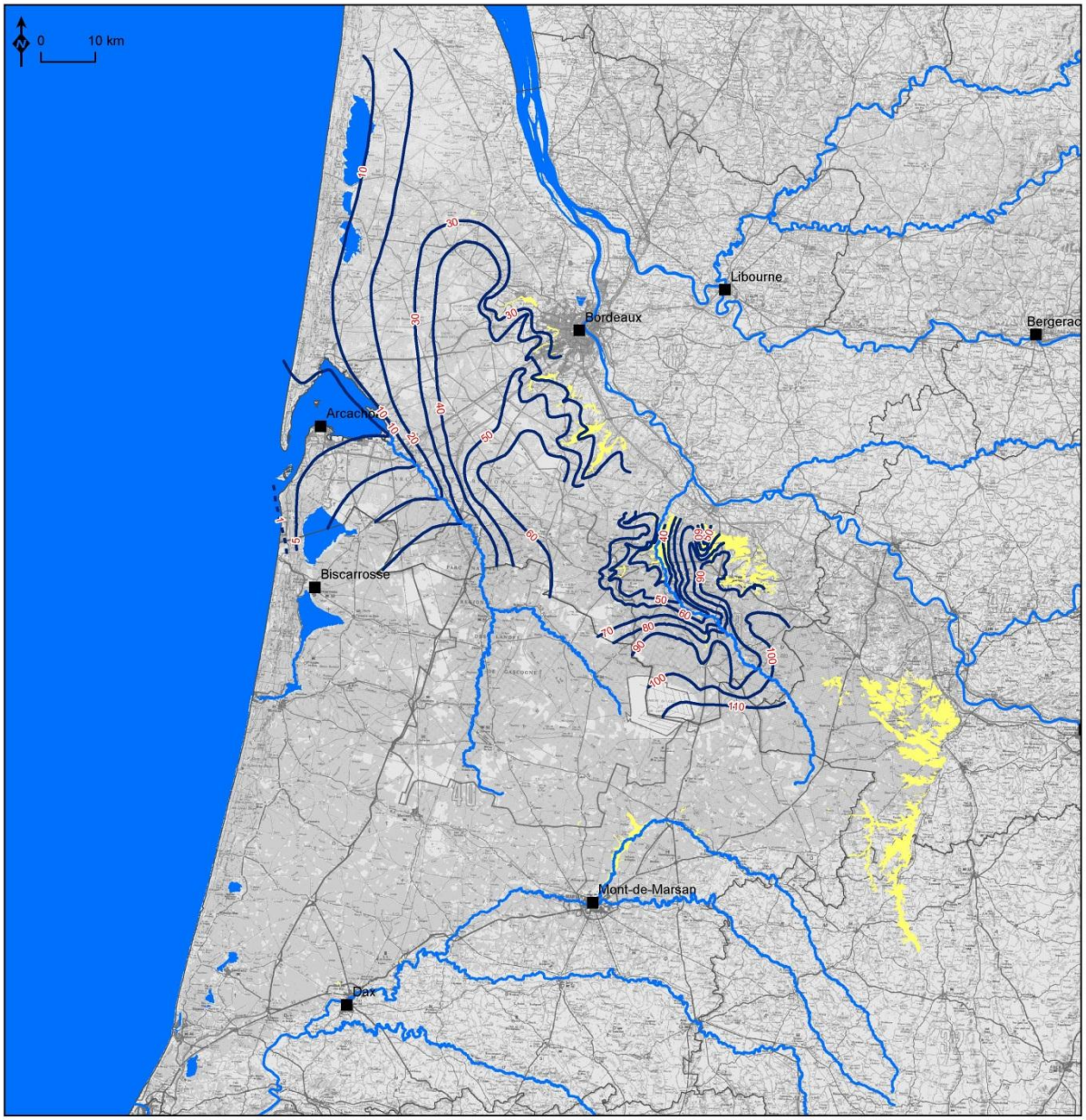
Géosciences pour une Terre durable
brgm

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Miocène Aquitanien

Année : 2005





Codes géologiques :

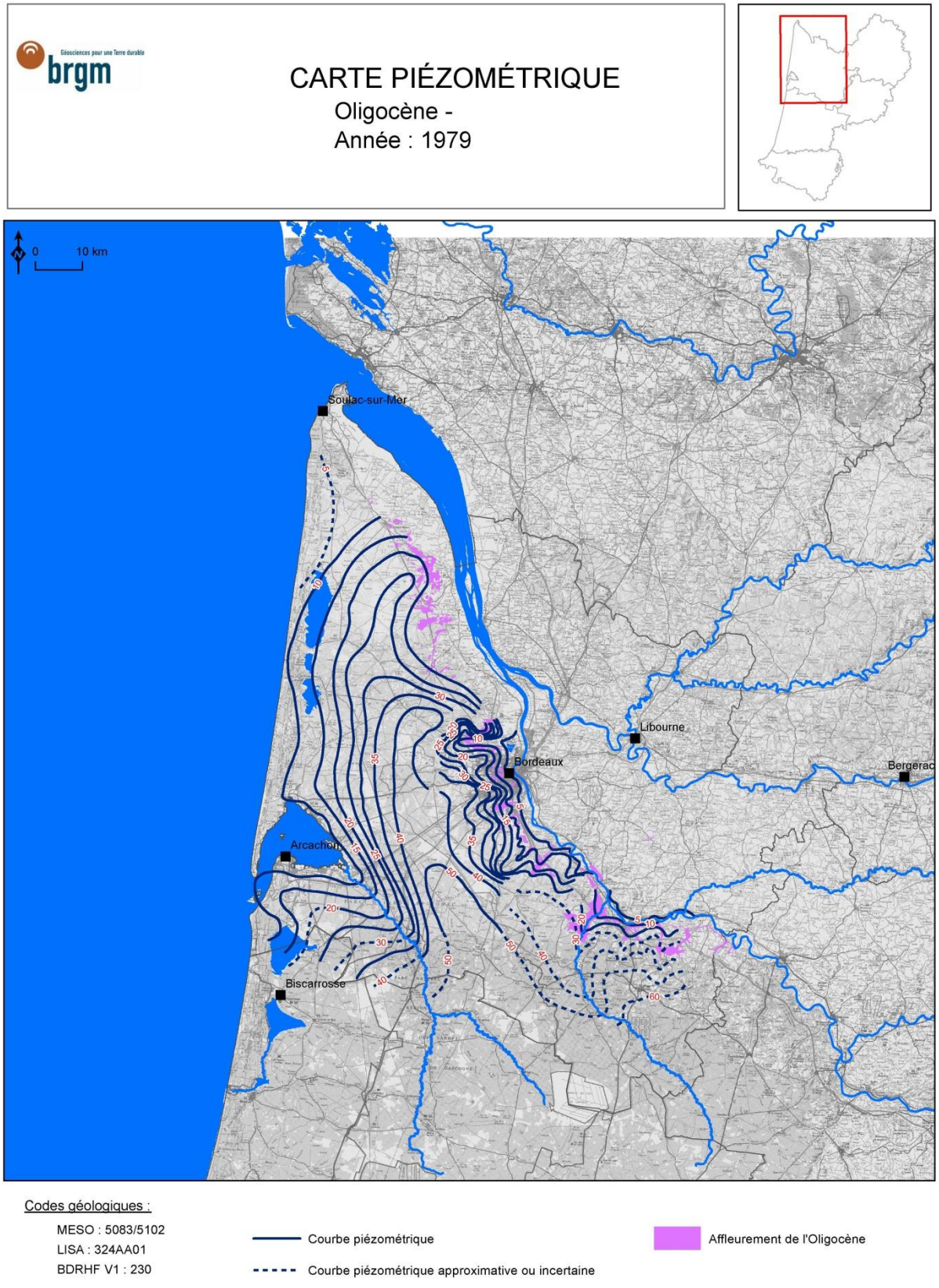
MESO : 5070/5103
LISA : 320AA01
BDRHF V1 : 235

Courbe piézométrique

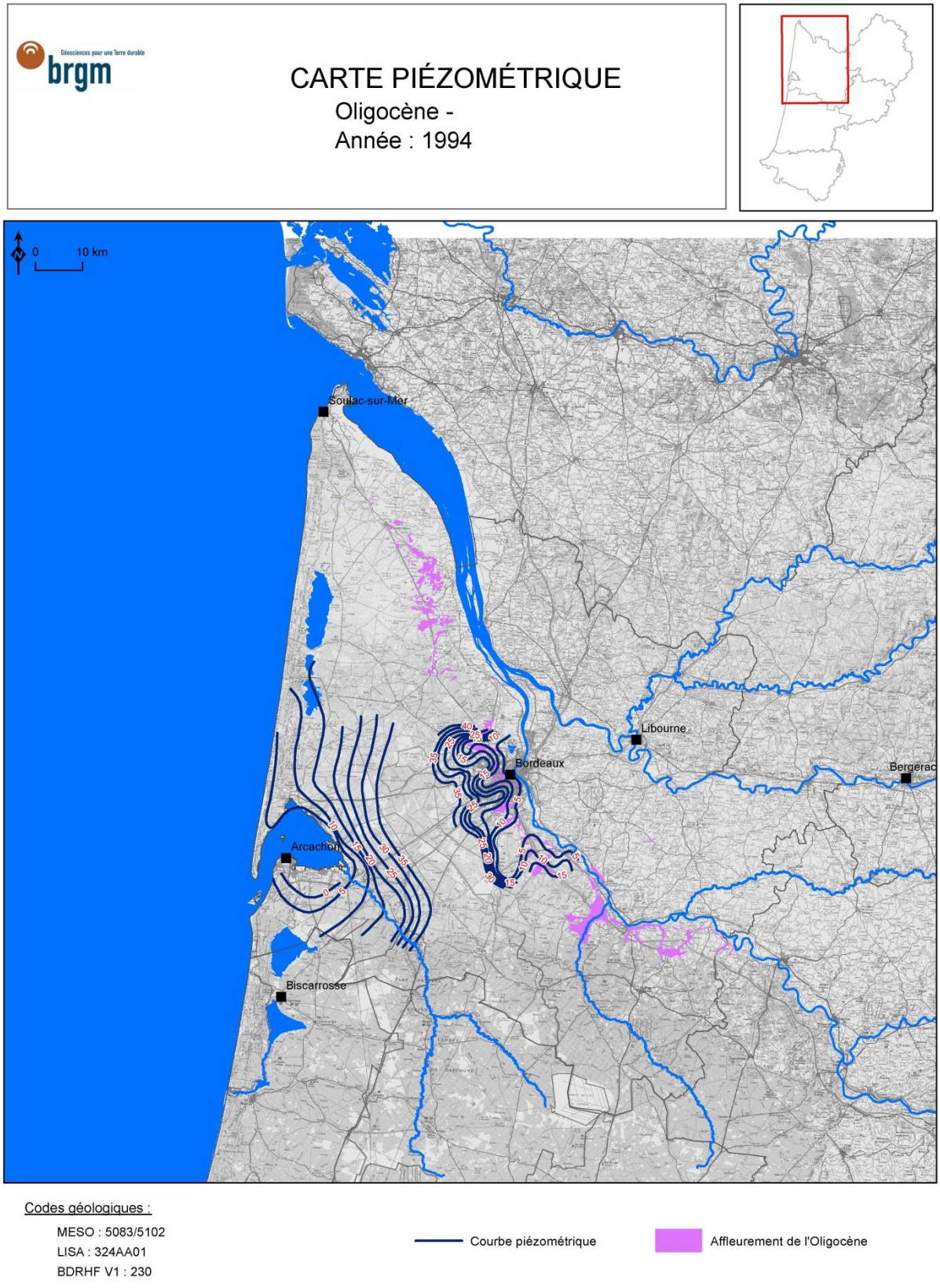
Courbe piézométrique approximative ou incertaine

Affleurement de l'Aquitanien

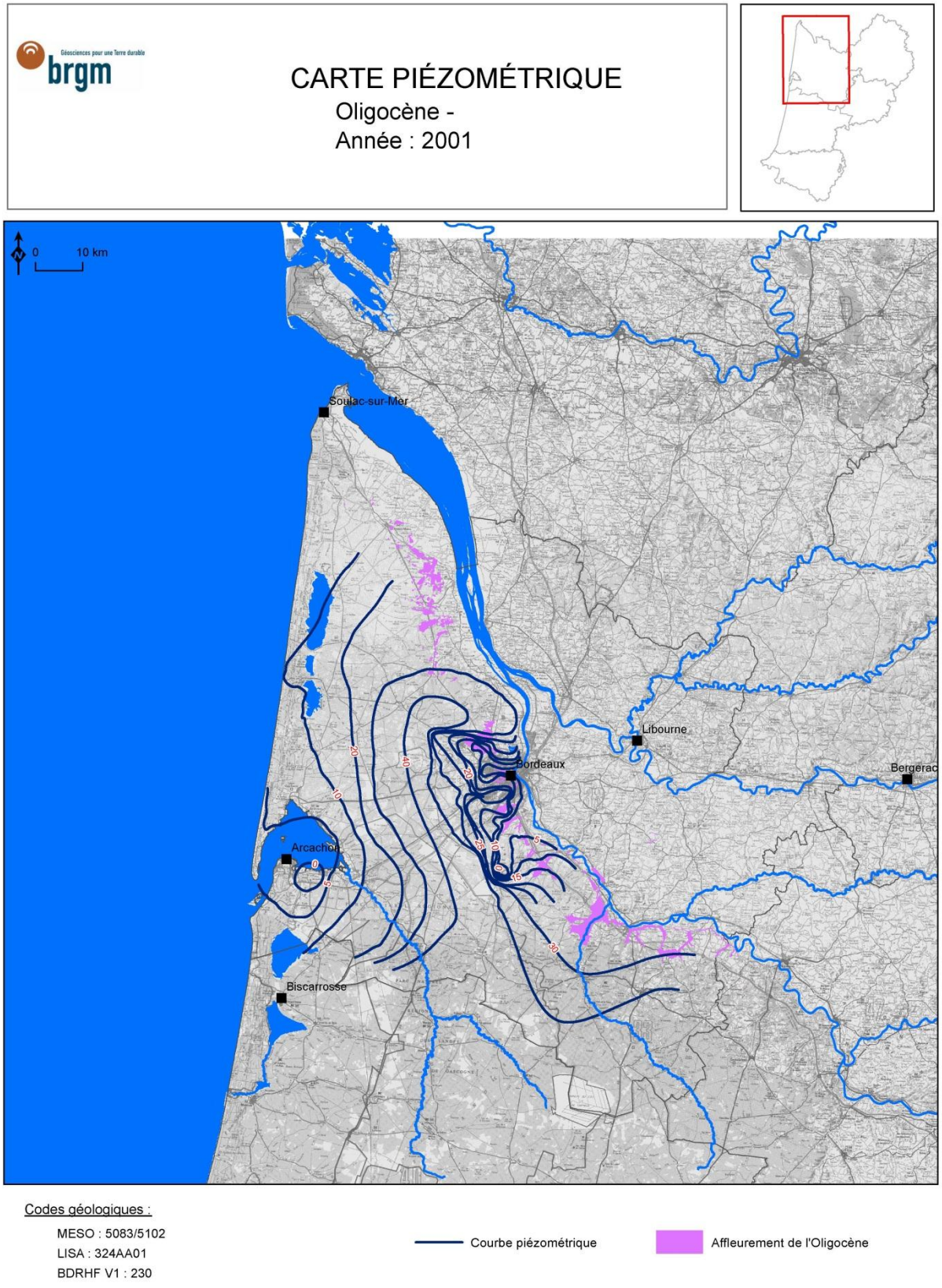
Winckel A., Abou Akar A., Caperan F., Baudry D., Mazurier C., Mauroux B., Dubreuilh J., Benhammouda S. et Dufour P. (2007) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde - Etat des connaissances à fin 2005 - BRGM RP 54994 FR



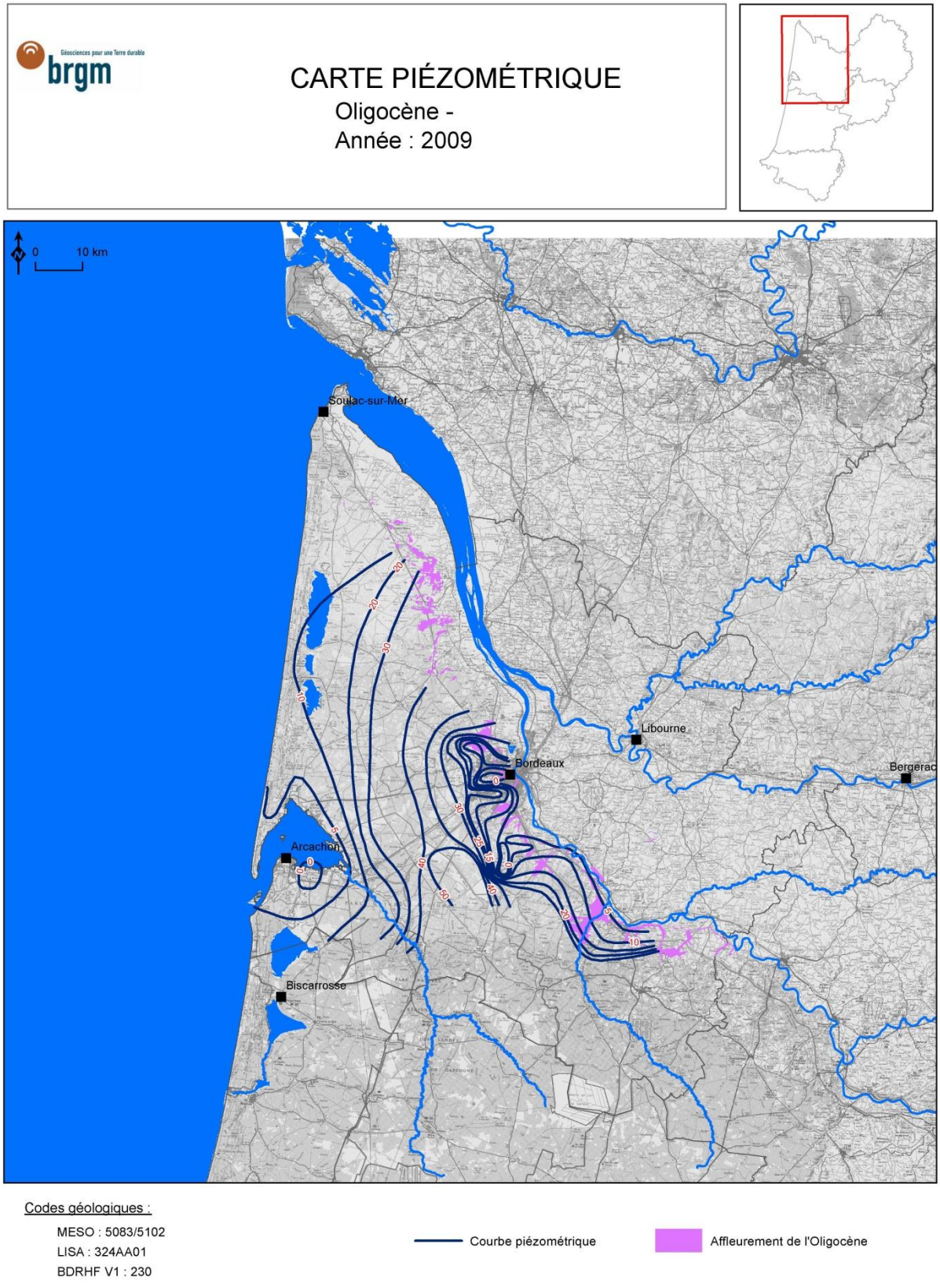
Auriol J., Bellegard R., Bonnery H. et Hosteins L. (1979) - Gestion des nappes en Aquitaine - Compte rendu annuel de surveillance 1979 - Nappes des sables éocènes en Gironde et des calcaires oligocènes en rive gauche de la Gironde-Garonne - Rapport BRGM



Bonnery H. et Sourisseau B. (1995) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 1993) - Rapport BRGM RR 38150 FR



Mazurier C., Mauroux B., Pedron N. et Dubreuilh J. (2002) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 2001) - Rapport BRGM RP 51840 FR

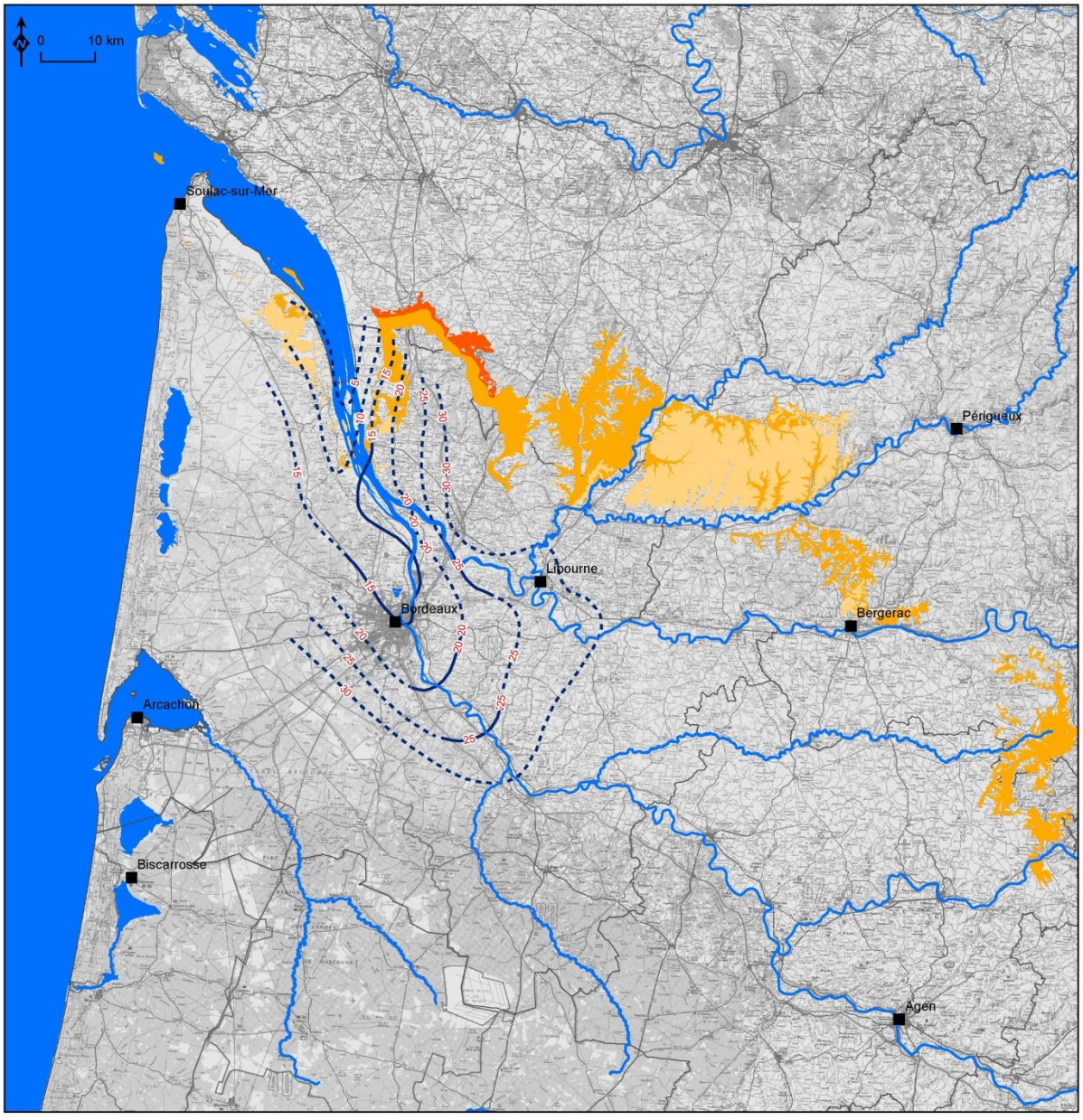


Corbier P., Abou Akar A., Mazurier C. et Platel J.P. (2010) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 2009) - Rapport BRGM RP 59202 FR

