

Document public

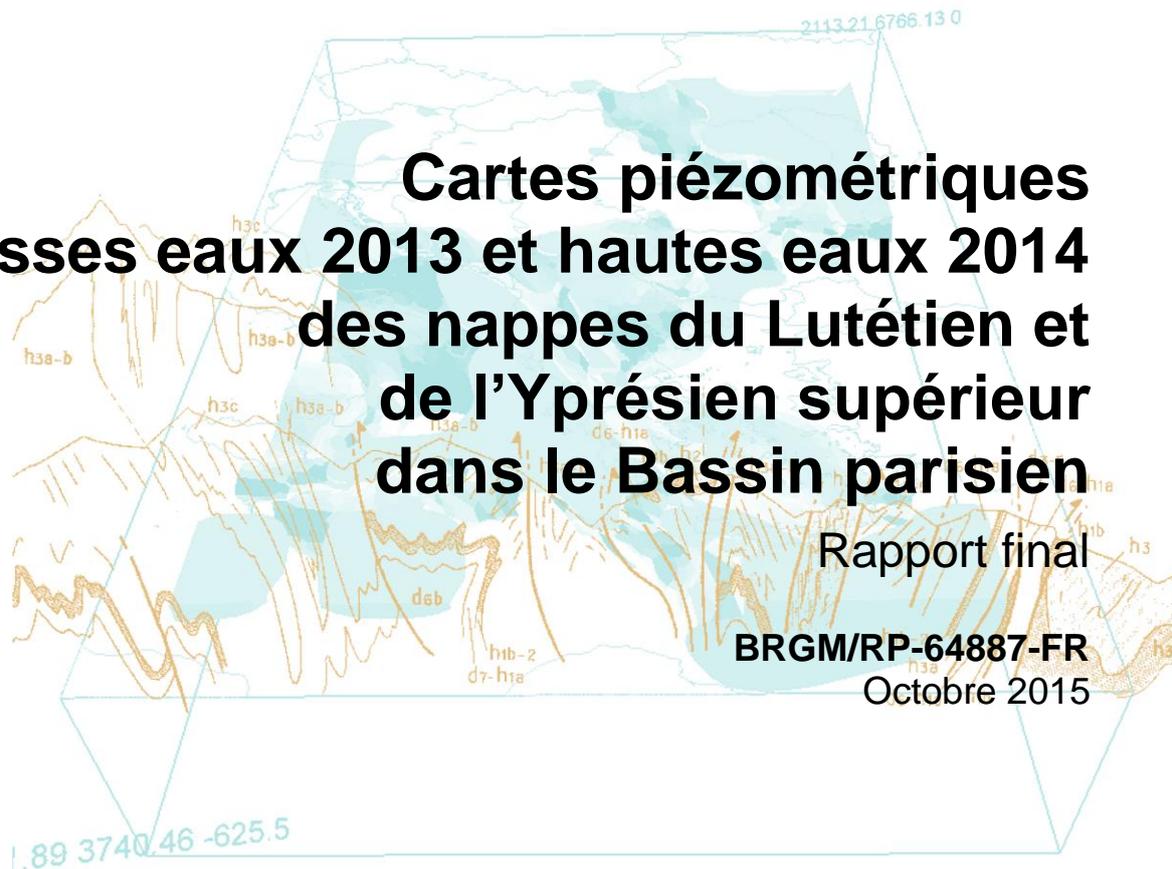


# Cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans le Bassin parisien

Rapport final

BRGM/RP-64887-FR

Octobre 2015



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans le Bassin parisien

Rapport final

**BRGM/RP-64887-FR**  
Octobre 2015

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

**V. Bault, B. Bourguine, C. Loiselet et E. Anquetil**

Avec la collaboration de

**A. Bel, G. Braibant, M. Chabart, Q. Gallais, F. Joublin, F. Koch, S. Leconte, Y. Lefevre,  
S. Legendre, E. Merlin, A. Neveux, J. Nicolas, E. Rousseaux, A. Vieville**

**Vérificateur :**

Nom : J. Nicolas

Date : 22/10/2015

Signature :

**Approbateur :**

Nom : D. Maton

Date : 28/10/2015

Signature :

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



**Mots-clés** : Bassin parisien, Picardie, Champagne-Ardenne, Île-de-France, Haute-Normandie, Centre, Calcaire grossier, Lutétien, Sable de Cuise, Sables du Soissonnais, Cuisien, Yprésien supérieur, Piézométrie, Carte piézométrique, Basses eaux, Hautes eaux, Isopièzes.

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

**Bault V, Bourgine B., Loiselet C. et Anquetil E.** avec la collaboration de Bel A., Chabart M., Braibant G., Gallais Q., Joublin F., Koch F., Leconte S., Lefèvre Y., Legendre S., Merlin E., Neveux A., Nicolas J., Rousseaux E., Vieville A. Cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans le Bassin parisien. Rapport final BRGM/RP-64887-FR, 119 p., 47 ill., 9 tabl., 1 ann., 1 CD.

## Synthèse

La présente étude cofinancée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie, le Syndicat d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin Automne (SAGEBA), le Syndicat Interdépartemental du SAGE de la Nonette (SISN) et le BRGM a pour objet :

- la réalisation de deux campagnes de mesures piézométriques synchrones des nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien en périodes de basses et de hautes eaux ;
- la réalisation de campagnes de nivellement, au moyen de GPS haute précision, des ouvrages ayant fait l'objet d'une mesure piézométrique ;
- le tracé de cartes piézométriques ;
- la mise en place de capteurs de pression et enregistreurs numériques sur des zones à enjeux.

Des relevés piézométriques ont été réalisés sur le Bassin parisien en octobre-novembre 2013 (conditions de basses eaux) et en avril 2014 (conditions de hautes eaux) sur les nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien. Ces données ont été valorisées sous la forme de cartes piézométriques.

Pour établir les cartes piézométriques en condition de basses et de hautes eaux sur le secteur d'étude retenu, 4 481 points d'eau ont été identifiées comme captant les nappes étudiées, 2 562 ont été sélectionnés, 2 350 ont été recherchés sur le terrain ou lors de contacts téléphoniques et 744 ont été mesurés.

