



Carte piézométrique de la Craie séno-turonienne dans le Sud-Est du Bassin parisien – Basses eaux d'octobre 2011

Rapport final

BRGM/RP-60712-FR

Janvier 2012



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Carte piézométrique de la Craie séno-turonienne dans le Sud-Est du Bassin parisien – Basses eaux d'octobre 2011

Rapport final

BRGM/RP-60712-FR

Janvier 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM

F. Crastes de Paulet, R. Dufrenoy

Avec la collaboration de

K. Pira, K. Polez, M. Petrignet, G. Guizouarn, G. Demangeon

Vérificateur :

Nom : E. Rouxel et J-C. Martin

Date : 03/02/2012

Signature :

Approbateur :

Nom : J-R. Mossmann

Date : 09/02/2012

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : carte piézométrique, hydrogéologie, karst, Ile-de-France, Centre, Bourgogne, Champagne, Sénonais, Gâtinais de l'Est

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

Crastes de Paulet F., Dufrenoy R., Pira K., Polez K., Petrignet M., Guizouarn G., Demangeon G. (2011) - Carte piézométrique de la Craie séno-turonienne dans le Sud-Est du Bassin parisien - Basses eaux d'octobre 2011. Rapport final. BRGM/RP- 60712-FR. 49 p., 25 fig., 6 tabl., 4 ann.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La nappe de la craie constitue la principale ressource en eau souterraine dans la région Sud-Est du bassin de Paris. Cet aquifère d'un volume considérable fait l'objet d'une exploitation importante et toujours croissante. Il est donc nécessaire que cette ressource soit mieux connue. Lors de la réunion du 6 avril 2011 à Sens, la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE-IdF), les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Bourgogne, Champagne-Ardenne et Centre, ainsi que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), ont exprimé l'utilité de préciser le diagnostic hydrogéologique de l'aquifère de la craie en lien avec l'état quantitatif et écologique des cours d'eau entre le Loing et la Marne. Ce secteur correspond aux masses d'eau souterraine DCE 3208, 3209 et 3210.

Afin d'appréhender l'état piézométrique de la nappe de la craie, un levé piézométrique en condition de basses eaux a été réalisé du 03 au 21 octobre 2011. Une carte, actualisant les données obtenues antérieurement (Albinet & Cottez, Rouxel-David, etc), a ainsi pu être dressée.

Ce document possède non seulement l'intérêt de présenter un certain nombre de mesures piézométriques récentes et synchrones sur tout le secteur d'étude, mais aussi celui d'avoir entraîné la réalisation d'un inventaire des ouvrages encore en état de fournir ce type de mesure. De plus, la Banque du Sous-Sol a pu être mise à jour avec des informations sur des forages non déclarés et des données piézométriques récentes.

La carte piézométrique tracée suite à la campagne de terrain permet d'avoir en tout point de la zone étudiée : la profondeur et le sens d'écoulement de la nappe de la craie séno-turonienne. Pour chaque MESO, un commentaire a été rédigé à partir de la carte et des observations de terrain afin de mieux appréhender le fonctionnement de l'aquifère. Les différentes étapes du travail réalisé par le BRGM sont détaillées dans ce rapport.

Plusieurs documents sont disponibles en annexes et un DVD contenant la quasi-intégralité des données utilisées pour l'accomplissement de cette phase du projet accompagne ce rapport.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Contexte de l'étude	11
2.1. SECTEUR D'ETUDE.....	11
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	12
2.2.1. MESO 3208.....	13
2.2.2. MESO 3209.....	14
2.2.3. MESO 3210.....	15
2.3. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE.....	17
2.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	18
3. Elaboration de la carte piézométrique	19
3.1. RAPPEL DU CAHIER DES CHARGE	19
3.2. CAMPAGNE DE MESURES PIEZOMETRIQUES.....	19
3.2.1. Préparation de la campagne de mesure.....	19
3.3. CAMPAGNE DE TERRAIN	31
3.3.1. Organisation du travail de terrain.....	31
3.3.2. Campagne de mesure.....	33
3.3.3. Présentation des points de mesure	34
3.3.4. Dépouillement, validation et saisie de données	34
3.4. TRACE DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE.....	37
3.4.1. Méthode d'élaboration retenue	37
3.4.2. Données prises en compte	37
4. Présentation et analyse de la carte piézométrique	43
4.1. CLEFS DE LECTURE DES CARTES PIEZOMETRIQUES	43
4.2. ANALYSE DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAIE ..	43
4.2.1. Echelle régionale.....	43
4.2.2. Echelle de la MESO	44
5. Conclusions	48
6. Bibliographie	49

Liste des illustrations

Figure 1 - Masses d'eau souterraine de la zone d'étude.....	11
Figure 2 - Coupe géologique et hydrogéologique schématique (Rouxel-David, 2002)	12
Figure 3 - Géologie du secteur d'étude (extrait de la carte géologique de la France au	13
Figure 4 – Géologie simplifiée de la masse d'eau 3208 (extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, BRGM)	14
Figure 5 - Géologie simplifiée de la masse d'eau 3209. (extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, BRGM)	15
Figure 6 - Géologie simplifiée de la masse d'eau 3210 (extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, BRGM)	16
Figure 7 – Réseau hydrographique du secteur d'étude (Source : BD Carthage)	17
Figure 8 – Maillage de la zone d'étude (BRGM)	20
Figure 9 – Représentation de la superficie excédentaire due au maillage (BRGM)	21
Figure 10 – Représentation des mailles ne contenant aucun ouvrage	22
Figure 11 – Représentation du buffer	28
Figure 12 – Localisation des bassins versants à enjeux	29
Figure 13 – Répartition géographiques des sites sélectionnés	30
Figure 14 - Pluviométrie à Sens et Troyes (Source: DRIEE - MétéoFrance).....	32
Figure 15 - Chronique du piézomètre de Villeloup dans l'Aube (Source: BRGM)	32
Figure 16 - Chronique du piézomètre de Cheniers dans la Marne (Source: BRGM)	33
Figure 17 - Puits à Dracy (Source: BRGM)	34
Figure 18 – Représentation synthétique des résultats de la campagne de mesure	36
Figure 19 – Répartition géographique des points de la Base_PZ.....	38
Figure 20 – Représentation de la base BD_ALT_COURDO.....	39
Figure 21 – Résultat brut du krigeage sous GDM®	40
Figure 22 – Grid piézométrique avec anomalies	41
Figure 23 – Grid piézométrique après ajustements	41
Figure 24 - Représentation schématique des circulations entre le Loing et l'Ouanne	45
Figure 25 - Connexion hydraulique entre le Tertiaire et la craie séno-turonienne (BRGM, Megnien, 1970).....	47

Liste des tableaux

Tableau 1 - Superficie des masses d'eau étudiées	12
Tableau 2 – Nombre d'ouvrages en fonction de la note obtenue	27
Tableau 3 – Récapitulatif de la campagne de terrain	35
Tableau 4 – Tableau récapitulatif des données fournies au BRGM	35
Tableau 5 – Bilan du nombre et de l'origine des données.....	35
Tableau 6 – Répartition des motifs d'échec de mesure.....	37

Liste des annexes

Annexe 1 Extrait de l'annexe technique de la convention	51
Annexe 2 Exemple d'une fiche du cahier de terrain	63
Annexe 3 Liste des points de mesures piézométriques	67
Annexe 4 Carte piézométrique	87

1. Introduction

Lors de la réunion du 6 avril 2011 à Sens, la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE-IDF), les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Bourgogne, Champagne-Ardenne et Centre, ainsi que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), ont exprimé l'utilité de préciser le diagnostic hydrogéologique de l'aquifère de la craie en lien avec l'état quantitatif et écologique des cours d'eau entre le Loing et la Marne. Ce secteur correspond aux masses d'eau souterraines DCE 3208, 3209 et 3210.

Dans ce cadre, le BRGM a été sollicité pour la réalisation d'une campagne piézométrique, en période de « basses eaux », sur la zone d'affleurement de la nappe de la craie comprise dans les régions Ile-de-France, Bourgogne, Champagne-Ardenne et Centre. Dans un contexte actuel de très basses eaux, la réalisation de la campagne « hautes eaux » ne s'avère pas pertinente.

L'objectif principal de cette étude est d'actualiser les données piézométriques existantes de l'aquifère de la craie entre le Loing et la Marne afin d'obtenir une photographie de la situation de la nappe à l'automne 2011. Cette cartographie de « basses eaux » permettra également d'affiner la connaissance du fonctionnement de l'aquifère dans un contexte de niveaux très bas. La prestation envisagée a pour objet :

- l'organisation d'une campagne de mesures piézométriques synchrones de la nappe de l'aquifère de la craie en période de basses eaux (octobre 2011);
- la réalisation d'une carte piézométrique en période de basses eaux.

Cette carte constituera ensuite une source d'information importante pour toute étude portant sur les masses d'eau identifiées de la craie.

L'étude s'intègre complètement dans la mission du BRGM d'appui aux politiques publiques en matière de compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes complexes.

2. Contexte de l'étude

2.1. SECTEUR D'ETUDE

Le secteur d'étude se situe à l'Est du pays de Brie et comprend les 3 Masses d'Eau SOuterraines (MESO) suivantes:

- MESO n° 3208 : Craie de Champagne Sud et Centre
- MESO n° 3209 : Craie du Sénonais et du Pays d'Othe
- MESO n° 3210 : Craie du Gâtinais

Ces trois MESO représentent la frange Sud-Est du Bassin parisien (cf. Figure 1 - Masses d'eau souterraine de la zone d'étude). Les villes d'importance régionale sont Troyes et Châlons-en-Champagne.

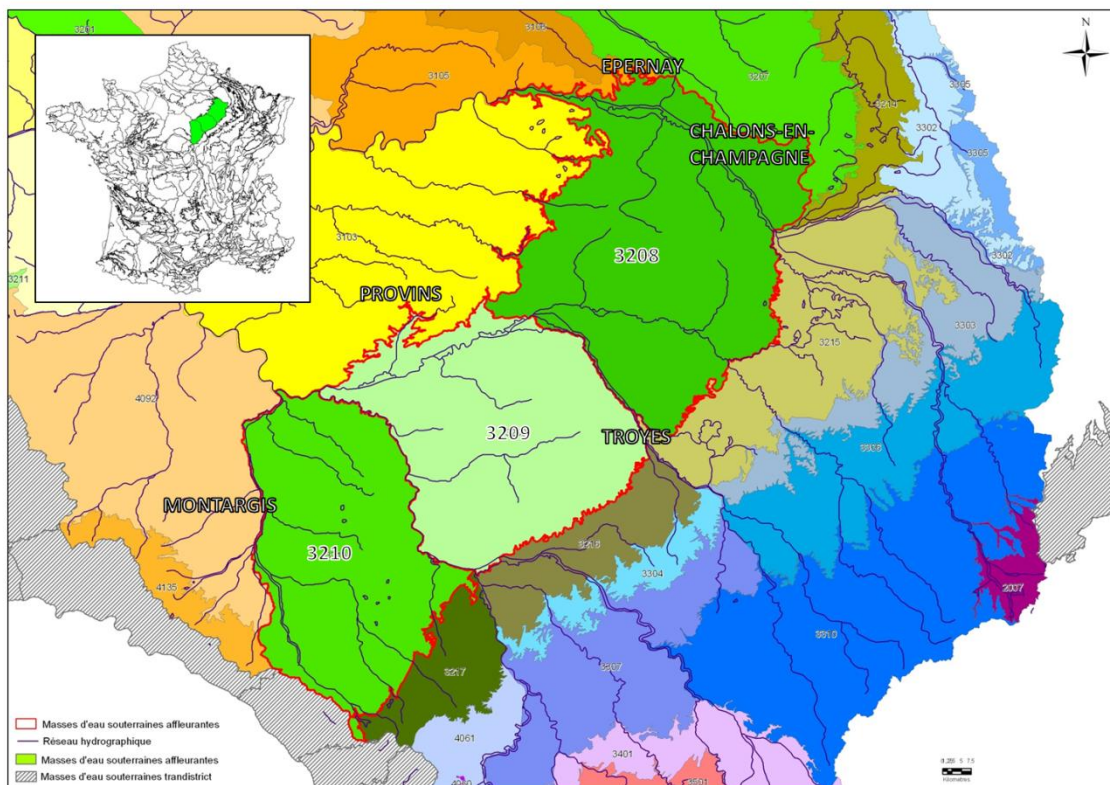


Figure 1 - Masses d'eau souterraine de la zone d'étude

L'ensemble de ces masses d'eau constituant le secteur d'étude représente une surface de 11 331 km² (cf. Tableau 1).

MESO	Superficie (km²)
3208	3230
3209	3487
3210	4614
Total	11331

Tableau 1 - Superficie des masses d'eau étudiées

2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le secteur d'étude se situe sur la partie orientale de l'auréole d'affleurement du Séno-Turonien (Crétacé supérieur, Secondaire) où la structure des couches est monoclinale à pendage Nord-Ouest d'environ 6 ‰ (cf. Figure 2 et Figure 3).

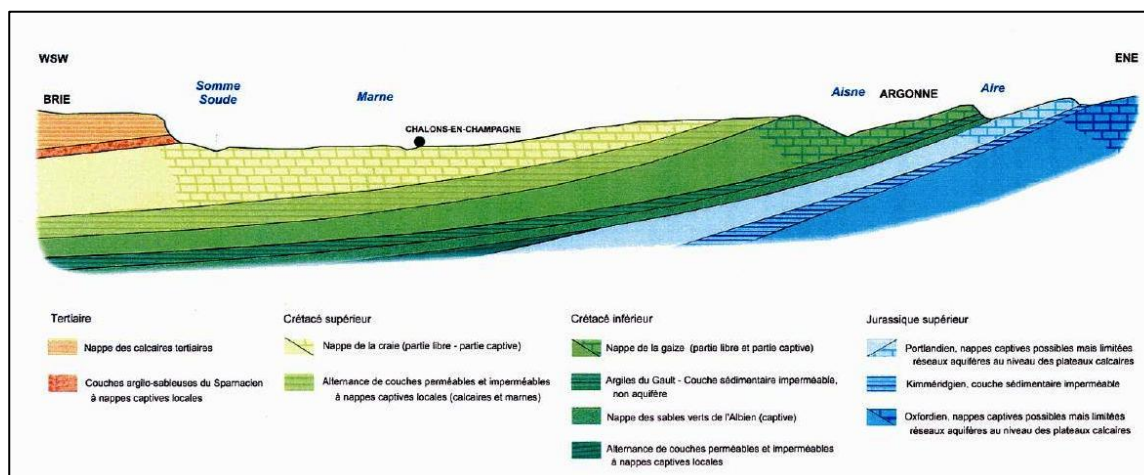


Figure 2 - Coupe géologique et hydrogéologique schématisée (Rouxel-David, 2002)

La puissante assise crayeuse du Crétacé supérieur (450 m au forage 01887X0017/SDN104 de Soudron, Marne) débute avec le Cénomaniens, affleurant à l'Est du secteur d'étude, recouvert par les couches du Turonien et du Sénonien.

Du point de vue lithologique, le Turonien est représenté par des craies marneuses à la base (Turonien inférieur, *Inoceramus labiatus*) et d'une craie plus blanche, plus compacte, en bancs et sans silex au sommet (Turonien supérieur, *Micraster leskei*).

La transition Turonien - Sénonien se fait avec le Coniacien (*Micraster decipiens*), repérable par l'apparition d'une craie massive et très riche en silex. Le Sénonien est divisé en trois étages, classés de la base au sommet: le Coniacien, le Santonien et le Campanien. Ces trois étages présentent globalement tous le faciès "craie à silex", leur différenciation n'étant possible que par observations micropaléontologiques. La teneur en CaCO_3 augmente progressivement, passant de 88,7% pour le Cénomaniens à 97,8% dans le Campanien (Duermael, 1964).

A l'Ouest et au Sud du secteur d'étude, la craie disparaît sous les terrains tertiaires et quaternaires.

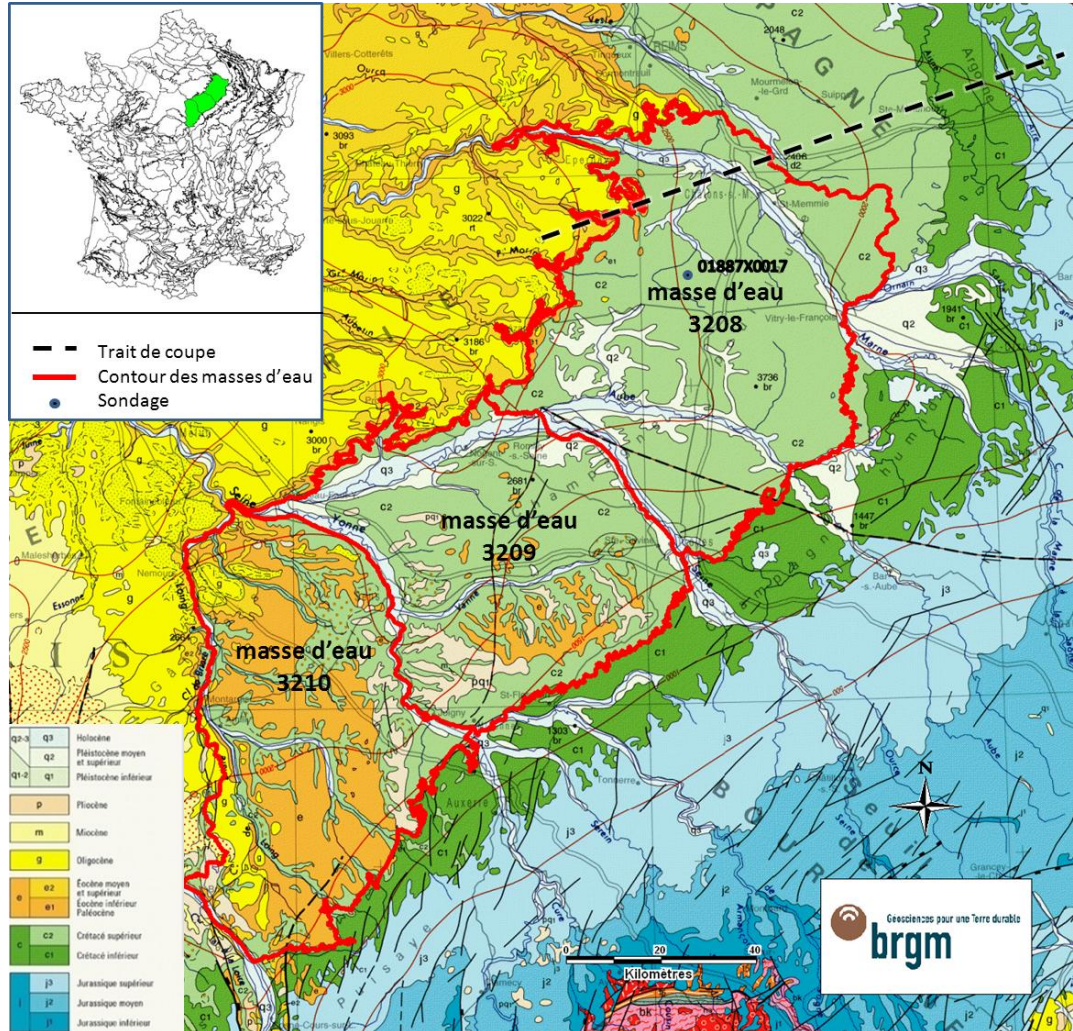


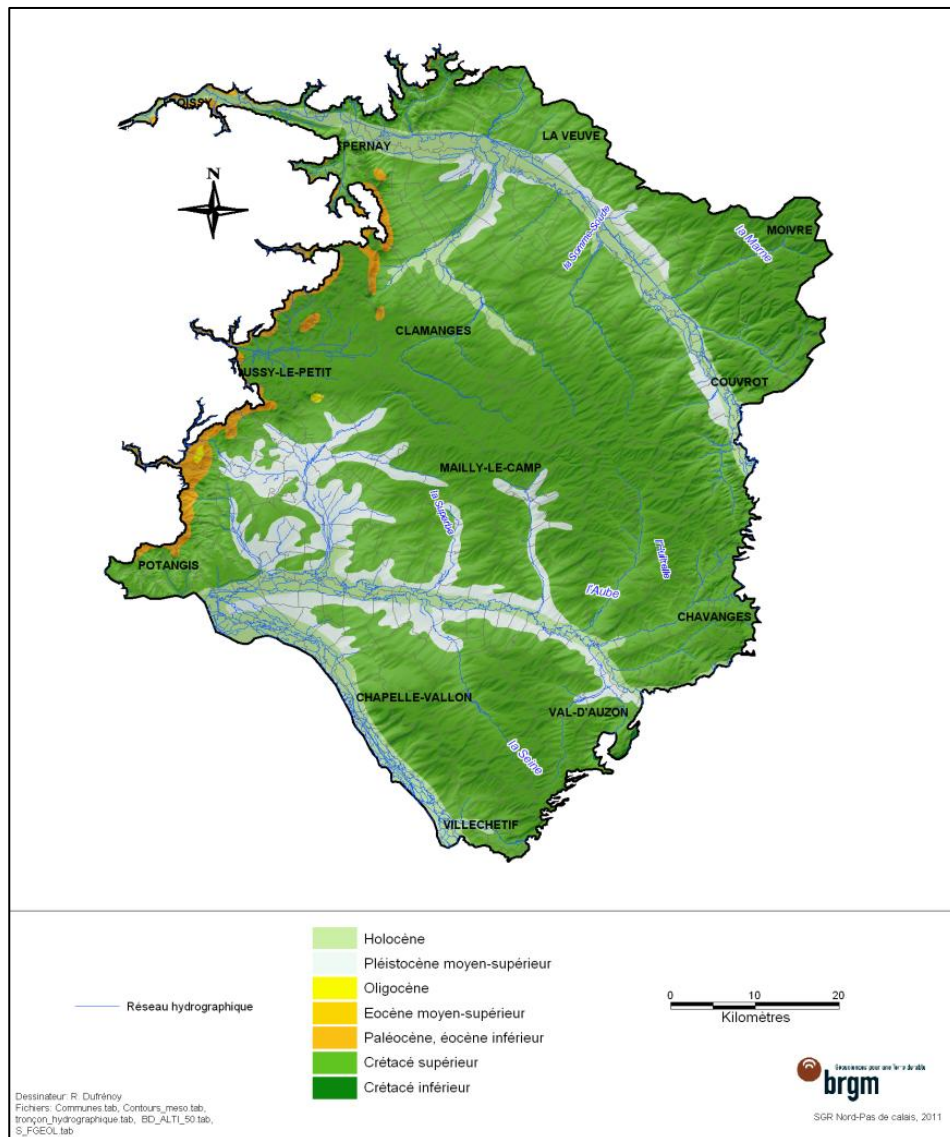
Figure 3 - Géologie du secteur d'étude (extrait de la carte géologique de la France au 1/1000 000, BRGM).