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Éocène Inférieur à moyen

Année : 1870-1900



Codes géologiques :

MESO : 5071

LISA : 328

BDRHF V1 : 214/125a0

Courbe piézométrique

Courbe piézométrique approximative ou incertaine

Affleurement :

Eocène inférieur

Eocène moyen

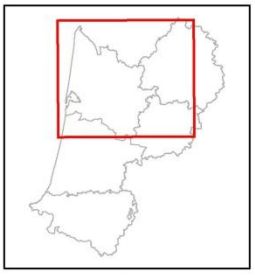
Eocène supérieur

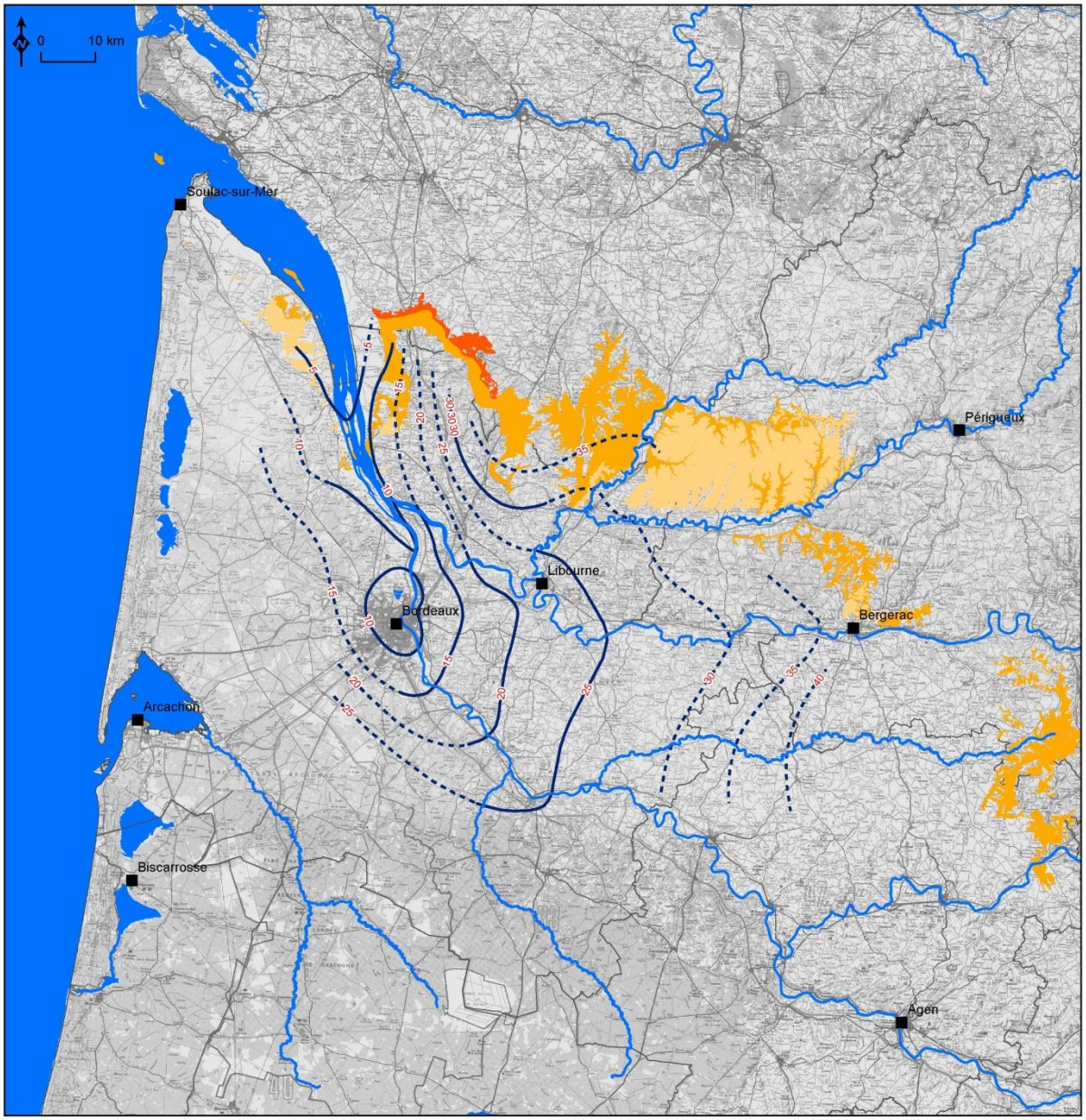
Bellegarde R. (1969) - Historique de la piézométrie de la nappe des sables éocènes en Gironde - Rapport BRGM 69 SGN 144 AQI

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Éocène Inférieur à moyen

Année : 1940-1950





Codes géologiques :

MESO : 5071
LISA : 328
BDRHF V1 : 214/125a0

Courbe piézométrique

Courbe piézométrique approximative ou incertaine

Affleurement :

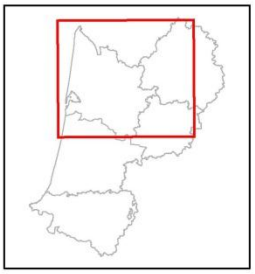
Eocène inférieur
Eocène moyen
Eocène supérieur

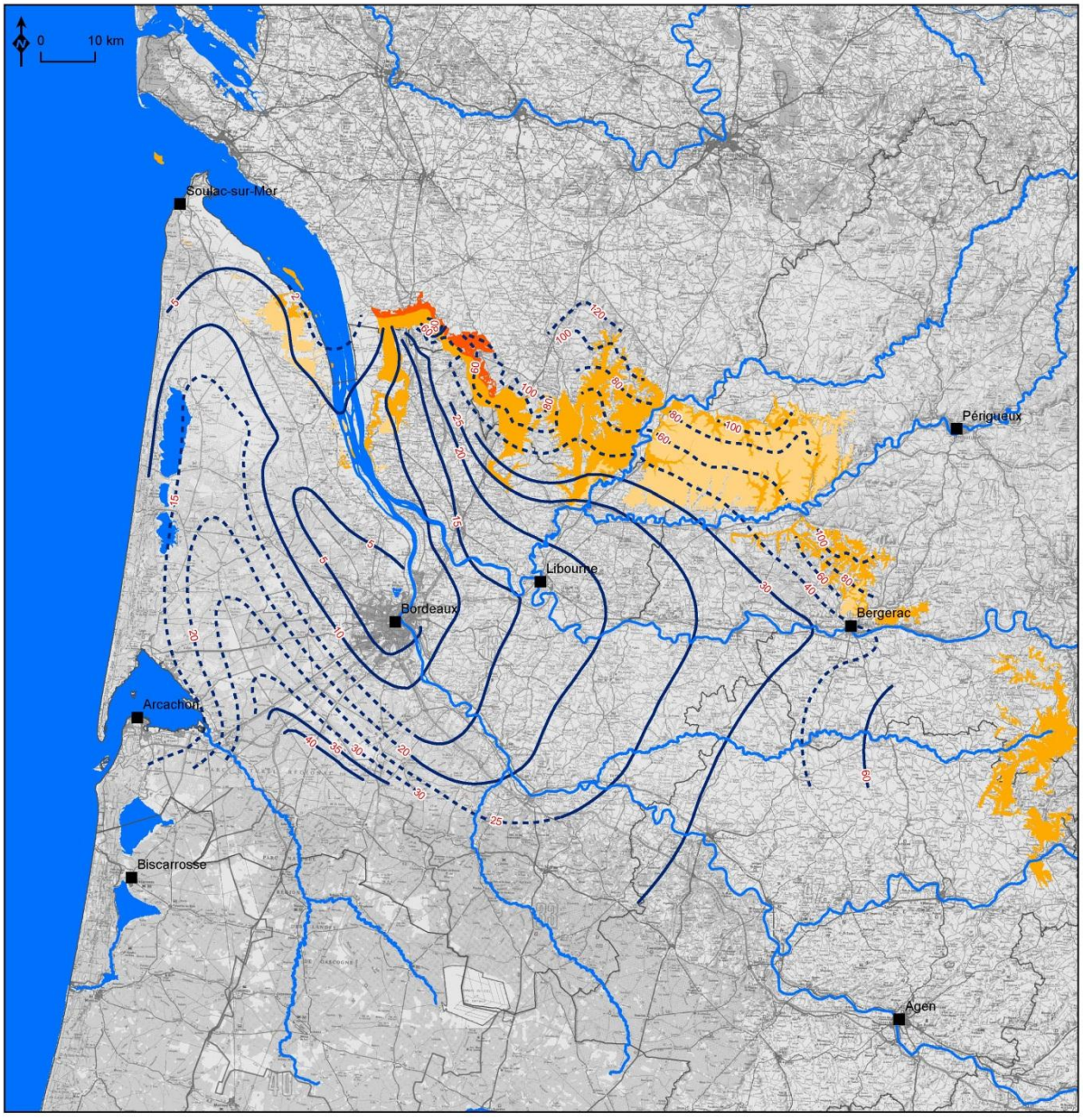
Bellegarde R. (1969) - Historique de la piézométrie de la nappe des sables éocènes en Gironde - Rapport BRGM 69 SGN 144 AQI

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Éocène Inférieur à moyen

Année : 1965





Codes géologiques :

MESO : 5101/5071

LISA : 328

BDRHF V1 : 127a2/214/125a0

Courbe piézométrique

Courbe piézométrique approximative ou incertaine

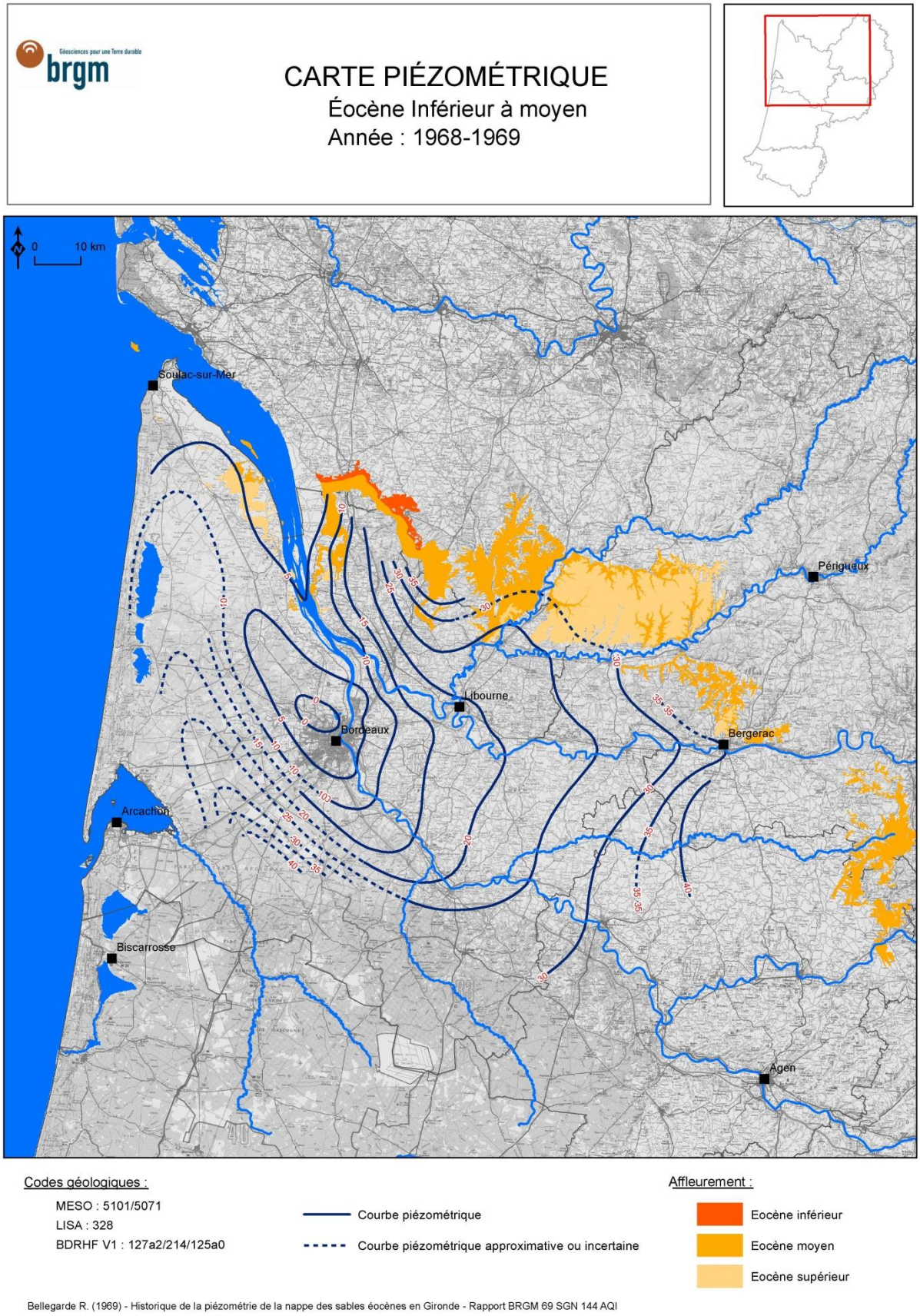
Affleurement :

Eocène inférieur

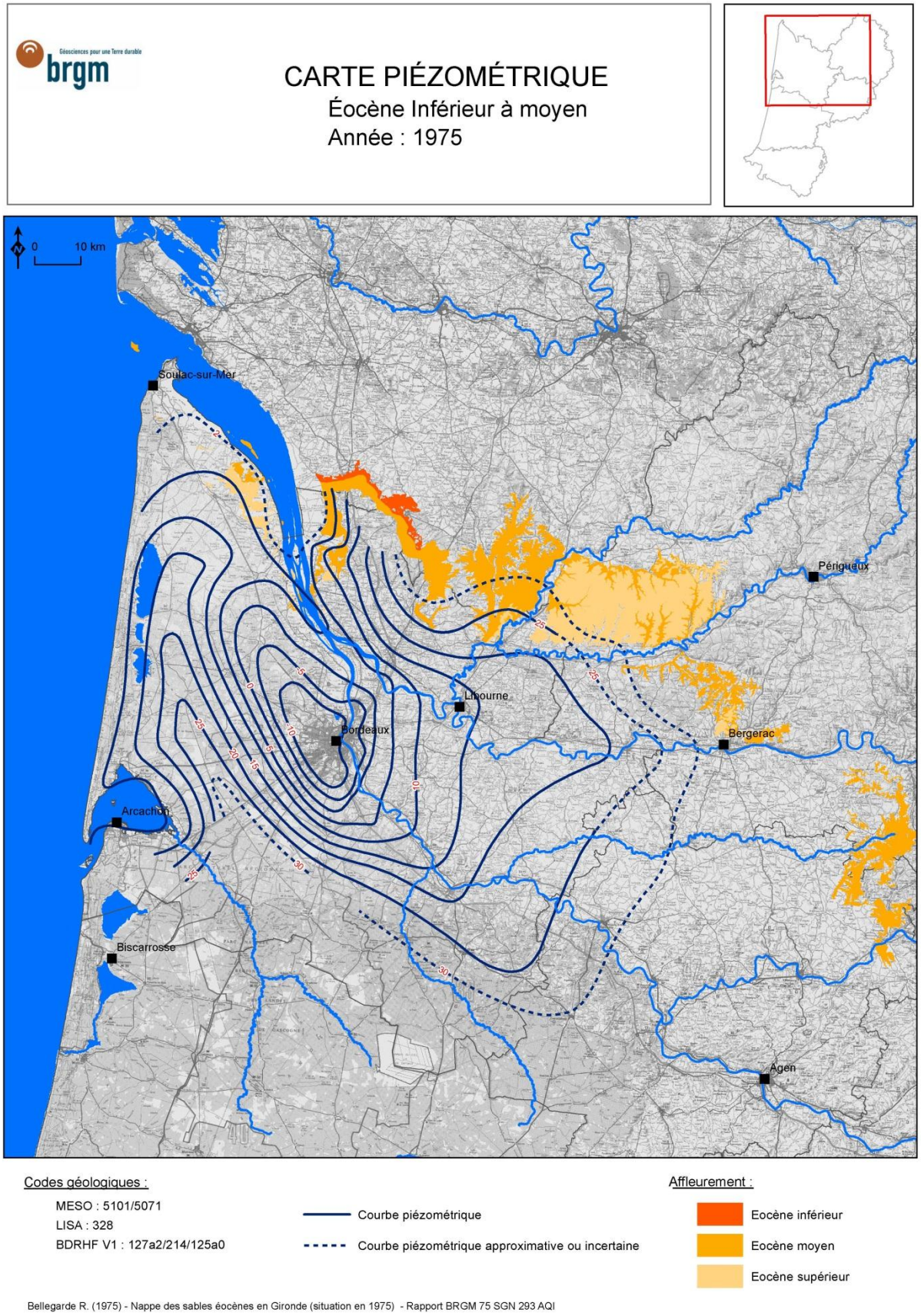
Eocène moyen

Eocène supérieur

Bonnery H. et Sourisseau B. (1988) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 1987) - Rapport BRGM 88 SGN 668 AQI d'apres Bellegarde R. (1969) - Historique de la nappe des sables Eocènes en Gironde - Rapport BRGM 69 S



Bellegarde R. (1969) - Historique de la piézométrie de la nappe des sables éocènes en Gironde - Rapport BRGM 69 SGN 144 AQI

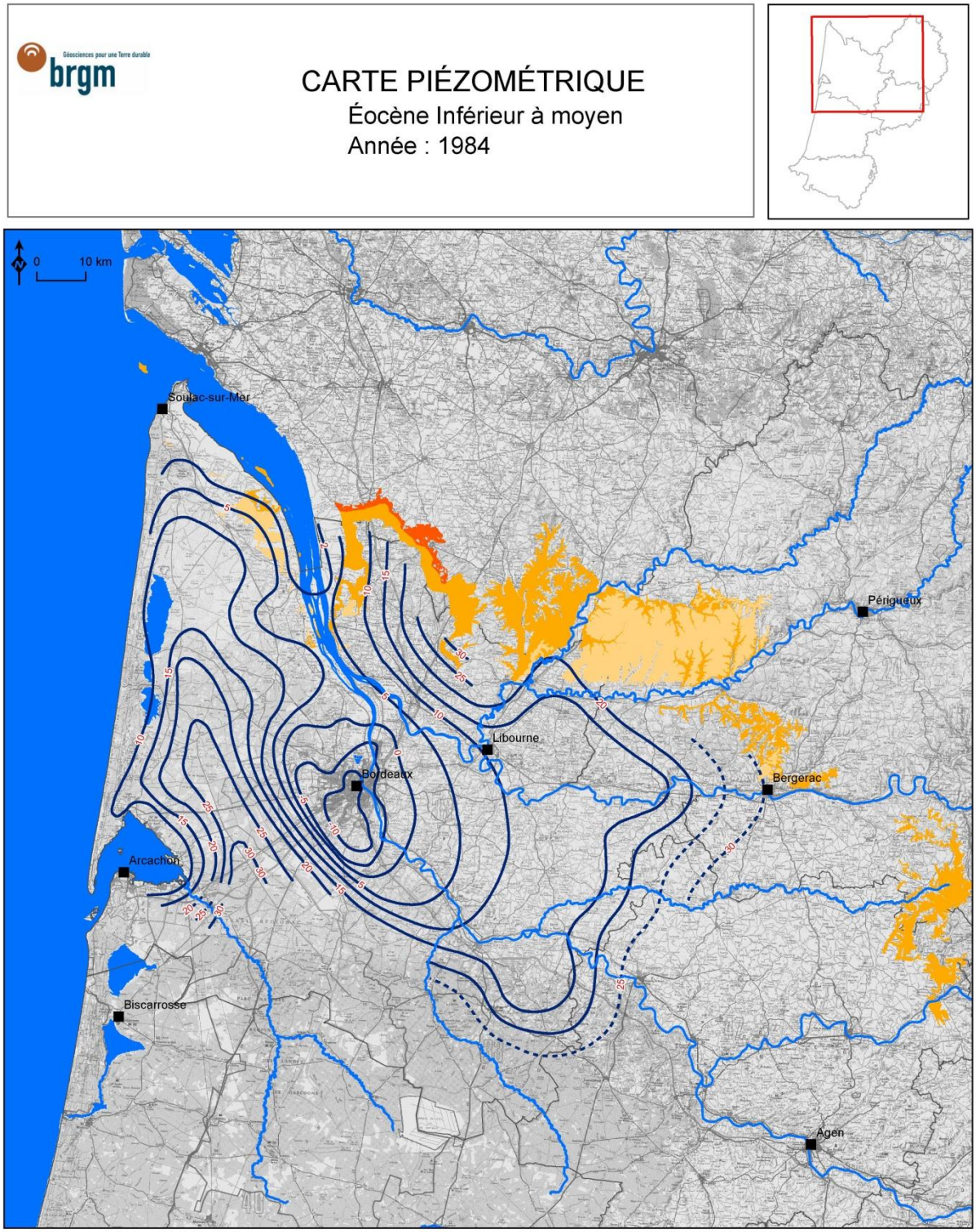


Bellegarde R. (1975) - Nappe des sables éocènes en Gironde (situation en 1975) - Rapport BRGM 75 SGN 293 AQI

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Éocène Inférieur à moyen

Année : 1984



Codes géologiques :