Les données rassemblées lors des campagnes piézométriques ont permis le tracé de cartes piézométriques de la nappe des sables de l'Yprésien supérieur et de la nappe des calcaires du Lutétien sur le Bassin parisien, en période de basses eaux (octobre-novembre 2013) et de hautes eaux (avril 2014).

L'analyse des piézométries indique que les sens écoulements des eaux souterraines ainsi que les cotes piézométriques n'évoluent quasiment pas entre les basses eaux 2013 et les hautes eaux 2014. Les isopièzes montrent le rôle prédominant joué par les vallées structurantes (Oise, Ourcq, Marne, Seine, ...), les rivières drainant les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Ce phénomène est particulièrement visible sur le nord du Bassin parisien mais est également perceptible au sud de la Marne et de la Seine, au droit de la Brie et du Mantois (Grand Morin, Petit Morin et Seine). En zone de fort recouvrement, ce constat traduit également de phénomènes de drainance avec les nappes supérieures (Grand Morin, Aubetin, Yverres, Seine amont) ou de l'influence de la géologie structurale, les cours d'eau empruntant les synclinaux (fosse de Saint-Denis, fosse de Melun-Draveil, anticlinal de la Remarde). Enfin, les cartes piézométriques ont confirmé la difficulté à pouvoir distinguer les secteurs où les nappes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur sont distinctes ou en équilibre hydrostatique.

Les cartes piézométriques seront prochainement intégrées au SIGES Seine-Normandie et téléchargeable gratuitement (<http://sigessn.brgm.fr>).

Dans le cadre de l'étude, six capteurs de pression et enregistreurs numériques non télétransmis permettant le suivi en continu (une mesure par heure) des niveaux piézométriques ont été mis en place sur des ouvrages :

- 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Sainte-Marie sur le bassin de l'Automne ;
- 01285X0058/P à Courteuil - Nappe libre du Lutétien en partie avale du bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0128/FR2007 à Versigny - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0132/F\_2009 à Auger-Saint-Vincent – Nappe captive de l'Yprésien supérieur sur le plateau des bassins versants de l'Automne et de la Nonette ;
- 02216X0029/F à Voinsles - Nappe captive du Lutétien en Brie centrale ;
- 02574X0041/F3 à Mennecy - Nappe captive du Lutétien et de l'Yprésien supérieur à l'ouest du Synclinal de Melun.

Ce suivi permettra de capitaliser des connaissances sur les variations des niveaux des nappes sur des secteurs jugés prioritaires.

# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Présentation de l'étude .....</b>	<b>15</b>
2.1. SECTEUR D'ÉTUDE .....	15
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE .....	15
2.3. CARACTÉRISTIQUES DES AQUIFÈRES DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	17
2.3.1. Aquifère de l'Yprésien supérieur .....	19
2.3.2. Aquifère du Lutétien moyen et inférieur.....	22
2.4. PIÉZOMÉTRIES ANTÉRIEURES DES NAPPES DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	27
2.5. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	29
2.5.1. Objectifs principaux.....	29
2.5.2. Extension géographique de la zone d'étude.....	29
2.5.3. Zones d'études et densité maximale d'ouvrages à mesurer.....	30
<b>3. Campagnes piézométriques .....</b>	<b>33</b>
3.1. PRÉPARATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET ÉTUDE DE FAISABILITÉ .....	33
3.1.1. Identification des points d'eau captant les aquifères étudiés .....	33
3.1.2. Étude de faisabilité.....	34
3.1.3. Sélection des points d'eau à mesurer lors des campagnes de terrain .....	36
3.2. RÉALISATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET DE NIVELLEMENT .....	37
3.2.1. Situation piézométrique durant les campagnes de mesures .....	38
3.2.2. Déroulement des campagnes de mesures.....	42
3.3. RÉSULTATS DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET DE NIVELLEMENT .....	44
3.3.1. Présentation des résultats des campagnes piézométriques.....	44
3.3.2. Présentation des résultats des campagnes de nivellement.....	48
<b>4. Cartes piézométriques .....</b>	<b>49</b>
4.1. PRÉPARATION DES DONNÉES.....	49
4.1.1. Vérification des données et suppression des anomalies .....	49
4.1.2. Cas particuliers de points d'eau artésiens jaillissant ou « secs ».....	50
4.2. INTÉGRATION DE POINTS DE CONTRAINTES .....	50
4.2.1. Sources issues de la Banque de données du Sous-Sol (BSS).....	50

4.2.2. Cours d'eau drainant .....	53
4.2.3. Anciennes mesures .....	54
4.3. ÉLABORATION DES CARTES PIÉZOMÉTRIQUES .....	55
4.3.1. Données utilisées .....	55
4.3.2. Méthode de modélisation.....	56
4.3.3. Validation des isopièzes et corrections manuelles .....	61
4.4. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES CARTES PIÉZOMÉTRIQUES .....	61
4.4.1. Caractéristiques et limites d'utilisation .....	61
4.4.2. Clés de lecture des cartes piézométriques .....	62
4.4.3. Analyse des cartes piézométriques .....	65
<b>5. Capteurs et enregistreurs numériques.....</b>	<b>83</b>
5.1. TÊTE DE BASSIN VERSANT DE LA SAINTE-MARIE SUR LE BASSIN DE L'AUTOMNE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN .....	85
5.1.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	85
5.1.2. Prélèvements en eau souterraine .....	85
5.1.3. Recherche d'un point d'eau .....	86
5.1.4. Équipement et suivi du point d'eau 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent .....	86
5.2. PARTIE AVALE DU BASSIN VERSANT DE LA NONETTE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN .....	87
5.2.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	88
5.2.2. Prélèvements en eau souterraine .....	88
5.2.3. Recherche d'un point d'eau .....	88
5.2.4. Équipement et suivi du point d'eau 01285X0058/P à Courteuil.....	88
5.3. TÊTE DE BASSIN VERSANT DE LA NONETTE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN .....	89
5.3.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	90
5.3.2. Prélèvements en eau souterraine .....	90
5.3.3. Recherche d'un point d'eau .....	90
5.3.4. Équipement et suivi du point d'eau 01288X0128/FR2007 à Versigny.....	91
5.4. PLATEAU DES BASSINS VERSANTS DE L'AUTOMNE ET DE LA NONETTE - NAPPE CAPTIVE DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	93
5.4.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	93
5.4.2. Recherche d'un point d'eau .....	93
5.4.3. Équipements et suivis des points d'eau 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent.....	94
5.5. BRIE CENTRALE - NAPPE CAPTIVE DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	97
5.5.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	97
5.5.2. Recherche d'un point d'eau .....	97
5.5.3. Équipement et suivi du point d'eau 02216X0029/F à Voinsles.....	98