2.2.1. MESO 3208

Dans la MESO 3208, la Craie séno-turonienne est sub-affleurante sous un fin recouvrement quaternaire (0 à 1 m d'épaisseur). Cette région est traversée par plusieurs grands cours d'eau s'écoulant en direction du Bassin parisien (la Marne, l'Aube et la Seine) et ayant permis le dépôt d'alluvions (cf. Figure 4).

La limite occidentale est définie par la Seine et, plus au Nord, par un paysage en cuesta (la Falaise d'Ile-de-France). À la limite Est de la masse d'eau, la Champagne

« sèche » fait place à la Champagne « humide » formée par les affleurements du Crétacé inférieur argilo-marneux et sableux.



2.2.2. MESO 3209

La MESO 3209 possède une géologie sensiblement identique à la précédente, hormis la persistance de plages de terrains tertiaires (sables et argiles pouvant atteindre 20 m d'épaisseur) sur les hauteurs. Cette région est typique d'un paysage limité par deux cuestas : la Falaise d'Ile-de-France au Nord et la Puisaye au Sud. La Seine et les

rivrières majeures (Yonne, Vanne) ont permis le dépôt d'alluvions tertiaires et quaternaires (cf. Figure 5).

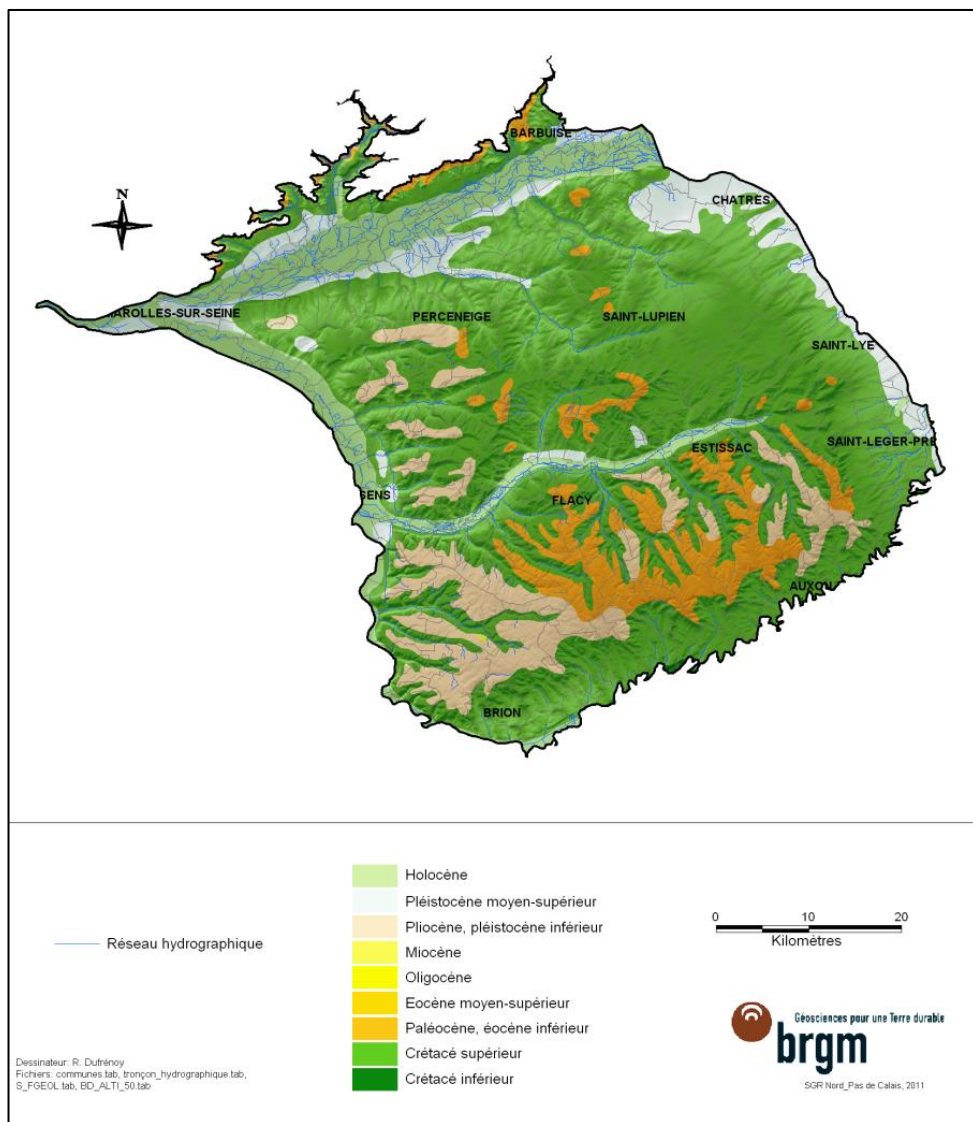


Figure 5 - Géologie simplifiée de la masse d'eau 3209. (extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, BRGM)

2.2.3. MESO 3210

La MESO 3210 est largement recouverte par des terrains quaternaires et/ou tertiaires, présentant à eux deux : des puissances variant de 0 à 25 m suivant approximativement une direction Sud-Ouest, et de 20 à 60 m vers le Nord-Ouest (cf Figure 6).



Figure 6 - Géologie simplifiée de la masse d'eau 3210 (extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, BRGM)

2.3. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique comporte des fleuves et des rivières majeures dont les sources sont situées dans les régions périphériques du bassin. Ce sont notamment la Marne, l'Aube, la Seine, l'Ouanne, l'Yonne, la Vanne, le Loing et la Loire qui drainent eux-mêmes et par leurs affluents l'importante formation aquifère que constitue la craie (Panetier, 1966).

La Loire et le Loing constituent les limites australe et orientale, alors que les vallées de la Seine et la de la Marne forment les limites Nord du secteur d'étude. Ce dernier est entrecoupé par les vallées de l'Yonne, de la Vanne, de l'Aube et de l'Ouanne, dont le chevelu hydrographique devient de plus en plus dense en allant du nord-est vers sud-ouest.

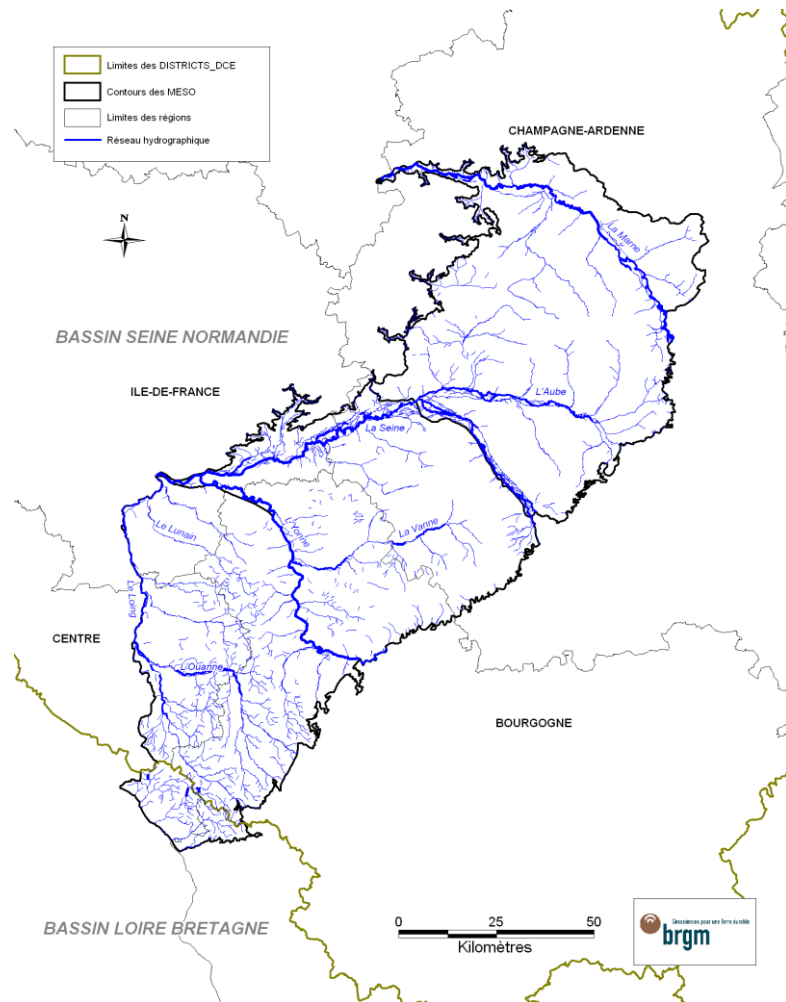


Figure 7 – Réseau hydrographique du secteur d'étude (Source : BD Carthage)

Cette hétérogénéité de la répartition des cours d'eau traduit principalement la différence de perméabilité des formations affleurantes. En Champagne (MESO 3208),

la forte perméabilité de la craie affleurante et le faible recouvrement quaternaire font que les précipitations s'infiltrent facilement, ce qui élimine la quasi-totalité du ruissellement et explique la faible densité du réseau hydrographique de cette région. Les cours d'eau constituent les « trop plein » de la nappe (Mégrien).

2.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Dans le sud-est du Bassin parisien, la craie constitue un immense réservoir aquifère d'environ 320 m d'épaisseur. La zone aquifère est constituée par les craies du Turonien et du Sénonien (Crétacé supérieur). Le substratum imperméable est constitué par les couches marneuses du Cénomanién. À l'échelle régionale, son alimentation et son écoulement seraient représentatifs d'un écoulement continu et libre, accompagné de nombreux phénomènes karstiques locaux.

La zone d'étude est une région qui, par sa structure, sa morphologie et son drainage s'incline vers le Nord-Ouest et butte en contre-bas de la cuesta de l'Île de France. De par cette configuration, la dépression formée en contre-bas de la cuesta est particulièrement favorable aux échanges entre les eaux souterraines et de surface, d'autant plus qu'elle est constituée de terrains perméables : craie et alluvions (Roux, 2006)

Au sein de l'aquifère, la circulation est à prédominance diaclasique. La fissuration est peu dense sous les plateaux, par contre elle est bien développée sous les thalwegs. Sa densité diminue en profondeur où la craie devient progressivement compacte et beaucoup moins perméable (Panetier, 1966). Si la perméabilité de la craie montre des variations verticales, elle présente en outre de fortes variations latérales. L'action érosive est en effet beaucoup plus forte au niveau des zones alluviales.

La nappe est libre sur une grande partie de la zone d'étude et les écoulements souterrains convergent vers les vallées principales ou secondaires, arrosées ou sèches, qui constituent des axes de drainage préférentiels. La nappe de la craie fournit la plus grande part des débits des rivières, dont elle régule dans une large mesure le régime, et alimente également pour l'essentiel les aquifères alluviaux.

Concernant les limons présents sur le secteur d'étude, ceux-ci laissent passer l'eau et ils deviennent moins perméables quand leur épaisseur dépasse la dizaine de mètres. En Champagne, les limons sont rares et leur épaisseur ne dépasse pas le mètre.

À l'Ouest, les formations tertiaires contiennent une série d'aquifères de médiocre qualité en général qui se déversent par des lignes de sources dans la craie ou encore participent à l'alimentation de la nappe de la craie par drainance (à l'exception des rus en provenance des formations tertiaires qui sont en position perchée).

3. Elaboration de la carte piézométrique

Cette partie du rapport reprend l'intégralité du processus ayant permis le tracé de la carte piézométrique de la nappe de la craie séno-turonienne. Y sont également abordées l'organisation de la campagne, la mesure de 616 points représentatifs du niveau statique, l'utilisation de logiciels dédiés et l'interprétation des résultats.

Plusieurs documents permettant d'apprécier le travail réalisé sont disponibles en annexes. La carte piézométrique basée sur la campagne de terrain d'octobre 2011 est disponible au format A0 (plié) en fin de rapport (annexe 4). Plusieurs éléments de compréhension y figurent : la piézométrie, des informations toponymiques et une version simplifiée de la géologie locale.

Conformément au cahier des charges, l'ensemble des photos prises sur le terrain, ainsi que les documents nécessaires à l'interpolation (fichiers bruts et SIG), seront disponibles sur le DVD-ROM inclus dans la couverture de rapport.

3.1. RAPPEL DU CAHIER DES CHARGE

Les clauses techniques du Cahier des charges pour la phase 1 du projet sont présentées en annexe 1. Certaines spécificités (attention portée à certains bassins versants, utilisation du logiciel GDM®...) ont fait l'objet d'un accord de la DRIEE – IDF par messagerie électronique.

3.2. CAMPAGNE DE MESURES PIEZOMETRIQUES

3.2.1. Préparation de la campagne de mesure

Maillage

Afin d'obtenir une répartition homogène de l'information sur la zone d'études et de respecter le Cahier des charges, une grille, constituée de mailles carrées de 4000 mètres de côté, a été créée à l'aide de l'outil « gridmakr.mbx » du logiciel MapInfo®. Celle-ci couvre la totalité des masses d'eau 3208, 3209 et 3210. L'opération de découpage a permis d'obtenir un total de 862 mailles de 16 km², soit un total de 13792 km² (cf. Figure 8).



Figure 8 – Maillage de la zone d'étude (BRGM)

La superficie excédentaire, plus de 2000 km², est due aux mailles situées en dehors des limites du secteur d'étude (cf. Figure 9).

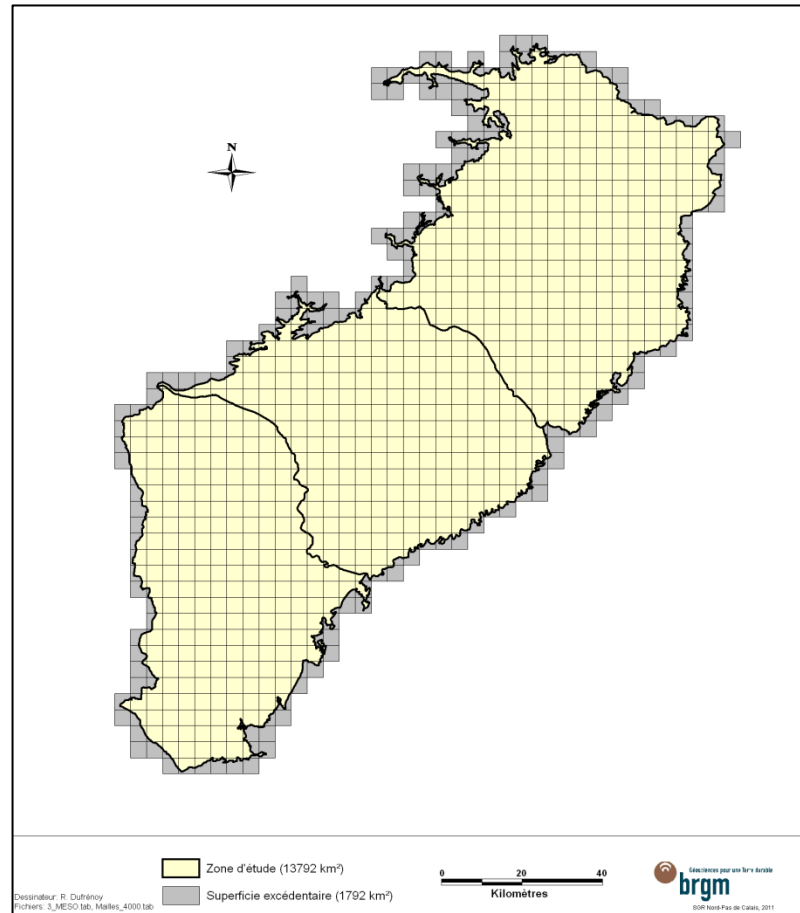


Figure 9 – Représentation de la superficie excédentaire due au maillage (BRGM)

Définition des ouvrages mesurables connus

Objectif : optimiser le temps de terrain, réduire le temps passé à rechercher un point de mesure en fournissant une liste d'ouvrages localisés et correctement décrits aux équipes.

• Extraction de la BSS

Une extraction de la Banque du Sous-Sol (BSS) a permis d'obtenir une liste de 14220 ouvrages localisés dans le secteur d'étude.

La BSS regroupe l'ensemble des travaux souterrains, or de nombreux ouvrages ne sont pas utilisables pour une campagne piézométrique (comme les sondages géotechniques par exemple). Ces forages ont été éliminés de la Base Campagne.

L'objectif étant de créer une table de référence comprenant les informations nécessaires à la sélection des ouvrages, des requêtes sur SQL+ ont été effectuées

afin de les compléter (documents existants, état des piézomètres, mesures piézométriques, utilisation, raison de création...).

Des informations ont été aussi récupérées depuis le site d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES), telles que les chroniques piézométriques, les descriptifs et usages des différents ouvrages souterrains...

Pour 862 mailles, une base de 14212 points a été ainsi obtenue. Ce chiffre, encourageant par rapport aux 1000 mesures maximales souhaitées, occulte le fait que l'information est répartie de façon hétérogène puisque 47 mailles ne comportent aucun ouvrage recensé en BSS (cf. Figure 10).

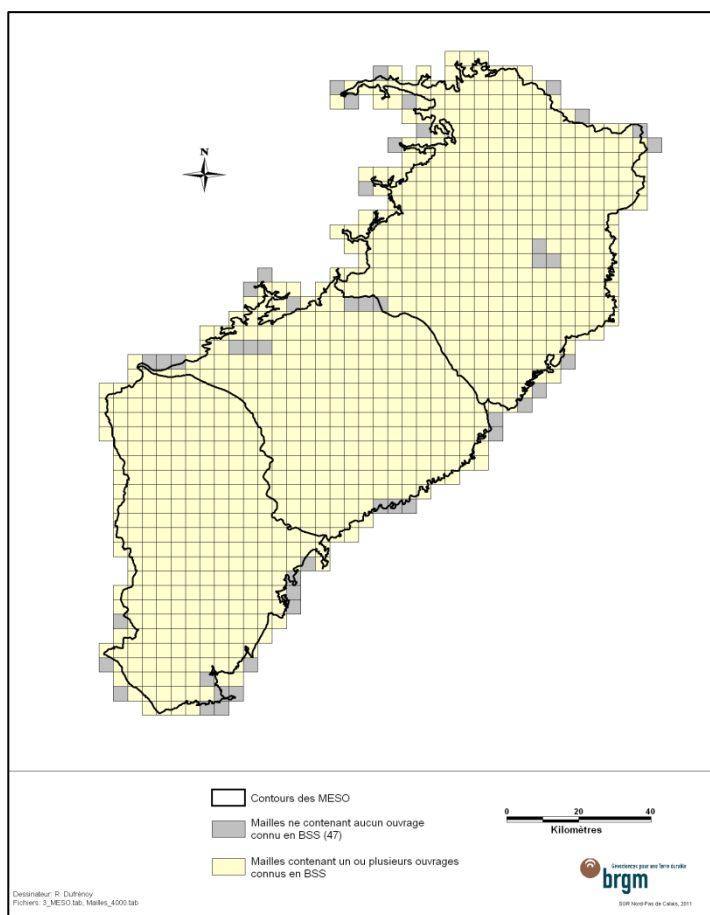


Figure 10 – Représentation des mailles ne contenant aucun ouvrage

- **Elimination des ouvrages non pertinents**

Les ouvrages ayant une profondeur supérieure à 150 mètres ont été supprimés de la liste précédente. Par la suite, une sélection suivant différents mots-clés a été réalisée afin d'éliminer les ouvrages présentant peu de garantie d'être « mesurables » sur le terrain.