MESO : 5101/5071

LISA : 328

BDRHF V1 : 127a2/214/125a0

Courbe piézométrique

Courbe piézométrique approximative ou incertaine

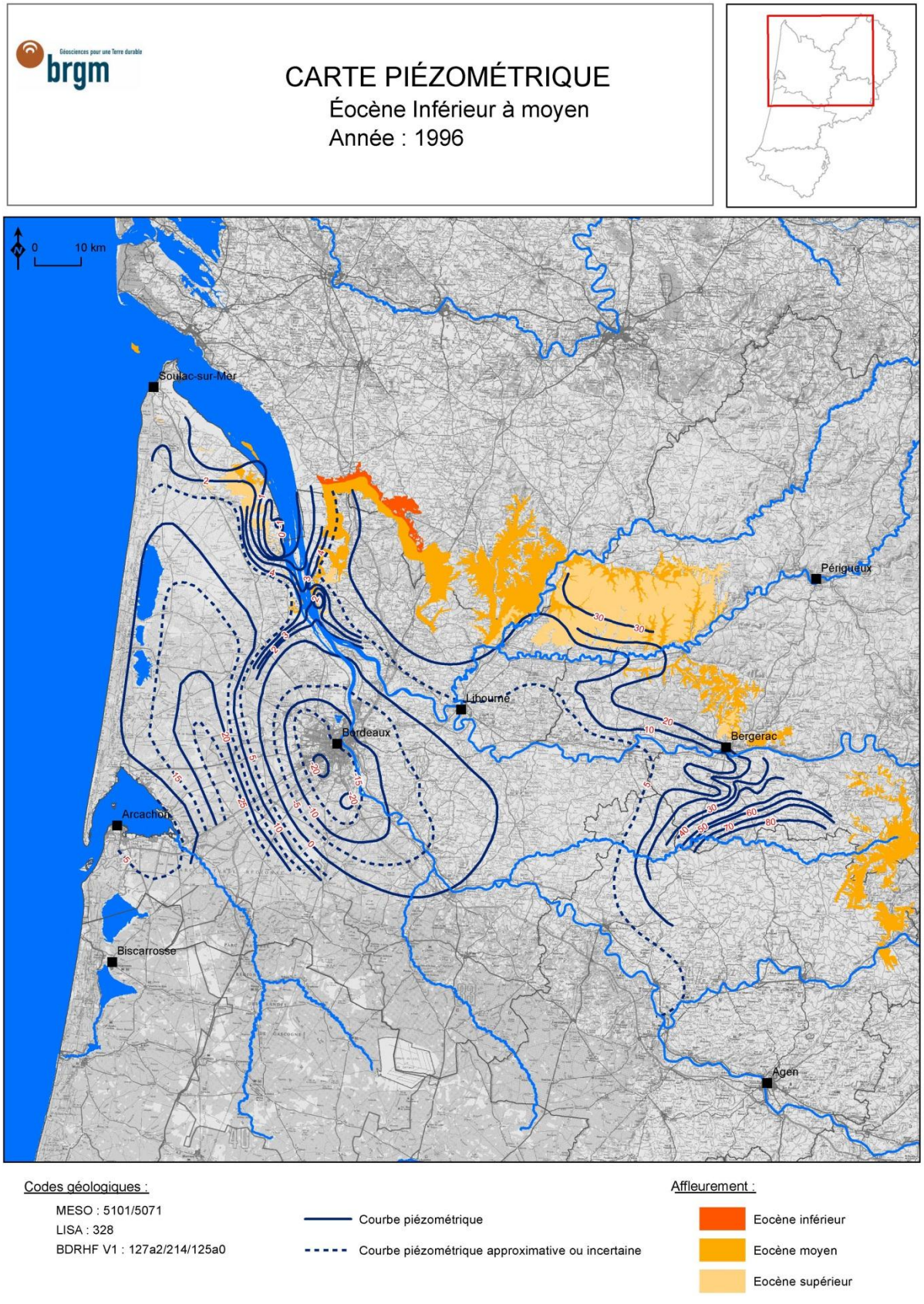
Affleurement :

Eocène inférieur

Eocène moyen

Eocène supérieur

Bonnery H., Chamayou J. et Hostens L. (1984) - Gestion des nappes profondes en Gironde- Rapport BRGM 84 AGI 392 AQI



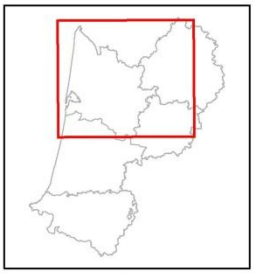
Bichot F., Alexandre A. et Baraton .A (2001) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine, Année 5 - Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines - Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine -Rapport BRGM RP 51175 FR

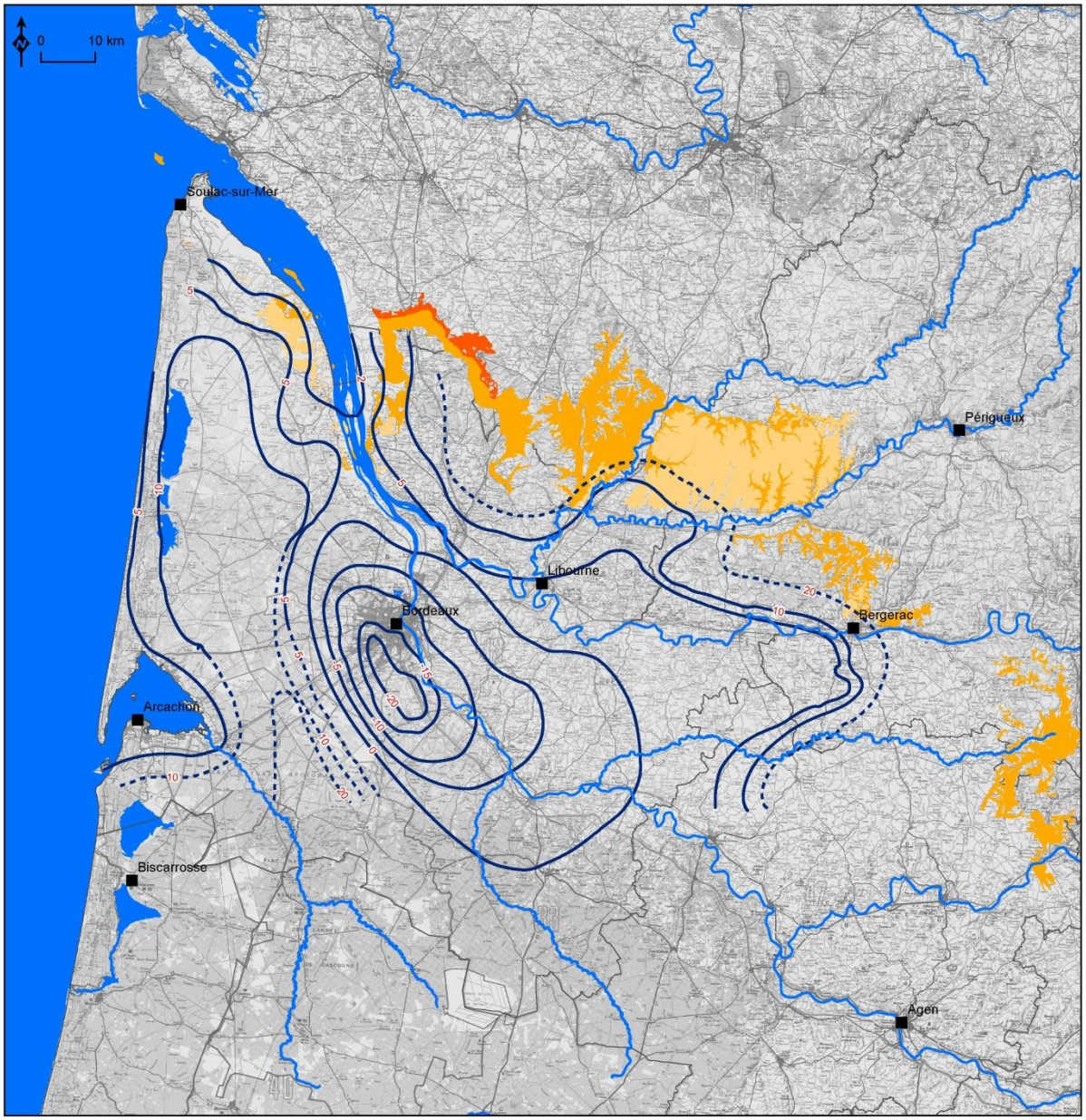
brgm
Géosciences pour une Terre durable

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

Éocène Inférieur à moyen

Année : 2000





Codes géologiques :

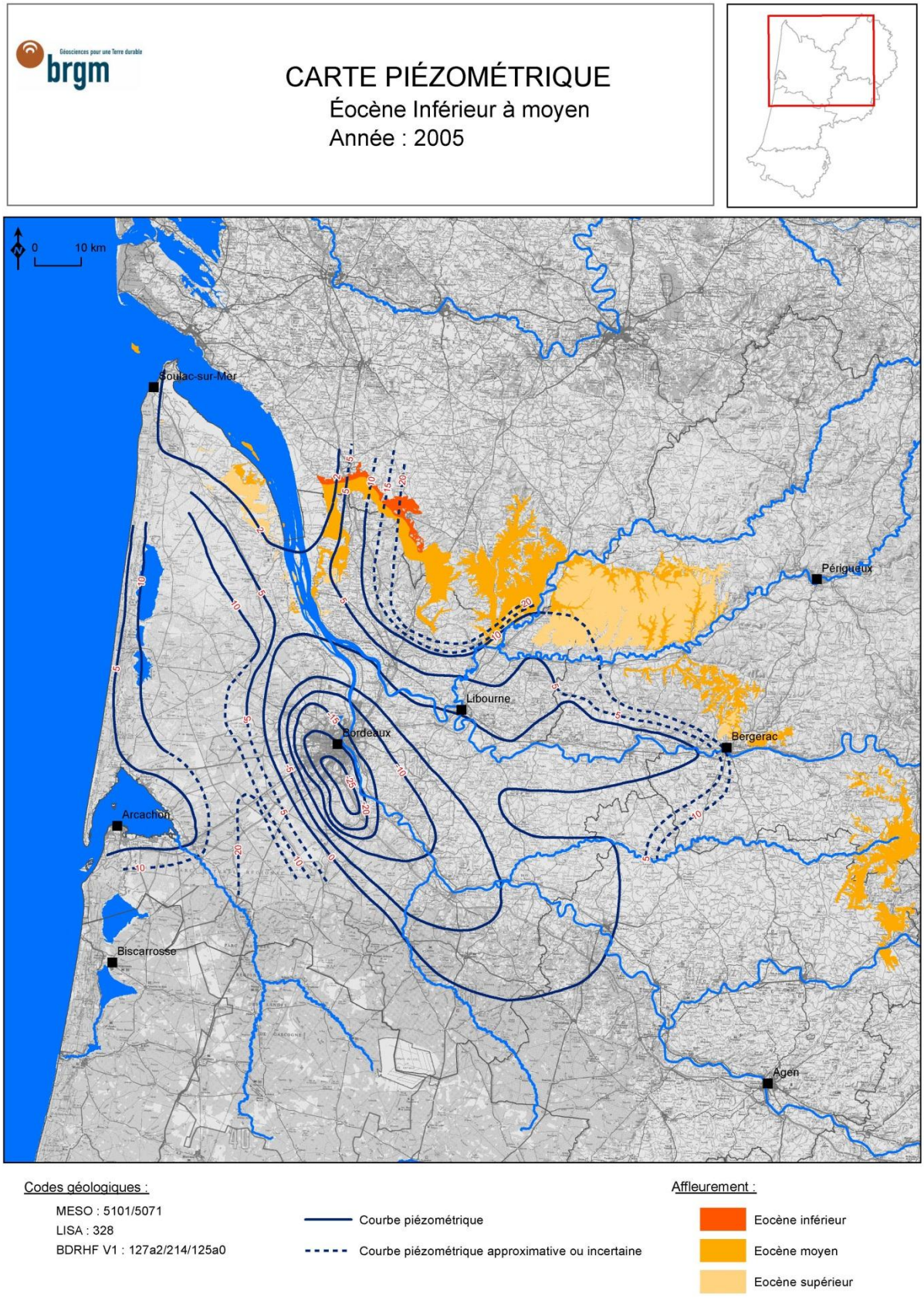
MESO : 5101/5071
LISA : 328
BDRHF V1 : 125a0/214

Courbe piézométrique
Courbe piézométrique approximative ou incertaine

Affleurement :

Eocène inférieur
Eocène moyen
Eocène supérieur

Schnebelen N., Platel J.P., Petelet Giraud E., Dubreuilh J., Benhammouda S. et Dufour P. (2002) - Gestion des eaux souterraines en Aquitaine, Année 5 - Opération sectorielle : Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène - Réalisati*



Winckel A., Abou Akar A., Caperan F., Baudry D., Mazurier C., Mauroux B., et Dubreuilh J. (2007) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde (état fin 2005) - Rapport BRGM RP 54994 FR

Annexe 2

Campagne de mesure sur la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers – Fiches des 84 points de mesure

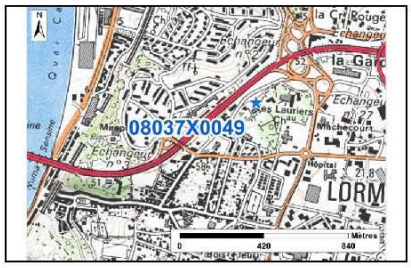
N°BSS : 08037X0049 **Département :** GIRONDE (33)

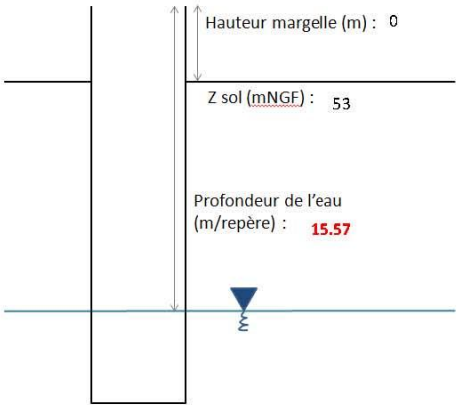
Commune : LORMONT
Lieu-dit : CHATEAU LES LAURIERS

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
374 210.90 | 1 990 935.74
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.520634| 44.882176

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 37.43





Commentaires :

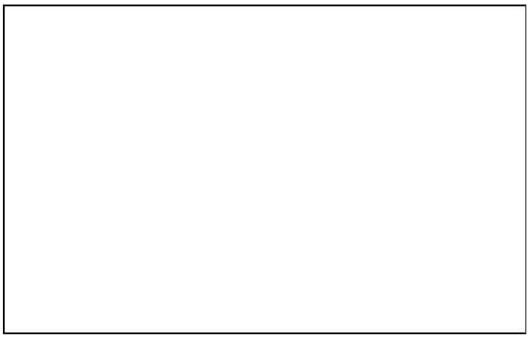
N°BSS : 08037X0177 **Département :** GIRONDE (33)

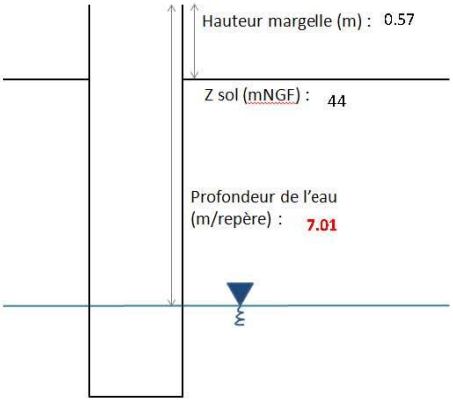
Commune : ARTIGUES-PRES-BORDEAUX
Lieu-dit : LES ORMEAUX

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
375 559.04 | 1 989 422.82
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.502898| 44.869016

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 37.56





Commentaires :

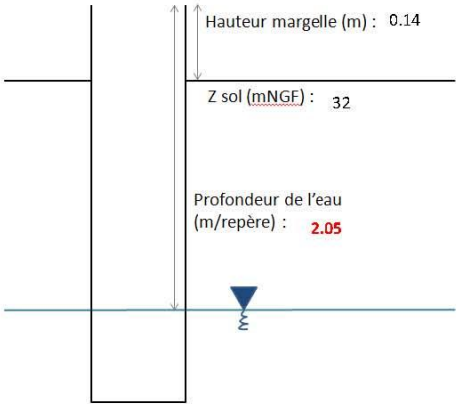
N°BSS : 08037X0272 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : LORMONT
Lieu-dit : L'ARCHEVEQUE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
375 180.90 | 1 990 664.02
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.508246| 44.88005

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/9/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 30.09



Commentaires :

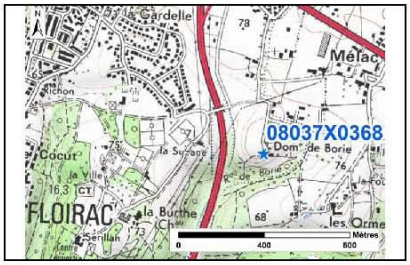
N°BSS : 08037X0368 **Département :** GIRONDE (33)

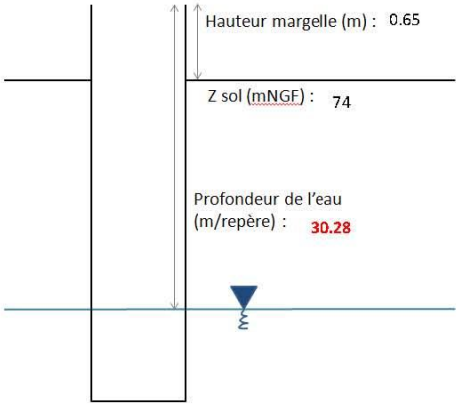
Commune : FLOIRAC
Lieu-dit : DOMAINE DE BORIS

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
375 842.96 | 1 985 620.51
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.497575| 44.834931

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 44.37





Commentaires :

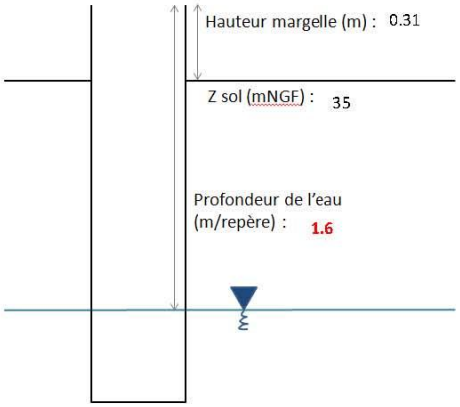
N°BSS : 08037X0899 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SAINTE-EULALIE
Lieu-dit : LES TROIS PORTES

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
378 542.48 | 1 993 627.87
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.467083| 44.907778

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 33.71



Commentaires :

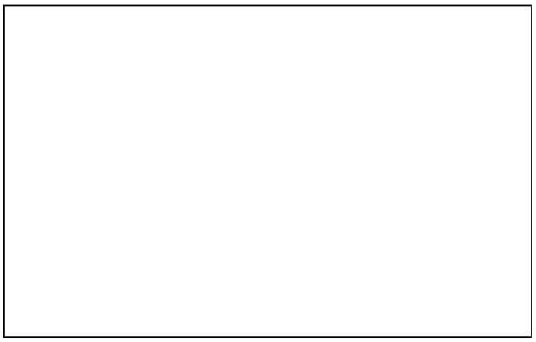
N°BSS : 08037X0900 **Département :** GIRONDE (33)

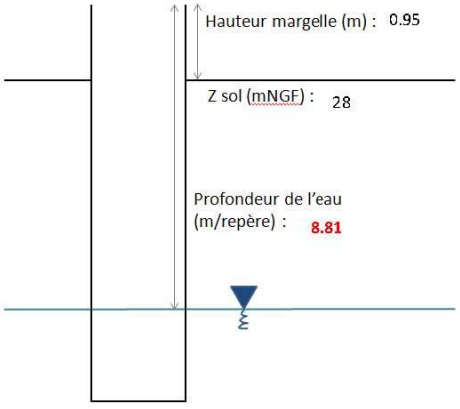
Commune : SAINTE-EULALIE
Lieu-dit : LA BREDE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 983.56 | 1 992 475.43
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.486278| 44.896917

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/9/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 20.14





Commentaires :

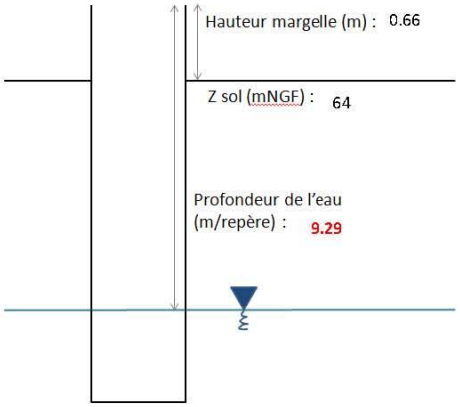
N°BSS : 08037X0901 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : TRESSES
Lieu-dit : AU NORD DE VIDEAU

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
378 343.80 | 1 986 768.47
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.4665 | 44.846056

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 55.37



Commentaires :

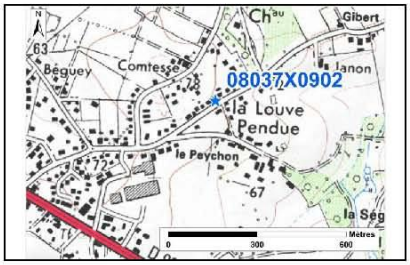
N°BSS : 08037X0902 **Département :** GIRONDE (33)

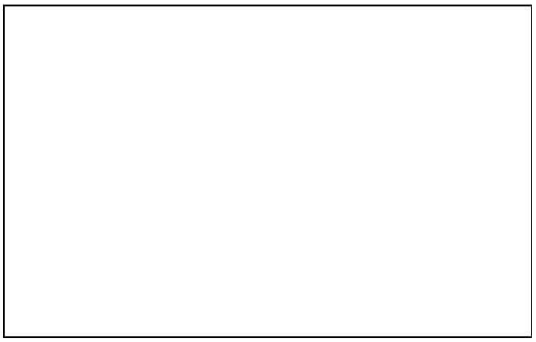
Commune : TRESSES
Lieu-dit : LA LOUVE PENDUE

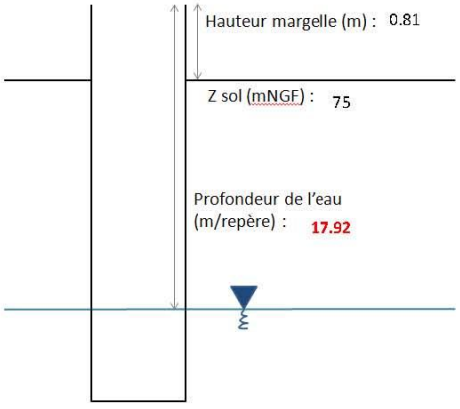
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 104.57 | 1 986 358.47
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.481972 | 44.841972

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 57.89







Commentaires :

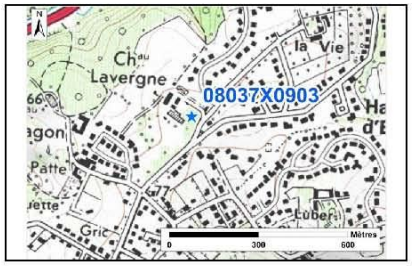
N°BSS : 08037X0903 **Département :** GIRONDE (33)