5.6. SYNCLINAL DE MELUN - NAPPE CAPTIVE DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	99
5.6.1. Contexte géologique et hydrogéologique .....	99
5.6.2. Recherche d'un point d'eau .....	100
5.6.3. Équipement et suivi du point d'eau 02574X0041/F3 à Mennecey .....	100
5.7. BEAUCE - NAPPE CAPTIVE DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR .....	101
5.7.1. Contexte géologique et hydrogéologique .....	101
5.7.2. Recherches sur le terrain .....	101
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>103</b>
<b>7. Bibliographie .....</b>	<b>105</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 - Extension et géographie de la zone d'étude. ....	13
Illustration 2 - Carte géologique de la France au millionième sur le centre du Bassin parisien.....	16
Illustration 3 - Coupe schématique du Bassin de Paris.....	16
Illustration 4 - Échelle stratigraphique du Bassin parisien.....	18
Illustration 5 - Schéma d'extension des principaux faciès de l'aquifère multicouches.....	25
Illustration 6 - Coupe schématique de la Brie selon un profil nord-sud.....	25
Illustration 7 - Zones d'étude de la campagne piézométrique.....	31
Illustration 8 - Localisation des points d'eau captant les aquifères des calcaires du Lutétien et/ou des sables de l'Yprésien supérieur.....	34
Illustration 9 - Chronique piézométrique de Fresnoy le Luat (01287X0017/S1) – Lutétien – Zone 1.....	38
Illustration 10 - Chronique piézométrique de Breval (01812X0002/S1) – Lutétien – Zone 4.....	39
Illustration 11 - Chronique piézométrique de Barisis (00836X0007/P) – Yprésien supérieur – Zone 2.....	39
Illustration 12 - Chronique piézométrique de Chars (01266X1013/S1) – Yprésien supérieur – Zone 3.....	40
Illustration 13 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Fresnoy le Luat (01287X0017/S1) – Lutétien – Zone 1.....	41
Illustration 14 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Breval (01812X0002/S1) – Lutétien – Zone 4.....	41
Illustration 15 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Barisis (00836X0007/P) – Yprésien supérieur – Zone 2.....	42
Illustration 16 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Chars (01266X1013/S1) – Yprésien supérieur – Zone 3.....	42
Illustration 17- Mesures GPS de la référence altimétrique et différence avec le repère de mesure et le sol.....	43
Illustration 18 - Localisation des points d'eau mesurés selon l'aquifère capté. ....	45
Illustration 19 - Causes des points d'eau non mesurés. ....	47
Illustration 20 - Localisation des sources des sables de l'Yprésien supérieur issues de la BSS.....	52
Illustration 21 - Localisation des sources des calcaires du Lutétien issues de la BSS.....	53

Illustration 22 - Localisation des contraintes : cours d'eau et sources issus des fonds IGN au 1/25 000 et mesures piézométriques issues de la BSS. ....	54
Illustration 23 - Localisation des données utilisées pour l'interpolation des cartes piézométriques. ....	56
Illustration 24 - Coupe schématique sud-nord du Bassin parisien montrant la géométrie des nappes aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. ....	57
Illustration 25 - Pile hydrogéologique du modèle. ....	57
Illustration 26 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de hautes eaux de la nappe du Lutétien. ....	59
Illustration 27 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de basses eaux de la nappe du Lutétien. ....	59
Illustration 28 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de hautes eaux de la nappe de l'Yprésien supérieur. ....	60
Illustration 29 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de basses eaux de la nappe de l'Yprésien supérieur. ....	60
Illustration 30 - Carte piézométrique de la nappe du Lutétien en période de hautes eaux 2014 avec indication du sens d'écoulement général et des crêtes hydrogéologiques. ....	64
Illustration 31 - Points d'eau équipés d'enregistreurs sur les bassins de l'Automne et de la Nonette. ....	84
Illustration 32 - Points d'eau équipés d'enregistreurs sur la Brie centrale et le synclinal de Melun. ....	84
Illustration 33 - Localisation du point d'eau 01288X0031/P. ....	87
Illustration 34 - Photographie du point d'eau 01288X0031/P. ....	87
Illustration 35 - Localisation du point d'eau 01285X0058/P. ....	89
Illustration 36 - Photographies du point d'eau 01285X0058/P. ....	89
Illustration 37 - Localisation du point d'eau 01288X0128/FR2007. ....	91
Illustration 38 - Photographies du point d'eau 01288X0128/FR2007. ....	92
Illustration 39 - Chronique piézométrique de la nappe du Lutétien libre au droit du point d'eau 01288X0128/FR2007. ....	92
Illustration 40 - Photographies du point d'eau 01288X0132/F_2009. ....	94
Illustration 41 - Localisation des points d'eau 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009. ....	95
Illustration 42 - Photographies du point d'eau 01288X0141/F_2009. ....	96
Illustration 43 - Chronique piézométrique de la nappe du Lutétien libre au droit du point d'eau 01288X0141/F_2009. ....	96
Illustration 44 - Localisation du point d'eau 02216X0029/F. ....	98
Illustration 45 - Photographies du point d'eau 02216X0029/F. ....	99
Illustration 46 - Localisation du point d'eau 02574X0041/F3. ....	100
Illustration 47 - Photographies du point d'eau 02574X0041/F3. ....	101

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Nombre d'ouvrages par zone captant les aquifères étudiés.....	34
Tableau 2 - Nombre d'ouvrages sélectionnés par zone captant les aquifères étudiés. ....	37
Tableau 3 - Nombre de points recherchés et mesurés par zone et comparaison aux objectifs. ....	46
Tableau 4 - Nombre de points recherchés et mesurés. ....	46
Tableau 5 - Bilan des campagnes de nivellement. ....	48
Tableau 6 - Nombre de points validés pris en compte lors des tracés des cartes piézométriques. ....	49
Tableau 7 - Points de contrainte pris en compte lors des tracés des cartes piézométriques.....	50
Tableau 8 - Type de sources issues de la BSS par aquifère. ....	51
Tableau 9 - Prélèvements en eau souterraine référencés à Auger-Saint-Vincent.....	85

## Liste des annexes

Annexe 1 Mesures piézométriques et GPS haute-précision réalisées lors des campagnes de terrain 2013 et 2014.....	107
---	-----



# 1. Introduction

Dans le Bassin parisien, les pressions sont fortes sur les nappes d'eaux souterraines du Tertiaire, et notamment sur celles des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur, qui sont des réserves potentielles de qualité (rendement et potabilité) les plus accessibles pour les usagers. Les enjeux évoluent au fil du temps et une connaissance actualisée des milieux souterrains est nécessaire pour gérer la ressource en eau afin qu'elle continue à subvenir aux besoins des usagers.