Cette opération a été réalisée par exclusion de plusieurs critères dans les différentes colonnes de la BSS. La liste ci-dessous reprend l'ensemble des manipulations :

- Retrait sur la colonne « **Description_Etats_Points** » :
 - « OBSTRUE »
- Retrait sur la colonne « **BSS_utilisation** » :
 - "CERAMIQUE"
 - "CHAUFFAGE"
 - "CHAUSSEE"
 - "CHAUX"
 - "COMBUSTIBLE"
 - "CONSTRUCTION"
 - "GRANULAT-BETON"
 - "GRANULAT-LEGER"
 - "GROS-OEUVRE"
 - "INCENDIE"
 - "INDUSTRIE-PRECISION"
 - "METALLURGIE"
 - "PAREMENT"
 - "PIERRE-TAILLE"
 - "PIGMENT"
 - "POMPE-A-CHALEUR"
 - "REFRACTAIRE"
 - "REMBLAI"
 - "SONDE-GEOTHERMIQUE"
 - "TERRE-CUITE"
- Retrait sur la colonne « **dossier_nature** » :
 - "CARRIERE"
 - "CAVITE-NATURELLE"
 - "GITE"
 - "CAMPAGNE-SONDAGE"
 - "DEPOT-ARTIFICIEL"
 - "TRAVAUX-DE-GENIE-CIVIL"
 - "EXCAVATION"
 - "PAC-SUR-AQUIFERE"
 - "STATION-JAUGEAGE"
 - "PIEU"
 - "TERRASSEMENT"
 - "CAMPAGNE-GEOPHYSIQUE"
- Retrait sur la colonne « **etats** » :
 - "COLMATE"
 - "EFFONDRE »
 - "INACCES"
 - "NON-RETROUVE"
 - "NON-VISIBLE"
 - "REBOUCHE"

- "RECOUVERT"
- "REMBLAI"
- Retrait sur la colonne « **objetexpl** » :
 - "ARGILE"
 - "CALCAIRE"
 - "CRAIE"
 - "ENERGIE-GEOTHERMIQUE"
 - "FER"
 - "GALET"
 - "GEOTHERMIE-BE"
 - "GEOTHERMIE-TBE"
 - "GRAVIER"
 - "GRAVIER-SABLE"
 - "HUILE"
 - "HYDROCARBURE"
 - "KAOLIN"
 - "LIGNITE"
 - "MARNE"
 - "OCRE"
 - "PHOSPHATE"
 - "QUARTZ"
 - "REJET-EAU-USEE"
 - "ROCHE-DETRITIQUE"
 - "ROCHE-PHOSPHATEE"
 - "ROCHE-SILICEUSE"
 - "SABLE"
 - "ZIRCONIUM"
- Retrait sur la colonne « **objetrech** » :
 - "ARGILE"
 - "CALCAIRE"
 - "CALCAIRE-CIMENT"
 - "FER"
 - "GAZ"
 - "GEOTHERMIE-BE"
 - "GEOTHERMIE-TBE"
 - "GRAVIER"
 - "HUILE"
 - "HYDROCARBURE"
 - "KAOLIN"
 - "LIGNITE"
 - "MATERIAUX"
 - "MATERIAUX-NON-NOBLES"
 - "MATIERES-PREMIERES"
 - "SEL"
- Retrait sur la colonne « **objetreco** » :

- "ACCIDENT-GEOTECHNIQUE"
- "AMENAGEMENT"
- "AQUEDUC"
- "AUTOROUTE"
- "AUTOROUTE-CAMPAGNE"
- "BARRAGE"
- "BATIMENT"
- "BATIMENT-INDUSTRIEL"
- "BATIMENT-INDUSTRIEL-LEGER"
- "BATIMENT-LOURD"
- "BATIMENT-PUBLIC"
- "CAVITE"
- "CAVITE-NATURELLE"
- "CENTRALE"
- "CENTRALE-HYDROELECTRIQUE"
- "CIMETIERE"
- "CONSTRUCTION-SOUS-MARINE"
- "CUBAGE"
- "DECHARGE-BANALE"
- "DECHARGE-CONTROLEE"
- "DEVIATION"
- "EFFONDREMENT"
- "ESPACE-VERT"
- "GEOTECHNIQUE"
- "GEOTHERMIE"
- "GITE"
- "GLISSEMENT"
- "HABITATION"
- "OUVRAGES-ART"
- "PETROGRAPHIE"
- "PONT"
- "PYLONE"
- "REJET-EAUX-USEES"
- "ROUTE"
- "SOL-FONDATION"
- "SPELEOLOGIE"
- "STOCKAGE-GAZ"
- "STRATIGRAPHIE"
- "TECHNIQUE-BASE"
- "TECTONIQUE"
- "TERRAIN-SPORT"
- "TRAVAUX-SOUTERRAINS"
- "TUNNEL"
- "VOIE-FERREE"
- "VOIE-NAVIGABLE"
- "ZONE-CULTURE"
- "ZONE-HABITAT"
- "ZONE-INDUSTRIE"

Suite à cette étape, 5658 ouvrages ont été supprimés de la précédente. Il reste ainsi une base de 8554 points.

Classification et Choix des ouvrages de référence pour chaque maille

• Notation

Pour aller plus loin, un système de notation simple a été retenu pour mettre en avant les ouvrages présentant le plus de chance d'être accessibles sur le terrain. Les critères retenus sont les suivants :

- Colonne « **BSS / prof_invest** » :
 - Profondeur non renseignée (égale à '0' et à '-999') = 0 point
 - Profondeur renseignée (supérieure à '0') = 1 point
- Colonne « **ADES / Chronique** » :
 - Aucune chronique = 0 point
 - Dernière chronique remontant à plus de 10 ans = 0,5 point
 - Dernière chronique remontant à moins de 10 ans = 1 point
- Colonne « **BSS / MES_Piezo** »
 - Aucune mesure = 0 point
 - Dernière mesure remontant à plus de 10 ans = 0,5 point
 - Dernière mesure remontant à moins de 10 ans = 1 point
- Colonne « **BSS_doc / Coupe_Géologique** »
 - Présence de coupe géologique = 1 point
 - Absence de coupe géologique = 0 point
- Colonne « **BSS_doc / Coupe Technique** »
 - Présence de coupe technique = 1 point
 - Absence de coupe technique = 0 point

Ainsi, pour chaque ouvrage, il devient possible d'obtenir une note totale sur 5 points. Une note proche ou égale à 5 traduit une plus forte probabilité de réaliser une mesure sur l'ouvrage.

Le tableau suivant (cf. Tableau 2) récapitule la répartition des ouvrages :

Note Finale	Nombre d'ouvrages
0	2506
0,5	4
1	3555
1,5	105
2	1315
2,5	23
3	985
3,5	3
4	57
5	1

Tableau 2 – Nombre d'ouvrages en fonction de la note obtenue

La phase suivante a constitué en une sélection manuelle du point de référence pour chaque maille. Chaque intervenant a pris en compte la « note » de chaque forage mais aussi sa description et son environnement sur la carte IGN : champs, usines, domaine public ou privé, particuliers... À titre d'exemple, il est plus judicieux de préférer un point dans un champ qu'au sein d'une usine où l'accès est règlementé et nécessiterait une visite de plus longue durée. Un autre avantage de cette méthode est de permettre l'élimination de captages/sources AEP, lieux souvent inaccessibles sans rendez-vous et dont les gestionnaires peuvent communiquer les niveaux piézométriques a posteriori.

À la fin de cette étape, une première liste de 711 points sélectionnés a été établie. Sachant que les mailles contenant les 39 piézomètres BRGM ont été exclues des recherches, cette pré-sélection s'élève à **750** sites. A ce stade, 112 mailles restent vides.

• Densification

Le cahier des charges indique que le nombre de points mesurés sera au maximum de 1000 points pour une superficie maximale de 12 000 km². Une répartition homogène des mesures est souhaitée, tout en veillant à ce que cette densité de point soit plus importante au niveau des rivières et des vallées sèches que sur les plateaux crayeux.

Des buffers (zones tampon) de 2 km de part et d'autre des cours d'eau ont permis de définir ces secteurs (cf. Figure 11). Au-delà, le BRGM a considéré que l'influence des rivières décroissait de façon importante au profit de l'influence d'autres paramètres comme la géologie, la topographie...

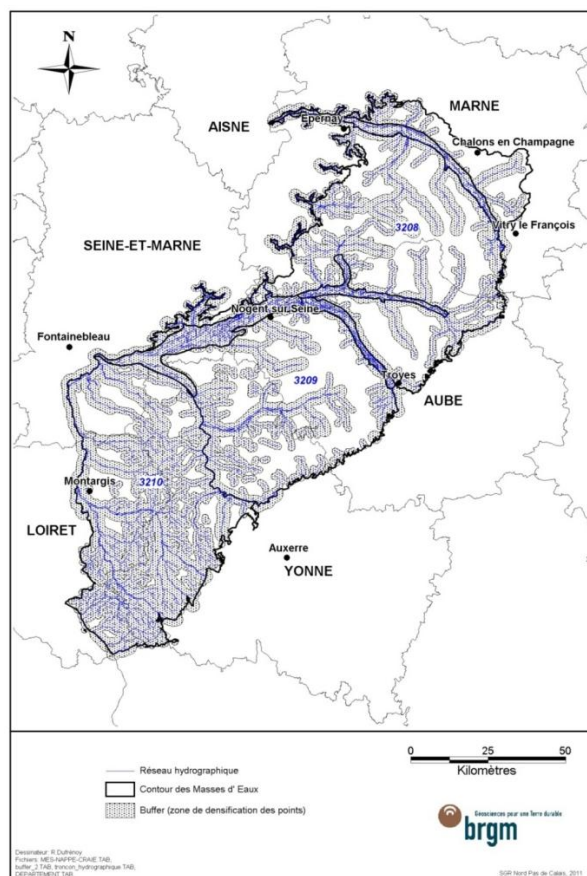


Figure 11 – Représentation du buffer

Par ailleurs, suite à une demande particulière de la DRIEE, une répartition plus dense à proximité des vallées sèches et des cours d'eau, notamment dans les bassins versants de la Barbuise, de l'Herbissonne, de l'Huitrelle, de la Somme Soude et de la Superbe, a été étudiée (cf. Figure 12). Ils représentent des enjeux particuliers quant à la gestion de la ressource en eau souterraine.

Le nombre des points situés dans les mailles incluses dans les polygones correspondant aux bassins versants sus-mentionnés a donc été, quand cela fût possible, doublé voire triplé.

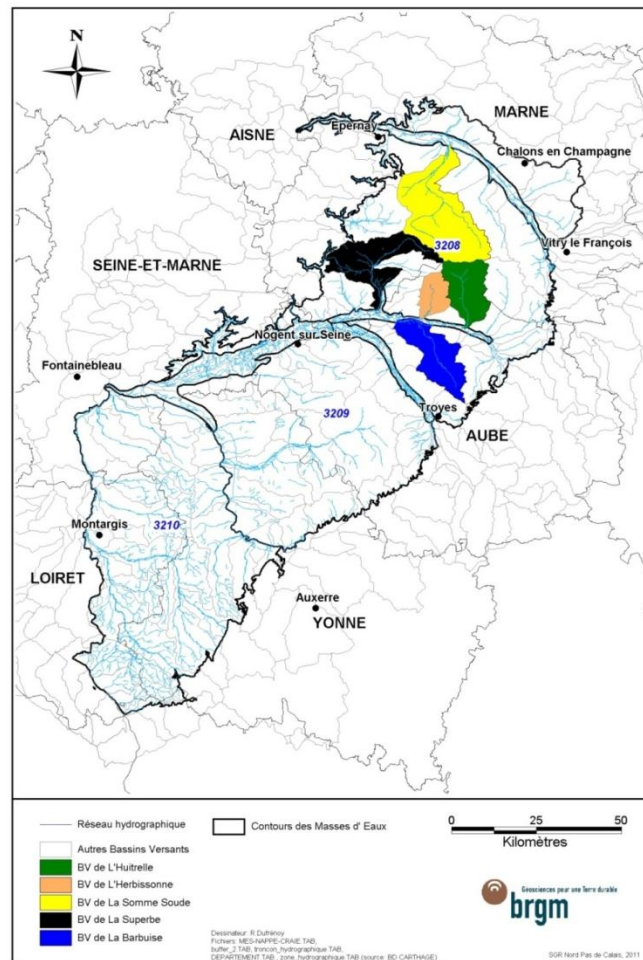


Figure 12 – Localisation des bassins versants à enjeux

L'objectif étant d'obtenir une répartition plus dense à proximité des vallées sèches et des cours d'eau, notamment dans certains bassins versants, une nouvelle sélection a été faite et a abouti à l'identification de **222 forages** supplémentaires. Ces ouvrages ont été sélectionnés parmi les ouvrages non-sélectionnés la 1^{ère} fois mais présentant une note suffisamment élevée.

Listes principale et secondaire

Le produit des étapes précédentes est l'élaboration d'une base de données de **972 points de mesure potentiels**, désignée dans ce rapport par les termes « liste principale ». Afin de pallier la disparition ou l'inaccessibilité de plusieurs forages, le BRGM a constitué, par la même méthode, une liste « secondaire » de **511 points** dont la répartition géographique est présentée par la figure suivante :

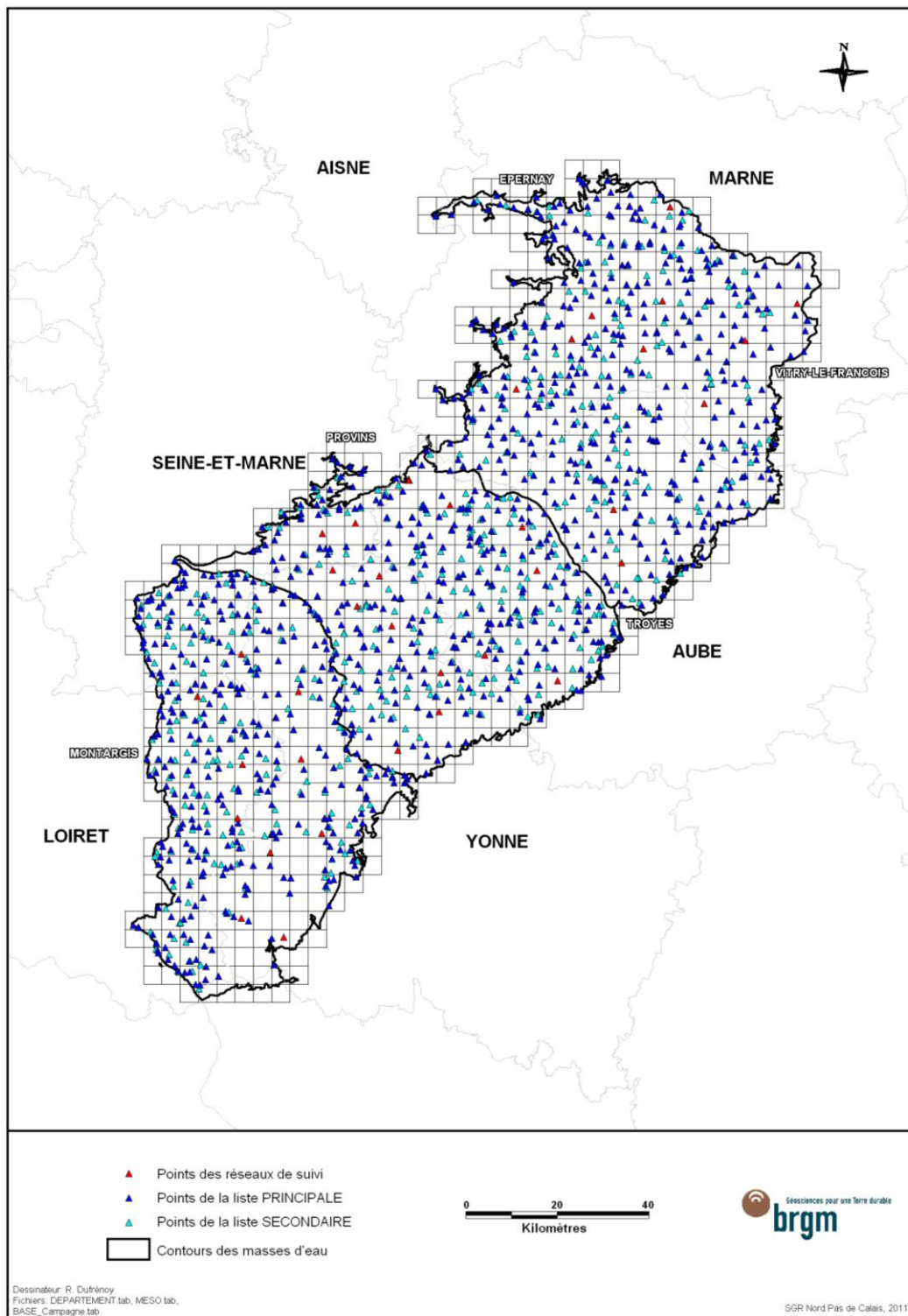


Figure 13 – Répartition géographique des sites sélectionnés

Pour les listes primaire et secondaire, toutes les notes des forages et puits sélectionnés sont comprises entre 0 et 4, seule la proportion de forages présentant les notes les plus élevées change entre ces deux échantillons.

3.3. CAMPAGNE DE TERRAIN

La campagne de mesure s'est déroulée en condition de basses eaux du **03 au 21 octobre 2011**.

3.3.1. Organisation du travail de terrain

Organisation et logistique

La campagne en elle-même a nécessité l'intervention de 6 agents habilités à la réalisation de mesures piézométriques. Cette phase de terrain s'est déroulée en 15 jours ouvrés (du 3 au 21 octobre). Quant à sa préparation, elle a représenté une charge de travail équivalente à une équipe de 5 personnes durant 2 semaines.

Parallèlement, le BRGM s'est mis en contact avec les producteurs d'eau connus (Eaux de Paris, Véolia, Lyonnaise des eaux, SDDEA...) afin d'obtenir des données piézométriques supplémentaires¹.

Chaque agent s'est vu attribuer un secteur d'investigation (environ 2000 km²) et la liste de points correspondant ainsi que le matériel nécessaire à la bonne conduite de cette étape (sonde piézométrique, GPS de terrain, outils, etc).

Météorologie et hydrogéologie

Les conditions climatiques ont été particulièrement clémentes durant les semaines précédant la campagne puisque la pluviométrie est restée faible (cf. Figure 14) : la recharge des nappes n'avait donc pas commencé (cf. Figure 15 et Figure 16).

¹ L'équipe du BRGM remercie ici les services et personnes extérieurs ayant fourni une aide significative lors de la campagne : les Eaux de Paris et le SDDEA.

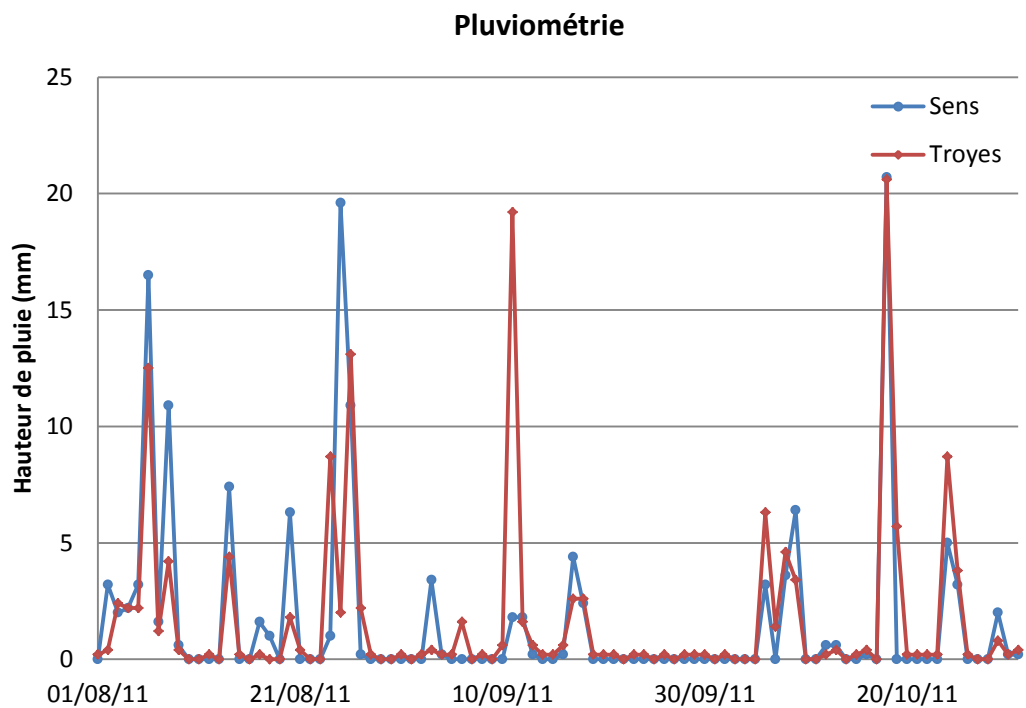


Figure 14 - Pluviométrie à Sens et Troyes (Source: DRIEE - MétéoFrance)

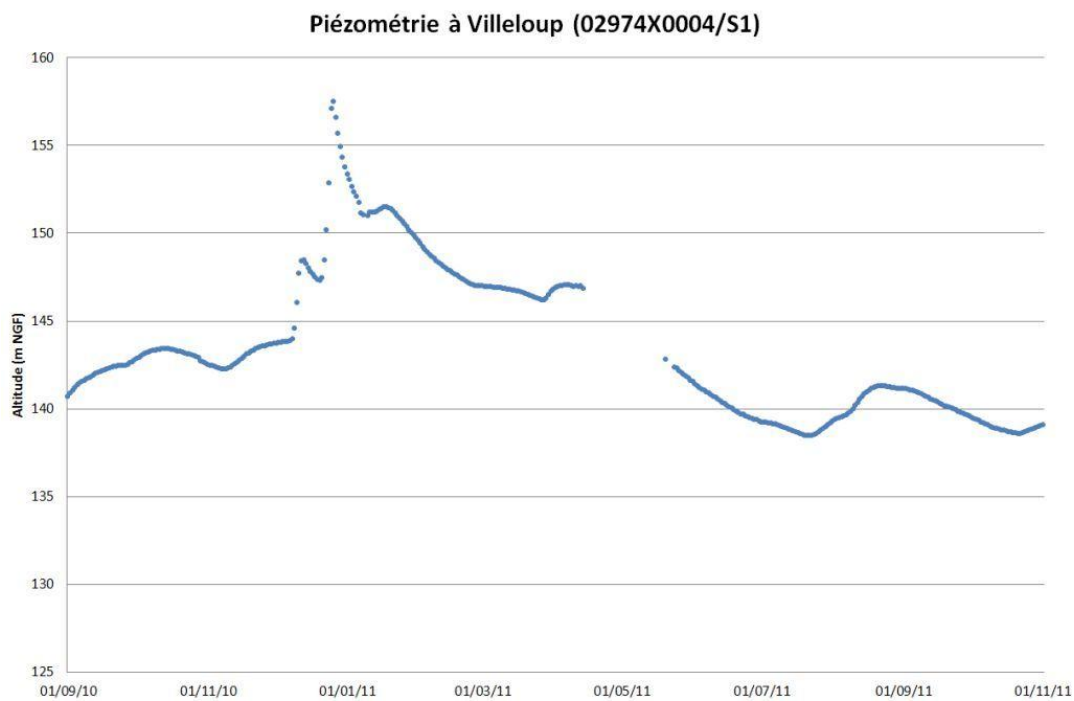


Figure 15 - Chronique du piézomètre de Villeloup dans l'Aube (Source: BRGM)

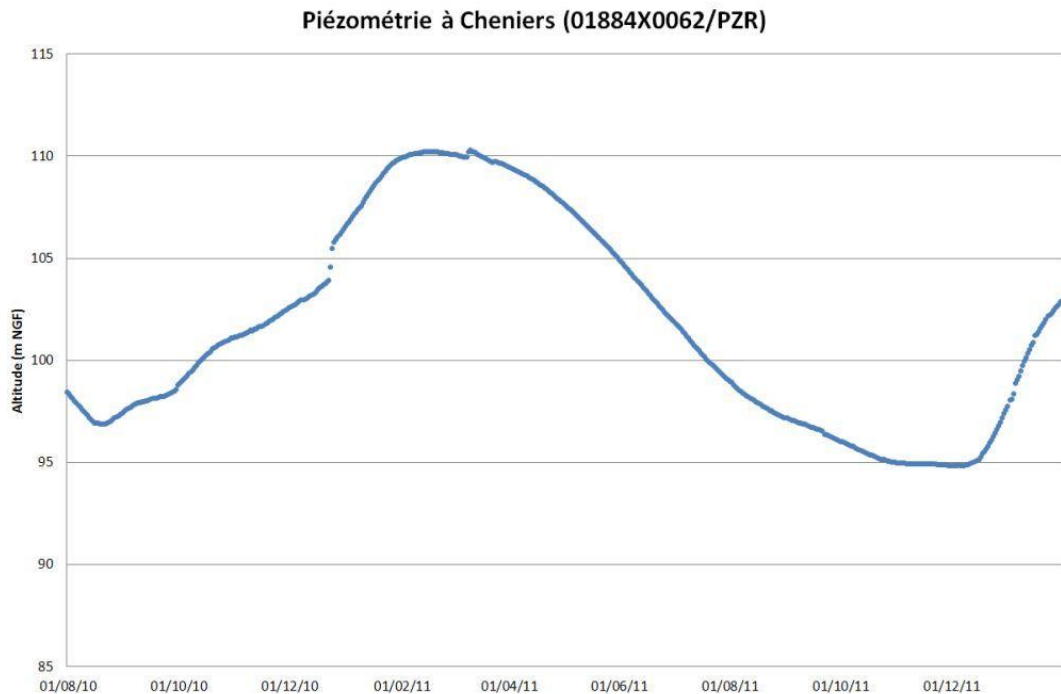


Figure 16 - Chronique du piézomètre de Cheniers dans la Marne (Source: BRGM)

3.3.2. Campagne de mesure

Chaque mesure a été effectuée à la sonde manuelle (détection via un signal sonore et lumineux) par un agent qualifié missionné par le BRGM, ou par un agent des collectivités/sociétés assurant la fourniture d'eau. Chaque mesure a été reportée sur un cahier de terrain sur lequel une carte d'accès et les informations de chaque ouvrage sélectionné étaient présentes (cf. annexe 2).