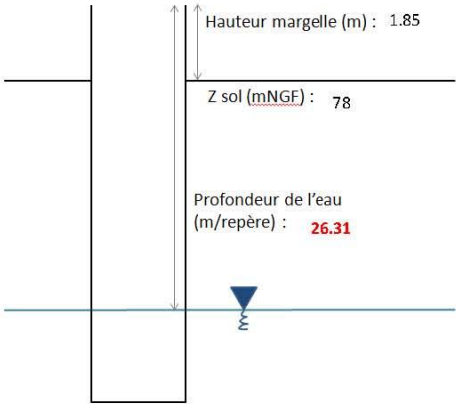
Commune : BOULIAC
Lieu-dit : CHATEAU LAVERGNE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
375 760.17 | 1 984 587.87
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.49815| 44.825622

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 53.54





Commentaires :

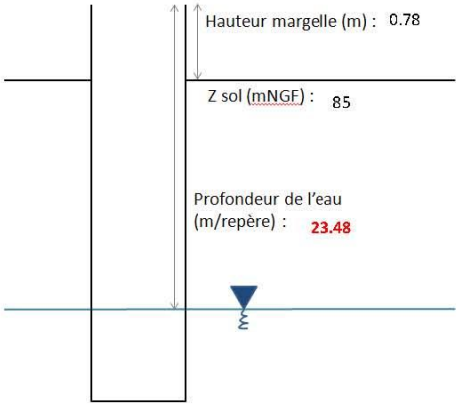
N°BSS : 08037X0904 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : TRESSES
Lieu-dit : MIRLANDE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
378 893.96 | 1 984 598.63
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.458573| 44.826728

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 62.3



Commentaires :

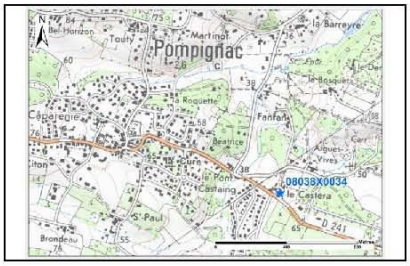
N°BSS : 08038X0034 **Département :** GIRONDE (33)

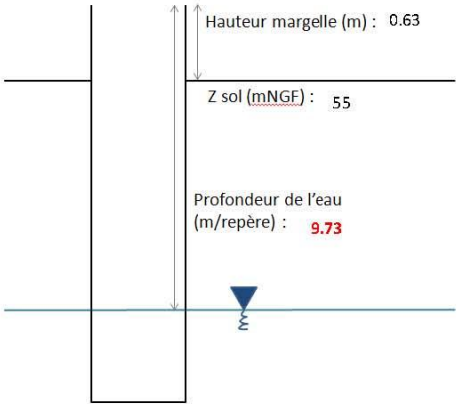
Commune : POMPIGNAC
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 507.88 | 1 986 942.02
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.426598| 44.848624

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 45.9





Commentaires :

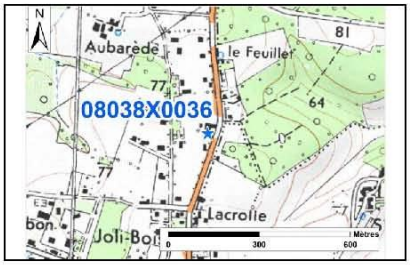
N°BSS : 08038X0036 **Département :** GIRONDE (33)

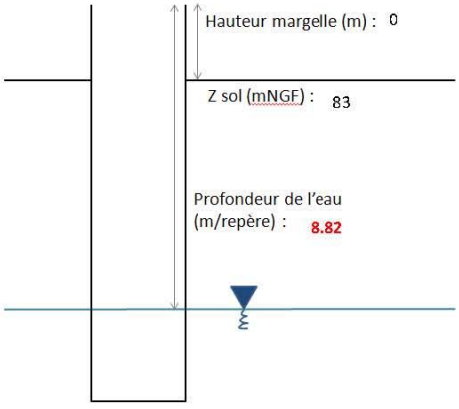
Commune : TRESSES
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 754.62 | 1 985 444.09
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.448081| 44.834602

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 74.18





Commentaires :

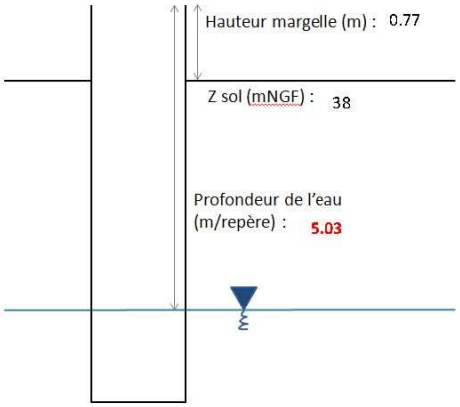
N°BSS : 08038X0039 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 249.64 | 1 986 594.39
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.366528| 44.846982

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 33.74



Commentaires :

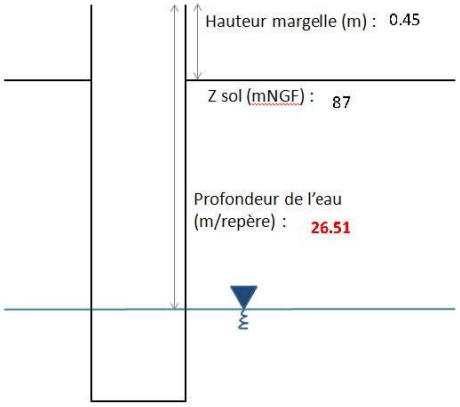
N°BSS : 08038X0055 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : POMPIGNAC
Lieu-dit : QUESSART

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 799.73 | 1 988 615.56
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.448931| 44.863125

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 60.94



Commentaires :

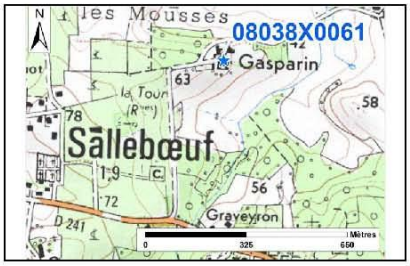
N°BSS : 08038X0061 **Département :** GIRONDE (33)

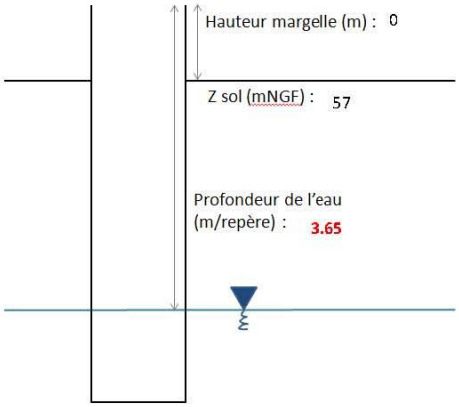
Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : L.D.GASPARIN

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 618.86 | 1 986 606.94
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.38714| 44.846588

Nappe captée :

Date de la mesure : 12:00:00 AM **Niveau piézométrique (m) :** 53.35





Commentaires :

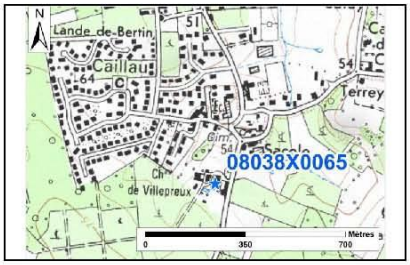
N°BSS : 08038X0065 **Département :** GIRONDE (33)

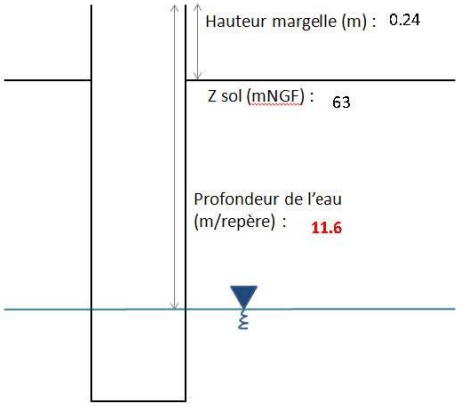
Commune : BEYCHAC-ET-CAILLAU
Lieu-dit : CHATEAU VILLEPREUX

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
385 863.02 | 1 988 876.08
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.372407| 44.867372

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 51.64





Commentaires :

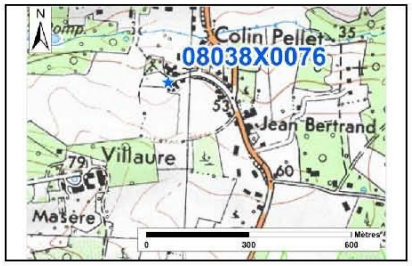
N°BSS : 08038X0076 **Département :** GIRONDE (33)

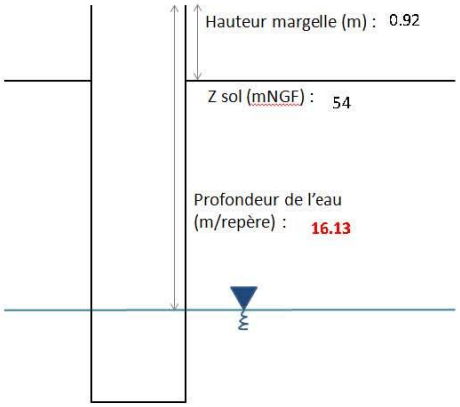
Commune : CAMARSAC
Lieu-dit : COLLIN PELLET

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 335.71 | 1 984 042.98
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.364332| 44.824073

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 38.79





Commentaires :

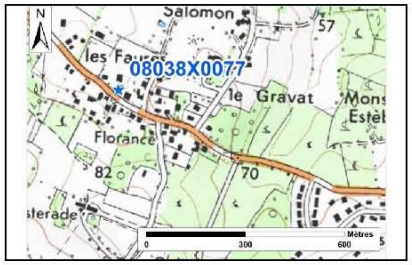
N°BSS : 08038X0077 **Département :** GIRONDE (33)

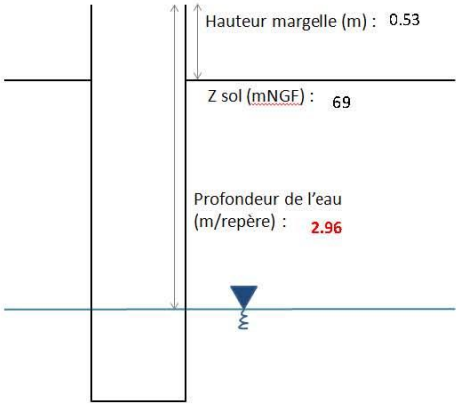
Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : LES FAURES

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
382 557.34 | 1 986 280.03
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.413044| 44.843004

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 66.57





Commentaires :

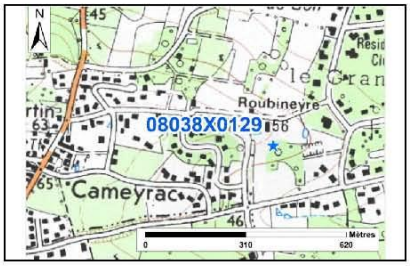
N°BSS : 08038X0129 **Département :** GIRONDE (33)

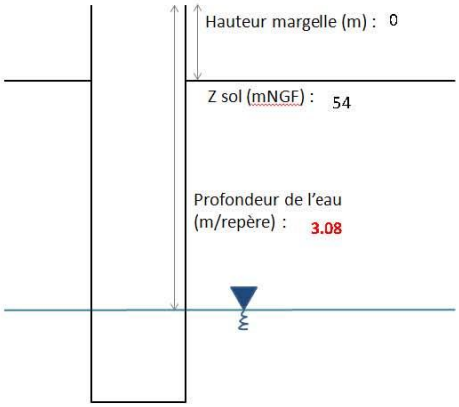
Commune : SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC
Lieu-dit : BERTIN

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 605.82 | 1 991 039.05
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.389248| 44.886425

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 50.92





Commentaires :

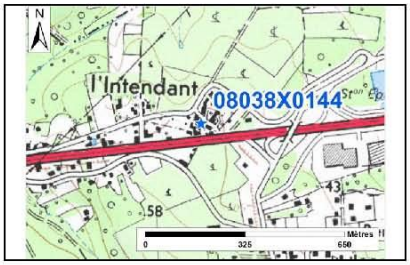
N°BSS : 08038X0144 **Département :** GIRONDE (33)

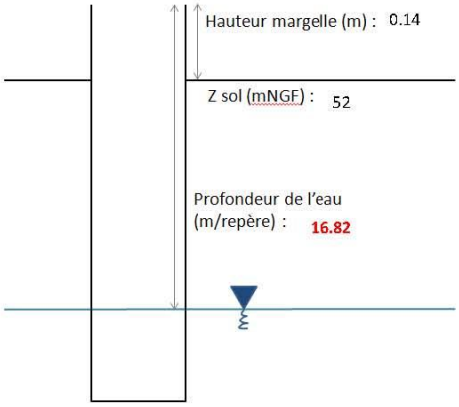
Commune : BEYCHAC-ET-CAILLAU
Lieu-dit : COMMUN DE L'INTENDANT

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
385 364.90 | 1 990 227.49
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.379294| 44.879366

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 35.32





Commentaires :

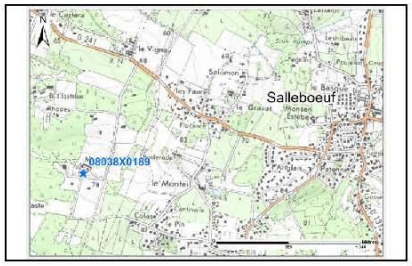
N°BSS : 08038X0189 **Département :** GIRONDE (33)

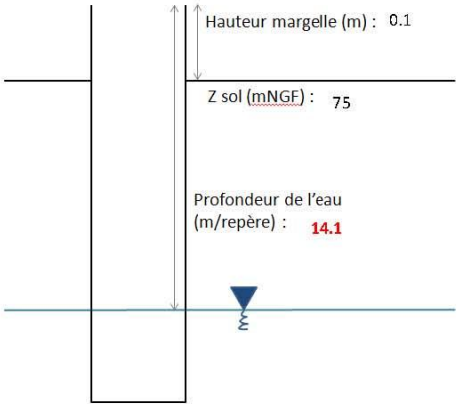
Commune : POMPIGNAC
Lieu-dit : L.D.MANIALE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 786.18 | 1 985 791.02
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.42257| 44.838365

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 61





Commentaires :

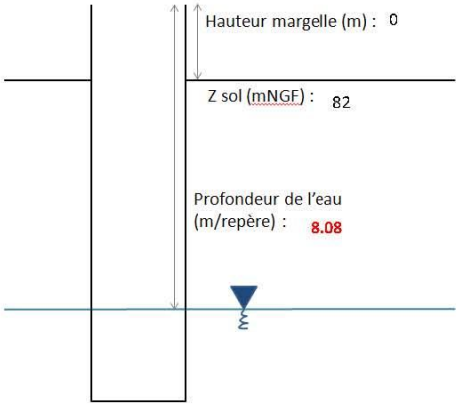
N°BSS : 08038X0208 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : M.LANNELUC

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 657.66 | 1 985 826.50
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.386308| 44.839585

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 73.92



Commentaires :

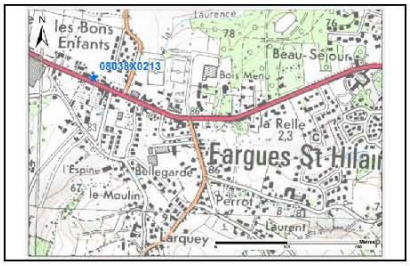
N°BSS : 08038X0213 **Département :** GIRONDE (33)

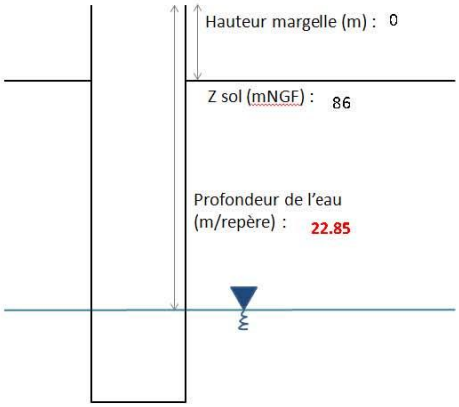
Commune : FARGUES-SAINT-HILAIRE
Lieu-dit : M.BERTHE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 522.86 | 1 984 423.95
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.450551| 44.825359

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 63.15





Commentaires :

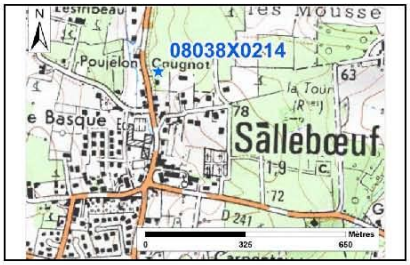
N°BSS : 08038X0214 **Département :** GIRONDE (33)

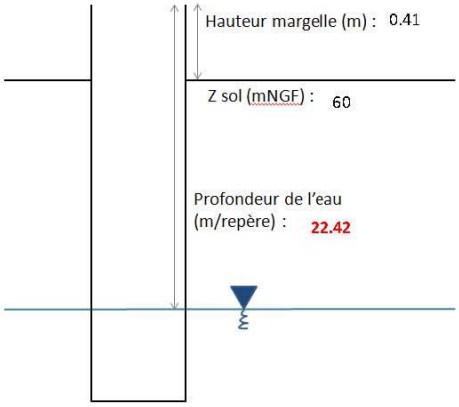
Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : M.GARNIER

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 868.42 | 1 986 558.10
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.3966 | 44.845915

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 37.99





Commentaires :

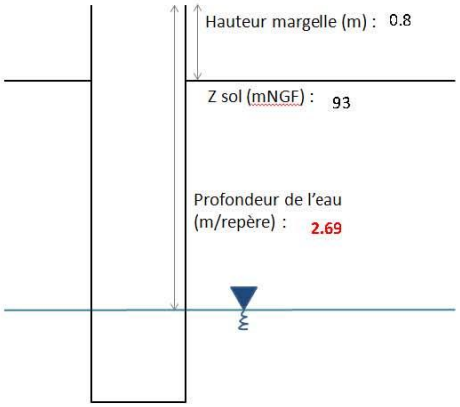
N°BSS : 08038X0215 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : CAMARSAC
Lieu-dit : M.CASTERAN

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 556.04 | 1 984 826.16
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.387153| 44.830561

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 91.11



Commentaires :

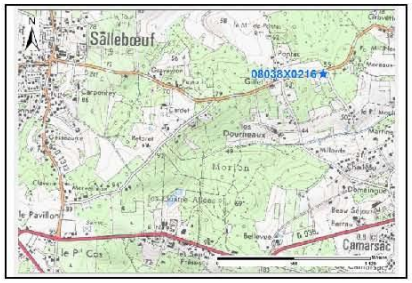
N°BSS : 08038X0216 **Département :** GIRONDE (33)

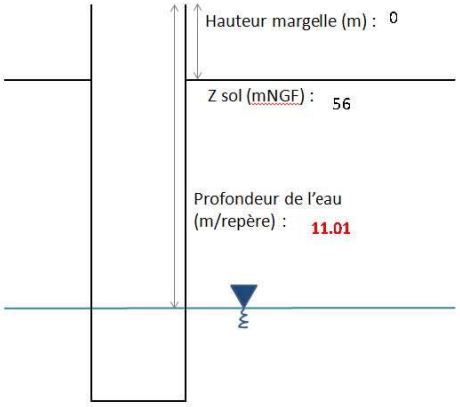
Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : M.G.GIGOU

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
385 818.64 | 1 986 084.81
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.371752| 44.842267

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 44.99





Commentaires :

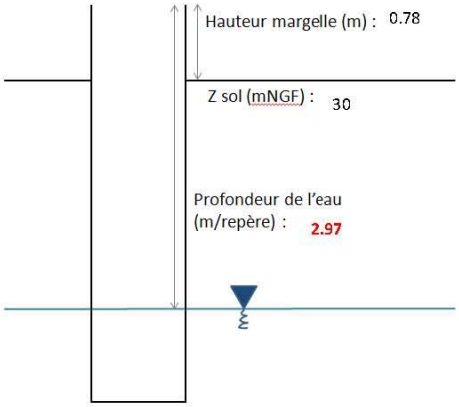
N°BSS : 08038X0277 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC
Lieu-dit : SABLOT

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 549.62 | 1 993 009.34
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.403472| 44.903806

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 27.81



Commentaires :

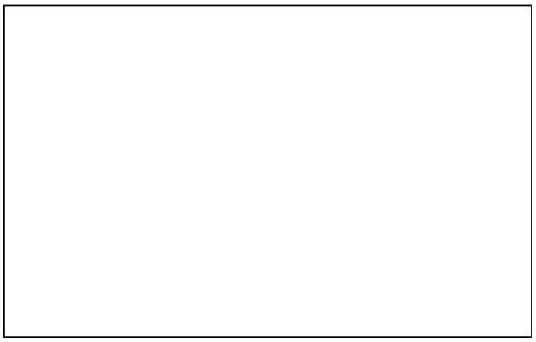
N°BSS : 08038X0278 **Département :** GIRONDE (33)

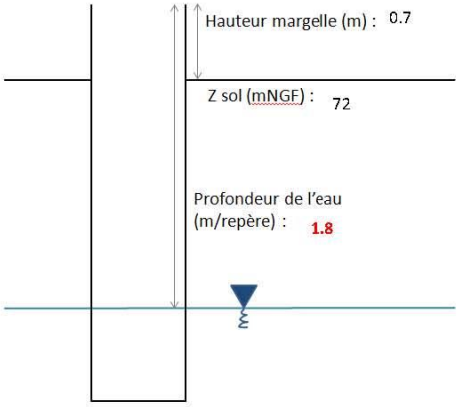
Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : LE ROUPIC

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 317.57 | 1 987 427.35
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.403944| 44.853556

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 70.9





Commentaires :

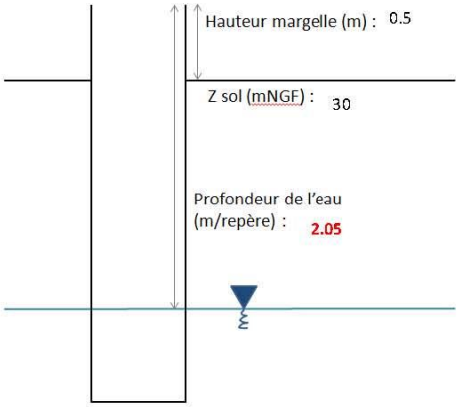
N°BSS : 08038X0279 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC
Lieu-dit : SABLOT

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 556.56 | 1 992 956.48
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.403361| 44.903333

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 28.45



Commentaires :