Dans la partie septentrionale, les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont de plus en plus sollicitées pour l'eau potable, du fait du développement des agglomérations (en particulier dans le Valois), et pour l'agriculture (culture légumière dans le Valois et le Multien). Localement, des conflits d'usage apparaissent. De plus, les chroniques piézométriques de la nappe des calcaires du Lutétien montrent des comportements différents selon les secteurs.

En région parisienne, suite à l'arrêt de nombreux pompages essentiellement industriels, les cartes piézométriques, réalisées dans les années 1970, ne sont plus à jour. D'après des piézométries locales récentes, la vaste dépression piézométrique cartographiée par le passé (jusqu'à environ 25 mètres de profondeur dans la fosse de Saint-Denis) s'est fortement atténuée.

Enfin, au sud du Bassin parisien, les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur plongent sous des formations géologiques plus récentes et seuls les forages profonds pour l'industrie et l'eau potable utilisent ces réserves. Certains secteurs n'ont jamais fait l'objet de cartes piézométriques et les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur restent mal connues.

La présente étude cofinancée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie, le Syndicat d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin Automne (SAGEBA), le Syndicat Interdépartemental du SAGE de la Nonette (SISN) et le BRGM a pour objet :

- la réalisation de deux campagnes de mesures piézométriques synchrones des nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien du Bassin parisien en périodes de basses et de hautes eaux ;
- la réalisation de campagnes de nivellement, au moyen de GPS haute précision, des ouvrages ayant fait l'objet d'une mesure piézométrique ;
- le tracé de cartes piézométriques ;
- la mise en place de capteurs/enregistreurs numériques sur des zones à enjeux, définies par le comité de pilotage.





Illustration 1 - Extension et géographie de la zone d'étude.



## 2. Présentation de l'étude

### 2.1. SECTEUR D'ÉTUDE

La présente étude porte sur les aquifères du Lutétien inférieur et de l'Yprésien supérieur du centre du Bassin parisien. Le territoire couvre environ 17 195 km<sup>2</sup>, réparti entre 14 190 km<sup>2</sup> pour l'aquifère du Lutétien et 15 155 km<sup>2</sup> pour celui de l'Yprésien supérieur.

Les régions concernées sont la Picardie, la Haute-Normandie, la Champagne-Ardenne, l'Île de France et le Centre. Les régions naturelles s'étendent du Soissonnais au nord au Val de Seine et à la Haute Beauce au sud. À l'est, la zone d'étude est limitée par le Tardenois et la Brie, et à l'ouest par le Vexin, le Mantois et l'Hurepoix (Illustration 1).

Le paysage est représenté par des plaines et des plateaux (Vexin, Soissonnais, Valois, Brie, Beauce...) de faible hauteur dominés par de nombreuses petites buttes et découpés par des vallées.

Le réseau hydrographique converge vers la Seine, qui traverse la zone du sud-est au nord-ouest, et vers ses affluents notamment l'Oise et la Marne. Les cours d'eau principaux sont la Seine, l'Oise, la Marne, l'Aisne, l'Essonne, l'Yerres, l'Ourcq, le Grand et le Petit Morin. Le réseau secondaire, constitué de nombreux canaux, aqueducs, petites vallées humides et sèches, est assez dense et plutôt bien réparti sur l'ensemble de la zone.