Afin d'avoir une bonne représentativité de l'état « naturel » de la nappe en condition de basses eaux, les mesures ont été prises en régime statique (sans sollicitation par pompage). Lorsqu'un point de mesure faisait l'objet d'un pompage, un arrêt de celui-ci a été effectué une dizaine d'heures avant la mesure du niveau d'eau.

Le terme « statique » ou « dynamique » a été associé aux valeurs piézométriques afin d'indiquer de façon qualitative si celles-ci ont pu être influencées par des pompages lors de la mesure.

Une grande majorité des points mesurés appartenait au domaine privé (cf. Figure 17). Un travail important de communication et de médiation a été entrepris auprès des agriculteurs, des industriels et des particuliers.



Figure 17 - Puits à Dracy (Source: BRGM)

3.3.3. Présentation des points de mesure

3.3.4. Dépouillement, validation et saisie de données

Chaque point où la mesure a pu être effectuée a fait l'objet d'une insertion ou d'une mise à jour des informations contenues dans la BSS, en précisant au mieux les informations indispensables à un éventuel retour sur le terrain (coordonnées, repères, environnement du point d'eau, photos, etc).

Avant saisie informatique des données recueillies lors de la campagne, chacune d'entre elle a fait l'objet d'une validation par les hydrogéologues régionaux. Ces validations s'appuient notamment sur les connaissances du terrain, mais aussi sur les études antérieures disponibles (cf. Bibliographie). Des données connexes ont également été vérifiées telles que l'altitude des ouvrages, la hauteur des repères par rapport au sol, les coordonnées géographiques, etc.

Lors de cette campagne de basses eaux d'octobre 2011, parmi les 972 points retenus (liste principale) : **301** se sont avérés être en mesure de fournir un niveau d'eau de l'aquifère de la Craie.

Concernant la liste secondaire (511 points), les 238 points visités ont fourni **75** mesures piézométriques.

Au cas où les deux listes se seraient avérées insuffisantes, une recherche directe sur le terrain (sans documents) a été autorisée. Celle-ci a permis de récupérer **216** niveaux sur les 254 sites visités. Il est à noter que 103 ouvrages étaient inconnus en BSS et y ont été ajoutés, se voyant ainsi attribuer un code d'identification (code BSS).

	Liste principale	Liste secondaire	Sous total	Terrain	Totaux
Prévus	972	511	1483	0	1483
Visités	972	238	1210	254	1464
Mesurés	301	75	376	216	592

Tableau 3 – Récapitulatif de la campagne de terrain

Au total, 592 mesures piézométriques ont été obtenues lors de cette campagne. A ce nombre, viennent s'additionner les données issues des réseaux de suivi et celles fournies par les producteurs d'eau :

	Nombre de mesures
Réseau piézométrique de Champagne	18
Réseau piézométrique de Bourgogne	14
Réseau piézométrique d'Ile de France	2
Réseau piézométrique de Centre	3
SDDEA	39
Veolia	0
Lyonnaise des Eaux	0
Eaux de Paris	14
Total	90

Tableau 4 – Tableau récapitulatif des données fournies au BRGM

Origine des données	Nombre de mesures
Campagne de terrain	592
Producteurs d'eau	90
Total	682

Tableau 5 – Bilan du nombre et de l'origine des données

Le nombre total de mesures piézométriques récoltées s'élève donc à 682. Les données piézométriques issues de cette campagne ont été introduites en BSS ainsi que dans une base de données jointe à ce rapport (DVD-ROM).

La figure suivante (cf. Figure 18) représente de manière synthétique les mesures piézométriques acquises lors de la campagne de terrain et de la récolte de données.

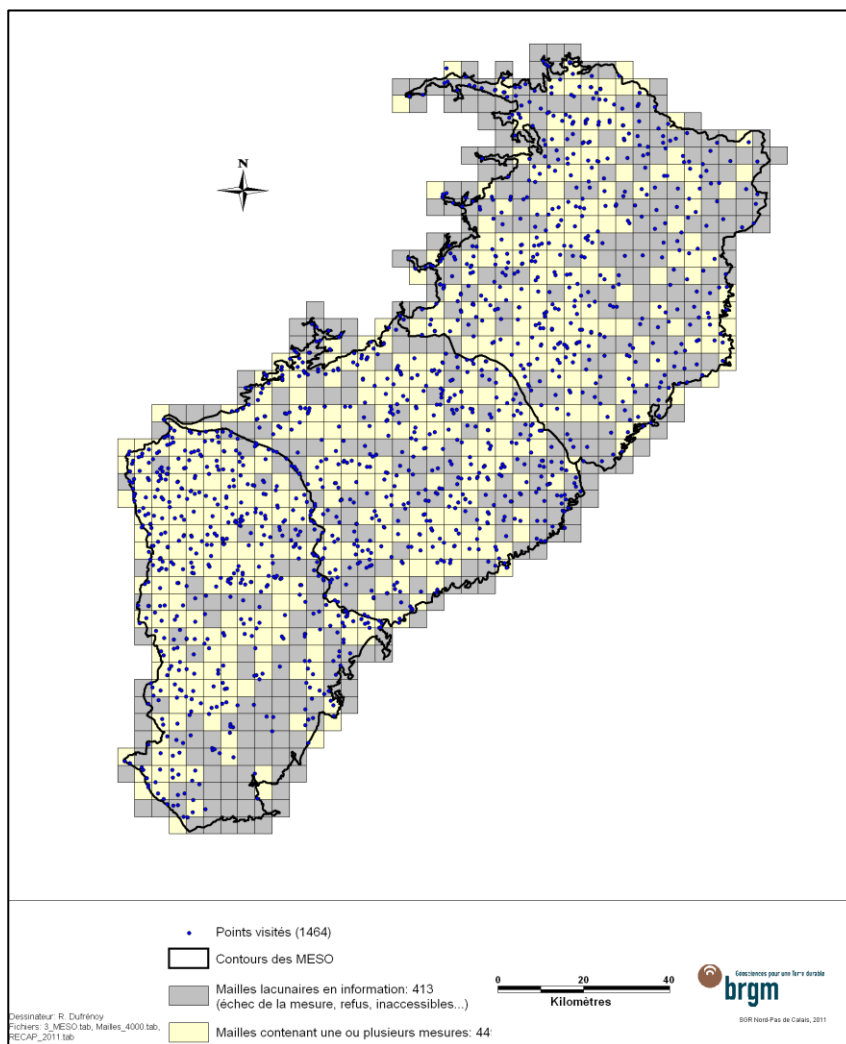


Figure 18 – Représentation synthétique des résultats de la campagne de mesure

Dans le tableau suivant (cf. Tableau 6), sont récapitulés les motifs pour lesquels les points de la liste principale n'ont pu être mesurés :

Motifs	Nombre
Introuvable	147
Inaccessible	236
Propriétaire absent	107
Refus du propriétaire	12
Rebouché (respect des règles de l'art)	46
Remblayé (non-respect)	43
Obstrué	39
Détruit	7
Autre	34
Total	671

Tableau 6 – Répartition des motifs d'échec de mesure

3.4. TRACE DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE

3.4.1. Méthode d'élaboration retenue

La carte piézométrique a été réalisée par krigeage. Après plusieurs essais comparatifs entre GDM[®], MapInfo[®], Surfer[®] et ArcGIS[®], l'interpolation s'est révélée de meilleure qualité avec le logiciel GDM[®] (logiciel de modélisation géologique, développé par le BRGM). Contrairement au cahier des charges mais en accord avec la DRIEE et les autres hydrogéologues régionaux, le choix de ce logiciel a été confirmé.

3.4.2. Données prises en compte

Mesures piézométriques : Elaboration de la BASE_PZ

La BASE_PZ comporte les informations nécessaires au bon fonctionnement du krigeage :

- Numéro de point pour identification
- Coordonnée X (Lambert II étendu)
- Coordonnée Y (Lambert II étendu)
- Altitude de la nappe (m NGF)

Une série de tests a permis d'identifier des points de mesures présentant un niveau de la nappe peu fiable et ont ainsi été retirés. Chaque suppression a fait l'objet d'un contrôle au cas par cas par un agent.

Après visualisation et critique des données récupérées, 66 mesures ont été invalidées. Les raisons principales sont liées à la mesure d'un autre aquifère (superficiel), à des erreurs de référencement GPS et des mesures de niveau trop influencées par les pompages. Au lieu de 682 mesures, la BASE_PZ compte désormais **616** points représentatifs du niveau statique de la nappe de la craie. La répartition géographique des ces points est représentée sur la figure suivante :

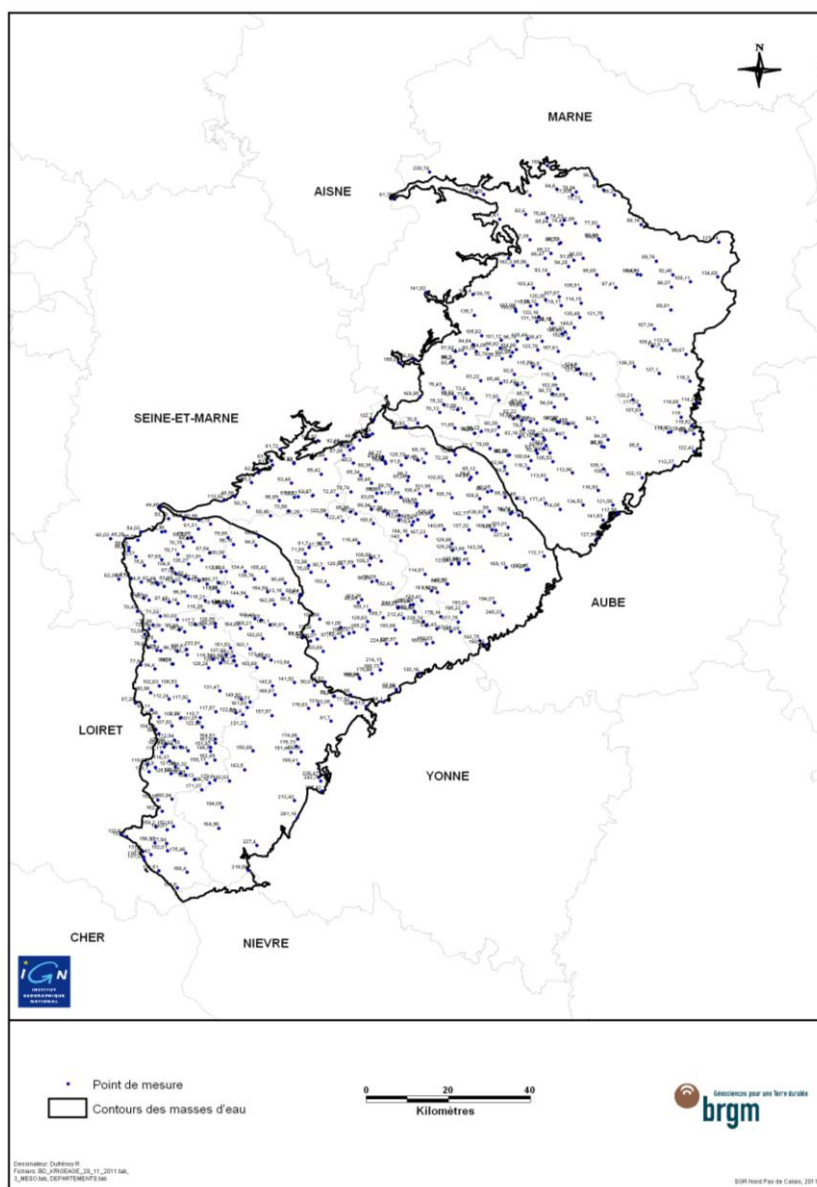


Figure 19 – Répartition géographique des points de la Base_PZ

Altitude du réseau hydrographique : Elaboration de la BASE_ALT_COURDO

La base de données désignée par le terme BASE_ALT_COURDO, a été construite à l'aide du croisement des tracés des cours d'eau BD Carthage réalisés par la DREAL et du MNT BD Alti (Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 m) réalisé par l'IGN.

De façon automatique, tous les cours d'eau classés comme « Permanents » et de longueur significative ont été considérés comme des points où la charge hydraulique était imposée. D'un point de vue hydrogéologique, ceci revient à dire que la nappe de la craie réalimente majoritairement ces cours d'eau.

Au cas par cas, certains cours d'eau définis comme « intermittents » ont été utilisés. Pour cela, les observations faites sur l'état des cours d'eau lors de la campagne ont été très utiles.

Cette base comporte les données suivantes :

- Numéro de point pour identification
- Nom du cours d'eau
- Coordonnée X du point (Lambert II étendu)
- Coordonnée Y du point (Lambert II étendu)
- Altitude en m NGF
- Etat (Permanent, Intermittent...)

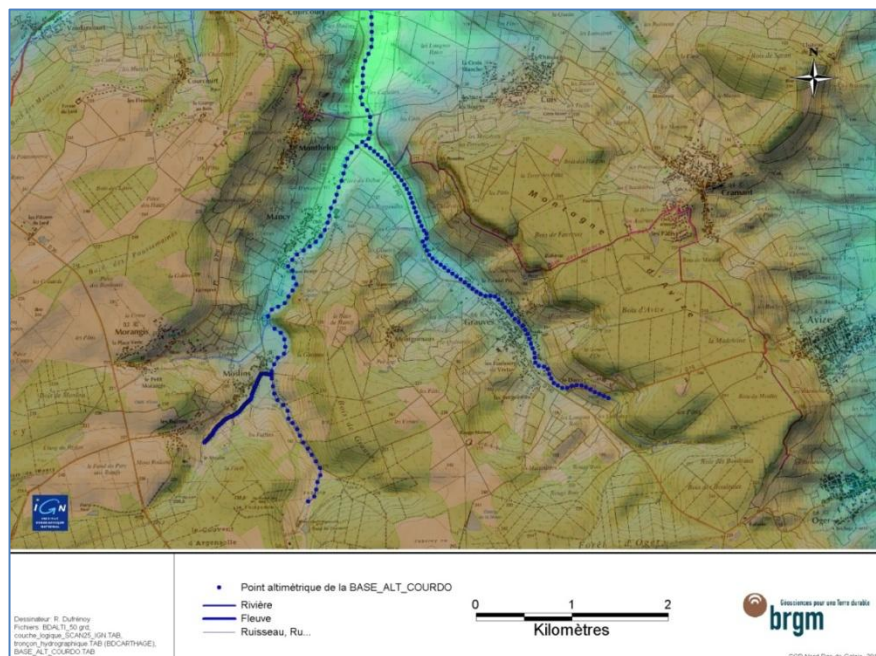


Figure 20 – Représentation de la base BD_ALT_COURDO

Krigeage et ajustements

Le krigeage a été réalisé à l'aide du logiciel GDM® : les mailles ont 200 m de côté et la technique utilisée correspond à un krigeage avec variogramme linéaire sans dérive. Les premiers résultats des tests de krigeage réalisés ont permis d'obtenir une bonne représentation générale de la piézométrie de la nappe de la craie au droit du secteur d'étude (cf. Figure 21) :

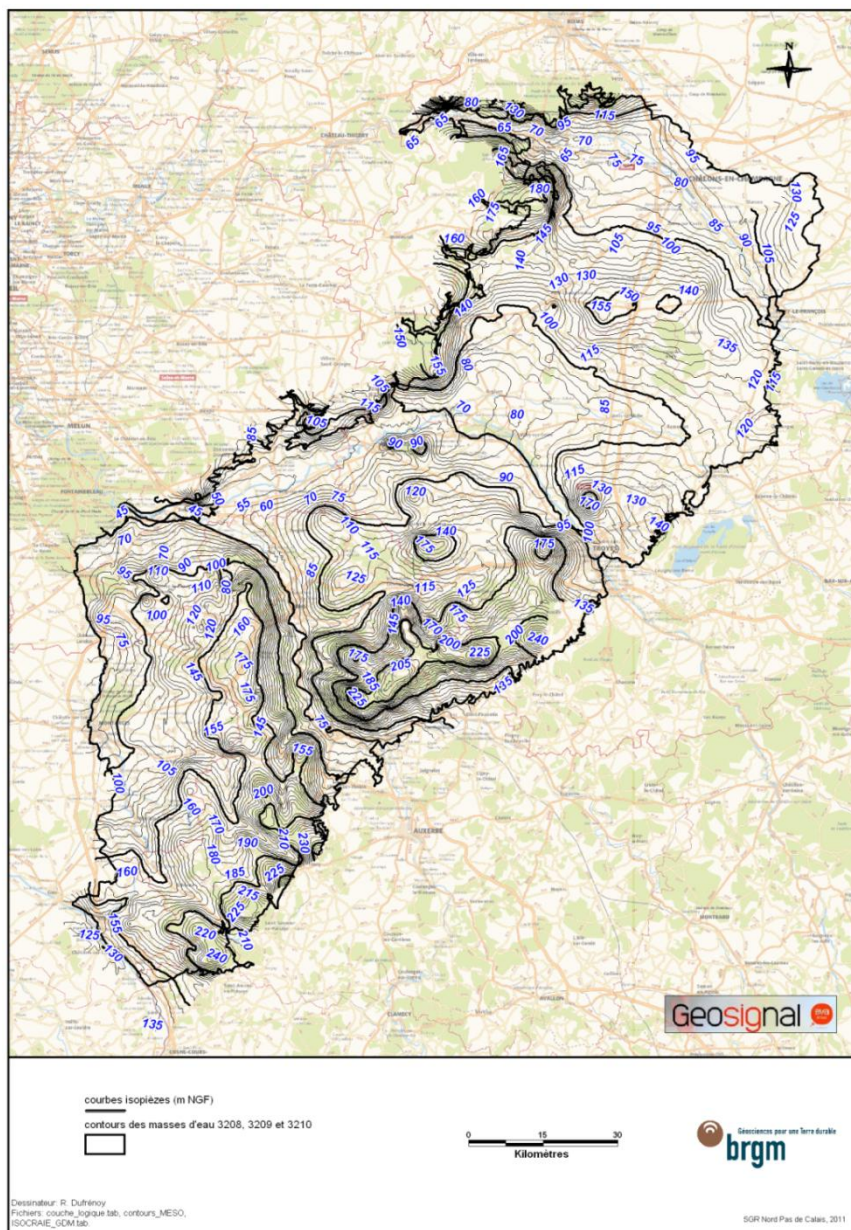


Figure 21 – Résultat brut du krigeage sous GDM®

Néanmoins, une comparaison de cette carte avec la topographie, via le MNT BD Alti 50 m, a permis d'identifier les zones présentant des anomalies. Ces dernières correspondaient à des secteurs où les points retenus étaient peu fiables ou peu nombreux. Un exemple est représenté sur la figure suivante :

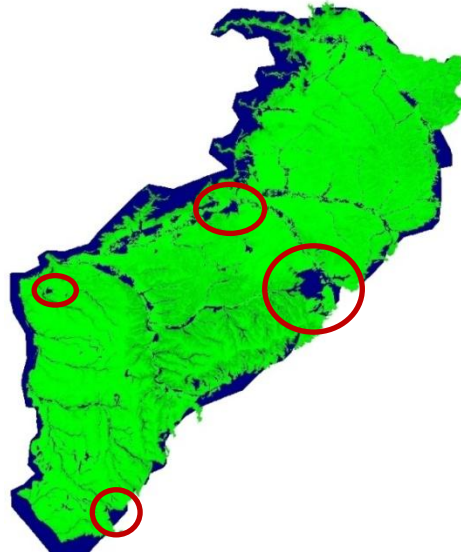


Figure 22 – Grid piézométrique avec anomalies

Suite à cette étape, une série de corrections et d'ajustements nécessaires a été réalisée manuellement. Sans présenter d'erreurs manifestes, plusieurs secteurs ont été remaniés afin de mieux correspondre au tracé de cartes antérieures. L'apport de ces modifications est très clair (cf. Figure 23) et n'a pas engendré de suppression de points.