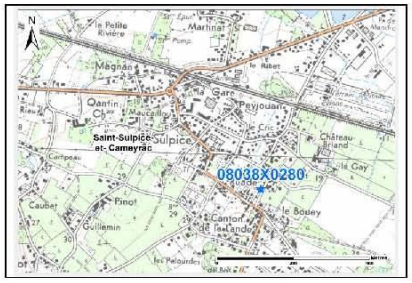
N°BSS : 08038X0280 **Département :** GIRONDE (33)

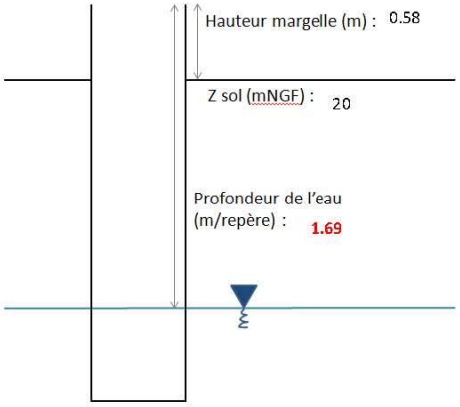
Commune : SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC
Lieu-dit : LA RUADE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 886.54 | 1 993 438.65
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.38675| 44.908083

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 18.89





Commentaires :

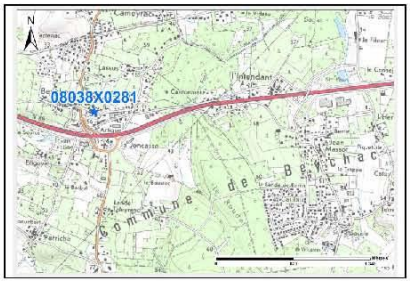
N°BSS : 08038X0281 **Département :** GIRONDE (33)

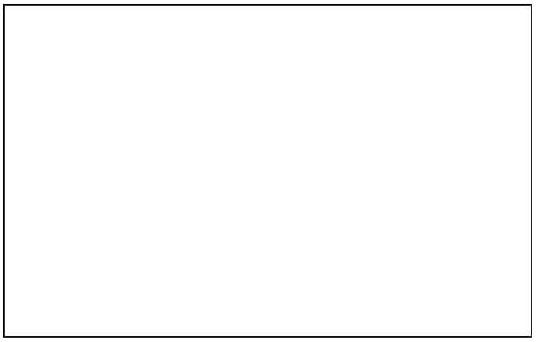
Commune : BEYCHAC-ET-CAILLAU
Lieu-dit : BLANQUINE

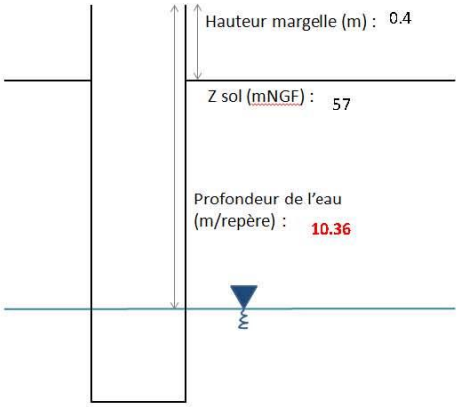
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 810.98 | 1 990 046.02
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.398861| 44.87725

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 47.04







Commentaires :

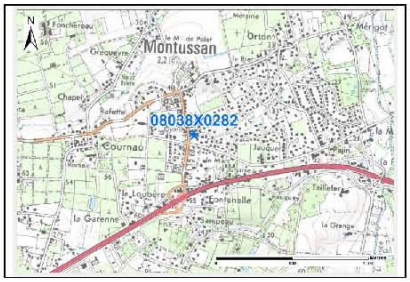
N°BSS : 08038X0282 **Département :** GIRONDE (33)

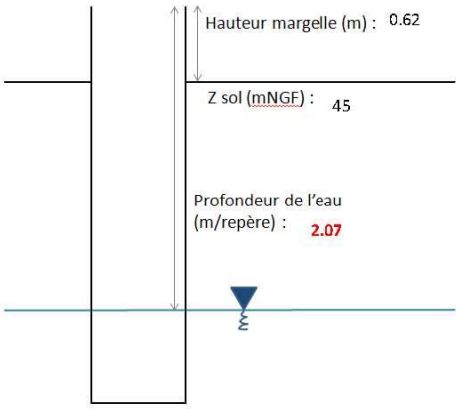
Commune : MONTUSSAN
Lieu-dit : CARSOULE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 608.29 | 1 990 388.87
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.426861| 44.879639

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 43.55





Commentaires :

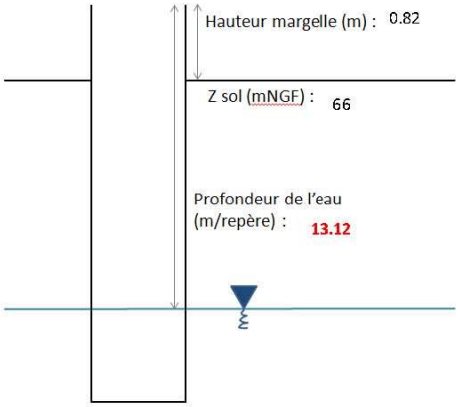
N°BSS : 08038X0283 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : POMPIGNAC
Lieu-dit : SARAIL

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 607.14 | 1 988 856.15
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.426194| 44.865861

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/10/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 53.7



Commentaires :

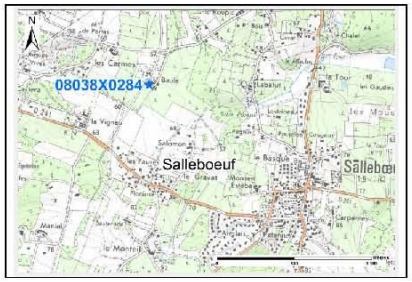
N°BSS : 08038X0284 **Département :** GIRONDE (33)

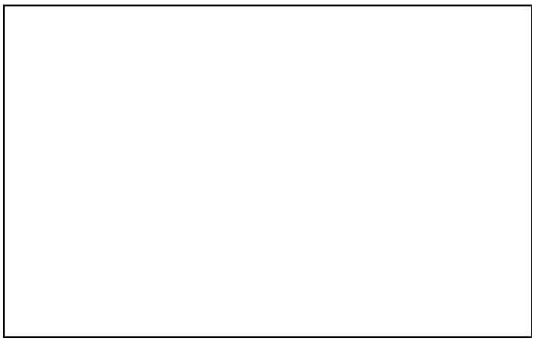
Commune : POMPIGNAC
Lieu-dit : BAULE

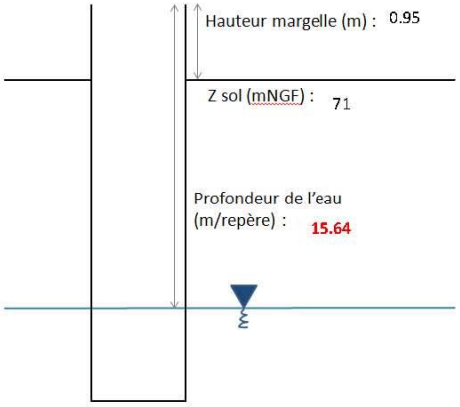
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
382 626.71 | 1 986 969.35
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.412472| 44.849222

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 56.31







Commentaires :

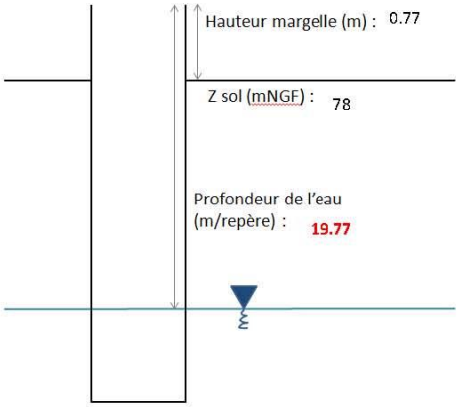
N°BSS : 08038X0285 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : VALADE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 929.18 | 1 987 757.59
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.383722| 44.857028

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 59



Commentaires :

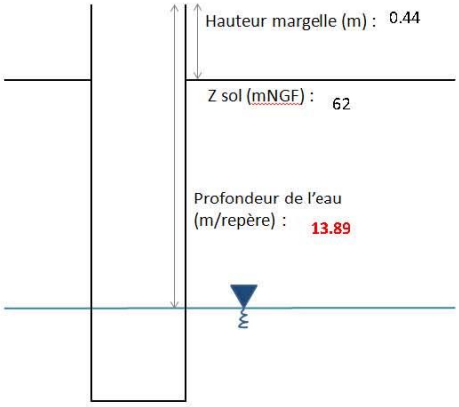
N°BSS : 08038X0286 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : BEYCHAC-ET-CAILLAU
Lieu-dit : LA LANDE DE BERTIN

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
385 294.78 | 1 989 623.75
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.379917| 44.873917

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 48.55



Commentaires :

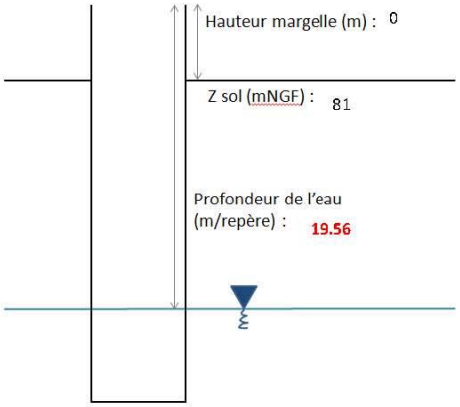
N°BSS : 08038X0287 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : CARDET

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 870.15 | 1 985 735.51
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.383583| 44.838833

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 61.44



Commentaires :

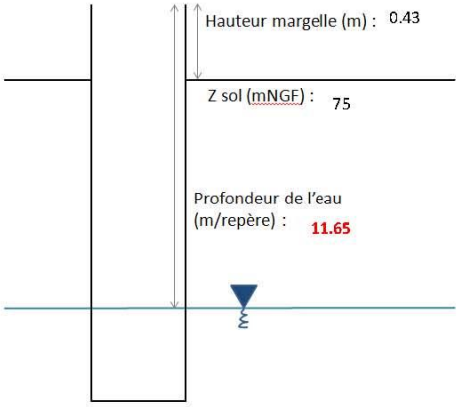
N°BSS : 08038X0288 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : FARGUES-SAINT-HILAIRE
Lieu-dit : POULET

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
380 854.11 | 1 983 807.63
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.433462| 44.820242

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/15/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 63.78



Commentaires :

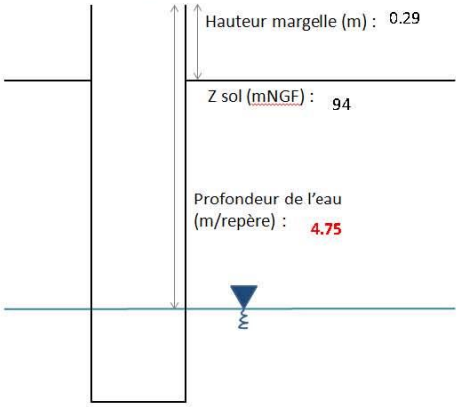
N°BSS : 08038X0289 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SALLEBOEUF
Lieu-dit : LE PICOT

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 067.02 | 1 985 208.15
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.406131| 44.833529

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 89.54



Commentaires :

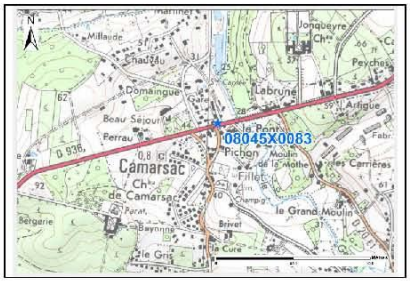
N°BSS : 08045X0083 **Département :** GIRONDE (33)

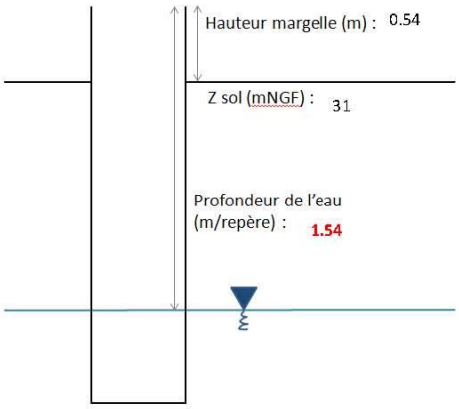
Commune : CAMARSAC
Lieu-dit : LA GARE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 487.37 | 1 985 067.87
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.362861| 44.833333

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 30





Commentaires :

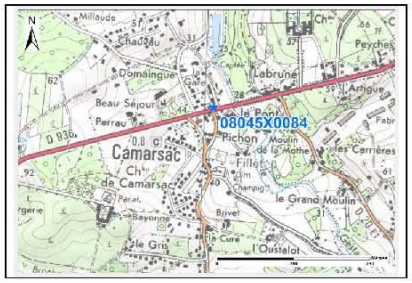
N°BSS : 08045X0084 **Département :** GIRONDE (33)

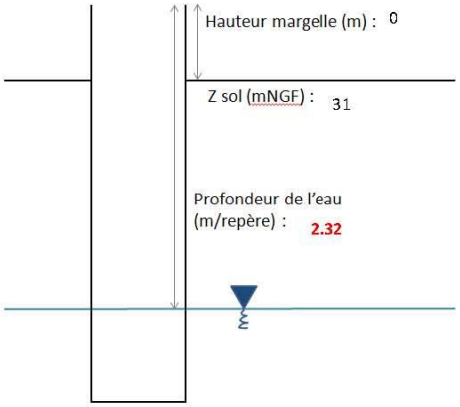
Commune : CAMARSAC
Lieu-dit : LA GARE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 480.80 | 1 985 068.10
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.362944| 44.833333

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/11/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 28.68





Commentaires :

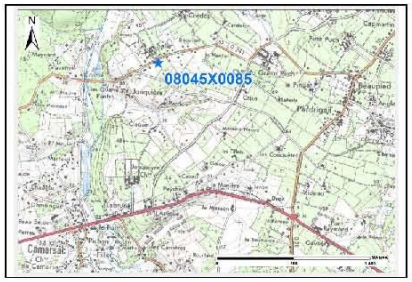
N°BSS : 08045X0085 **Département :** GIRONDE (33)

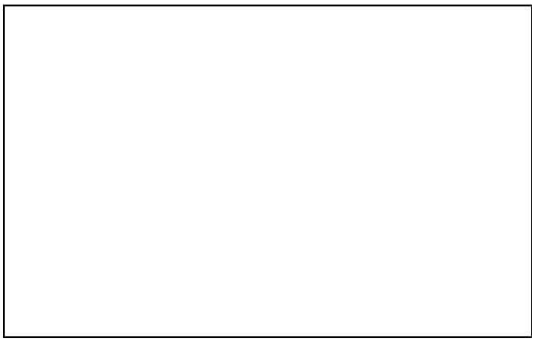
Commune : SAINT-GERMAIN-DU-PUCH
Lieu-dit : SALLE

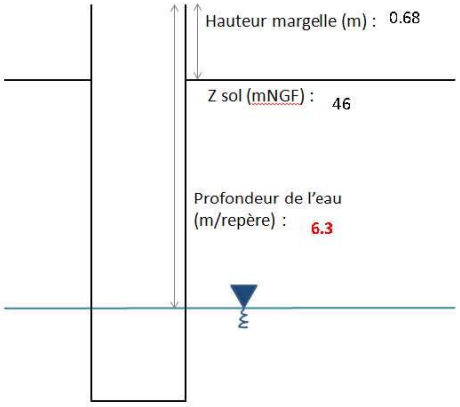
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
387 157.87 | 1 986 540.56
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.355028| 44.846778

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 40.38







Commentaires :

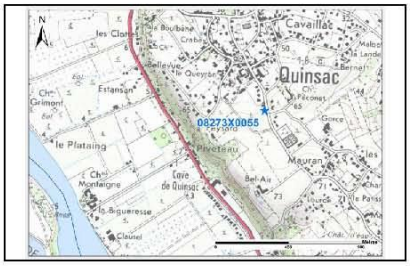
N°BSS : 08273X0055 **Département :** GIRONDE (33)

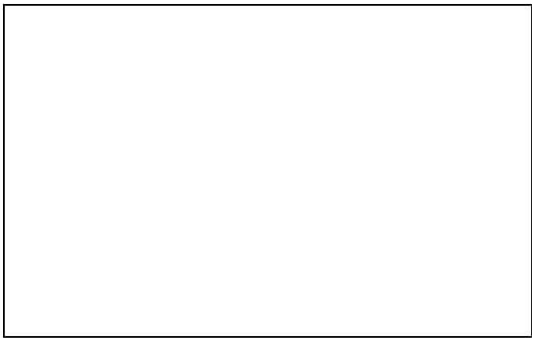
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : LA BRIBEYRE

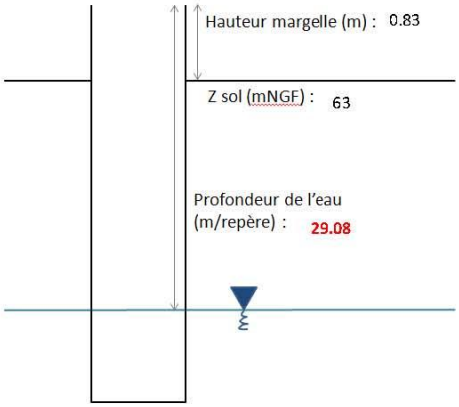
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 418.25 | 1 976 414.69
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.486129| 44.752371

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/18/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 34.75







Commentaires :

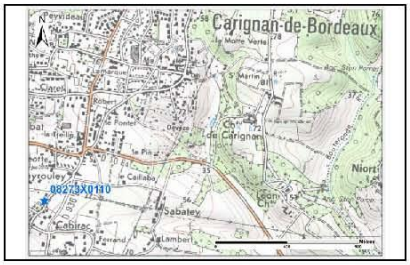
N°BSS : 08273X0110 **Département :** GIRONDE (33)

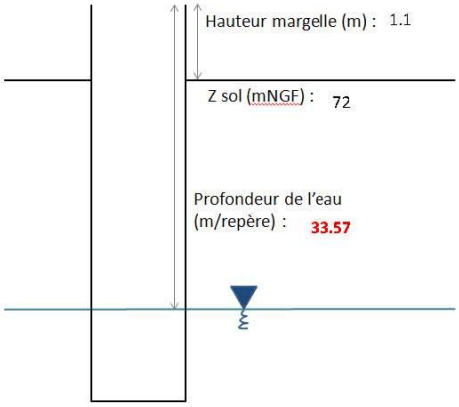
Commune : CARIGNAN-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : CABIRAC

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 968.05 | 1 982 256.97
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.481838| 44.805061

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/15/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 39.53





Commentaires :

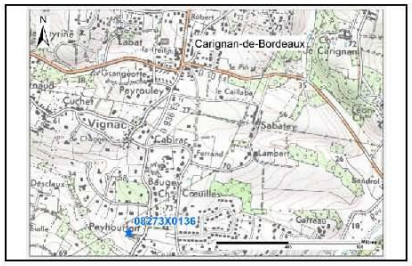
N°BSS : 08273X0136 **Département :** GIRONDE (33)

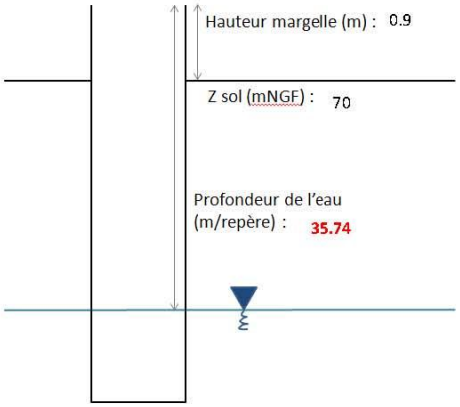
Commune : CARIGNAN-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : DOMAINE DE PEYHOURTON

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 876.78 | 1 981 506.72
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.48265| 44.798288

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 35.16





Commentaires :

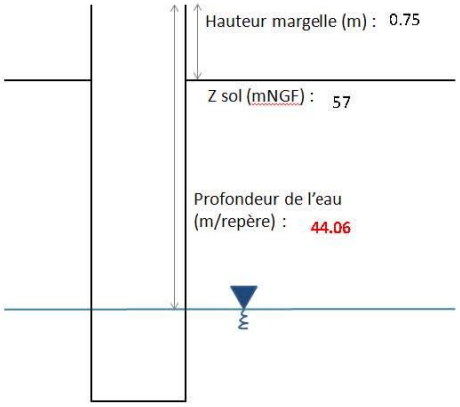
N°BSS : 08273X0139 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : LATRESNE
Lieu-dit : SALVY

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 585.21 | 1 980 636.73
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.485936| 44.790374

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 13.69



Commentaires :

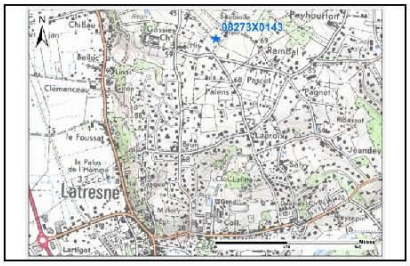
N°BSS : 08273X0143 **Département :** GIRONDE (33)

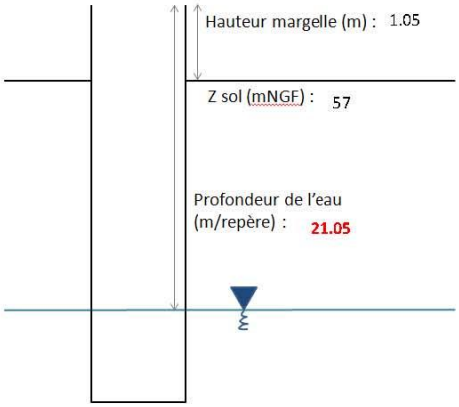
Commune : LATRESNE
Lieu-dit : DOMAINE DE SAUBIOLLE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 136.20 | 1 981 387.86
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.491945| 44.79698

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 37





Commentaires :

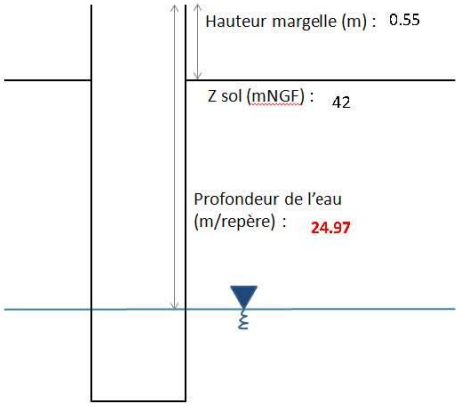
N°BSS : 08273X0145 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : CENAC
Lieu-dit : BERDUQUET

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 107.79 | 1 981 403.06
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.454438| 44.798072

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 17.58



Commentaires :