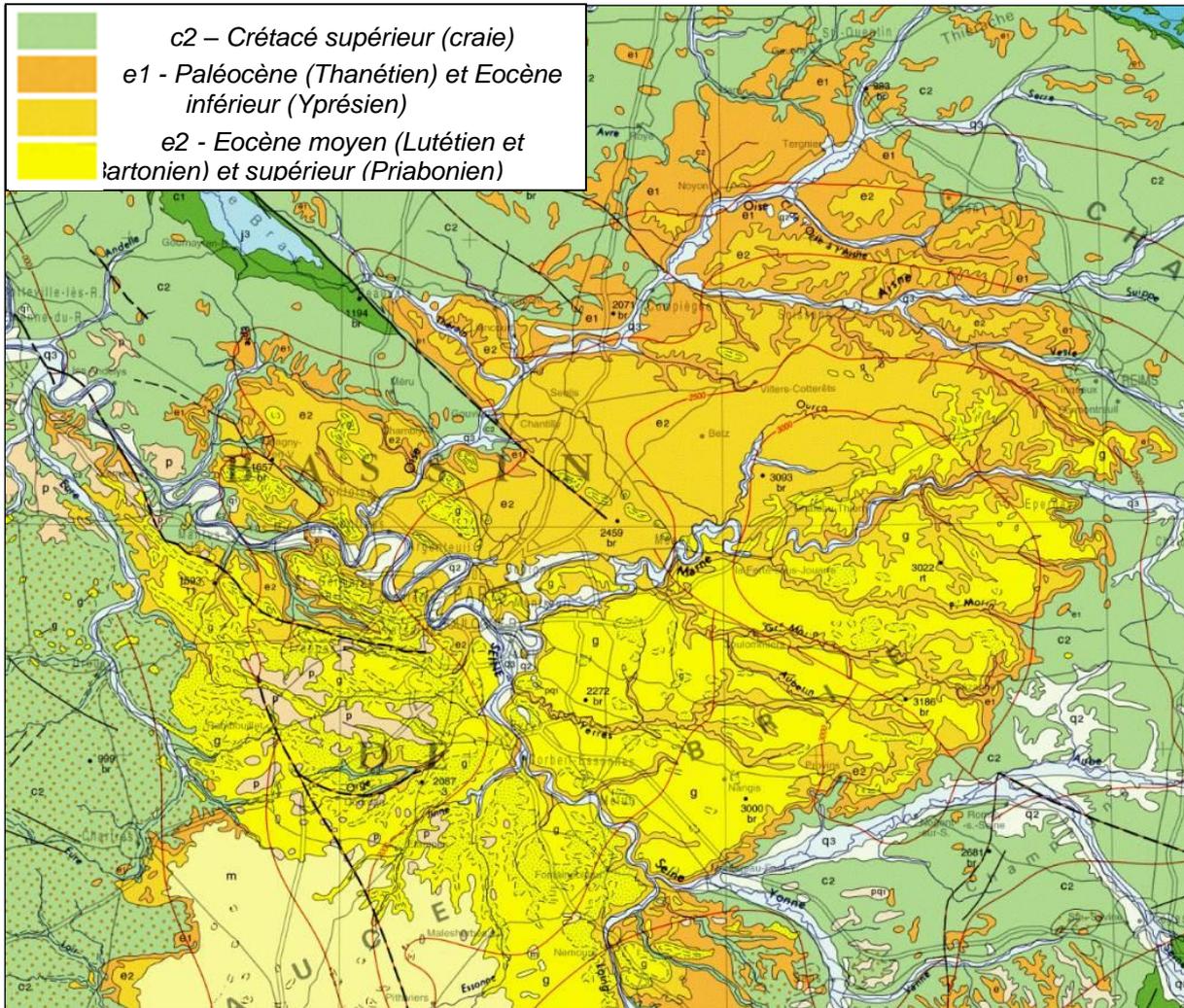
La population est inégalement répartie et se concentre sur Paris et sa banlieue. Autour de l'agglomération parisienne, les régions naturelles sont agricoles et la densité de population reste très éparse, regroupée dans les villes principales comme Meaux, Soissons, Provins ou Château-Thierry. Cette répartition engendre des utilisations et des sollicitations différentes des réserves en eau : alimentation en eau potable et eaux industrielles pour les zones urbanisées, et irrigation pour les zones agricoles.

### 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le Bassin parisien est un ensemble géologique de vaste ampleur traversé par la Seine et qui s'étend du Cotentin au massif des Ardennes (Illustration 2).

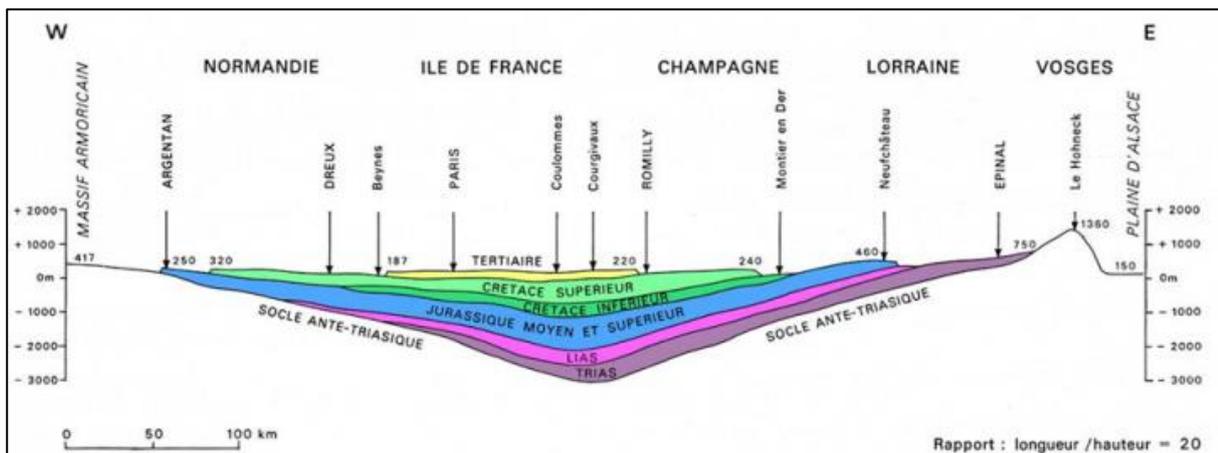
Les formations sédimentaires sont représentées schématiquement comme une pile d'assiette (Illustration 3) du socle précambrien et de l'ère Primaire jusqu'aux terrains du Tertiaire. La couverture quaternaire n'est présente que sous forme de placages limoneux et d'alluvions dans les vallées principales.

Aux affleurements, les couches du Trias s'appuient à la périphérie sur les massifs de l'aire Primaire (Ardennes, Vosges, Massif Central et Massif Armoricaïn) et les formations du Tertiaire occupent le centre du bassin autour de Paris. Au centre du bassin, l'épaisseur totale des couches sédimentaires jusqu'au socle est de l'ordre de plusieurs kilomètres.



Source : BRGM, 2003

Illustration 2 - Carte géologique de la France au millionième sur le centre du Bassin parisien.



Source : C. Cavalier & al., 1979

Illustration 3 - Coupe schématique du Bassin de Paris.

Les terrains sédimentaires de l'ère Tertiaire sont constitués d'une succession de formations géologiques de lithologie très variée : sables, calcaires, argiles et marnes du Paléocène, de l'Éocène et de l'Oligocène.

L'Yprésien et le Lutétien sont des étages géologiques occupant respectivement la base et le milieu de l'Éocène. L'Yprésien comprend deux sous-étages : le Sparnacien à la base, composé essentiellement d'argiles entrecoupées de niveaux sableux, et le Cuisien au sommet, représenté par des sables. Le Lutétien supérieur est formé de marnes et caillasses tandis que le Lutétien moyen et inférieur est caractérisé par des calcaires grossiers, devenant sableux et glauconieux à la base.

### **2.3. CARACTÉRISTIQUES DES AQUIFÈRES DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR**

Les nappes des formations du Tertiaire se retrouvent au sein des formations perméables constituées de roches réservoirs carbonatées (calcaires en général) ou arénacées (sables et sables argileux) plus ou moins cimentées en grès et souvent chargées en éléments fins. Des formations semi-perméables à imperméables séparent les aquifères, les premières permettant toutefois des transferts d'eau entre aquifères par drainance hydraulique (Illustration 4).