Figure 23 – Grid piézométrique après ajustements

Validation

Le tracé de cette carte prend aussi appui sur les études antérieures réalisées sur ce secteur d'étude (cf. Bibliographie). Le tracé obtenu par cette méthode a été attentivement critiqué par les hydrogéologues régionaux du BRGM, certaines courbes isopièzes ont ainsi dû être modifiées manuellement. La version finale de la carte piézométrique est disponible en annexe 4.

4. Présentation et analyse de la carte piézométrique

4.1. CLEFS DE LECTURE DES CARTES PIEZOMETRIQUES

Le niveau piézométrique d'une nappe est défini par l'altitude du niveau d'eau dans un forage. L'altitude mesurée est exprimée en « mètre NGF ». L'acronyme NGF signifie Nivellement Général Français et correspond à un réseau de repères altimétriques fixés par l'IGN (Institut Géographique National): l'altitude « 0 » de référence correspondant au marégraphe de Marseille.

Les mesures de niveaux d'eau constituent des données essentielles au tracé des cartes piézométriques. Ces cartes sont composées de courbes isopièzes, lignes reliant les points d'égale altitude du niveau « libre » de la nappe. Le plus souvent, leur tracé ressemble aux courbes de niveau topographiques des cartes IGN

La lecture de ces cartes permet aussi de définir le sens d'écoulement des eaux souterraines et repérer des anomalies et des hétérogénéités au sein de l'aquifère (variation de conductivité hydraulique, présence d'une faille, variation de l'épaisseur de l'aquifère, perturbation de la nappe par un pompage, etc). À une échelle plus régionale, une carte piézométrique est un document indispensable à la gestion qualitative et quantitative des eaux souterraines.

La carte piézométrique basée sur la campagne de terrain d'octobre 2011 est disponible au format A0 (plié) en fin de rapport.

4.2. ANALYSE DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAIE

4.2.1. Echelle régionale

La carte piézométrique d'octobre 2011 est limitée aux contours de chaque MESO. Cependant, la topographie limitrophe et l'existence possible d'aquifères voisins (en contact avec la craie) ont été prises en compte. Ainsi, la craie et les alluvions perméables de certaines vallées ont été considérées comme une seule et même entité.

D'un point de vue général, la carte tracée durant cette étude respecte :

- La topographie, dans le sens où les points piézométriques culminants et les crêtes piézométriques majeures proposent une géométrie similaire au relief. De plus, les rivières sont les seuls secteurs dans lesquels la piézométrie peut apparaître comme légèrement supérieure à l'altitude.

- L'hydrologie, car la prise en compte des cours d'eau « permanents » (BD Carthage) comme des zones à charge hydraulique imposée fait clairement apparaître une compartimentation en grands bassins versants correspondant aux 3 MESO sélectionnées.
- La météorologie, puisque les principales zones de recharge sont situées dans les régions les plus pluvieuses, et souvent de plus hautes altitudes (Duermael, 1964).
- La géologie, avec une direction générale d'écoulement des eaux souterraines proche du pendage des couches crayeuses formant le Sud-Est du bassin de Paris

La piézométrie régionale est largement influencée par la géométrie du Bassin parisien, avec un paysage marqué par deux cuestas : l'une formée par le Crétacé inférieur le long de la limite Sud-Est (la Puisaye, la « Champagne humide ») et dont le revers en pente douce correspond à la Champagne crayeuse (la « Champagne sèche ») ; l'autre associée aux plateaux tertiaires sur la frange nord-ouest (Falaise d'Ile-de-France, Brie champenoise).

Le point le plus haut de l'aquifère (275 m NGF), est au niveau du Bois de la Cassine, à proximité du village de Fontaines (zone sud de la MESO 3210). Quant au point le plus bas (45 m NGF), il est situé non loin de Champagne-sur-Seine, à la confluence de la Seine et du Loing (jonction entre les MESO 3209 et 3210).

4.2.2. Echelle de la MESO

MESO 3210

Bien que présentant le plus grand écart entre ses minimum et maximum piézométriques, la MESO 3210 ne possède pas une piézométrie très « tourmentée ». Dès lors que l'eau souterraine s'éloigne des collines et monts dominants (recouverts par des sédiments tertiaires et dont le creusement est dû à des failles d'axe nord-sud), le gradient garde une orientation ouest quasi-constante. Même si l'Yonne a une influence sur la frange orientale (large d'une dizaine de kilomètres), le Loing reste l'exutoire principal de la craie séno-turonienne dans ce secteur.

Dans cette partie du Gâtinais de l'Est, la zone de recharge principale correspond aux sommets de monts s'élevant au Sud-Est et à l'Est. Des zones de recharge secondaires sont observables en aval hydraulique, comme sur le massif des Ormes ou les plateaux situés au Nord et au Sud de Lorrez-le-Bocage-Préaux. Des phénomènes karstiques sont également recensés sur cette partie de la zone d'étude (cf. Figure 24).

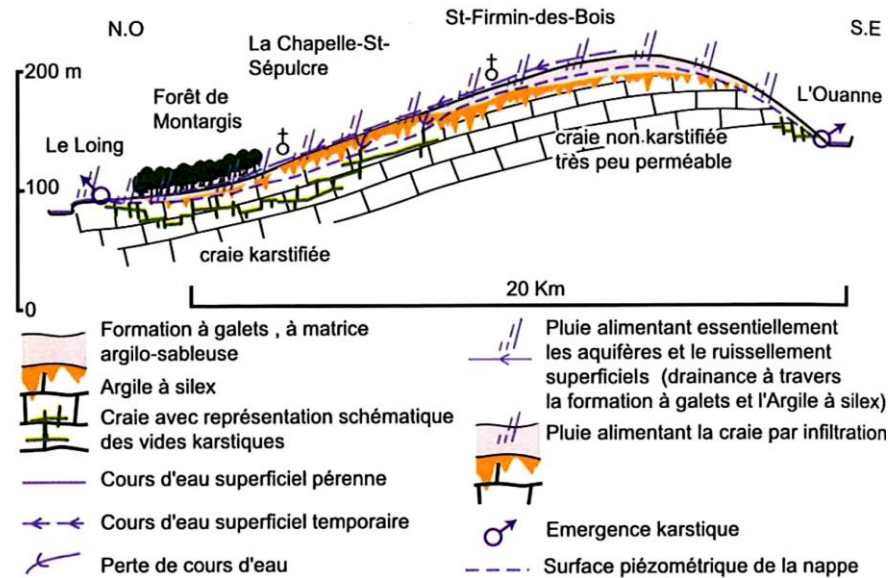


Figure 24 - Représentation schématique des circulations entre le Loing et l'Ouanne
[Lepiller, 1987 dans (Roux, 2006)]

Concernant les écoulements souterrains entre la Loire et l'Yonne, la carte réalisée en 2011 est très proche de celle produite en 1966 par le BRGM (Panetier, 1966), bien que cette dernière ait été tracée avec un nombre de points bien supérieur et déborde largement au Sud et à l'Est, respectivement vers la Sologne et le Sénonais. La version la plus récente respecte aussi les résultats d'essais de traçage réalisés dans la vallée du Lunain et au Nord de Toucy avant 1966, mais ne saurait atteindre le degré de détails de la carte piézométrique locale réalisée par M. Lepiller en 2003 (Roux, 2006) sur laquelle figure un grand nombre d'essais de traçage.

Le Sénonien, et en particulier la craie du Campanien (partie supérieure), est la couche géologique la plus riche en CaCO_3 (97,8% pour le Campanien) de l'aquifère formé par la craie séno-turonienne (Duermael, 1964). Ce constat explique la diversité des bassins versants suivant l'avancement de la karstification.

En comparaison de la carte réalisée à l'échelle du Bassin parisien en 1967 par le BRGM (Albinet, 1967), la carte de 2011 est de taille beaucoup plus modeste mais d'une meilleure précision. Elle évite ainsi quelques erreurs mineures telles que la piézométrie placée 5 m au-dessus de la topographie dans la partie amont de l'Ouanne. De façon assez curieuse, la carte réalisée par le BRGM (Mégny, 1979) mime le tracé de la précédente et en reprend certaines erreurs. Dans l'ensemble, toutes les cartes réalisées présentent des directions générales d'écoulement similaires et prennent difficilement en compte les phénomènes karstiques observés dans les bassins versants du Lunain.

MESO 3209

Au contraire du Gâtinais de l'Est, la MESO 3209 intègre le revers et le front de la cuesta la plus australe, et le long duquel l'ensemble des écoulements souterrains prennent une direction Sud-Est (à l'opposé du reste de l'aquifère) vers les affluents de l'Armançon. L'influence de la topographie est également très puissante avec des gradients importants (env. 10% à proximité de Sormery et Bussy-en-Othe) et des bassins versants nettement découpés (ru de Looze, ru de Tourbouilly).

Dans la partie septentrionale de la MESO 3209, la craie entre directement en contact avec les alluvions würmiennes du val de Seine (aussi appelé « La Bassée »). Malgré les variations de perméabilité (dues à des différences granulométriques importantes) dans cette ancienne zone marécageuse, la piézométrie de ces deux aquifères est confondue et en fait une zone très sollicitée par des captages d'eau potable.

Comme la MESO 3210, la MESO 3209 possède aussi des preuves de karstification, notamment dans le bassin de la Vanne.

MESO 3208

Dans la partie septentrionale de la zone d'étude, la MESO 3208 présente une piézométrie nettement moins « tourmentée » : celle-ci se divise en 3 grands bassins versants, drainés respectivement par les eaux de la Marne, la Seine et l'Aube. Elle est également le reflet de la pluviométrie : les pluies (portées par les vents d'Ouest) étant plus intenses sur le plateau de Soumessous et les bords des cuestas que dans les vallées de la Marne et de l'Aube, la piézométrie reste donc assez élevée sur ces reliefs même en période de sécheresse.

La ligne brisée formée entre les villages de Vert-la-Gravelle, Sommesous et Gigny-aux-Bois représente donc clairement la crête piézométrique séparant le bassin de la Seine de celui de la Marne (qui rejoindra la Seine à la lisière de Paris). Cette ligne de partage rappelle partiellement le tracé de l'axe de l'anticlinal du Bray (Sommessous). Plus en aval, on constate également que les écoulements souterrains sont marqués par la convergence de la Seine et l'Aube bien en amont de Romilly-sur-Seine.

De façon encore plus locale, l'existence des marais de St-Gond et la faiblesse du gradient piézométrique à proximité apparaissent comme assez exceptionnelles au regard du reste de la piézométrie le long de cette ligne de partage des eaux souterraines. Cette particularité est probablement due à l'existence d'un synclinal tertiaire perché dans le prolongement du synclinal de Thérain (Duermael, 1964).

La partie nord-ouest de la MESO 3208 est également la zone où l'apparition d'affluents anaclinaux (inverses au pendage des couches composant la cuesta) est la plus visible. Les ruissellements de surface et la piézométrie y subissent pleinement l'influence de la topographie plus que tout autre facteur.

Il est à noter que selon la présence ou l'absence, des argiles du Sparnacien un contact entre les aquifères de l'Eocène et/ou de l'Oligocène avec la craie séno-turonienne est

également possible par endroits,. Celui-ci peut-être un transfert direct (lacune sédimentaire ou variation de faciès) ou indirect par ré-infiltration d'une source (cf. Figure 25).

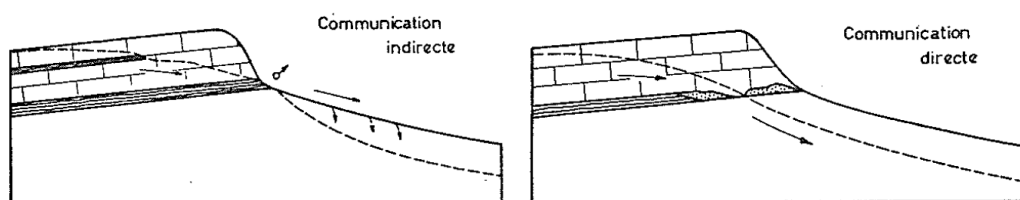


Figure 25 - Connexion hydraulique entre le Tertiaire et la craie séno-turonienne (BRGM, Megnien, 1970)

5. Conclusions

La campagne piézométrique réalisée du 03 au 21 octobre 2011 a permis de donner une image fidèle de l'état quantitatif de la nappe de la Craie séno-turonienne (aquifère continu majoritairement en régime libre) en période de basses eaux. Les 616 mesures obtenues ont permis de réactualiser les connaissances hydrogéologiques à l'échelle régionale et de mettre à jour une partie de la Banque de données du Sous-Sol.

La carte piézométrique établie à l'échelle des masses d'eau souterraine 3208, 3209 et 3210 permet de constater qu'au sein de la nappe de la craie, les écoulements souterrains s'effectuent de façon générale en direction du centre du Bassin parisien et vers les cours d'eau qui constituent les exutoires naturels de la nappe. Une partie de la fourniture en eau potable se fait d'ailleurs par captage directe de résurgences et de sources. De même, des forages ont été implantés dans des zones alluvionnaires (en fonds de vallée) dans lesquelles vient se déverser l'eau de l'aquifère crayeux.

Dans la zone d'étude, la craie est connue pour posséder une perméabilité présentant des variations verticales et latérales. L'action érosive semble être plus forte au niveau des zones alluviales et des plateaux de craie « nue » que sur les plateaux recouverts de terrains argileux. De plus, la forme de certaines vallées, la circulation d'eau à travers des joints de stratification et des diaclases ainsi que le débit de plusieurs sources sont autant de témoins de l'existence de phénomènes karstiques dans la craie. En revanche, leur influence sur la piézométrie régionale est beaucoup plus difficile à mettre en évidence.

Du fait d'un relief moins prononcé, la Champagne Centre-Sud (MESO 3208) présente une piézométrie moins découpée en multiples bassins versants de faible étendue et les gradients hydrauliques y sont plus réguliers. Le Gâtinais et le Sénonais (MESO 3209 et 3210) possèdent les plus grands écarts entre les minimum et maximum piézométriques.

La carte obtenue dans cette situation de très basses eaux deviendra un outil important pour comprendre les écoulements souterrains au sein de la Craie dans le sud-est du Bassin parisien et fera l'objet d'une utilisation directe dans les autres phases du projet de la convention de Recherche & Développement signée entre la DRIEE et le BRGM. De plus, ce document cartographique pourra servir de base de travail à toute prochaine campagne piézométrique plus détaillée (à l'échelle d'un bassin versant local ou d'un champ captant par exemple).

6. Bibliographie

ALBINET M., COTTEZ S., 1967 - Carte hydrogéologique du Bassin de Paris. BRGM. 1 carte.

ROUX J-C. et al., 2006 – Aquifères & Eaux souterraines en France. BRGM/AIH, 2 tomes, 944p.

DUERMAEL G., 1964 - Problèmes hydrogéologiques en Champagne crayeuse entre la Marne et l'Aube. Rapport BRGM/64-DSGR-A-006. Thèse à l'Université de Paris - Faculté des Sciences - Laboratoire de Géologie structurale. 72 p., 28 cartes.

HLAVEK R., MEGNIEN C., FLORIN J., 1959 - Etude hydrogéologique du bassin des sources de la Vanne. BRGM. 90 p., 16 fig. 8 pht, 8 cart.

MARTIN J-C., LALLERON A., 2009 - Carte piézométrique des basses eaux de la nappe de la Craie du Séno-Turonien dans le bassin Loire-Bretagne. Rapport final. Rapport BRGM/RP-57249-FR. 33 p., 1 carte.

MEGNIEN C., 1964 - Observations hydrogéologiques sur le Sud-Est du bassin de Paris - Les circulations aquifères dans le Jurassique et le Crétacé de l'Yonne. Mémoires du BRGM n°25. 289 p., 77 fig.

MEGNIEN C. et al., 1970 - Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. BRGM, 160p.

MEGNIEN C., 1979 - Hydrogéologie du centre du bassin de Paris - Contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Mémoire du BRGM n° 98 / Thèse à l'Université Paris VI (1976). 532 p.

PANETIER J-M., 1966 - Carte de la surface piézométrique de la nappe de la craie du Sénonais et du Gâtinais. Notice Explicative. Rapport BRGM/66-DSGR-A113. Centre de Recherches et d'expérimentation du Génie rural. 11 p., 1 carte.

ROUXEL-DAVID E., 2002 - Cartographie de la piézométrie de la nappe de la craie en Champagne-Ardenne. Rapport final. Rapport BRGM/RP-52332-FR, 31 p, 4 pht.

Annexe 1

Extrait de l'annexe technique de la convention

1. CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA CRAIE AU DROIT DES MES 3208, 3209 ET 3210 (ACTION1)

Dans ce cadre, le BRGM a été sollicité pour la réalisation d'une campagne piézométrique, en période de « basses eaux », sur la zone d'affleurement de la nappe de la craie comprise dans les régions Ile-de-France, Bourgogne, Champagne-Ardenne et Centre. Dans un contexte de très basses eaux, la réalisation de la campagne « hautes eaux » ne s'avère pas pertinente.

1 - OBJECTIFS

L'objectif principal de cette étude est d'actualiser les données piézométriques existantes de l'aquifère de la craie entre le Loing et la Marne afin d'obtenir une photographie de la situation de la nappe à l'automne 2011. Cette cartographie de « basses eaux » permettra également d'affiner la connaissance du fonctionnement de l'aquifère dans un contexte de niveaux très bas. La prestation envisagée a pour objet :

- la réalisation d'une campagne de mesures piézométriques synchrones de la nappe de l'aquifère de la craie en période de basses eaux (octobre 2011) ;
- la réalisation d'une carte piézométrique en période de basses eaux.

Cette carte constituera ensuite une source d'information importante pour toute étude portant sur les masses d'eau identifiées de la craie.

L'étude s'intègre complètement dans la mission du BRGM d'appui aux politiques publiques en matière de compréhension du fonctionnement des hydrosystèmes complexes.

2 - DONNEES DE BASE

Les mesures piézométriques seront réalisées sur des puits et forages existants. La connaissance de ces points de mesure sera obtenue à partir :

- des données de la banque de données du sous-sol du BRGM (BSS) ;
- éventuellement des fichiers des forages déclarés en DDT ;
- du fichier des usagers de l'eau, connus des agences de l'eau.

3 - NORMES ET REGLEMENTS DE REFERENCE

On indiquera, si nécessaire, les décrets, règles de l'art et/ou règlements que l'étude devra prendre en compte ou mettre en œuvre.

Le BRGM est certifié par l'AFAQ AFNOR, ISO 9001 : 2000 (N°QUAL/2004/23739a)

4 - PROGRAMME DE L'ETUDE

La prestation comprendra quatre tâches :

- Phase 1 : Sélection des points de mesure et préparation de la campagne de terrain ;
- Phase 2 : Campagne de mesures de terrain correspondant aux basses eaux (octobre 2011) avec nivellement des points ;

- Phase 3 : Réalisation de la carte piézométrique ;
- Phase 4 : Rédaction d'un rapport de synthèse.

L'étude se déroulera entre septembre 2011 et janvier 2012.

Phase 1 : Préparation de la campagne piézométrique

1. Rassemblement des données existantes sur la zone d'étude

Le BRGM commencera par rassembler les données historiques et sources d'informations relatives à la piézométrie de la zone d'étude : informations présentes dans la base de données du sous-sol (BSS) du BRGM, cartes piézométriques basses et hautes eaux existantes, informations sur le contexte hydrogéologique et éventuelles études disponibles sur le secteur.

2. Sélection des points de mesure et préparation du matériel

Le BRGM sélectionnera un nombre de points de mesures captant la nappe de la craie Séno-Turonienne, libre ou captive au droit des MES 3208, 3209 et 3210. Cette sélection s'effectuera en fonction du nombre d'ouvrages non obstrués, non rebouchés, et accessibles dans la zone d'étude. La densité de points de mesure sera plus importante autour des cours d'eau ou des vallées sèches que sur les plateaux crayeux.

Le croisement de ces informations aboutira à la constitution d'un fichier Excel des points mesurables, aux aléas de terrain près.

Les points suivants seront étudiés :

- Délimitation de la zone d'étude ;
- Contexte géologique, hydrogéologique et hydrologique du secteur ;
- Inventaire de tous ouvrages de la zone d'étude captant la ressource de la craie ;
- Sélection des ouvrages pour la campagne de mesure (ouvrages non rebouchés, avec coupe technique préférentiellement et avec des contacts) ;
- Définition des points et commentaires sur leur choix (densité du réseau, localisation, suivi historique, etc.) ;
- Description sommaire des ouvrages retenus sous forme de fiches des stations (photos, type, accès, état, usage, ...) ;
- Localisation précise des ouvrages et production de cartes d'accès aux points de mesures sélectionnés ;
- Le BRGM se chargera de l'organisation de la campagne et des contacts avec les gestionnaires des points pour l'accès aux ouvrages. La DRIEE ILE-DE-France ou DREAL régionales fourniront au BRGM une lettre de recommandation ;
- Préparation du matériel de terrain (cartes de localisation, sonde, équipement de sécurité...).

Phase 2 : Campagne de terrain – basses eaux (octobre 2011)

Les mesures seront réalisées en période de basses eaux durant une fenêtre maximale de 15 à 20 jours en octobre 2011. Le BRGM recherchera une répartition géographique la plus homogène possible des ouvrages à mesurer et ne dépassera pas 15 points de mesures sur les communes les plus pourvues.