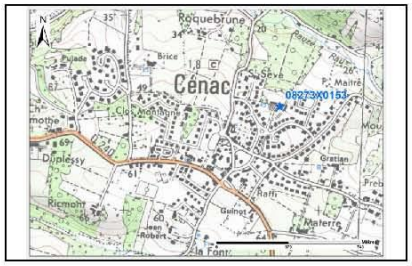
N°BSS : 08273X0153 **Département :** GIRONDE (33)

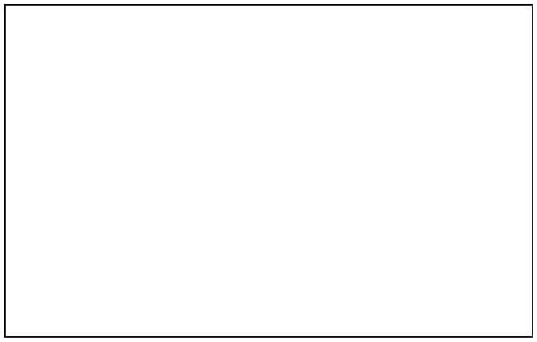
Commune : CENAC
Lieu-dit : DOMAINE SAINT-SEVE

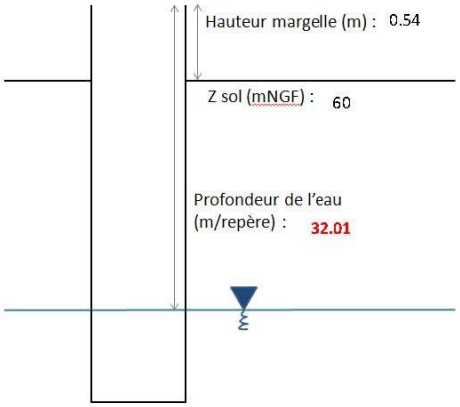
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
378 684.70 | 1 979 622.79
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.45898| 44.781935

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 28.53







Commentaires :

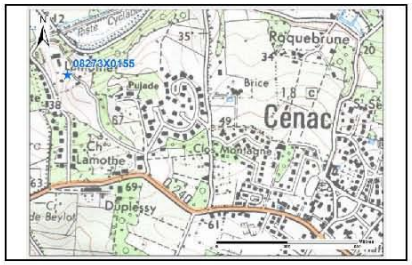
N°BSS : 08273X0155 **Département :** GIRONDE (33)

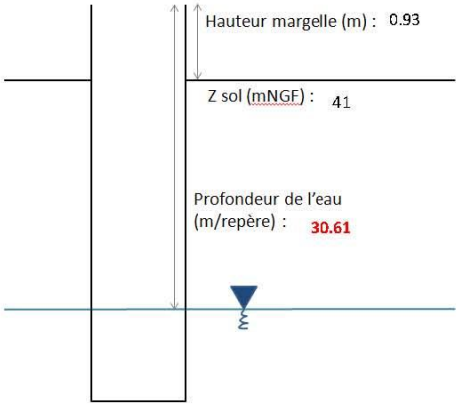
Commune : CENAC
Lieu-dit : M.DRUSSET - LAMOTHE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 304.42 | 1 979 915.18
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.476532| 44.78412

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/16/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 11.32





Commentaires :

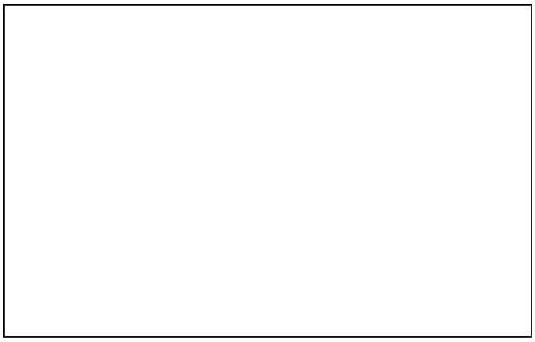
N°BSS : 08273X0169 **Département :** GIRONDE (33)

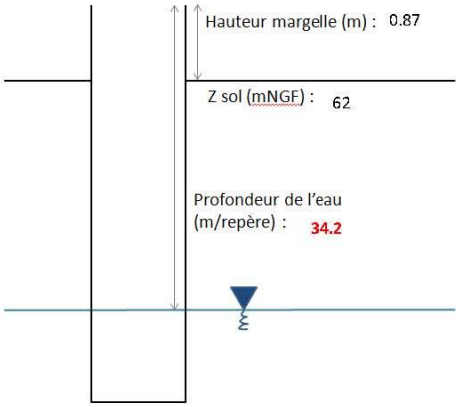
Commune : CAMBLANES-ET-MEYNAC
Lieu-dit : M.VERDIER

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 452.43 | 1 978 634.24
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.474085| 44.772654

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 28.67





Commentaires :

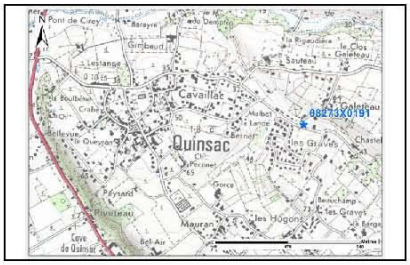
N°BSS : 08273X0191 **Département :** GIRONDE (33)

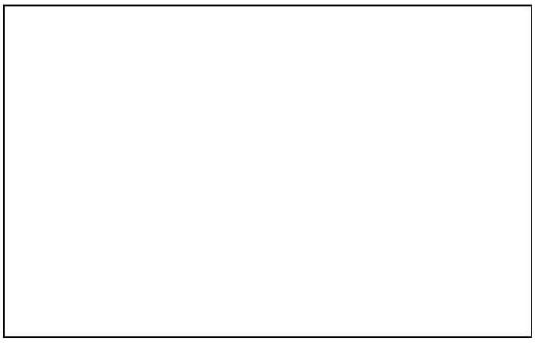
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : CLOS LES BICHONS

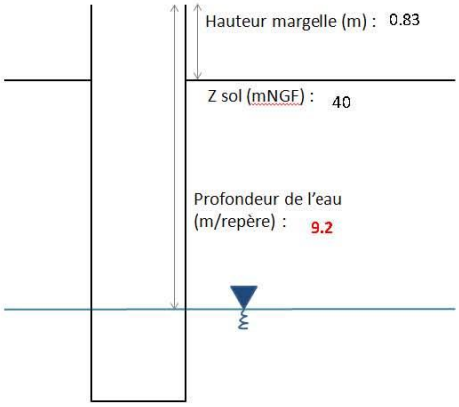
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 359.33 | 1 976 753.35
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.474411| 44.755718

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 31.63







Commentaires :

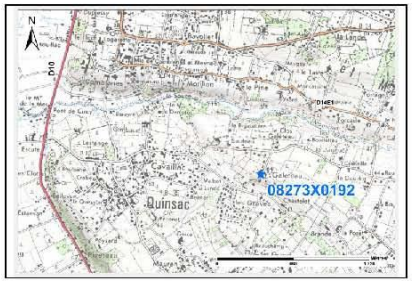
N°BSS : 08273X0192 **Département :** GIRONDE (33)

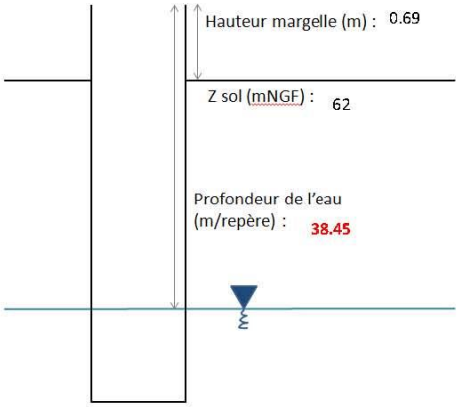
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : L.D. GALETEAU - COMMUNE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 499.62 | 1 976 883.20
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.4727 | 44.75693

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 24.24





Commentaires :

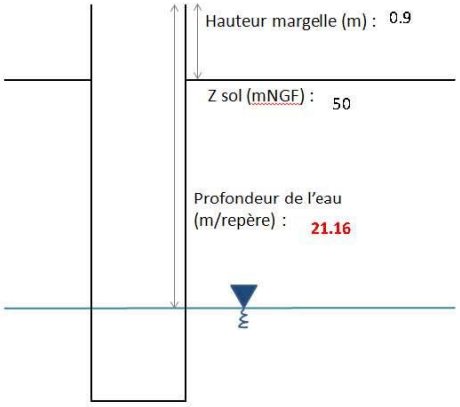
N°BSS : 08273X0197 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : QUINSAC
Lieu-dit : L.D. CAVAILLAC

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 479.03 | 1 976 874.84
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.485571 | 44.756526

Nappe captée :

Date de la mesure : 12:00:00 AM **Niveau piézométrique (m) :** 29.74



Commentaires :

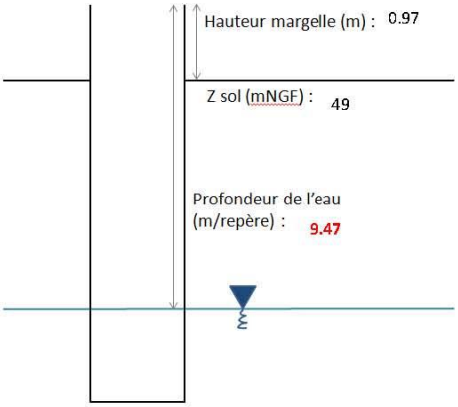
N°BSS : 08273X0557 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : CARIGNAN-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : AU SUD DU CHATEAU LEON

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
378 506.87 | 1 982 198.26
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.462382| 44.805028

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 40.5



Commentaires :

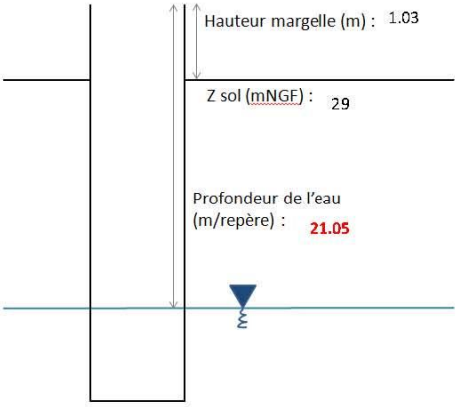
N°BSS : 08273X0558 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : LATRESNE
Lieu-dit : CHATEAU DEYDIES

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 647.32 | 1 980 190.59
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.48495| 44.786384

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/16/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 8.98



Commentaires :

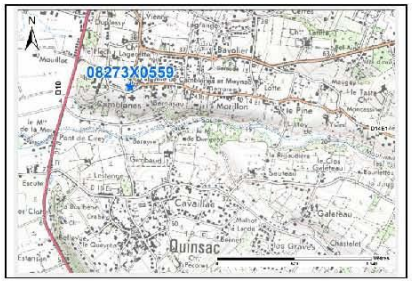
N°BSS : 08273X0559 **Département :** GIRONDE (33)

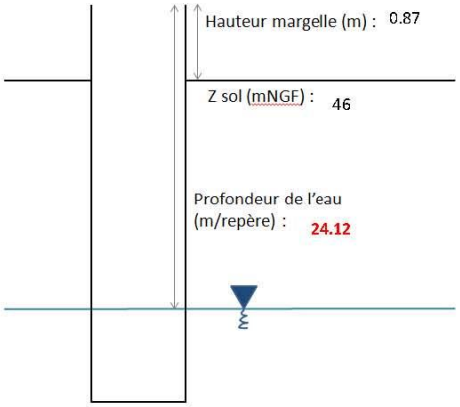
Commune : CAMBLANES-ET-MEYNAC
Lieu-dit : VERS BERNASAU

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 219.70 | 1 977 806.87
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.489265| 44.76482

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/17/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 22.75





Commentaires :

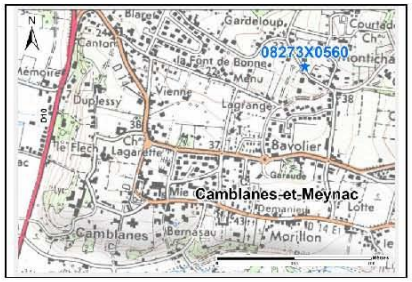
N°BSS : 08273X0560 **Département :** GIRONDE (33)

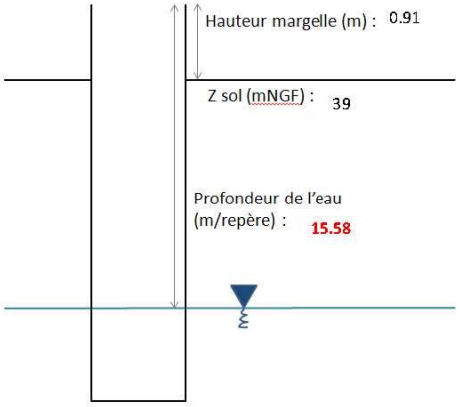
Commune : CAMBLANES-ET-MEYNAC
Lieu-dit : CHEMIN DE GARDELOUP

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 014.02 | 1 978 434.30
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.479527| 44.770716

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 24.33





Commentaires :

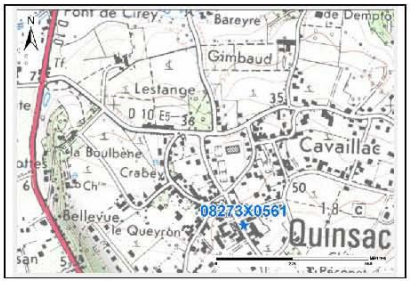
N°BSS : 08273X0561 **Département :** GIRONDE (33)

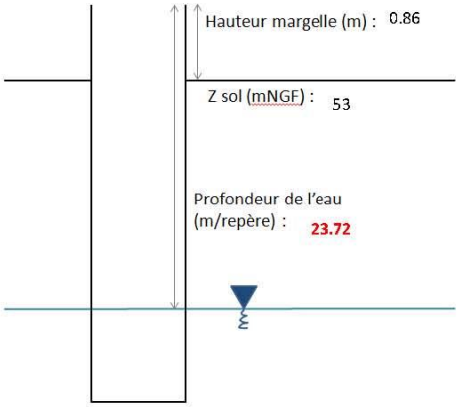
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : BOURG DE QUINSAC

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
376 348.41 | 1 976 662.32
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.487122| 44.754574

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 30.14





Commentaires :

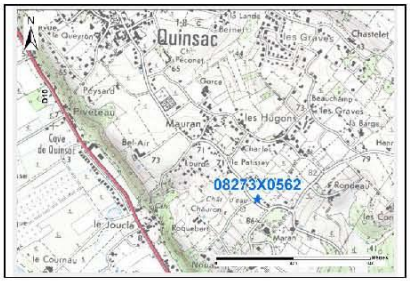
N°BSS : 08273X0562 **Département :** GIRONDE (33)

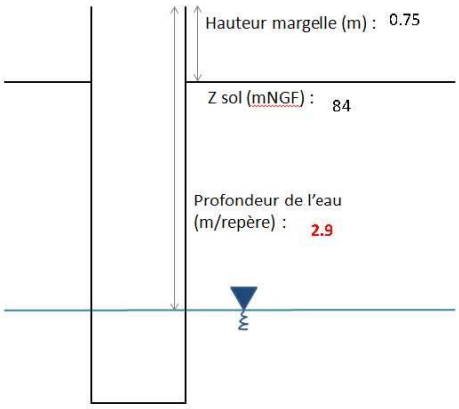
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : MARTET

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 120.14 | 1 975 648.68
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.476929| 44.745712

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/18/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 81.85





Commentaires :

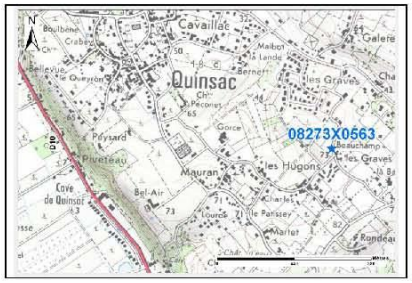
N°BSS : 08273X0563 **Département :** GIRONDE (33)

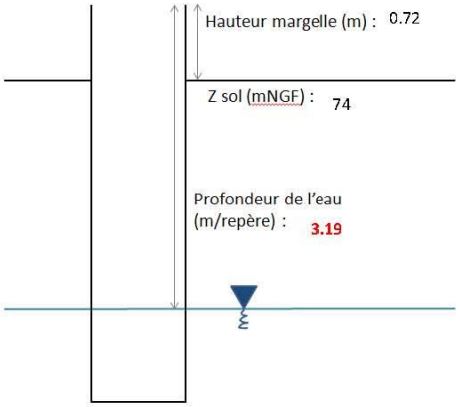
Commune : QUINSAC
Lieu-dit : LES GRAVES

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
377 423.95 | 1 976 242.37
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.473365| 44.751146

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 71.53





Commentaires :

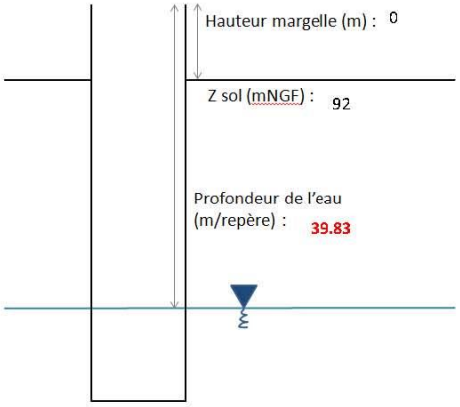
N°BSS : 08274X0012 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SAINT-GENES-DE-LOMBAUD
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 652.62 | 1 976 241.43
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.38218| 44.753424

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 52.17



Commentaires :

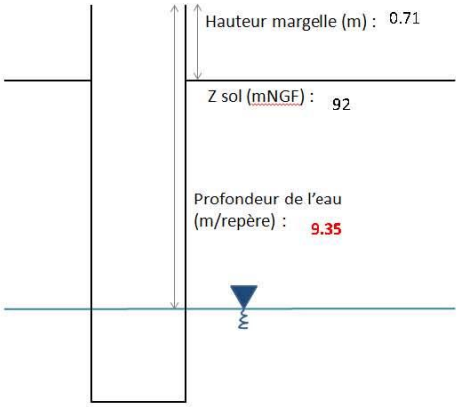
N°BSS : 08274X0016 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SADIRAC
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 646.68 | 1 978 832.88
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.383387| 44.776716

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 83.36



Commentaires :

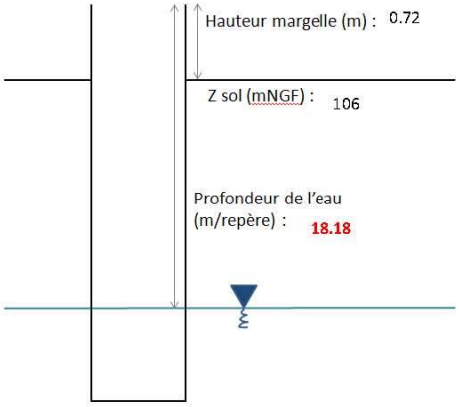
N°BSS : 08274X0017 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SADIRAC
Lieu-dit :

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 860.57 | 1 981 243.84
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.38174| 44.798454

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/17/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 88.54



Commentaires :

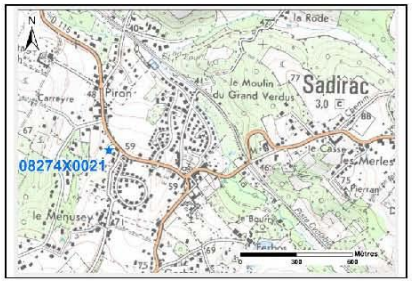
N°BSS : 08274X0021 **Département :** GIRONDE (33)

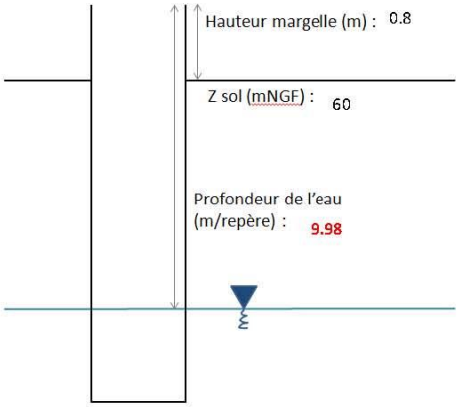
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : L.D. LA FENETRE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
382 066.37 | 1 979 527.33
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.416257| 44.78215

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/16/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 50.82





Commentaires :

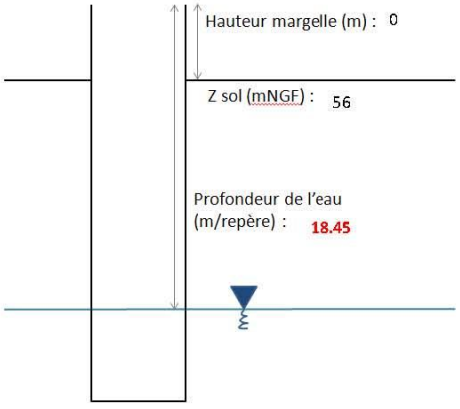
N°BSS : 08274X0022 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : LIGNAN-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : CHATEAU-DE-LIGNA

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
380 929.40 | 1 981 810.35
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.431622| 44.802313

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 37.55



Commentaires :

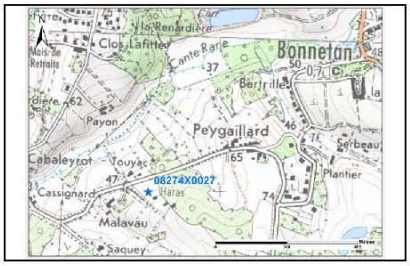
N°BSS : 08274X0027 **Département :** GIRONDE (33)

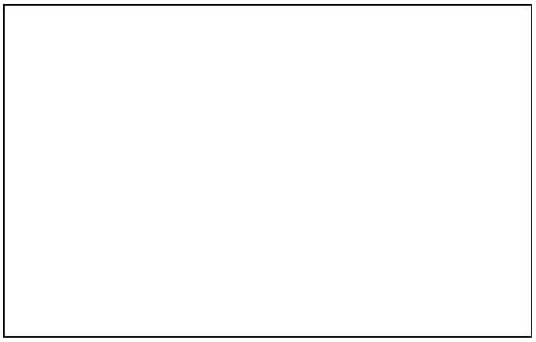
Commune : BONNETAN
Lieu-dit : MALAVAU

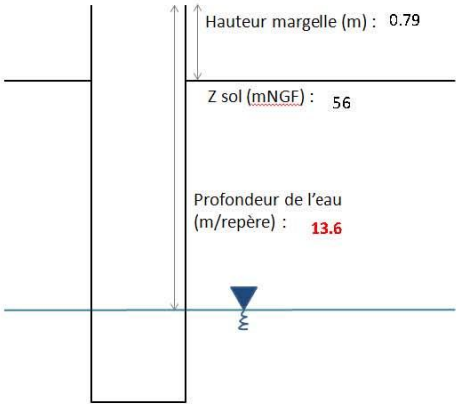
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 591.79 | 1 983 089.96
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.423827| 44.814024