Les formations des âges Pliocène, Miocène, Oligocène et Éocène supérieur abritent plusieurs aquifères superposés (calcaire de Beauce, calcaire de Pithiviers, calcaire d'Etampes, sables de Fontainebleau, calcaire de Brie et calcaire de Champigny-Château Landon).

Les terrains de l'Éocène regroupent deux grands ensembles aquifères pouvant être individualisés en fonction des étages géologiques :

- l'aquifère multicouche du calcaire de Champigny pour l'Éocène supérieur (Bartonien et Priabonien/Ludien), bien connu dans la Brie,
- l'aquifère multicouche du calcaire grossier pour l'Éocène moyen (Lutétien) et des sables du Cuisien ou du Soissonnais (Sparnacien) pour l'Éocène inférieur (Yprésien), exploité principalement au nord de l'Île-de-France, en Paris, Vexin, Valois et Soissonnais.

À noter que les alluvions quaternaires localisées dans les plaines alluviales des cours d'eau principaux peuvent renfermer des nappes en relation avec les nappes sous-jacentes ou latérales et avec les eaux de surface.

	Unité lithostratigraphique	Age	Epoque	Unité hydrogéologique
	Alluvions : graviers et sables	Quaternaire		Aquifères alluviaux
m <sub>1</sub>	Sables de Lozère, Sables de Sologne	Durdigalien	Miocène	
g <sub>3a</sub>	Calcaire de Beauce	Chattien	Oligocène	Aquifère multi-couche de l'Oligocène : Calcaires de Beauce, Sables de Fontainebleau et Calcaire de Brie
g <sub>2b</sub>	Sables et grès de Fontainebleau	Stampien		
g <sub>2a</sub>	Marnes à huîtres			
g <sub>1b</sub>	Calcaire de Brie	Sannoisien		
g <sub>1a</sub>	Marnes vertes			
e <sub>2b</sub>	Marnes supragypseuse, Marnes de Pantin	Bartonnien supérieur (Ludien)	Eocène	Aquifère multi-couche du Calcaire de Champigny
e <sub>2c</sub>	Marnes supragypseuse, Marnes d'Argenteuil			
e <sub>2a</sub>	Masses et marnes du gypse ou Calcaire de Champigny			
e <sub>3d</sub>	Marnes et Caillasses	Lutétien supérieur		
e <sub>5c</sub>	Calcaire grossier	Lutétien inférieur		Aquifère multi-couche de l'Eocène moyen et inférieur
e <sub>4a</sub>	Argiles de Laon	Cuisien		
e <sub>4</sub>	Sables de Cuise			
e <sub>3d</sub>	Sables du Soissonnais, Sables supérieure	Sparnacien		
e <sub>3c</sub>	Fausse glaises du Vexin			
e <sub>3b</sub>	Sables d'Auteuil			
e <sub>3a</sub>	Argile plastique			
e <sub>1</sub>	Conglomérat de Meudon	Montien	Paléocène	Aquifère de la Craie
e <sub>1</sub>	Calcaire pisolitique et marnes de Meudon			
c <sub>6</sub>	Craie		Crétacé	

Source : Rapport BRGM/RP-53306-FR, 2004

Illustration 4 - Échelle stratigraphique du Bassin parisien.

### 2.3.1. Aquifère de l'Yprésien supérieur

#### a) Lithologie

La nappe de l'Yprésien supérieur regroupe les différents aquifères sableux du Cuisien (Yprésien supérieur) et du Sparnacien supérieur (Yprésien inférieur).

Les sables du Soissonnais ou sables supérieurs ainsi que les sables de Sinceny se situent au sommet du Sparnacien. Ils sont souvent confondus avec les sables du Cuisien (Yprésien supérieur) et les coupes de forages ne distinguent que très rarement ces différents sables.

Au nord du Bassin parisien, les sables de l'Yprésien supérieur affleurent en limite d'extension des terrains éocènes et constituent les versants de nombreuses vallées, notamment dans le Vexin, le Noyonnais, le Soissonnais et le Tardenois. Dans le Valois et l'Orchois, les sables sont ponctuellement visibles dans les vallées les plus encaissées (Marne, Ourcq et Clignon). Ils s'enfoncent ensuite sont les formations plus récentes et ne se retrouvent à l'affleurement qu'en limite est du bassin tertiaire.

#### Sables du Cuisien et équivalents – Yprésien supérieur (Cuisien)

Les formations du Cuisien correspondent à des dépôts marins essentiellement sableux et détritiques, liés à une transgression venant du nord. Selon la géologie, deux sous-ensembles peuvent être définis au sein de ce réservoir :

- au nord de l'axe de Meudon, selon une ligne passant par Vernon, Poissy, Noisy-le-Grand, Reuil-en-Brie, Château-Thierry, un sous-ensemble continu, sableux, relativement homogène, qui est détaillé ci-après ;
- au sud de cet axe et sous la Brie, un sous-ensemble mal défini, hétérogène, discontinu et devenant plus fins et progressivement argileux.

La limite extrême du réservoir, au sud-est, se situe à l'apparition de conglomérats, à partir de la vallée du Loing.

Au nord de l'axe de Meudon, les sables du Cuisien sont fins siliceux, glauconieux, micacés, plus ou moins argileux et parfois fossilifères (nummulites et mollusques). Des faciès sont localement individualisés au sein de cette formation : le niveau d'Hérouval, le niveau de Pierrefonds et le niveau d'Aizy. Les sables deviennent légèrement calcaires vers le nord dans le Laonnois et l'ouest dans le Vexin. À la base, la série sableuse comporte souvent des petits galets de silex très usés (galets avellanaires de Sinceny).

L'épaisseur totale des formations sableuses du Cuisien croissent du sud du Bassin parisien (1 mètre à Guitrancourt) vers le centre (50 à 75 m). Elle est également plus faible sur les axes anticlinaux (10 m sur l'anticlinal de Vigny). Les sables du Cuisien sont particulièrement bien représentés dans le Valois, le Soissonnais et le Noyonnais où leur épaisseur atteint 50 à 70 mètres.