Le nombre total de points mesurés sera au maximum de 1000 points pour une superficie maximale de 12000km². Le BRGM recherchera une répartition géographique la plus homogène possible des ouvrages à mesurer. La densité de points de mesure sera plus importante autour des cours d'eau ou des vallées sèches que sur les plateaux crayeux.

Lorsque les points de mesure seront des forages AEP, un arrêt des pompes de 10 heures au moins sera négocié avec l'exploitant avant d'effectuer la mesure de niveau.

Pour chaque ouvrage, les opérations suivantes seront effectuées :

- mesure du niveau statique à partir d'un repère pérenne sur les points sélectionnés accessibles et en état ;
- photo numérique de l'ouvrage dans son environnement et du repère choisi pour la mesure ; ce repère devra être parfaitement identifié sur la photo. Les photos seront fournies au format JPG et intégreront le code BSS de l'ouvrage concerné (codebss_a : ouvrage ; codebss_b : repère) ;
- pour les ouvrages non déclarés en BSS, une fiche signalétique sera créée avec l'attribution d'un indice BSS au nouveau point.

On précise qu'il ne sera pas réalisé dans le cadre de ce projet le nivellement par GPS des repères de chaque ouvrage. Les mesures précises (à 5 cm près) pourront être réalisées ultérieurement.

Phase 3 : Réalisation de la carte piézométrique en période de basses eaux

A l'issue de la campagne de mesure, une carte piézométrique sera réalisée à l'échelle 1 / 250 000 avec tracé des isopièzes tous les 5 mètres voire 2.5 mètres le cas échéant.

Les éventuelles lignes de crêtes piézométriques seront représentées ainsi que les principaux axes d'écoulement. Une attention particulière sera apportée à proximité des vallées sèches et des cours d'eau permanents pour tenir compte du système hydraulique unique que forment les coteaux crayeux avec les alluvions.

1. Dépouillement, validation et saisie des données collectées

Le traitement des données suite à la campagne de mesure sera réalisé comme suit :

- représentativité et fiabilité de la mesure ;
- saisie complémentaire d'informations manquantes ;
- actualisation d'informations caduques dans la BSS ;
- validation des données permettant de retirer les données aberrantes (niveaux dynamiques etc...).

2. Etablissement de la carte

Un tracé automatique de la carte piézométrique a été réalisé à partir du logiciel ArcGIS 9.3 (traitement automatique par la méthode d'interpolation du krigeage). Ce tracé permettra de mettre en évidence l'allure générale des courbes isopièzes dans la zone d'étude.

Les points suivants seront traités :

- Préparation des documents cartographiques (cartes de report des points) ;
- Carte des relevés bruts (identification et localisation des mesures) ;
- Tracé des isovaleurs et contrôle de cohérence de la carte ;
- Carte des sens d'écoulement de nappe (gradients, relations hydrauliques inter-aquifères et/ou avec réseau superficiel, sources, etc.) ;
- Caractérisation de la piézométrie par rapport aux connaissances antérieures (carte 1966-68) et par rapport à l'état moyen (environnement, pluviométrie,...).

3. Digitalisation de la carte

Le BRGM fournira à la DRIEE ILE-DE-FRANCE et aux DREAL, le fichier des courbes piézométriques et des caractéristiques d'écoulement en format ArcGIS ou MapInfo.

Phase 4 : Rapport de synthèse

Le rapport de synthèse reprendra les notes techniques et compilera toutes les informations recueillies lors de la campagne de terrain :

- Contexte géologique et hydrogéologique ;
- Liste des points de mesures ;
- Données piézométriques brutes ;
- Fichier des photos numériques (.jpg) des ouvrages et des repères ;
- Cartes piézométriques de la nappe de la craie en période de basses eaux.

5 - CHRONOGRAMME

L'étude globale sera réalisée en 7 mois à compter de la signature de la convention. Le tableau ci-dessous donne le chronogramme prévisionnel de l'étude.

	Principales étapes	sept.11	oct.11	nov.11	déc.11	janv.12
Phase 1	Rassemblement des données existantes ; sélection des points de mesure et préparation de la campagne de mesure					
Phase 2	Campagne de terrain en période de basses eaux					
Phase 3	Dépouillement, validation, saisie et critique des données collectées, réalisation et digitalisation de la carte piézométrique					
Phase 4	Rédaction du rapport de synthèse					

6 – DELIVRABLES REMIS A LA DRIEE ILE-DE-FRANCE ET AUX DREAL

Les livrables remis comprendront :

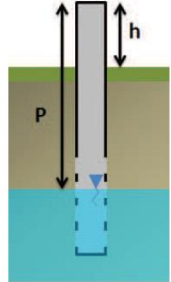
- La carte piézométrique basses eaux de l'aquifère de la Craie au droit des MESO 3208, 3209 et 3210 ;
- Un rapport de synthèse.

Tous les documents remis seront fournis sur CD ROM en 5 exemplaires. Les cartes piézométriques et les rapports seront fournis sur support papier en 10 exemplaires.

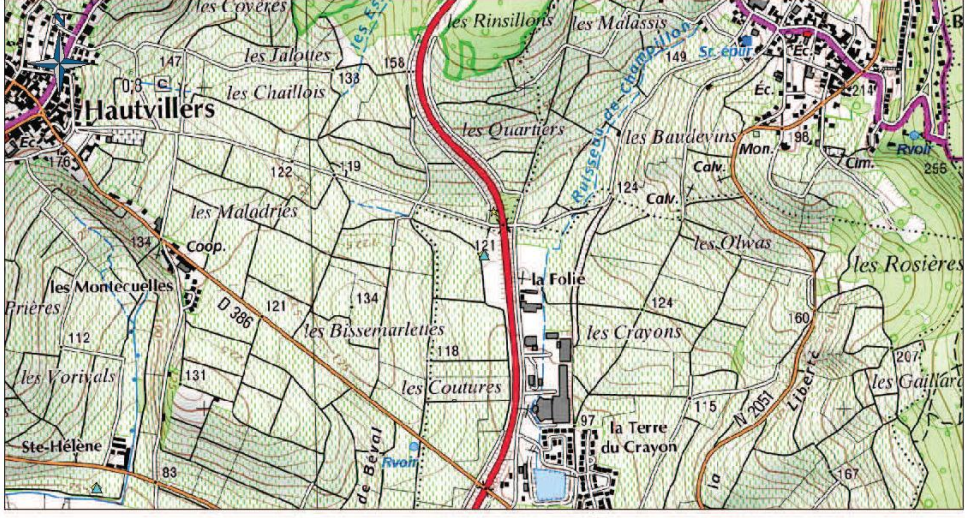
Les cartes piézométriques seront également fournies sous forme numérique au format Arcview 9.0 avec les tables attributaires de l'ensemble des mesures de terrain.

Annexe 2

Exemple d'une fiche du cahier de terrain

INDICE	01581X0063	Resp. mes.:	Régis DUFRENOY	CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE CRAIE BASSES-EAUX 2011  
Désignation:	FQUART	Secteur:	1	
Liste:	LISTE_PRINCIPALE	ID_MAILLE:	AD6	
Points densifications:		Point de secours disponible:	OUI	
X_L2e	718963	MESO	3208	
Y_L2e	2454680	Note finale	3	
z_ouvrage	105	RAISON:		
Lon_WGS84:	3.96388	Profondeur	43	
Lat_WGS84:	49.0791	Commune:	DIZY	
Nature	FORAGE	INSEE:	51210	
Propriétaire	CHAMPAGNE MOET ET CHANDON	Lieu_dit	LES QUARTIERS	
Exploitant	CHAMPAGNE MOET ET CHANDON			

NOM_CONTACT:		DATE/HEURE:	
NUM_TEL_CONTACT:		h: Hauteur du repère sur l'ouvrage (en m):	
ADRESSE_CONTACT:			
DATE_HEURE_RDV:		P: Profondeur eau depuis le repère(en m):	
Remarques:			



01581X0063

Annexe 3

Liste des points de mesures piézométriques

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
01574X0067	712044,91	2453322,87	66	0,37	66,37	2,11	64,26
01578X0143	717793,79	2446770,64	85	0,8	85,8	7,39	78,41
01585X0135	725158,87	2441806,2	102	0	102	14,61	87,39
01583X0045	731610,74	2454060,68	105	0,26	105,26	20,66	84,6
01583X0048	735452,53	2452669,49	86,5	0,435	86,935	9	77,935
01587X0067	733013,62	2445477,4	78	0,25	78,25	3,85	74,4
01883X0022	732598,88	2441093,48	83	0,33	83,33	2,6	80,73
01587X0064	736105,91	2445861,43	76	0,1	76,1	3,25	72,85
01884X0029	742095,61	2441598,38	89	0,47	89,47	8,5	80,97
01564X0063	691918,27	2451774,72	71	0,33	71,33	9,57	61,76
01877X0047	711188,4	2428420,37	145	0,98	145,98	2,58	143,4
01877X0042	711543,45	2423341,59	138	0,15	138,15	2,45	135,7
01878X0015	715395,09	2427679,46	143,15	0,5	143,65	3,9	139,75
01885X0046	725290,51	2425604,42	134	0,25	134,25	14,39	119,86
01886X0022	727292,58	2422966,27	148	0,39	148,39	15,21	133,18
02241X0007	724476,74	2417618,83	151	0,14	151,14	25,65	125,49
01882X0048	730209,24	2438434,48	88	0,4	88,4	3,18	85,22
01882X0047	729614,97	2433356,97	100	0,16	100,16	7,02	93,14
01886X0016	728947,27	2427198,51	125	0,1	125,1	4,84	120,26
02242X0027	730467,81	2421523,64	150	0	150	11,82	138,18
01883X0028	734498,76	2435193,94	115	0,43	115,43	21,15	94,28
01887X0044	732687,44	2425691,83	133	0,2	133,2	14,03	119,17
02243X0005	734506,32	2417765,71	162	0,82	162,82	10,55	152,27
01883X0015	738078,76	2437315,5	104	0,61	104,61	14,58	90,03
01887X0043	737380,13	2429774,9	115	0	115	9,09	105,91
01887X0011	737606,97	2426330,2	123	0,54	123,54	9,35	114,19
02241X0043	721795,29	2415013,46	122	0,25	122,25	17,37	104,88
02245X0013	721999,56	2406393,86	102	0,44	102,44	10,02	92,42
02621X0029	723405,88	2401227,33	95	0,2	95,2	12,95	82,25
02242X0029	727060,01	2414937,5	145	0	145	21,22	123,78
02621X0019	725193,24	2397471,35	83,23	0,695	83,925	3,02	80,905
02622X0162	726619,49	2394142,02	86	0,465	86,465	3,29	83,175
02626X0015	726546,74	2390457,64	104	0	104	12,9	91,1
02246X0017	730581,69	2404222	110	0,54	110,54	11,81	98,73
02626X0037	730021,34	2389900,16	102	0	102	6,87	95,13
02982X0010	728925,51	2377703,99	206	0	206	28,53	177,47
02986X0125	728528,3	2364678,82	118,5	0,09	118,59	6,48	112,11

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02247X0024	733851,91	2403072,55	145	0,31	145,31	35,62	109,69
02623X0062	733711,91	2393611,22	99	-0,09	98,91	11,91	87
01574X0114	713852,67	2452779,59	68,29	0,6	68,89	0,6	68,29
01582X0032	725074,55	2452556,64	104	0	104	29,39	74,61
01582X0057	729394,32	2459821,13	167	0,11	167,11	7,95	159,16
01586X0066	729976,09	2445352,29	81	1,14	82,14	4,5	77,64
01587X0111	737595,63	2450972,74	88,5	0,41	88,91	15,18	73,73
01881X0001	720996,06	2435451,03	230	0	230	47,7	182,3
01881X0037	724487,51	2435425,25	98	0,16	98,16	2,6	95,56
01886X0018	726765,11	2425926,01	131	0,05	131,05	11,93	119,12
01887X0040	732278,67	2427908,37	115	0,3	115,3	7,63	107,67
02243X0041	735910	2420391,6	164	0,12	164,12	15,52	148,6
02241X0040	720415,67	2413415,58	110	0,3	110,3	7,45	102,85
02625X0015	720113,89	2389386,43	90	0,54	90,54	4,85	85,69
02245X1007	725794,84	2410881,58	121	0,05	121,05	5,26	115,79
02625X0024	725304,37	2387960,64	112,5	0,65	113,15	12,51	100,64
02246X0020	731903	2405420,26	111	0,4	111,4	8,41	102,99
02622X0096	731023,92	2401105,2	105	0,49	105,49	11,45	94,04
02622X0007	731715,57	2397493,46	103,5	0,65	104,15	19,91	84,24
02622X0062	728700,15	2393153,07	92	0,45	92,45	2,25	90,2
01572X0139	700655,99	2458321,21	232	0	232	1,26	230,74
01883X0078	732281,42	2440874,65	83	0,33	83,33	2,6	80,73
01586X0123	729286,51	2447095,44	82,5	0,13	82,63	6,75	75,88
01588X0132	741893,4	2441949,53	86	0,15	86,15	5,26	80,89
01588X0137	741770,35	2444985,33	82	0,11	82,11	4,18	77,93
01583X0056	736412,38	2453438,01	81	0	81	2,06	78,94
01587X0168	733386,31	2446499	77	0,29	77,29	3,06	74,23
01585X0145	724083,2	2447949,19	72	0,85	72,85	10,25	62,6
01876X0006	699789,51	2428979,8	147,5	0,67	148,17	6,35	141,82
01882X0055	728767,75	2437277,92	91	0,34	91,34	2,87	88,47
01883X0074	735760,14	2436781,85	107	0,42	107,42	15,57	91,85
02243X0031	732968,36	2418809,53	158,5	0,63	159,13	12,5	146,63
02243X1025	733655,88	2419281,67	158	0,4	158,4	12,17	146,23
01886X0086	726732,11	2421796,54	149	0,57	149,57	18,38	131,19
02242X0026	728030,85	2417084,38	148	0,42	148,42	9,95	138,47
02242X1017	730530,6	2421480,45	150	0	150	11,82	138,18
02241X0041	722081,36	2417122,64	119	0,2	119,2	22,48	96,72

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
01885X0052	721708,56	2424270,28	144	0,45	144,45	8,1	136,35
01881X0075	719924,86	2437253,98	204	0	204	7,6	196,4
02242X1018	732024,1	2414559,08	176,5	0,17	176,67	19,06	157,61
02241X0029	720824,33	2414369,93	112	0,52	112,52	13,32	99,2
02245X1031	721336,21	2408950,32	104,5	0,45	104,95	12,15	92,8
02246X0015	731122,11	2408117,76	122	0,68	122,68	11,98	110,7
02245X1028	725310,45	2403393,45	115	0,43	115,43	19,68	95,75
02621X0165	723559,74	2400585,17	93	0,32	93,32	9,67	83,65
02245X0009	723926,7	2401583,4	96	0	96	12,83	83,17
02621X0175	722184,93	2398887,06	87,5	0,44	87,94	5,72	82,22
02621X0194	723146,72	2397750,2	84	0,64	84,64	4,21	80,43
02622X0169	732214,62	2397404,67	104,75	0,64	105,39	18,02	87,37
02623X0136	734337,9	2396997,15	93,75	0,465	94,215	7,75	86,465
02623X0060	736291,39	2396219,35	102	0,44	102,44	15,46	86,98
02622X0170	728490,15	2393626,81	95	0,71	95,71	8,84	86,87
02622X0048	731596,3	2394542,08	88	0,74	88,74	4,71	84,03
02618X0173	719752,89	2389356,76	92,5	0,54	93,04	4,85	88,19
02626X0109	728407,55	2390976,86	101	0,63	101,63	8,8	92,83
02626X0029	729183,4	2383372,67	135	0,18	135,18	21,25	113,93
02626X0038	726922,29	2389753,74	109	0,55	109,55	16,85	92,7
02621X0068	725805,15	2393223,07	96	0,32	96,32	8,2	88,12
02621X0177	722527,26	2393720,41	91,75	0,47	92,22	10,06	82,16
01584X0075	740886,81	2456573,95	120	0	120	23,3	96,7
01895X0017	746066,17	2430166,49	105	0,49	105,49	8,08	97,41
01591X0014	745609,97	2452673,04	113	0,5	113,5	15,3	98,2
01891X0060	751275,1	2433339,44	94	0,08	94,08	13,66	80,42
01892X0035	752018,41	2433269,89	89	0,5	89,5	4,52	84,98
01596X0007	752196,33	2445396,4	118	0,7	118,7	19,54	99,16
01893X0015	759872,47	2433193,02	95	0,34	95,34	2,88	92,46
01897X0023	759593,73	2430313,48	108	0,7	108,7	22,63	86,07
01897X0065	764139,07	2431587,59	175	0,61	175,61	66,5	109,11
01894X0003	771013,92	2441127,05	141	0,4	141,4	13,66	127,74
02247X0028	736509,53	2410156,37	132	0,2	132,2	7,58	124,62
02247X0064	737454,25	2409199,39	132	0,14	132,14	10,9	121,24
01888X0028	742825,98	2422784,34	135	0,52	135,52	3,77	131,75
02255X0004	750212,37	2402783,61	131,5	0	131,5	11,29	120,21
02631X1013	751671,5	2401452,79	125	0,6	125,6	8,28	117,32

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02252X0037	755336,17	2420068,75	129	0,55	129,55	22,21	107,34
02252X0002	754904,36	2415939,16	140,5	0,2	140,7	31,3	109,4
02631X1001	752354,09	2399300,76	114,5	0	114,5	6,87	107,63
02253X0020	759151,95	2416310,47	153	0,6	153,6	40,26	113,34
02252X0012	757170,74	2415243,51	142	0,6	142,6	28,8	113,8
02256X0009	756607,52	2409218,41	167	2,1	169,1	32	137,1
02253X0004	763045,53	2413914,75	104	0,6	104,6	4,93	99,67
02633X0027	761464,61	2401350,03	123	0,5	123,5	4,82	118,68
02633X0015	761966,76	2398570,73	126,8	0	126,8	7,8	119
02257X0026	764078,7	2407321,86	119	0,16	119,16	2,86	116,3
02633X0014	765833,07	2402018,64	117	0,4	117,4	3,13	114,27
02633X0017	764435,35	2396481,25	121	0,1	121,1	1,58	119,52
02627X0004	735434,08	2384972,38	143	0,08	143,08	30,22	112,86
02983X0010	738106,94	2377169,08	150	0,5	150,5	15,98	134,52
02628X0002	742582,52	2391474,54	102	0,2	102,2	9,6	92,6
02628X0016	743202,33	2391289,51	96,9	0,05	96,95	2,8	94,15
02628X0007	743061,99	2386022,96	129	0,3	129,3	20,2	109,1
02984X0026	741691,3	2380704,4	140	0,2	140,2	23,27	116,93
02984X0008	742873,75	2373568,11	148	0,38	148,38	6,75	141,63
02988X0014	741449,22	2369094,13	128	1,1	129,1	1,15	127,95
02624X0005	744084,73	2393125	109	0,1	109,1	14,75	94,35
02628X0010	744046,01	2384511,82	125	0	125	16,7	108,3
02984X0021	745278,06	2377143,3	151	0	151	29,92	121,08
02984X0011	746375,96	2375045,8	121,5	0	121,5	3,95	117,55
02635X0026	752387,66	2383900,95	107,25	0	107,25	4,12	103,13
02632X1005	759391,74	2395027,39	122	0,34	122,34	11,52	110,82
02632X1039	758876,07	2394857,49	113	0,4	113,4	2,3	111,1
02633X0016	763043,35	2394950,75	125,6	0	125,6	1,04	124,56
02637X0023	760242,29	2386827,23	118	0,3	118,3	4,93	113,37
02633X1001	765003,49	2394483,08	147,63	0	147,63	19,05	128,58
02637X0012	765002,45	2390198,72	129	0,2	129,2	6,78	122,42
01892X0017	755878,88	2436489,7	121	0,18	121,18	31,4	89,78
03653X0184	630369,2	2338219,35	80,5	0,36	80,86	2,96	77,9
03653X0291	632731,12	2331504,32	105	0,63	105,63	14,65	90,98
03654X0020	633894,44	2337282,3	121	0,38	121,38	26,98	94,4
03654X0041	638176,85	2338487,44	119	0,25	119,25	19,67	99,58
03654X0134	637982,89	2338497,29	119	0,65	119,65	23,55	96,1

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
03657X0183	632968,85	2327313,33	113	0	113	18,89	94,11
03658X0102	640053,13	2325344,6	136	0,42	136,42	27,45	108,97
03658X0103	640123,36	2325456,31	138	0	138	30,22	107,78
03658X0197	634795,97	2325611,43	115	0,2	115,2	16,22	98,98
03658X0206	634129,87	2322549,61	121	0,35	121,35	17,31	104,04
03658X0208	634739,14	2321574,65	122	0,43	122,43	23,63	98,8
03661X0167	646919,61	2337561,16	152	0,46	152,46	24,22	128,24
03664X1021	663014,16	2331017,3	170	0,47	170,47	1,8	168,67
03665X0112	645301,23	2323236,45	136	0	136	13,98	122,02
03665X0113	644897,73	2325446,22	114	0,35	114,35	3,65	110,7
03665X0131	642106,75	2329440,05	130	0,22	130,22	12,3	117,92
03665X0175	644250,76	2324318,31	157	0,2	157,2	56,13	101,07
03666X0064	653566,01	2326597,51	126	0	126	3,46	122,54
03666X0136	648640,19	2326866,06	120	0,5	120,5	2,93	117,57
03667X0011	657001,78	2329232,11	191	0,3	191,3	8,29	183,01
03667X0017	655249,58	2326123,89	127,5	0,41	127,91	2,31	125,6
03667X0018	656331,56	2327924,55	175	0,3	175,3	14,27	161,03
03667X1008	656074,12	2323273,8	133	0,25	133,25	1,98	131,27
04003X0147	632405,52	2312243,24	132,5	0	132,5	8,8	123,7
04004X0067	640113,5	2318350,72	130,5	0,4	130,9	8,75	122,15
04004X0120	636061,02	2318335,59	125	-0,92	124,08	14,96	109,12
04004X0123	635547,42	2317020,36	120	0	120	6,83	113,17
04004X0140	638300,01	2318182,99	135	0,33	135,33	21,19	114,14
04004X0142	637374,77	2314830,06	117	0,27	117,27	0,9	116,37
04004X0143	638569,36	2320030,51	133	0,6	133,6	20,66	112,94
04004X0146	636527,77	2319083,49	115	0,3	115,3	5,42	109,88
04004X0149	633972,8	2313352,83	132	0,3	132,3	11,5	120,8
04004X0154	639954,94	2311955,91	134	0,55	134,55	2,7	131,85
04008X0040	637936,95	2305649,2	165	0,5	165,5	4,66	160,84
04008X0092	635606,19	2302688,2	173	0,15	173,15	10,94	162,21
04011X0018	641284,5	2311420,3	149	0,15	149,15	13,76	135,39
04011X0095	641645,5	2313235,28	148,5	0,2	148,7	2,38	146,32
04011X0096	646377,71	2314337,99	166	0,31	166,31	7,2	159,11
04011X0097	641891,02	2317362,23	135	0	135	3,56	131,44
04012X0039	648490,68	2315166,77	180	0,55	180,55	18,06	162,49
04012X0042	647406,64	2317292,92	151	0,45	151,45	4,95	146,5
04012X0043	647395,07	2318171,19	166	0,7	166,7	14,73	151,97