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 43.19







Commentaires :

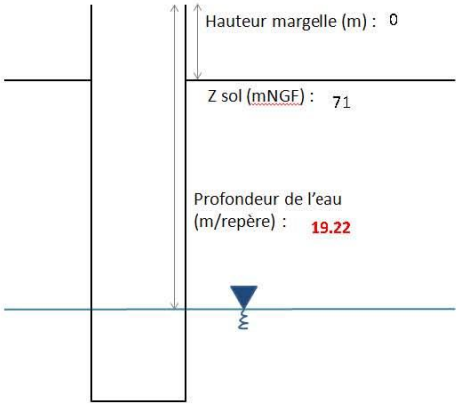
N°BSS : 08274X0028 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : BONNETAN
Lieu-dit : PEYGAILLARD

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
382 002.33 | 1 983 299.42
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.418735| 44.816037

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/15/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 51.78



Commentaires :

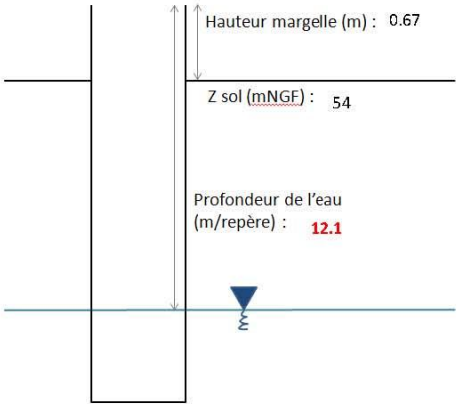
N°BSS : 08274X0056 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : M.RICARD - L.D. BATS

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 690.54 | 1 976 689.56
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.444974| 44.755891

Nappe captée :

Date de la mesure : 12:00:00 AM **Niveau piézométrique (m) :** 42.57



Commentaires :

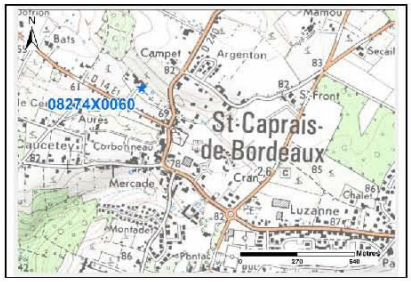
N°BSS : 08274X0060 **Département :** GIRONDE (33)

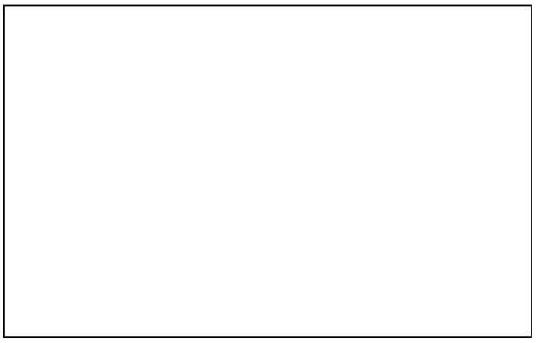
Commune : SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : DOMAINE DE CAMPET

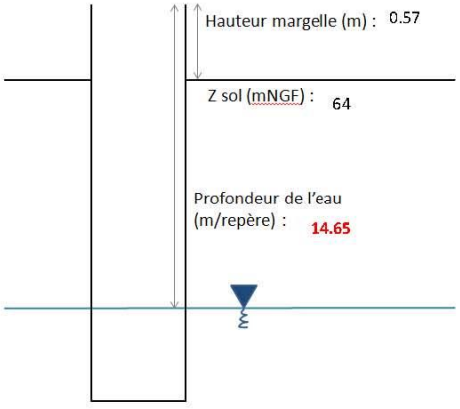
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
380 230.45 | 1 976 448.55
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.438056| 44.753896

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 49.92







Commentaires :

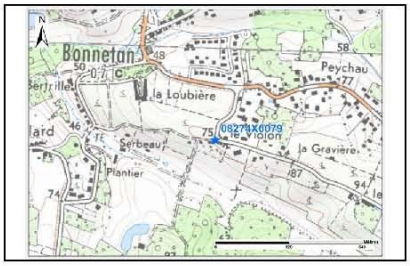
N°BSS : 08274X0079 **Département :** GIRONDE (33)

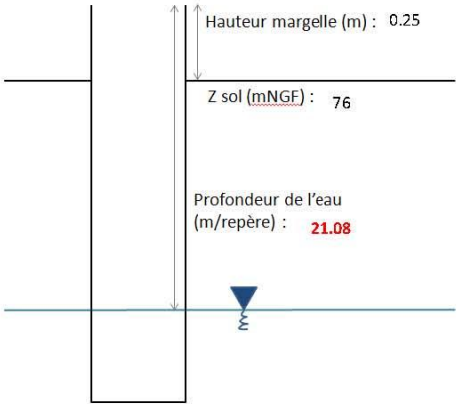
Commune : BONNETAN
Lieu-dit : LE VIOLON

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
382 802.76 | 1 983 308.16
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.408631| 44.816367

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/15/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 55.17





Commentaires :

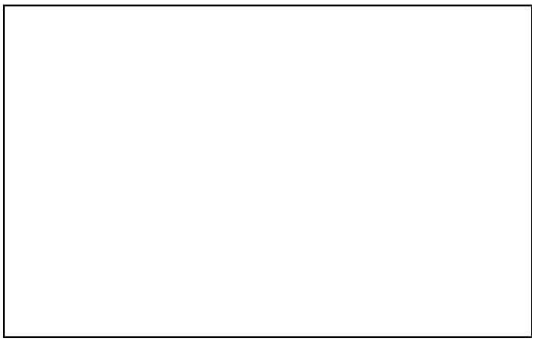
N°BSS : 08274X0086 **Département :** GIRONDE (33)

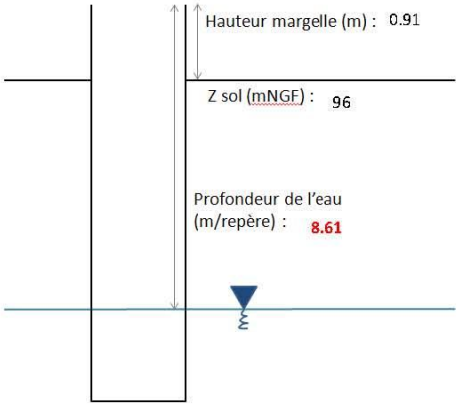
Commune : LOUPES
Lieu-dit : PUITS DE M.BERNIER

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
384 232.85 | 1 982 905.69
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.390394| 44.813197

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 88.3





Commentaires :

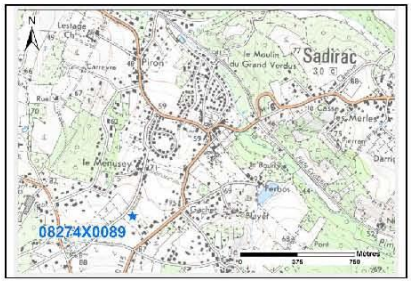
N°BSS : 08274X0089 **Département :** GIRONDE (33)

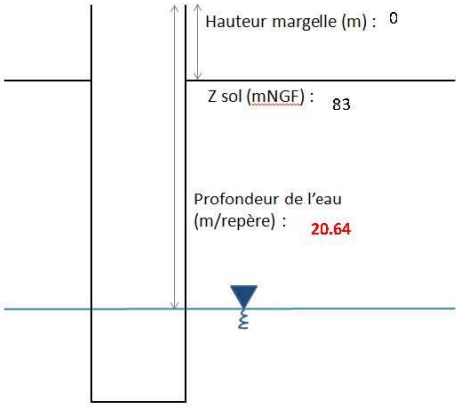
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : M. GUILLON

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 985.22 | 1 978 827.07
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.416971| 44.77583

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/17/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 62.36





Commentaires :

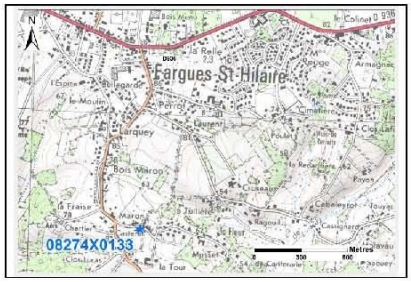
N°BSS : 08274X0133 **Département :** GIRONDE (33)

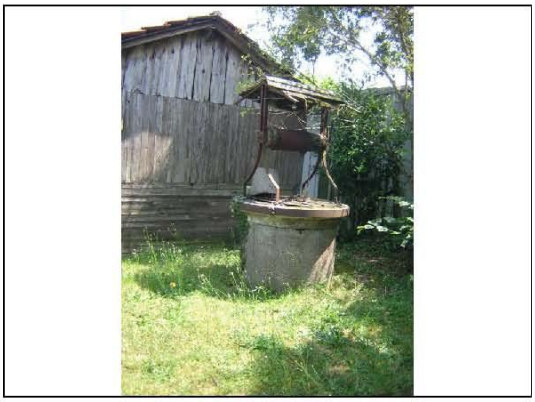
Commune : FARGUES-SAINT-HILAIRE
Lieu-dit : MARON

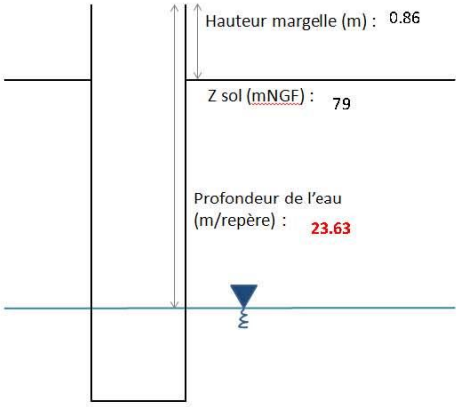
Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
379 955.75 | 1 983 067.85
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.444477| 44.813307

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/15/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 56.23







Commentaires :

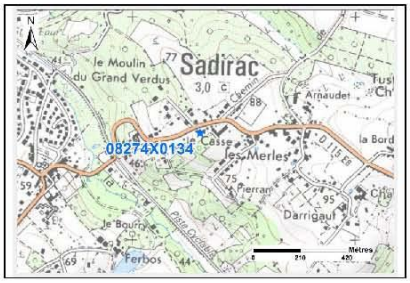
N°BSS : 08274X0134 **Département :** GIRONDE (33)

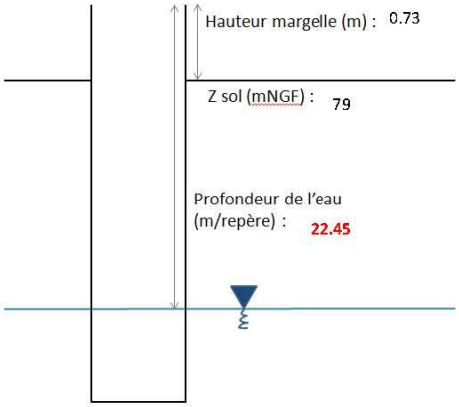
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : LE CASSE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 191.91 | 1 979 569.71
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.40207| 44.782885

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 57.28





Commentaires :

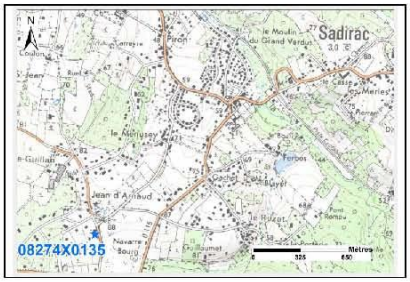
N°BSS : 08274X0135 **Département :** GIRONDE (33)

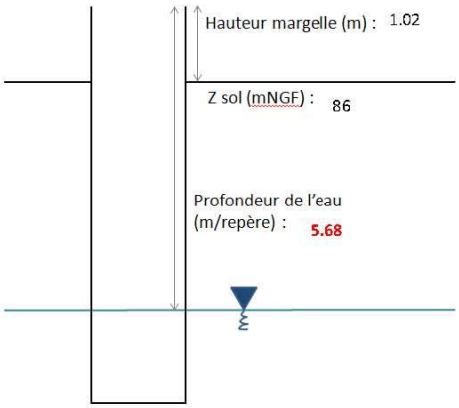
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : JEAN D'ARNAUD

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 546.43 | 1 978 475.51
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.422353| 44.772532

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 81.34





Commentaires :

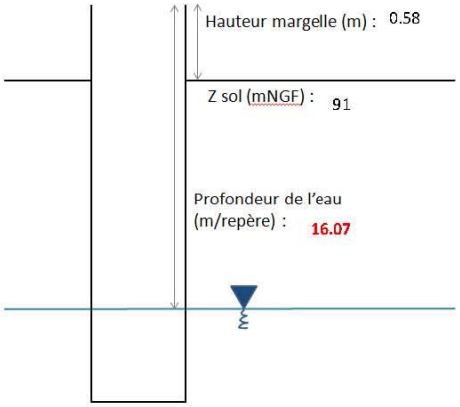
N°BSS : 08274X0136 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : MADIRAC
Lieu-dit : D 121 E - A 200 M AU SUD-EST DE LE CARPE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 185.11 | 1 977 110.09
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.401074| 44.760774

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 75.51



Commentaires :

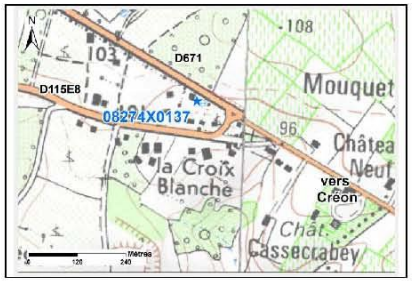
N°BSS : 08274X0137 **Département :** GIRONDE (33)

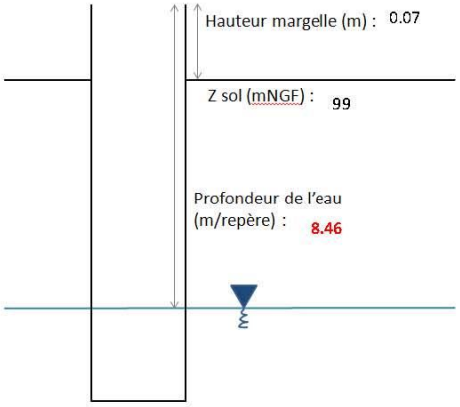
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : LA CROIX BLANCHE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 114.36 | 1 979 265.15
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.365052| 44.781057

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 90.61





Commentaires :

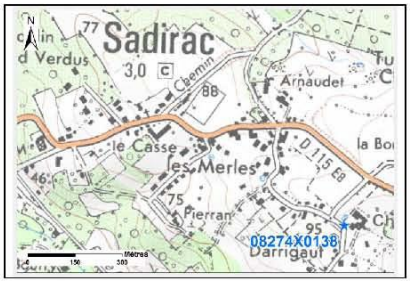
N°BSS : 08274X0138 **Département :** GIRONDE (33)

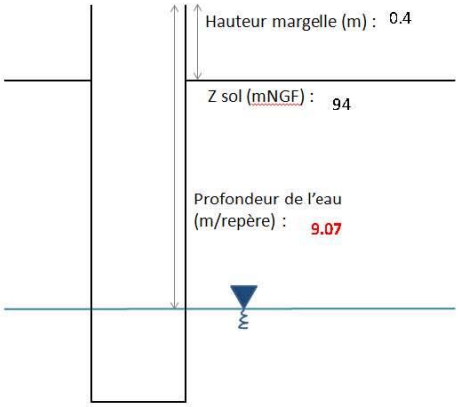
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : CHAZELLE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 867.75 | 1 979 282.53
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.393414| 44.780515

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/17/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 85.33





Commentaires :

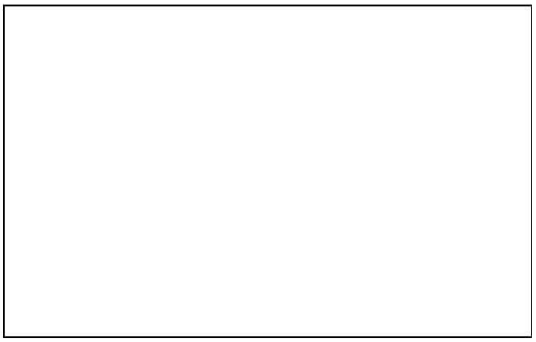
N°BSS : 08274X0139 **Département :** GIRONDE (33)

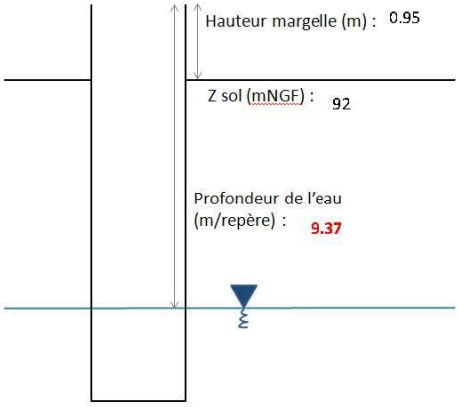
Commune : SADIRAC
Lieu-dit : DARRIGAUT

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 827.19 | 1 979 207.51
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.393893| 44.779828

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 83.58





Commentaires :

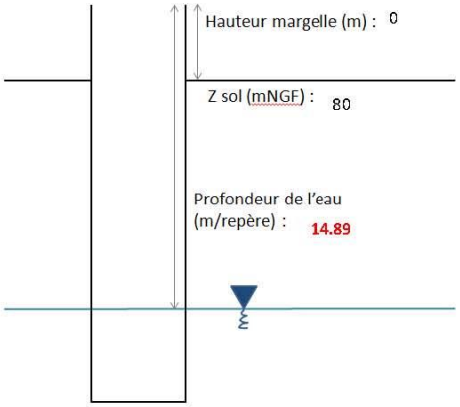
N°BSS : 08274X0140 **Département :** GIRONDE (33)

Commune : BONNETAN
Lieu-dit : LA LANDE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 653.98 | 1 983 345.43
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.397897| 44.816969

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 65.11



Commentaires :

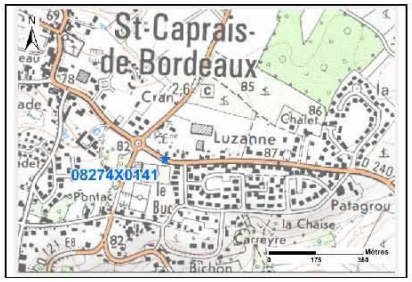
N°BSS : 08274X0141 **Département :** GIRONDE (33)

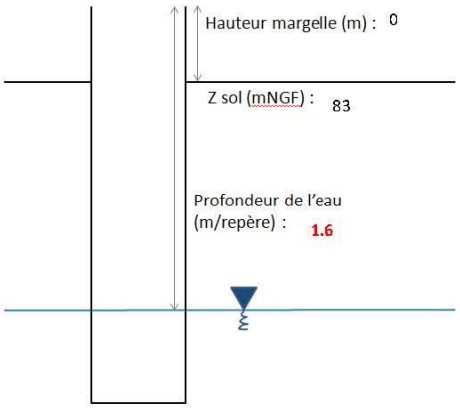
Commune : SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : BEAUCHAMP

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
380 751.75 | 1 975 794.47
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.431189| 44.748182

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 81.4





Commentaires :

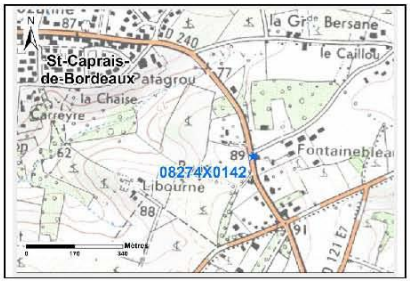
N°BSS : 08274X0142 **Département :** GIRONDE (33)

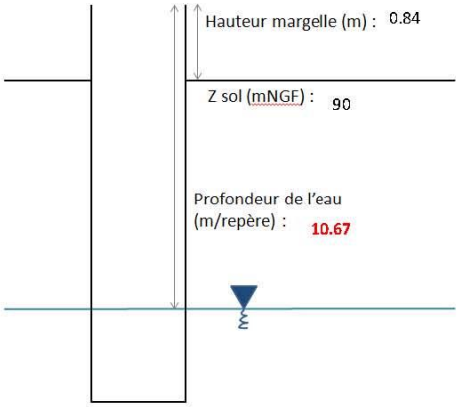
Commune : SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX
Lieu-dit : FONTAINEBLEAU

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
381 794.86 | 1 975 349.51
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.417835| 44.744512

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/18/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 80.17





Commentaires :

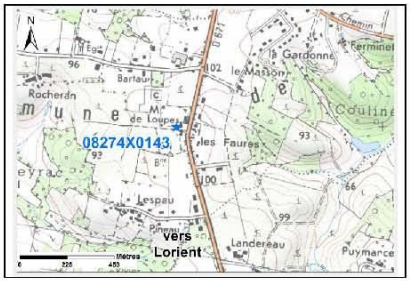
N°BSS : 08274X0143 **Département :** GIRONDE (33)

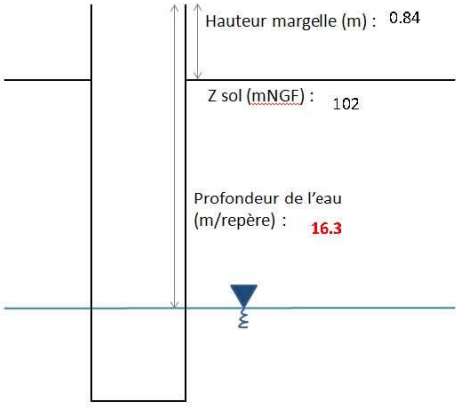
Commune : LOUPES
Lieu-dit : MAIRIE DE LOUPES

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
383 908.72 | 1 982 086.25
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.394127| 44.80573

Nappe captée :

Date de la mesure : 7/19/2013 **Niveau piézométrique (m) :** 86.54





Commentaires :

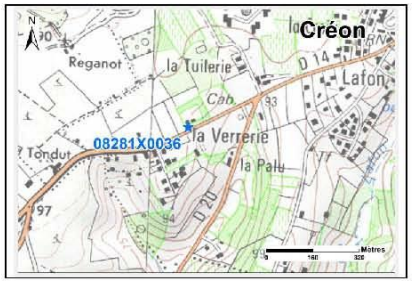
N°BSS : 08281X0036 **Département :** GIRONDE (33)

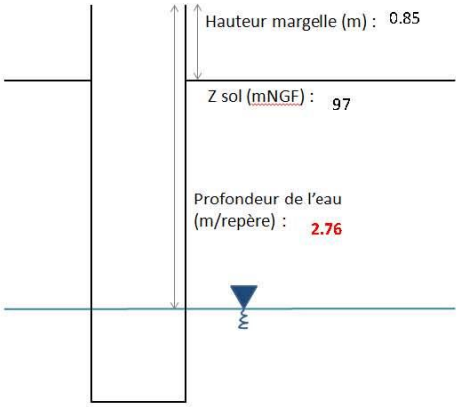
Commune : CREON
Lieu-dit : LA VERRERIE

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
386 311.94 | 1 977 788.22
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.361918| 44.767842