### **Sables du Sparnacien supérieur – Yprésien inférieur (Sparnacien)**

Les « sables supérieurs » ou « sables du Soissonnais » sont des sables quartzeux blancs pouvant se confondre avec les sables du Cuisien (Yprésien supérieur). Ils ont souvent été définis à cheval sur le Cuisien et le Sparnacien et ne sont souvent pas différenciés des sables du Cuisien dans les coupes géologiques. Leur épaisseur est très variable, entre 0 et 35 mètres.

Ces sables sont identifiés dans le Vexin, à Paris et dans le Parisis où ils sont fréquemment coupés de niveaux argileux et parfois recouverts, en zone synclinale, de plusieurs mètres d'argile noire.

### **Sables de Sinceny – Yprésien inférieur (Sparnacien)**

Les sables de Sinceny sont fins, de couleur jaune et fossilifères. Ils se rencontrent en Picardie au sommet du Sparnacien, sur une épaisseur de 3 à 5 mètres. Ce niveau de sables grossiers à stratifications entrecroisées renferme des galets de silex noirs avellanaires. Les sables de Sinceny sont souvent confondus avec les sables du Cuisien (Yprésien supérieur) et les coupes de forages ne distinguent que très rarement ces différents sables.

### **Arkose de Breuillet – Yprésien**

Au sud de l'anticlinal de Meudon et à l'extrémité nord-est du bassin de la Beauce, s'étend une formation appelée « arkose de Breuillet ». Elle se décompose en plusieurs corps sableux insérés par chenalisation dans les formations argileuses de l'Éocène. Elle affleure sur les flancs des vallées de l'Orge et de la Rémarde et son épaisseur varie de 2 à 20 mètres.

L'arkose de Breuillet, quand elle est sableuse, peut mettre en connexion, par des corps chenalisés perméables intercalés au sein des argiles, la nappe des calcaires éocènes (Lutétien et Bartonien) et la nappe de la craie. Localement, le mur de l'arkose est imperméabilisé par de l'argile grise qui forme le toit de la craie. Cette formation à dominante sableuse est considérée comme probablement drainante.

### **b) Caractéristiques hydrodynamiques**

#### **Géométrie de l'aquifère**

Le mur de la nappe est constitué par les formations argileuses du Sparnacien (Yprésien inférieur), semi-perméables au nord et au sud à imperméables au centre du Bassin parisien :

- fausses glaises ou faluns à huîtres et cyrènes :  
elles se retrouvent dans la moitié ouest du Bassin parisien, à Paris, dans le Parisis et dans le Vexin, où elles reposent directement sur l'argile plastique ou sur les sables d'Auteuil. Leur épaisseur est de l'ordre de 10 à 15 mètres ;
- argile plastique ou bariolée :  
elle représente la base de l'Yprésien relativement continue et constitue le mur quasi imperméable de la nappe des sables sus-jacents, au nord d'une ligne passant par l'axe anticlinal de Beynes-Meudon-Saint-Maur et rejoignant le dôme de Coulommès et au sud l'axe de Bray et de la vallée de la Marne ;
- sables et argiles à lignites du Soissonnais :

dans les parties septentrionales du Bassin de Paris, au nord de l'anticlinal du Bray et de la vallée de la Marne, les argiles plastiques passent à une alternance de sable et d'argile à lignites.

Au nord du bassin, les sables de l'Yprésien supérieur constituent les versants de beaucoup de vallées, notamment celles du Soissonnais et du Noyonnais. Le niveau argileux du Sparnacien donne alors naissance à de nombreuses sources.

Le toit de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur peut être considéré comme étant la base :

- des argiles de Laon (Yprésien supérieur), à une échelle locale, lorsqu'elles sont présentes (nord du Bassin parisien) ;
- des marnes et caillasses du Lutétien supérieur si l'on considère le contraste de perméabilité verticale / horizontale ;
- des marnes infra-gypseuses du Marinésien (Bartonien), lorsqu'il peut y avoir des échanges hydrauliques au travers des marnes et caillasses.

Au toit des sables de l'Yprésien apparaît, de façon discontinue, un banc d'argile ligniteuse, connu sous le terme « Argiles de Laon ». Cette formation a été cartographiée de façon formelle au nord-est du département de l'Oise et au nord du département de l'Aisne où elle affleure sur les plateaux bordant l'Aisne et l'Oise, en amont de la confluence de ces cours d'eau. Elle est alors continue et épaisse (1,5 à 5 mètres, voire 10 mètres vers Laon) et forme le toit de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur.

L'épaisseur des argiles de Laon se réduit vers l'ouest et le sud (0 à 3 mètres). Les argiles n'apparaissent parfois que sous la forme de lambeaux au sommet des sables du Cuisien et ne constituent pas un horizon imperméable mais plutôt une éponte semi-perméable. En l'absence des argiles de Laon continues et épaisses, les sables de l'Yprésien supérieur sont en communication hydraulique directe avec les calcaires inférieurs du Lutétien. Bien que formant des couches géologiques distinctes, les sables de l'Yprésien ne peuvent alors être dissociés du calcaire du Lutétien sur le plan hydraulique.

## **Recharges et exutoires**

L'alimentation de la nappe se fait par l'impluvium direct à partir des affleurements, très étendus au nord du Bassin parisien, à l'aplomb des réservoirs calcaires sus-jacents en l'absence de toit imperméable (argiles de Laon) ou bien par déversement et réinfiltration ou encore par drainance des nappes sus-jacentes. Dans la zone d'affleurement ou de faible recouvrement des couches du Lutétien-Yprésien, les crêtes piézométriques sous les plateaux traduisent l'alimentation par les pluies efficaces. En zone de captivité, sous recouvrement des marnes et caillasses du Lutétien supérieur, les cartes piézométriques traduisent une alimentation par drainance.

De nombreuses sources émergent des sables, dans le Vexin, le Noyonnais et le Soissonnais : les sources de déversement sourdent au contact des argiles de base et sous les colluvions qui tapissent les dépressions et les sources de débordement naissent au contact des alluvions dans les vallées entaillant suffisamment le massif. Ces sources sont fréquentes mais généralement de faible débit (quelques l/s) et donnent souvent naissance à des rus au fond des nombreuses mais courtes vallées qui entaillent le réservoir.