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
04012X0055	648605,36	2319226,36	172	0,65	172,65	5,03	167,62
04013X0021	657698,69	2317351,46	175	0,88	175,88	24,99	150,89
04015X0009	647118,16	2309573,7	192	0,45	192,45	5,69	186,76
04015X0013	645294,13	2307913,74	173	0,55	173,55	2,18	171,37
04016X0003	651984,75	2310014,9	196	0,33	196,33	4,3	192,03
04016X0007	650204,83	2303605,89	199	0,27	199,27	5,18	194,09
04021X0006	668270,29	2318476,51	200	0,9	200,9	25,17	175,73
04021X0009	668639,42	2320260,1	203	0,3	203,3	28,44	174,86
04021X0010	669477,03	2317178,58	227	0,45	227,45	34,65	192,8
04021X0033	673695,97	2310991,59	266	0,1	266,1	27,63	238,47
04021X0042	668758,57	2314156,63	219	0,38	219,38	29,97	189,41
04025X0009	674206,37	2309963,81	288	0,15	288,15	45,39	242,76
04025X0021	667758,86	2305293,81	240	0,6	240,6	28,18	212,42
04025X0065	668467,69	2301154,49	283	0,38	283,38	2,22	281,16
04026X0034	674428,06	2307486,97	285	0,15	285,15	17,73	267,42
04322X0026	625687,51	2296910,45	132	0,45	132,45	9,85	122,6
04323X0004	632833,77	2292064,82	166	0,23	166,23	28,81	137,42
04323X0020	630856,91	2292954,78	150	0,7	150,7	19,2	131,5
04323X0024	631216,31	2290799,65	140,29	0	140,29	3	137,29
04323X0078	631122,48	2291488,54	135,2	0,45	135,65	5,5	130,15
04324X0002	633843,8	2294972,54	171	0,4	171,4	14,83	156,57
04324X0003	634064,11	2298843,09	162	0,71	162,71	3,51	159,2
04324X0004	636826,45	2298192,46	152	0,43	152,43	3,36	149,07
04324X0007	636748,08	2294867,6	171	0	171	13,06	157,94
04324X0023	638349,39	2298958,23	154	0,3	154,3	1,47	152,83
04328X0038	634775,81	2288128,97	140	0,65	140,65	16,14	124,51
04328X0052	639320,7	2283977,04	139	0,1	139,1	5,6	133,5
04331X0005	641323,91	2292407,26	182,5	0	182,5	7,04	175,46
04335X1012	641622,93	2287839,69	173	0,5	173,5	7,1	166,4
04337X0002	656556,34	2288263,93	244	0,65	244,65	25,07	219,58
04323X0006	626923,58	2296426,75	130	0	130	7,3	122,7
03654X0002	634932,3	2333207,25	122	0	122	19,37	102,63
03658X0040	637327,57	2329908,17	136,5	0,46	136,96	24,72	112,24
03667X0033	654858,33	2330001,2	167,5	0	167,5	17,58	149,92
03668X1015	662289,52	2325971,86	179,7	0	179,7	21,73	157,97
04008X0047	634577,37	2305417,31	168	0,6	168,6	9,55	159,05
04324X0022	636896,79	2293056,17	182,5	0,41	182,91	0,9	182,01

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
04011X0020	643429,66	2310379,34	171	0,55	171,55	17,42	154,13
04004X0005	638881,33	2313449,87	134,26	0	134,26	12,88	121,38
04012X0010	648436,48	2310284,82	182,5	0,6	183,1	3,5	179,6
02597X0016	657393,02	2382688,36	72,53	0	72,53	14,23	58,3
02597X0026	659153,81	2385019,7	93,37	0,71	94,08	31,8	62,28
02598X0021	662445,68	2386923,01	69,2	0,36	69,56	7,69	61,87
02605X0007	667687,6	2387471,21	68,93	0,44	69,37	9,44	59,93
02944X0091	637185,73	2373914,67	57,12	1,13	58,25	4,52	53,73
02944X0218	635529,89	2370623,15	91,43	0,65	92,08	21,38	70,7
02944X0220	636298,64	2370794,77	80,85	1,02	81,87	10,69	71,18
02947X0065	629742,97	2368599,89	58	0,15	58,15	2,3	55,85
02947X0282	627394,45	2366163,73	76	0,41	76,41	19,8	56,61
02951X0018	644366,13	2371429,02	72,44	0,42	72,86	11,55	61,31
02955X0058	645284,05	2363794,82	122,5	0,6	123,1	21,19	101,91
02955X0119	640716,93	2367097,91	93	0,55	93,55	22,8	70,75
02956X0033	650033,21	2360930,74	149	0,55	149,55	37,32	112,23
02956X0095	650730,58	2364629,44	107	0,19	107,19	7,11	100,08
02957X0099	658445,67	2367315,47	175	0,72	175,72	80,92	94,8
02961X0006	667763,79	2379151,44	65	0	65	7,71	57,29
02961X0065	668683,88	2379195,55	61,5	0,76	62,26	4,04	58,22
03293X0008	628061,47	2359260,12	80	0	80	18,8	61,2
03293X0009	630551,47	2358405,1	86,6	0	86,6	21,8	64,8
03293X0047	631140,58	2354549,11	105	0,59	105,59	9,08	96,51
03297X1023	632179,13	2342554,93	88	0,38	88,38	9,71	78,67
03297X1126	633378,88	2348033,2	98	0,29	98,29	24,31	73,98
03298X1089	639299,16	2341597,49	122,5	0,3	122,8	26,48	96,32
03301X0009	641750,9	2355104,53	132	0,41	132,41	35,42	96,99
03301X0018	644562,27	2358750,98	130	0,32	130,32	32,98	97,34
03301X1005	646080,41	2353947,05	134	0,6	134,6	19,39	115,21
03301X2001	645619,96	2351485,57	138	0,45	138,45	22,2	116,25
03302X0002	649292,07	2358266,25	158	0,66	158,66	41,89	116,77
03302X1016	652670,55	2352679,25	158	0,34	158,34	43,79	114,55
03302X1028	652721,88	2357206,38	158	0,93	158,93	18,22	140,71
03304X0014	665582,88	2358159,7	100	0,5	100,5	10,02	90,48
03305X0030	645849,32	2347372,49	135	0,79	135,79	7,77	128,02
03305X0068	643649,4	2348123,02	132	0,35	132,35	14,65	117,7
03307X0007	654608,92	2347214,15	174	0,92	174,92	10,3	164,62

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
03307X0009	656929,26	2342220,5	180	0,3	180,3	17,2	163,1
03307X0039	657474,14	2347452,91	182	0,71	182,71	13,5	169,21
03311X0007	667125,87	2353439,18	91	0,42	91,42	4,52	86,9
03662X0105	647974,32	2339649,27	142,5	0,54	143,04	23,3	119,74
03671X0004	667778,79	2334006,25	177	0,72	177,72	35,8	141,92
03675X0002	671189,24	2327641,11	197	0,23	197,23	20,6	176,63
03676X0012	676679,08	2324585,25	100	0,17	100,17	8,47	91,7
03677X0001	682719,54	2327992,37	94	0,5	94,5	12	82,5
03298X1169	633824,32	2343998,82	92,5	0,3	92,8	16,05	76,75
03298X1040	634282,59	2341832,92	92,5	0,25	92,75	7,5	85,25
03305X0156	641525,09	2342068,82	125	0,43	125,43	16,82	108,61
03305X0157	641675,29	2340757,59	120	1,1	121,1	18,8	102,3
03305X0039	645121,59	2342673,73	143,5	0,67	144,17	10,36	133,81
03297X2025	632382,72	2347104,51	75	0,3	75,3	2,65	72,65
03298X0002	635093,39	2350167,36	100	0,41	100,41	29,38	71,03
03298X1025	635627,16	2346834,25	104	0,38	104,38	23	81,38
03298X1168	639317,26	2349326,78	117	0,28	117,28	24,25	93,03
02598X0234	662204,97	2388055,05	72,5	0,34	72,84	9,45	63,39
02952X0265	650640,88	2378443,18	130	0,62	130,62	16,7	113,92
02951X0227	640837	2373794,61	50	0,7	50,7	5,5	45,2
02955X0003	642759,55	2369270,22	71	0,85	71,85	2	69,85
02956X0097	647177,04	2365589,4	105	0,84	105,84	18,3	87,54
02956X1002	651619,86	2369264,15	100,45	0,79	101,24	21,65	79,59
02956X1008	652965,79	2367596,74	118,56	0,26	118,82	32,66	86,16
02957X0120	655845,45	2361105,92	164,7	0,9	165,6	31,2	134,4
02948X0025	637890,44	2361940,43	110	0,26	110,26	5,46	104,8
02948X0028	638911,58	2360501,23	103	0	103	15,96	87,04
02955X0025	642023,69	2362880,68	128	0,7	128,7	2,43	126,27
02605X0233	667650,94	2387315,06	72,5	0,5	73	11	62
03301X0070	641078,62	2359770,86	97	0,29	97,29	1,47	95,82
03294X0138	637283,11	2353517,31	119,5	0,94	120,44	23,27	97,17
03293X0039	632420,76	2354077,78	115	0,32	115,32	22,46	92,86
03294X0140	636069,27	2357368,96	128	0,6	128,6	29,45	99,15
03294X0056	639478,68	2353198,13	119	0,4	119,4	18,26	101,14
03301X0035	640157,73	2358085,12	134	0,34	134,34	11,32	123,02
02953X0152	656589,56	2376718,25	63,2	0,94	64,14	13,35	50,79
03302X1096	649312,47	2356019,81	150	0,44	150,44	36,79	113,65

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
03302X1007	651476,3	2352868,86	150	0,6	150,6	26,49	124,11
03302X1097	649806,37	2352587,48	144	0,51	144,51	2,82	141,69
03306X0130	648574,2	2348395,35	143,1	0,37	143,47	16,92	126,55
03306X0025	648610,51	2347528,18	150	0,1	150,1	13,65	136,45
03302X1098	651722,51	2352537,3	149,15	0,54	149,69	24,63	125,06
03293X0227	627891,45	2359225,98	70	-2,4	67,6	6,82	60,78
03307X0104	660017,54	2344720,36	186,7	0,35	187,05	5,02	182,03
02948X0179	635499,76	2363860,58	100,7	0,23	100,93	3,24	97,69
03294X0139	634230,46	2358347,71	133	0,35	133,35	35,86	97,49
03303X0066	656109,07	2354924,54	161,2	0,65	161,85	16,91	144,94
03307X0105	658160,63	2349561,64	175,1	0,45	175,55	7,12	168,43
03307X0106	659560,41	2349153,09	188,2	0,6	188,8	17,11	171,69
03663X1022	660373,27	2339908,42	187,1	0,36	187,46	10	177,46
03664X1035	666753,99	2338009,23	176,2	0,5	176,7	63,16	113,54
03664X1036	662125,58	2339470,77	180	0,36	180,36	27,84	152,52
03663X1021	658697,83	2337611,68	185,8	0,6	186,4	22,72	163,68
03306X0131	652237,26	2342365,89	155	0,4	155,4	3,87	151,53
03662X0102	650371,64	2339535,96	143	0,8	143,8	14,21	129,59
03663X0060	653719,99	2338086,57	174,2	0,97	175,17	22,9	152,27
03297X1051	631318,04	2345697,51	88,8	0,48	89,28	17,24	72,04
03306X0061	651131,46	2340721,27	155	0,47	155,47	17,54	137,93
02958X0195	661026,07	2361057,68	181,25	0,38	181,63	26,2	155,43
03662X0094	653066,61	2339326,19	177	0,34	177,34	30,94	146,4
03304X0048	661264,14	2356066,32	177	0,85	177,85	23,26	154,59
03308X0029	665493,86	2347181,27	111	0,8	111,8	4,99	106,81
03293X0226	629594,15	2351371,46	103,75	0,61	104,36	33,93	70,43
03303X0007	658003,1	2359202,84	145	0,3	145,3	5,54	139,76
02948X0022	639475,13	2365165,16	97,5	0,51	98,01	19,3	78,71
02954X1010	661950,17	2374614,91	95	-2,44	92,56	24,1	68,46
02954X0017	666371,79	2375809,39	117,8	0	117,8	44,22	73,58
03304X0017	662975,78	2353025,93	185	0	185	22,01	162,99
03662X0091	649698,79	2338773,97	162	0,31	162,31	35,6	126,71
03306X0075	653128,82	2340449,98	170	0,41	170,41	16,91	153,5
03298X1023	635299,15	2341705,52	108	1	109	22,66	86,34
02955X0011	643263,65	2368306,37	79,5	1,12	80,62	12,19	68,43
03305X0080	641044,02	2346369,22	117	0,4	117,4	21,42	95,98
02947X0125	626744,4	2369063,66	57,6	0,36	57,96	8,7	49,26

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02947X0127	627589,33	2366876,45	70	0,1	70,1	12,05	58,05
02947X0107	629192,59	2364582,01	71	0	71	10,63	60,37
03294X0042	634551,25	2357904,67	129	0	129	32,3	96,7
02947X0097	631272,1	2362479,58	137	0,12	137,12	61,52	75,6
02944X0106	635005,86	2376381,54	49	0,66	49,66	5,2	44,46
02954X0100	664079,87	2378219,77	75	1,07	76,07	19,48	56,59
02951X0097	644547,03	2373666,06	53	0,14	53,14	2,16	50,98
02952X0175	647384,18	2372531,61	78	0	78	7,27	70,73
02955X0046	641794,67	2369129,76	70	0,57	70,57	2,25	68,32
02952X0264	653284,75	2379200,93	73	0,64	73,64	24,66	48,98
02956X0029	651143,03	2361029,39	139	0,8	139,8	28,9	110,9
02594X0157	664201,43	2390679,9	112	0,56	112,56	20,84	91,72
03301X0073	642024,37	2359165,95	100	0,35	100,35	3,85	96,5
03301X0050	646582,1	2358010,53	148	0,96	148,96	41,3	107,66
03294X0058	638341,83	2358573,4	112	0,44	112,44	28,57	83,87
02234X0049	715005,56	2413049,54	95	0,21	95,21	2,42	92,79
02234X0083	714764,4	2415181,18	101,5	0	101,5	7,45	94,05
02233X0024	706383,21	2412350,45	101	0	101	4,7	96,3
02233X0025	706187,65	2412046,39	99	0,6	99,6	3,4	96,2
02233X0028	706935,43	2414552,67	114	-1,57	112,43	14,56	97,87
02231X0038	693421,51	2411737,17	167,5	0	167,5	9,46	158,04
02233X0026	711263,67	2416214,47	109	0	109	14,36	94,64
02234X0045	713406,2	2418403,74	118	0,44	118,44	12,82	105,62
02234X0038	717906,18	2415422,46	107	0,4	107,4	8,58	98,82
02238X0004	718008,72	2406912,05	91	0,09	91,09	5,63	85,46
02611X0046	694911,58	2396285	78	0,34	78,34	12,41	65,93
02604X0089	687139,89	2397976,59	158	0	158	25,3	132,7
02235X0017	698247,78	2403461,16	207	0,68	207,68	37,73	169,95
02237X0060	706835,53	2403590,85	78	0,45	78,45	3,42	75,03
02613X0075	707544,24	2400455,26	74	0,4	74,4	3,82	70,58
02613X0015	708919,39	2399624,18	76	0	76	3,69	72,31
02237X0009	710822,93	2403187,35	76,5	0,09	76,59	3,15	73,44
02606X0129	675369	2388366,78	67	0,33	67,33	11,85	55,48
02607X1005	679832,09	2389305,21	61,67	0,5	62,17	4,22	57,95
02603X1044	686026,98	2394066,06	73	0,4	73,4	7,54	65,86
02607X0134	683910,24	2384401,15	72	0,57	72,57	7,23	65,34
02608X0127	686781,98	2386045,19	80	1,2	81,2	22,85	58,35

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02965X0010	670406,86	2365356,6	80	-0,66	79,34	7,75	71,59
02965X0102	671355,93	2366847,46	130	0,3	130,3	48,6	81,7
02961X0040	672284,96	2379595,16	73	0,47	73,47	10,2	63,27
02962X1002	675613,15	2374854,24	145,04	0,6	145,64	22,08	123,56
02962X0018	678195,95	2379560,33	88	0,03	88,03	15,06	72,97
02963X0008	681592,08	2380419,01	95	0,26	95,26	15,52	79,74
02966X0006	679605,94	2361971,13	140	0,26	140,26	11,4	128,86
02963X1004	682689,29	2375061,61	101	1	102	11,72	90,28
02964X1002	687053,97	2372744,71	110	0,94	110,94	10,34	100,6
02967X0013	686107,18	2362586,13	150	1,3	151,3	42	109,3
02964X0019	689536,3	2375696,77	90	0,14	90,14	2,18	87,96
02607X0002	686529,48	2382481,57	112,5	0	112,5	24,05	88,45
02615X0111	695276,01	2383185,59	119	0,62	119,62	26,53	93,09
02614X0030	717287,17	2394268,61	88	0,54	88,54	8,87	79,67
02614X0034	713247,07	2395134,17	86	0,65	86,65	5,43	81,22
02613X0017	706885,36	2395914,72	76	0	76	4,35	71,65
02615X0073	697796,27	2388077,96	92	1,1	93,1	13,64	79,46
02972X0016	701042,08	2380768,67	108	1,94	109,94	7,99	101,95
02976X0004	706261,31	2366099,57	152	0,1	152,1	22,82	129,28
02964X0077	693332,61	2374666,24	105	0,55	105,55	6	99,55
02971X0015	697836,25	2373583,23	122	0,1	122,1	2,02	120,08
02971X0033	696745,34	2373153,49	123	0	123	1,76	121,24
02975X0007	699813,34	2369623,21	190	0,56	190,56	23,33	167,23
02972X0062	701137,86	2374184,71	130	0	130	3,32	126,68
02616X0030	705468,39	2387622,44	87	0,5	87,5	15,22	72,28
02972X0003	704175,5	2371268,05	159	0,8	159,8	18,91	140,89
02617X0049	712142,63	2385054,98	96	0,4	96,4	11,28	85,12
02974X0093	714771,61	2380344,66	104	0,44	104,44	5,64	98,8
02602X0090	679163,36	2391932,58	112	0	112	19,35	92,65
02603X1024	683645,47	2393018,91	94,02	0,5	94,52	28,46	66,06
02603X1065	680875,8	2391500,09	86	0,37	86,37	23,61	62,76
02963X0009	686566,02	2376185,86	103	0,6	103,6	14,66	88,94
02615X0032	693824,56	2386899,98	108	0,5	108,5	26,7	81,8
02976X0002	706087,86	2367798,37	168	0	168	38,12	129,88
02964X0084	693137,5	2373561,81	113	0	113	0,4	112,6
02233X0139	712056,71	2414605,14	98	0,36	98,36	4,98	93,38
02237X0020	706827,51	2410900,94	98	0,7	98,7	5,22	93,48

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02231X0033	696903,67	2412462,04	160	0,45	160,45	3,86	156,59
02234X0105	718130,62	2417263,1	108,75	0,4	109,15	8,03	101,12
02234X0098	718340,51	2412827,51	101	0,46	101,46	4,64	96,82
02238X1045	717579,09	2402719,57	82	0,58	82,58	4,65	77,93
02238X1071	713113,25	2407437,45	86	0,17	86,17	2,95	83,22
02237X0098	711927,13	2402051,41	80	0,29	80,29	8,81	71,48
02237X0147	709729,5	2404479,44	78	0,47	78,47	4,87	73,6
02236X0081	703972,72	2405686,18	79	0,46	79,46	3,03	76,43
02236X0084	704089,23	2401616,05	84,5	0,53	85,03	9,71	75,32
02611X1058	697849,2	2397090,41	73	0,33	73,33	2,83	70,5
02237X0067	706849,85	2403212,89	77	0,26	77,26	3,22	74,04
02612X0044	703199,5	2399742,07	77	0,21	77,21	7,08	70,13
02602X0160	673453,89	2392914,43	141,7	0,65	142,35	17,78	124,57
02603X1050	682207,65	2391084,9	65	0,39	65,39	4,51	60,88
02608X0162	689813,32	2387748,81	72	0	72	1,57	70,43
02608X0134	689316,79	2388964,94	97	0,55	97,55	31,28	66,27
02608X0136	689199,36	2388284,53	85	0,66	85,66	18,22	67,44
02608X0020	689970,97	2387306,23	73,58	0,52	74,1	4,08	70,02
02691X0039	672235,81	2379494,45	72,5	0,12	72,62	10,55	62,07
02966X0058	674857,34	2369182,69	179,3	1,08	180,38	82,38	98
02967X0040	683409,69	2367919,47	160	0,85	160,85	42,39	118,46
02967X0039	686470,59	2364226,62	161,8	0,24	162,04	53,15	108,89
02964X0092	687492,42	2378202,02	84	0,87	84,87	1,78	83,09
02608X0166	691499,99	2381089,23	109	1,14	110,14	10,35	99,79
02964X0018	689051,79	2380139,01	89	0,5	89,5	2,61	86,89
02971X0102	693662,45	2379132,3	168	1,1	169,1	31,51	137,59
02966X0059	676725,94	2366948,97	110	0,6	110,6	13,65	96,95
02975X0025	695354,72	2369826,68	239	0,14	239,14	54,98	184,16
02613X1080	711649,31	2394624,8	79,9	0,4	80,3	3,71	76,59
02617X0112	706913,66	2389473,39	79	0,49	79,49	6,66	72,83
02615X0154	699806,13	2389780,89	70	0,37	70,37	2,19	68,18
02617X0001	706594,48	2390268,6	75	0,7	75,7	2,75	72,95
02616X0081	704097,71	2382991,97	111	0,42	111,42	8,6	102,82
02972X0082	706166,45	2379035,49	118	0,4	118,4	9,66	108,74
02971X0103	698320,19	2379965,67	110	1	111	4,53	106,47
02973X0064	710261,67	2374094,31	161,25	0,53	161,78	19,01	142,77
02613X0073	711612,1	2394643,5	80	0,3	80,3	3,71	76,59