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 95.09





Commentaires :

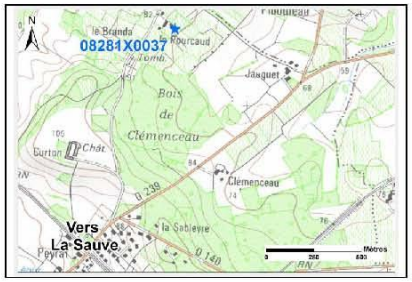
N°BSS : 08281X0037 **Département :** GIRONDE (33)

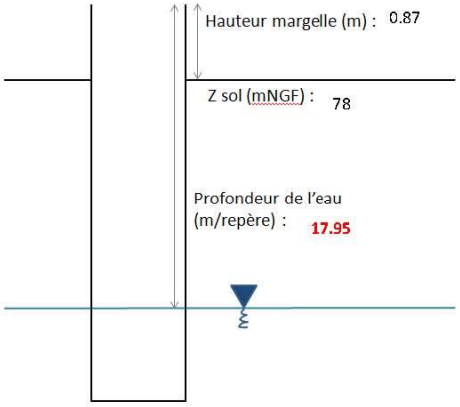
Commune : SAUVE(LA)
Lieu-dit : LA POURCAUD

Coordonnées X | Y (en Lambert II étendu) :
391 513.74 | 1 979 476.17
Coordonnées X | Y (RGF93) :
-0.296993| 44.784602

Nappe captée :

Date de la mesure : **Niveau piézométrique (m) :** 60.92





Commentaires :

Annexe 3

Campagne de mesure sur la nappe de l'Oligocène dans l'Entre-Deux-Mers – Tableau synthétique

INDICE	XOUVL2E	YOUVL2E	Z	Commune	Lieu dit	Prof eau (m /repère)	Hauteur de la margelle (m)	H (m NGF)
08037X0049	374 210.90	1 990 935.74	53	LORMONT	CHATEAU LES LAURIERS	15.57	0	37.43
08037X0177	375 559.04	1 989 422.82	44	ARTIGUES-PRES-BORDEAUX	LES ORMEAUX	7.01	0.57	37.56
08037X0272	375 180.90	1 990 664.02	32	LORMONT	L'ARCHEVEQUE	2.05	0.14	30.09
08037X0368	375 842.96	1 985 620.51	74	FLOIRAC	DOMAINE DE BORIS	30.28	0.65	44.37
08037X0899	378 542.48	1 993 627.87	35	SAINTE-EULALIE	LES TROIS PORTES	1.6	0.31	33.71
08037X0900	376 983.56	1 992 475.43	28	SAINTE-EULALIE	LA BREDE	8.81	0.95	20.14
08037X0901	378 343.80	1 986 768.47	64	TRESSES	AU NORD DE VIDEAU	9.29	0.66	55.37
08037X0902	377 104.57	1 986 358.47	75	TRESSES	LA LOUVE PENDUE	17.92	0.81	57.89
08037X0903	375 760.17	1 984 587.87	78	BOULIAC	CHATEAU LAVERGNE	26.31	1.85	53.54
08037X0904	378 893.96	1 984 598.63	85	TRESSES	MIRLANDE	23.48	0.78	62.3
08038X0034	381 507.88	1 986 942.02	55	POMPIGNAC		9.73	0.63	45.9
08038X0036	379 754.62	1 985 444.09	83	TRESSES		8.82	0	74.18
08038X0039	386 249.64	1 986 594.39	38	SALLEBOEUF		5.03	0.77	33.74
08038X0055	379 799.73	1 988 615.56	87	POMPIGNAC	QUESSART	26.51	0.45	60.94
08038X0061	384 618.86	1 986 606.94	57	SALLEBOEUF	L.D.GASPARIN	3.65	0	53.35
08038X0065	385 863.02	1 988 876.08	63	BEYCHAC-ET-CAILLAU	CHATEAU VILLEPREUX	11.6	0.24	51.64
08038X0076	386 335.71	1 984 042.98	54	CAMARSAC	COLLIN PELLET	16.13	0.92	38.79
08038X0077	382 557.34	1 986 280.03	69	SALLEBOEUF	LES FAURES	2.96	0.53	66.57
08038X0129	384 605.82	1 991 039.05	54	SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC	BERTIN	3.08	0	50.92
08038X0144	385 364.90	1 990 227.49	52	BEYCHAC-ET-CAILLAU	COMMUN DE L'INTENDANT	16.82	0.14	35.32
08038X0189	381 786.18	1 985 791.02	75	POMPIGNAC	L.D.MANIALE	14.1	0.1	61
08038X0208	384 657.66	1 985 826.50	82	SALLEBOEUF	M.LANNELUC	8.08	0	73.92
08038X0213	379 522.86	1 984 423.95	86	FARGUES-SAINT-HILAIRE	M.BERTHE	22.85	0	63.15
08038X0214	383 868.42	1 986 558.10	60	SALLEBOEUF	M.GARNIER	22.42	0.41	37.99
08038X0215	384 556.04	1 984 826.16	93	CAMARSAC	M.CASTERAN	2.69	0.8	91.11
08038X0216	385 818.64	1 986 084.81	56	SALLEBOEUF	M.G.GIGOU	11.01	0	44.99
08038X0277	383 549.62	1 993 009.34	30	SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC	SABLOT	2.97	0.78	27.81
08038X0278	383 317.57	1 987 427.35	72	SALLEBOEUF	LE ROUPIC	1.8	0.7	70.9
08038X0279	383 556.56	1 992 956.48	30	SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC	SABLOT	2.05	0.5	28.45
08038X0280	384 886.54	1 993 438.65	20	SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC	LA RUADE	1.69	0.58	18.89
08038X0281	383 810.98	1 990 046.02	57	BEYCHAC-ET-CAILLAU	BLANQUINE	10.36	0.4	47.04
08038X0282	381 608.29	1 990 388.87	45	MONTUSSAN	CARSOULE	2.07	0.62	43.55
08038X0283	381 607.14	1 988 856.15	66	POMPIGNAC	SARAIL	13.12	0.82	53.7
08038X0284	382 626.71	1 986 969.35	71	POMPIGNAC	BAULE	15.64	0.95	56.31
08038X0285	384 929.18	1 987 757.59	78	SALLEBOEUF	VALADE	19.77	0.77	59
08038X0286	385 294.78	1 989 623.75	62	BEYCHAC-ET-CAILLAU	LA LANDE DE BERTIN	13.89	0.44	48.55
08038X0287	384 870.15	1 985 735.51	81	SALLEBOEUF	CARDET	19.56	0	61.44
08038X0288	380 854.11	1 983 807.63	75	FARGUES-SAINT-HILAIRE	POULET	11.65	0.43	63.78
08038X0289	383 067.02	1 985 208.15	94	SALLEBOEUF	LE PICOT	4.75	0.29	89.54
08045X0083	386 487.37	1 985 067.87	31	CAMARSAC	LA GARE	1.54	0.54	30
08045X0084	386 480.80	1 985 068.10	31	CAMARSAC	LA GARE	2.32	0	28.68
08045X0085	387 157.87	1 986 540.56	46	SAINT-GERMAIN-DU-PUCH	SALLE	6.3	0.68	40.38
08273X0055	376 418.25	1 976 414.69	63	QUINSAC	LA BRIBEYRE	29.08	0.83	34.75
08273X0110	376 968.05	1 982 256.97	72	CARIGNAN-DE-BORDEAUX	CABIRAC	33.57	1.1	39.53
08273X0136	376 876.78	1 981 506.72	70	CARIGNAN-DE-BORDEAUX	DOMAINE DE PEYHOURTON	35.74	0.9	35.16
08273X0139	376 585.21	1 980 636.73	57	LATRESNE	SALVY	44.06	0.75	13.69
08273X0143	376 136.20	1 981 387.86	57	LATRESNE	DOMAINE DE SAUBIOLLE	21.05	1.05	37
08273X0145	379 107.79	1 981 403.06	42	CENAC	BERDUQUET	24.97	0.55	17.58
08273X0153	378 684.70	1 979 622.79	60	CENAC	DOMAINE SAINT-SEVE	32.01	0.54	28.53
08273X0155	377 304.42	1 979 915.18	41	CENAC	M.DRUSSET - LAMOTHE	30.61	0.93	11.32

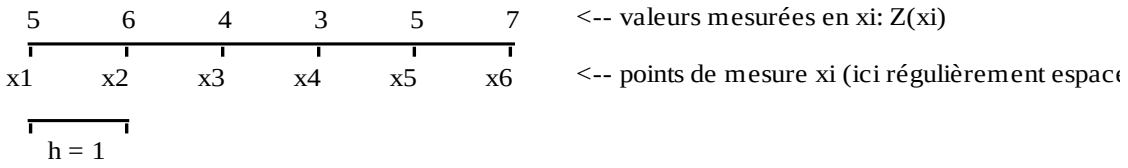
INDICE	XOUVL2E	YOUVL2E	Z	Nom_Commun	LIEU_DIT	Prof eau (m /repère)	Hauteur de la margelle (m)	H (m NGF)
08273X0169	377 452.43	1 978 634.24	62	CAMBLANES-ET-MEYNAC	M.VERDIER	34.2	0.87	28.67
08273X0191	377 359.33	1 976 753.35	40	QUINSAC	CLOS LES BICHONS	9.2	0.83	31.63
08273X0192	377 499.62	1 976 883.20	62	QUINSAC	L.D. GALETEAU - COMMUNE	38.45	0.69	24.24
08273X0197	376 479.03	1 976 874.84	50	QUINSAC	L.D. CAVAILLAC	21.16	0.9	29.74
08273X0557	378 506.87	1 982 198.26	49	CARIGNAN-DE-BORDEAUX	AU SUD DU CHATEAU LEON	9.47	0.97	40.5
08273X0558	376 647.32	1 980 190.59	29	LATRESNE	CHATEAU DEYDIES	21.05	1.03	8.98
08273X0559	376 219.70	1 977 806.87	46	CAMBLANES-ET-MEYNAC	VERS BERNASAU	24.12	0.87	22.75
08273X0560	377 014.02	1 978 434.30	39	CAMBLANES-ET-MEYNAC	CHEMIN DE GARDELOUP	15.58	0.91	24.33
08273X0561	376 348.41	1 976 662.32	53	QUINSAC	BOURG DE QUINSAC	23.72	0.86	30.14
08273X0562	377 120.14	1 975 648.68	84	QUINSAC	MARTET	2.9	0.75	81.85
08273X0563	377 423.95	1 976 242.37	74	QUINSAC	LES GRAVES	3.19	0.72	71.53
08274X0012	384 652.62	1 976 241.43	92	SAINT-GENES-DE-LOMBAUD		39.83	0	52.17
08274X0016	384 646.68	1 978 832.88	92	SADIRAC		9.35	0.71	83.36
08274X0017	384 860.57	1 981 243.84	106	SADIRAC		18.18	0.72	88.54
08274X0021	382 066.37	1 979 527.33	60	SADIRAC	L.D. LA FENETRE	9.98	0.8	50.82
08274X0022	380 929.40	1 981 810.35	56	LIGNAN-DE-BORDEAUX	CHATEAU-DE-LIGNA	18.45	0	37.55
08274X0027	381 591.79	1 983 089.96	56	BONNETAN	MALAVAU	13.6	0.79	43.19
08274X0028	382 002.33	1 983 299.42	71	BONNETAN	PEYGAILLARD	19.22	0	51.78
08274X0056	379 690.54	1 976 689.56	54	SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX	M.RICARD - L.D. BATS	12.1	0.67	42.57
08274X0060	380 230.45	1 976 448.55	64	SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX	DOMAINE DE CAMPET	14.65	0.57	49.92
08274X0079	382 802.76	1 983 308.16	76	BONNETAN	LE VIOLON	21.08	0.25	55.17
08274X0086	384 232.85	1 982 905.69	96	LOUPES	PUITS DE M.BERNIER	8.61	0.91	88.3
08274X0089	381 985.22	1 978 827.07	83	SADIRAC	M. GUILLON	20.64	0	62.36
08274X0133	379 955.75	1 983 067.85	79	FARGUES-SAINT-HILAIRE	MARON	23.63	0.86	56.23
08274X0134	383 191.91	1 979 569.71	79	SADIRAC	LE CASSE	22.45	0.73	57.28
08274X0135	381 546.43	1 978 475.51	86	SADIRAC	JEAN D'ARNAUD	5.68	1.02	81.34
08274X0136	383 185.11	1 977 110.09	91	MADIRAC	D 121 E - A 200 M AU SUD-EST DE LE CARPE	16.07	0.58	75.51
08274X0137	386 114.36	1 979 265.15	99	SADIRAC	LA CROIX BLANCHE	8.46	0.07	90.61
08274X0138	383 867.75	1 979 282.53	94	SADIRAC	CHAZELLE	9.07	0.4	85.33
08274X0139	383 827.19	1 979 207.51	92	SADIRAC	DARRIGAUT	9.37	0.95	83.58
08274X0140	383 653.98	1 983 345.43	80	BONNETAN	LA LANDE	14.89	0	65.11
08274X0141	380 751.75	1 975 794.47	83	SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX	BEAUCHAMP	1.6	0	81.4
08274X0142	381 794.86	1 975 349.51	90	SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX	FONTAINEBLEAU	10.67	0.84	80.17
08274X0143	383 908.72	1 982 086.25	102	LOUPES	MAIRIE DE LOUPES	16.3	0.84	86.54
08281X0036	386 311.94	1 977 788.22	97	CREON	LA VERRERIE	2.76	0.85	95.09
08281X0037	391 513.74	1 979 476.17	78	SAUVE(LA)	LA POURCAUD	17.95	0.87	60.92

Annexe 4

Rappels sur la géostatistique

Le variogramme

Le variogramme est un outil qui permet de quantifier les plus ou moins bonnes corrélations du phénomène en fonction de l'inter-distance entre deux points où l'on observe ce phénomène. C'est ainsi un outil de mesure de la plus ou moins forte continuité du phénomène, de son caractère isotrope ou anisotrope (comportement différent selon la direction).



$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{1}^{N(h)} Z(x) - Z(x+h)^2}{N(h)}$$

avec : h = distance ; Z(x) = valeur au point x

et : N(h) = nombre de couples de points distants de h

à la distance h=1 (5 couples de points distants de la distance 1) :

$\gamma(1)$ = 1/2 Moyenne $[Z(x_{i+1})-Z(x_i)]^2$

= 1/2 [$(Z(x_2)-Z(x_1))^2 + (Z(x_3)-Z(x_2))^2 + \ldots + (Z(x_6)-Z(x_5))^2$] / 5

= 1/10 . [$(6-5)^2 + (4-6)^2 + \ldots + (7-5)^2$] = 1.4

à la distance h=2 (4 couples de points distants de la distance 2) :

$\gamma(2)$ = 1/2 Moyenne $[Z(x_{i+2})-Z(x_i)]^2$

= 1/2 [$(Z(x_3)-Z(x_1))^2 + (Z(x_4)-Z(x_2))^2 + (Z(x_5)-Z(x_3))^2 + (Z(x_6)-Z(x_4))^2$] / 4

= 1/8 . [$(4-5)^2 + (3-6)^2 + (5-4)^2 + (7-3)^2$] = 3.375

etc…

Le krigeage

Le krigeage est une méthode d'interpolation linéaire qui permet d'obtenir une estimation non biaisée et dont l'erreur d'estimation est minimale.

La variable d'étude est notée *Z*. La valeur estimée au point x, notée *Z*(x)* est donnée par :

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

Z(x)* est donc une combinaison linéaire des données de base $Z(x_i)$ mesurées aux points x_i.

Les λ_i sont les poids respectifs (ou pondérateurs) attribués à chaque donnée $Z(x_i)$.

Ces poids sont calculés sous contrainte que leur somme soit égale à 1 (pour des conditions de non biais) et sous contrainte d'être en accord avec la structure spatiale mise en évidence par le variogramme, de façon à ce que l'erreur d'interpolation soit minimale. Lorsqu'on interpole la valeur en un point x, le poids attribué aux données environnantes sera d'autant plus fort que cette donnée est proche, tout en tenant compte de la densité de données, de leur disposition vis-à-vis des anisotropies, etc…..

Le krigeage est un interpolateur dit « exact » en ce sens qu'il ré-estime correctement les points mesurés (la valeur interpolée est égale à la valeur mesurée). Il prend en compte les points du voisinage en leur attribuant un poids lié à la « structure » du phénomène, c'est-à-dire en fonction des corrélations mises en évidence par le variogramme (palier, portée, anisotropie, dérive, …).

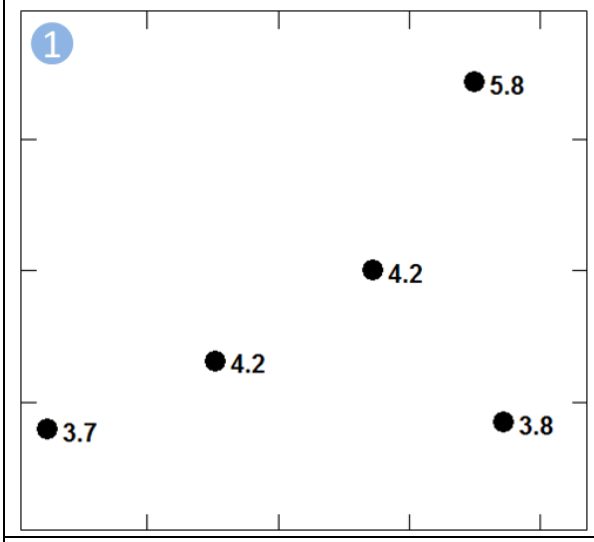
Le krigeage offre trois avantages principaux par rapport aux autres méthodes d'interpolation :

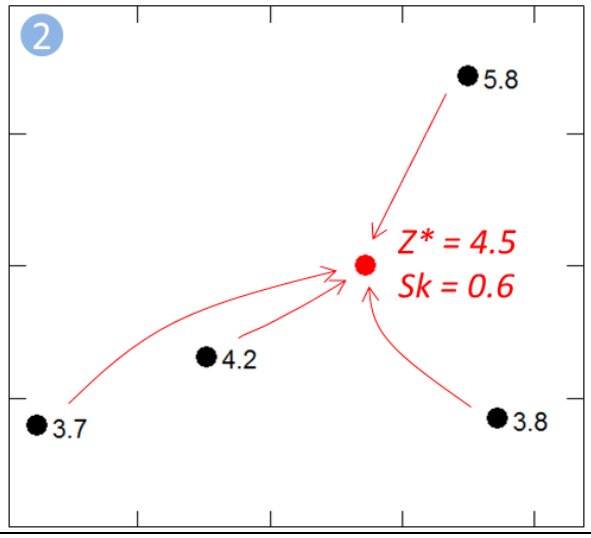
- il prend en compte la structure du phénomène, à travers le variogramme : il se base donc sur une fonction d'interpolation « objective », c'est-à-dire mesurée sur les données, et non « subjective » = choisie arbitrairement,
- il permet le calcul de l'erreur d'interpolation (ou plus précisément la variance de cette erreur) : c'est actuellement la seule méthode d'interpolation qui permet cela,
- il permet d'intégrer des variables secondaires, corrélées à la variable d'étude, connues soit aux points de données, soit exhaustivement sur une grille. On peut ainsi prendre en compte le fait que la cote piézométrique est dans certains cas (nappes libres) corrélée à la cote topographique. Dans le cas où on utilise plusieurs variables corrélées, disponibles aux points de mesure, on parle de « co-krigeage ». Dans le cas où on utilise une variable connue de façon exhaustive, on utilise une technique appelée « krigeage avec dérive externe ».

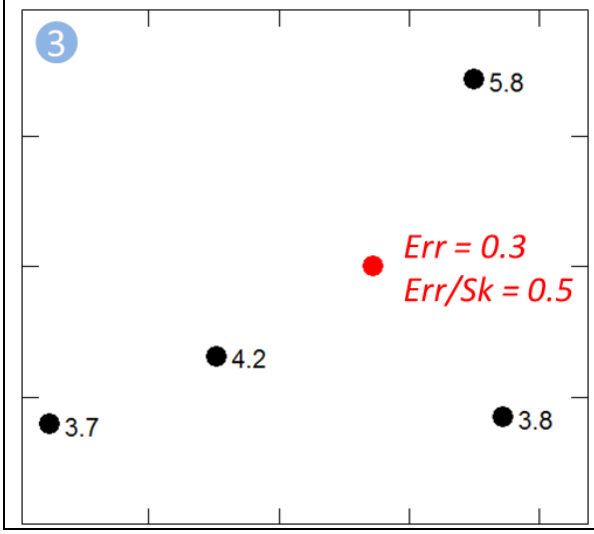
La validation croisée

La validation croisée consiste, pour chaque point de donnée, à l'enlever temporairement et à ré-estimer sa valeur à partir des données voisines. On obtient alors au point qui a été enlevé une valeur estimée (*Z**) et un écart-type de krigeage (*Sk*). La différence *Err* entre la valeur vraie et la valeur ré-estimée peut alors être calculée. Cette différence (*Err* =erreur d'estimation) peut également être comparée à l'écart-type d'estimation *Sk* fourni par le krigeage. On calcule ainsi le rapport *Err/Sk*. Il est admis que ce rapport *Err/Sk*, appelé « erreur réduite », se rapproche d'une distribution gaussienne de moyenne nulle et de variance 1.

En réitérant la ré-estimation de chaque donnée par les données voisines, on peut calculer l'histogramme du rapport *Err/Sk* et vérifier s'il se rapproche d'une loi gaussienne centrée normée. Les points présentant une valeur rapport *Err/Sk* s'éloignant du standard gaussien sont des points qui doivent être examinés car potentiellement liés à des erreurs (erreur de mesure, de localisation), ou à un comportement localement différent de la variable d'étude.







1 : Données initiales

2 : Chaque donnée est enlevée temporairement puis ré-estimée à partir des données voisines. Le krigeage fournit la valeur estimée Z ainsi que l'écart-type de krigeage Sk. Ici Z*=4.5 et Sk=0.6*

3 : Au point qui vient d'être enlevé on peut calculer l'erreur d'estimation Err = Z-Z (ici Err = 4.5-4.2 = 0.3) ainsi que l'erreur réduite Err/Sk, ici Err/Sk=0.3/0.6 = 0.5*

4 : (non illustré) : la donnée enlevée est réintroduite et le processus est réitéré de la même façon pour tous les points. En fin de traitement on peut établir des statistiques sur l'erreur et sur l'erreur réduite pour vérifier si l'estimation atteint bien les objectifs attendus (erreur nulle en moyenne, variance de l'erreur réduite proche de 1, distribution de ces erreurs proche d'une gaussienne, etc…)

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 – **www.brgm.fr**

BRGM Direction Régionale Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70