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02971X0101	697613,53	2377495,25	127,1	0,81	127,91	18,32	109,59
02618X0194	719554	2384746,57	87,8	0,14	87,94	3,14	84,8
02618X0193	718922,16	2386580,45	87,4	0,59	87,99	4,03	83,96
02973X0008	712873	2378683,31	121	0,33	121,33	11,43	109,9
02981X0124	720685,93	2375446,9	98	0,39	98,39	3,65	94,74
02985X0043	724709,65	2361570,14	122,76	0	122,76	2,31	120,45
02985X0006	720335,7	2368887,11	265	0,27	265,27	37,28	227,99
02974X0034	719768,13	2371767,79	121	0,46	121,46	18,45	103,01
02978X0002	719279,96	2361968,38	189	0	189	19,87	169,13
02978X0026	713692,62	2366050,65	160	0,25	160,25	16,87	143,38
02978X0012	715857,26	2371188,2	207	0,43	207,43	39,17	168,26
03323X0008	708345,18	2351121,25	237	0,52	237,52	42,3	195,22
02968X0011	688938,37	2363529,59	115	0,44	115,44	6,74	108,7
03313X0017	686604,29	2358566,99	98	0,31	98,31	2,04	96,27
03313X0013	683301,77	2353513,76	102	0,28	102,28	6,63	95,65
03312X0011	675923,85	2357617,57	105	0,05	105,05	2,65	102,4
02965X0068	671245,83	2362497,11	87,5	0,51	88,01	15,03	72,98
03311X0109	669051,98	2355118,85	73	0,27	73,27	3,57	69,7
03315X0003	672274,42	2346504,87	94	0,31	94,31	22,05	72,26
03316X0011	673969,22	2349473,31	134	1,09	135,09	25,51	109,58
03673X0016	681449,44	2331055,22	79	0,71	79,71	3,16	76,55
03318X0009	689378,65	2349833,05	229	0,32	229,32	69,62	159,7
03325X1011	699074,04	2348832,42	260	0,41	260,41	31,67	228,74
03326X1027	705919,1	2346449,76	270	0,7	270,7	27,69	243,01
03327X0013	707718,84	2348673,74	245	0,32	245,32	27,57	217,75
03321X1006	696761,72	2352953,64	227	0,19	227,19	38,2	188,99
02977X0050	707838,68	2363180,73	133	0,69	133,69	5,01	128,68
02981X0123	720355,63	2375072,95	102,5	0	102,5	6,6	95,9
02978X0032	716867,17	2370985,87	209	0,42	209,42	36,12	173,3
02977X0004	710159,82	2362990,44	142	0,4	142,4	6,94	135,46
02977X0030	710296,38	2371124,73	146	0,6	146,6	9,28	137,32
03322X0033	705005,08	2357967,8	145	0,13	145,13	4,4	140,73
03324X0008	716477,29	2353435,51	207	0,49	207,49	13,42	194,07
03321X0037	699583,98	2360364,44	116,5	0,79	117,29	2,48	114,81
03314X1018	691734,16	2357032,47	217	0	217	24,58	192,42
03314X1034	687805,07	2358840,8	100	0	100	1,71	98,29
02966X0027	674827,44	2361729,97	99,5	0	99,5	8,8	90,7

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02965X0069	671794,96	2360779,86	78	0	78	2,91	75,09
03671X0002	672599,56	2333285,5	115	0,34	115,34	25,33	90,01
03317X0002	685419,2	2346971,04	197	1,47	198,47	43,24	155,23
03325X1014	699959,3	2347835,34	262	0,59	262,59	36,29	226,3
02977X0051	707778,88	2362879,31	138	0,65	138,65	19,88	118,77
02985X0041	724144,49	2361413,42	125,91	0	125,91	4,64	121,27
02977X0061	709313,51	2365544,15	135	0	135	1,34	133,66
03322X0032	704955,36	2357922,43	144	0,19	144,19	3,83	140,36
03323X0030	710074,69	2352521,72	204,8	0,62	205,42	12,39	193,03
03304X0047	664922,51	2355449,61	171	0,58	171,58	58,4	113,18
03313X0063	684172,14	2354138,04	102	0,67	102,67	1,41	101,26
02957X0119	659128,95	2369524,68	59,9	0,27	60,17	3,25	56,92
03311X0015	669187,52	2355420,74	73	0	73	4,16	68,84
03315X0085	671687,61	2344061,95	72,5	0,69	73,19	3,28	69,91
03317X0004	682294,95	2346181,1	241	0,39	241,39	33,66	207,73
03316X0004	679518,41	2345119,52	196	0,51	196,51	39,06	157,45
03317X0005	681050,75	2345985,88	223	0,26	223,26	37,19	186,07
03315X0050	669696,77	2344872,05	75	0,27	75,27	3,8	71,47
03315X0084	669656,78	2345038,4	72,5	0,11	72,61	4,09	68,52
03316X0080	674771,53	2341553,72	120	0,51	120,51	16,82	103,69
03676X0006	676800,64	2328379,04	87	0,71	87,71	4,66	83,05
03672X0049	677490,91	2330701,32	78,75	0,77	79,52	4,76	74,76
03672X0048	677253,52	2330642,55	80	0,24	80,24	6,71	73,53
03672X0050	675312,86	2334109,36	95	0,98	95,98	21,17	74,81
03675X0001	673553,45	2328526,48	130	1	131	0	131
03673X0008	686679,1	2336112,45	185	0,06	185,06	9,4	175,66
03677X0046	681627,82	2328966,88	80	2,04	82,04	4,12	77,92
03673X0032	683672,05	2334912,13	225,5	0,6	226,1	33,35	192,75
03674X0045	688623,08	2337031,28	236,5	0,72	237,22	48,49	188,73
03674X0046	689069,32	2338595,02	244	0,47	244,47	30,34	214,13
03674X0047	692566,04	2332065,24	88	0,09	88,09	2,04	86,05
03677X0008	685274,96	2328140,16	83	0,32	83,32	1,72	81,6
03681X0050	698191,53	2336216,14	139,7	0,61	140,31	10,15	130,16
03674X0048	692649,1	2332378,01	88,8	0,23	89,03	1,95	87,08
03678X0075	689521,52	2329193,15	84,1	0	84,1	0	84,1
03313X0006	686010,03	2351517,65	126	0,38	126,38	17,27	109,11
03318X0005	690199,07	2343405,82	225	0	225	0,35	224,65

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
03318X0019	692378,83	2346854,41	236	0,19	236,19	42,31	193,88
03316X0002	679098,97	2347438,36	208	0,23	208,23	47,18	161,05
03321X1019	696033,99	2352908,27	155	0,18	155,18	12,79	142,39
03325X1043	694393,27	2349689,38	238,1	0,79	238,89	26,47	212,42
03321X1020	697089,5	2351134,88	170	0,19	170,19	17,66	152,53
02976X0023	705988,76	2362835,43	126	1,1	127,1	4,02	123,08
03322X0004	701167,19	2356264,98	210	0,64	210,64	49,52	161,12
03325X1042	699976,83	2343408,91	192,5	0,52	193,02	32,13	160,89
03326X1005	703440,43	2350009,14	204	0,57	204,57	25,43	179,14
03326X1049	702485,06	2347089,28	260	0,59	260,59	35,12	225,47
03326X1048	701520,51	2343735,77	170	0,43	170,43	13,4	157,03
03327X1004	708050,97	2346255,11	280,5	0,61	281,11	35,42	245,69
03328X0028	714168,76	2343112,3	176,5	0,46	176,96	16,8	160,16
03327X0006	712876,1	2344166,09	144	1	145	1,25	143,75
03654X0037	639224,12	2333200,95	142	-0,2	141,8	33,27	108,53
03657X0106	629135,08	2329027,83	89	0,5	89,5	2,22	87,28
03658X0278	637960,44	2323384,7	129	0,58	129,58	21,65	107,93
04003X0175	632089,77	2314098,43	134	0,32	134,32	14,66	119,66
04004X0181	637796,38	2311786,12	125	2	127	1,35	125,65
01584X0023	743029,22	2453832,69	107	0	107	25,1	81,9
01884X0062	741376,01	2433277,34	120	0	120	24,35	95,65
01885X0002	721516,66	2424933,97	142	0	142	4,91	137,09
01886X0067	725938,96	2430070,14	125	0	125	21,57	103,43
01887X0093	737228,55	2422859,95	158	0	158	27,51	130,49
01894X0002	770873,46	2432751,59	164	0	164	29,31	134,69
02233X0015	709401,15	2414009,04	99,7	0	99,7	5,02	94,68
02255X0003	750566,61	2410872,19	154	0	154	17,67	136,33
02982X0028	732449,14	2376114,25	140	0	140	25,95	114,05
01897X0002	759437	2424654,77	93	0	93	3,19	89,81
02603X1064	685921,47	2394153,59	77	0	77	13,07	63,93
02605X0062	667065,27	2382502,65	57,25	0	57,25	3,77	53,48
02606X0112	674268,24	2384692,72	57,5	0	57,5	2,08	55,42
02615X0020	694966,34	2388687,34	146	0	146	20,28	125,72
02617X0009	710716,84	2383915,15	101	0	101	14,4	86,6
02961X1003	669331,76	2374542,5	107,96	0	107,96	24,71	83,25
02974X0004	713949,59	2374432,29	169	0	169	30,07	138,93
03314X1035	692901,03	2352145,83	216	0	216	6,23	209,77

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
03318X0043	692616,22	2343521,42	261	0	261	35,43	225,57
03322X0007	702623,34	2355923,34	226	0	226	47,22	178,78
03328X0024	718449	2350316,07	276	0	276	27,77	248,23
03673X0017	683604	2335133,59	223	0	223	33,34	189,66
03298X1013	639799,36	2346838,83	112,5	0	112,5	16,82	95,68
03302X1012	649331,37	2356164,62	146	0	146	26	120
03308X0027	661829,31	2347964,46	189	0	189	23,9	165,1
03662X0222	649659,38	2331978,86	170,5	0	170,5	39,03	131,47
03664X1032	662497,23	2333202,55	167	0	167	23,2	143,8
04012X0036	648579,01	2320249,1	166	0	166	1,19	164,81
04013X0042	655678,52	2312772,89	188	0	188	24,5	163,5
04333X0011	658683,63	2294299,8	256	0	256	28,6	227,4
02943X0028	630393,71	2370705,41	72	0	72	17,97	54,03
02946X0192	623082,36	2369014,62	77	0	77	16,97	60,03
03292X0090	625073,55	2359102,02	74	0	74	11,65	62,35
03317X0001	685649,03	2348776,28	143	0	143	14,37	128,63
03316X0033	677674,21	2344750,04	113	0	113	15,87	97,13
03315X0086	673396,04	2344539,12	91,6	0	91,6	11,53	80,07
03314X1014	693000,7	2352425,48	218	0	218	6,73	211,27
03321X1010	696960,38	2351288,52	170	0	170	17,53	152,47
03321X0004	698751,88	2353932,28	147,5	0	147,5	4,08	143,42
02971X0020	697518,44	2376980,84	132	0,2	132,2	16,3	115,9
02617X0016	711169,96	2390902,85	79	1,1	80,1	3	77,1
02974X0018	715745,21	2380647,34	102	0,15	102,15	9,9	92,25
02615X0033	699356,45	2387501,91	77	1,2	78,2	10,1	68,1
02635X0005	751944,86	2390834,45	110	0,1	110,1	14,6	95,5
02963X0002	681414,5	2375591,14	111	0,1	111,1	25,15	85,95
02607X0129	682161,59	2387373,37	61	1,8	62,8	2,5	60,3
02604X0085	686797,45	2394557,67	85	1,1	86,1	20,3	65,8
02607X0115	681283,32	2390564,88	62	1	63	3,8	59,2
02625X0006	724782,29	2386090,67	123	1,1	124,1	7,8	116,3
02624X0023	741358,48	2397358,04	97	1,1	98,1	3,4	94,7
02614X0027	717519,17	2396210,19	81,59	1,2	82,79	2,4	80,39
02247X0001	736981,78	2410366,94	132	0,4	132,4	7,9	124,5
02971X0016	696404,85	2372290,79	154	0,1	154,1	34,7	119,4
02981X0026	724074,61	2377899,44	111	0,1	111,1	20,2	90,9
02618X0029	715393,94	2391010,31	86,88	0,3	87,18	8,1	79,08

Indice BSS	X L2e	Y L2e	Z sol	h repère	Z repère	Prof eau	Z nappe
02622X0028	728988,63	2391638,49	95	0,8	95,8	3,3	92,5
02617X0030	710436,15	2383362,36	107	0,05	107,05	22,6	84,45
02621X0003	721042,12	2398167,8	83,69	0,25	83,94	5,3	78,64
02248X0015	740719,31	2407992,76	122	0,7	122,7	7,2	115,5
02975X0008	693661,76	2368502,16	168	0,25	168,25	28,25	140
02621X0008	723560,77	2395664,62	82,7	0,8	83,5	4	79,5
02615X0027	695542,84	2384023,76	90	0,3	90,3	4,1	86,2
02972X0005	701667,5	2374677,35	136	0,2	136,2	7,85	128,35
02981X0056	722421,28	2374670,36	107	1	108	26,5	81,5
02245X0018	723826,57	2405793,07	107	0,3	107,3	11,4	95,9
02974X0011	719124,72	2379154,07	100	0,35	100,35	11,65	88,7
02246X0012	727655,98	2410566,52	125	0,5	125,5	6	119,5
02964X0014	687798,43	2380008,06	83	1,2	84,2	2,3	81,9
02964X0003	690475,87	2375155,32	93	0,5	93,5	2,7	90,8
02622X0029	726783,1	2397092,24	83,99	1,2	85,19	2,8	82,39
02981X0050	721865,06	2378911,65	92,3	1	93,3	2,85	90,45
02974X0005	715280,87	2375666,64	148,2	0,4	148,6	49,6	99
04014X0010	666977	2317011	209	0	209	17,54	191,46
04332X0008	649400	2298470	169	0	169	4,04	164,96
02626X0054	730686,5	2387704,3	112	0	112	6,47	105,53
02962X1004	679504	2373241	155	0	155	32,53	122,47
02966X0010	674639,4	2366582,7	103	0	103	15,25	87,75
02967X0006	682278	2362308	180	0	180	52,41	127,59
02247X0032	735962	2411608	146	0	146	17,31	128,69

Annexe 4

Carte piézométrique



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Nord-Pas-de-Calais
Synergie Park
6 ter, rue Pierre et Marie Curie
59260 – Lezennes - France
Tél. : 03 20 19 15 40

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - BRGM -
Service géologique Nord-Pas de Calais

CARTE DE LA SURFACE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAIE

Par F. CRASTES DE PAULET & R. DUFRENOY

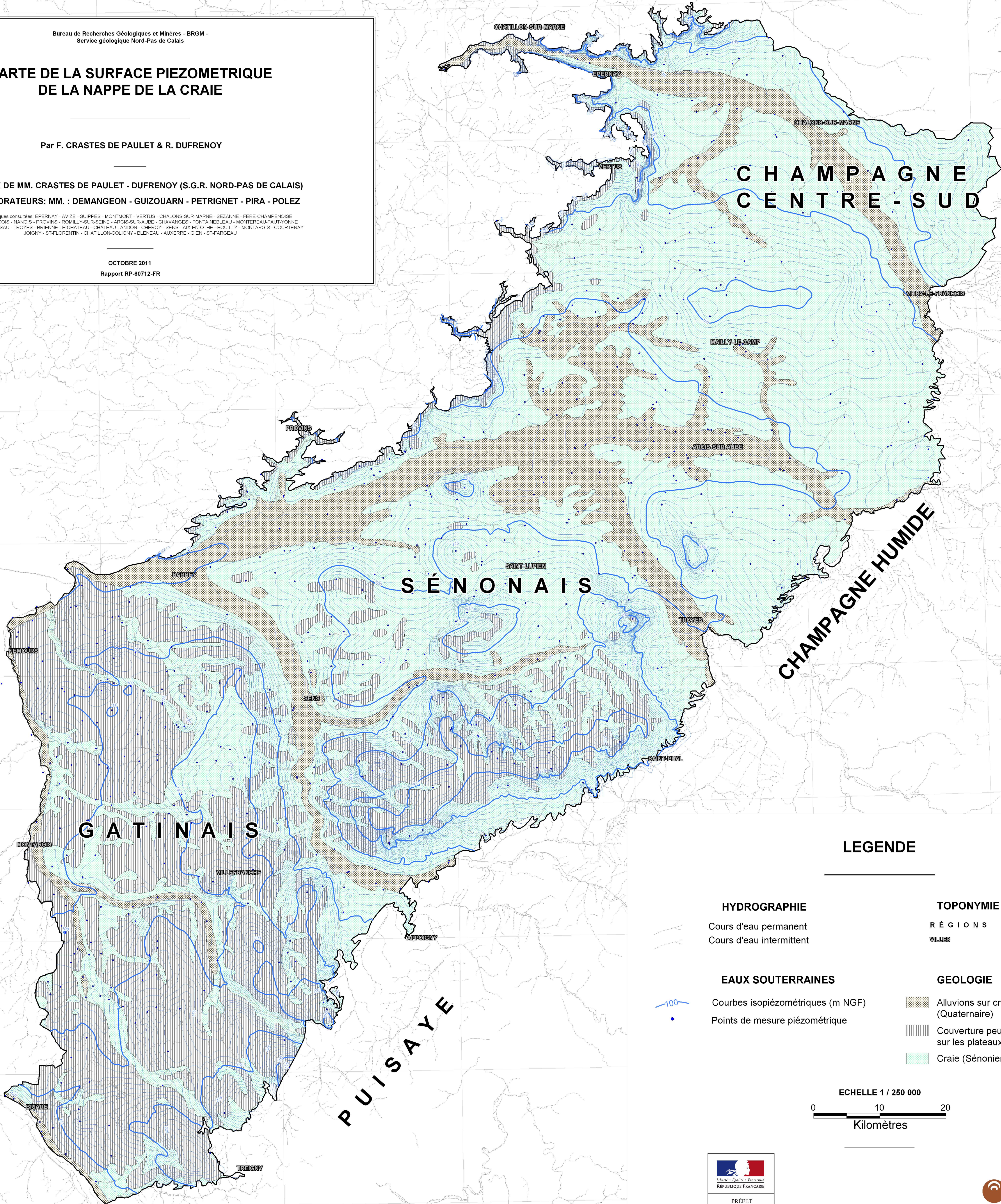
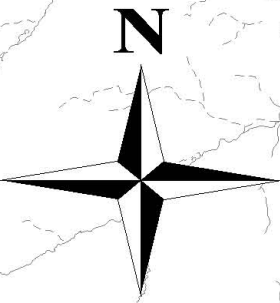
TRAVAUX DE MM. CRASTES DE PAULET - DUFRENOY (S.G.R. NORD-PAS DE CALAIS)

COLLABORATEURS: MM. : DEMANGEON - GUIZOUARN - PETRIGNET - PIRA - POLEZ

Cartes géologiques consultées: EPERNAV - AVIZE - SUPPRES - MONTMORT - VERTUS - CHALONS-SUR-MARNE - SEZANNE - FERRE-CHAMPENOISE
VITRY-LE-FRANCOIS - NANGIS - PROVINS - ROMILLY-SUR-SEINE - ARCS-SUR-AUBE - CHAVANGES - FONTAINEBLEAU - MONTEREAU-FAUT-YONNE
SERGINES - ESTISSAC - TROYES - BRIENNE-LE-CHATEAU - CHATEAULANDON - CHEROY - SENS - AUX-ENOI-THÉ - BOULLY - MONTARGIS - COURTENAY
JOIGNY - ST-FLORENTIN - CHATILLON-COLIGNY - BLENEAU - AUVERRÉ - GIEN - ST-FARSEN

OCTOBRE 2011

Rapport RP-60712-FR



LEGENDE

HYDROGRAPHIE

Cours d'eau permanent
Cours d'eau intermittent

Eaux souterraines

Courbes isopiézométriques (m NGF)
Points de mesure piézométrique

Toponymie

RÉGIONS
VILLES

Géologie

Alluvions sur craie (Quaternaire)
Couverture peu perméable sur les plateaux (Tertiaire)
Craie (Sénonien - Turonien supérieur)

ECHELLE 1 / 250 000

0 10 20
Kilomètres



PRÉFET
DE LA RÉGION
D'ÎLE-DE-FRANCE

Direction Régionale et Interdépartementale
de l'Environnement et de l'Énergie



(C) BRGM (CSN) (2009)
(C) BRGM (GDF) (2012)
(C) BRGM (2012)