L'examen de la morphologie de la surface piézométrique montre le rôle important joué par les vallées dont les cours d'eau drainent la nappe : l'Oise, l'Aisne, la Marne, la Seine, la Remarde. Ce phénomène serait général même dans les zones de captivité de la nappe. Dans Paris, les alluvions reposent directement sur les calcaires du Lutétien ou les argiles et sables de l'Yprésien. La nappe des alluvions assurent alors une transition entre les eaux superficielles de la Seine et les eaux souterraines des nappes éocènes.

### **État hydraulique**

Le régime de la nappe est généralement libre sur les bordures, mais devient captif en présence de formations imperméables sus-jacentes : argiles de Laon de l'Yprésien supérieur au nord du Bassin parisien.

La captivité de la nappe peut être considérée dès que le niveau piézométrique atteint le mur des marnes et caillasses du Lutétien supérieur. Dans le nord et le nord-est de l'Ile-de-France, la nappe devient captive au nord de Paris et le reste pratiquement partout en Ile-de-France à l'exception de certaines zones anticlinales.

### **Perméabilité**

La perméabilité d'interstices des sables varie en fonction de la granulométrie du sable et de l'abondance d'argile. C'est dans la partie médiane de la formation que les caractéristiques sont optimales, et au nord du Bassin parisien, sachant que les sables deviennent fins et se chargent en argile à l'est et sous la Brie.

Au nord du Bassin parisien, les argiles de Laon s'intercalent entre les sables de l'Yprésien supérieur et les calcaires du Lutétien, et la perméabilité d'interstices des sables ferait de l'Yprésien supérieur un réservoir moyennement productif.

Lorsque les sables sont en communication hydraulique avec les calcaires du Lutétien, leur productivité est accrue. A contrario, leur profondeur croît sous les plateaux et vers le centre du Bassin parisien et accentue la captivité du réservoir qui devient moins productif. Ainsi, la transmissivité totale de l'aquifère multicouche varie de 5 à  $10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  au centre du bassin de Paris (Mégny, 1979). Au nord-est de Paris, la transmissivité est bonne ( $10^{-2}$  à  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ), du fait surtout de l'épaisseur des formations. Dans le reste de l'Ile-de-France, la transmissivité est plutôt comprise entre  $10^{-3}$  à  $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (Vernoux, 2006).

### **2.3.2. Aquifère du Lutétien moyen et inférieur**

#### **a) Lithologie**

La nappe des calcaires du Lutétien est bien connue au nord de la Marne et de la Seine, dans le Vexin, le pays de Thelle, le Valois, le Soissonnais, l'Orxois, le Multien, la Goële, le Parisis et l'Aulnoye. Plus au sud, le réservoir s'enfonce progressivement sous les formations de l'Éocène supérieur et est alors moins étudié.

Le réservoir du Lutétien à prédominance calcaire présente des faciès plus sableux à la base et plus marneux en partie supérieure. Les transitions lithologiques aussi bien latérales que verticales ne sont pas progressives.

## **Calcaires grossiers et équivalents – Lutétien moyen**

Le Lutétien moyen correspond aux formations communément appelées « calcaires grossiers », dépôts marins souvent très fossilifères. Ils sont constitués d'une succession de bancs calcaires massifs, plus ou moins sableux et fossilifères, séparés par des bancs marneux. Les bancs calcaires peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et sont de plus en plus sableux vers la base.

Des faciès sableux se rencontrent également à l'est du bassin, constituant les gisements de Damery (tuffeau) et de Fleury-la-Rivière. Le tuffeau de Damery est présent dans la vallée de la Marne à l'ouest d'Épernay, sur une épaisseur variable pouvant atteindre 15 mètres.

Depuis Épernay jusqu'au confluent de Loing, dans la région de Provins, la bordure orientale de l'entité présente de nombreux affleurements de calcaires compacts lacustres : calcaires de Provins, Villiers-Saint-Georges, Cramant, Cuis. Sous la Brie, le passage au faciès lacustre se ferait à peu de distance de la cuesta. Sous la Beauce, l'absence de forages suffisamment profonds ne permet pas de connaître avec précision l'extension des faciès lacustres. Les calcaires du Lutétien et du Bartonien sont considérés comme un seul ensemble nommé « calcaires éocènes ».

Les calcaires du Lutétien moyen constituent l'ossature rocheuse des plateaux tertiaires du nord du Bassin parisien jusqu'aux vallées de l'Eure et de la Vesgre (Vexin, Valois, Soissonnais). Ils forment des corniches bien marquées qui dominent la plupart des vallées du Valois, du Soissonnais et du Tardenois (Oise, Basse-Seine, Marne depuis Epernay jusqu'à l'agglomération parisienne). Enfin, ils affleurent dans les vallées du Grand Morin, du Petit Morin et de l'Ourcq. Au sud de Paris, ils s'envoient sous les formations plus récentes (fosse de Draveil et plateau de la Brie) et ne réapparaissent que ponctuellement au niveau de la cuesta sud d'Ile-de-France, dans les vallées de la Seine et du Loing.

## **Sables et calcaires – Lutétien inférieur**

Dans le Bassin parisien, le Lutétien inférieur est représenté par des calcaires coquillés (« Pierre à liards ») et par des sables grossiers verts car très glauconieux, appelés « glauconie grossière », qui transgressent du nord vers le sud. Les sables grossiers sont recouverts par des sables de plus en plus fins, plus calcaires et moins glauconieux.

L'ensemble peut atteindre 12 à 15 mètres de puissance dans la région de Creil et de Saint-Leu-d'Esserent, 7 à 8 mètres dans le Soissonnais et 3 à 5 mètres à Paris et dans le Vexin.

### **c) Caractéristiques hydrodynamiques**

#### **Géométrie de l'aquifère**

Les formations perméables du Lutétien moyen et inférieur forment un aquifère épais de 20 à 50 m. L'épaisseur de cet aquifère est de 30 à 40 m dans l'ensemble du Parisien et de 20 à 30 m dans le Valois. Les épaisseurs mouillées maximales, en zone de captivité, sont situées dans la Brie sous les vallées du Grand Morin, de l'Aubetin et de l'Yerres (supérieures à 50 m) et dans la fosse de Longjumeau (40 à 50 m).

Le toit de l'aquifère des calcaires et sables du Lutétien peut être considéré comme étant la base :

- des marnes et caillasses du Lutétien supérieur si l'on considère le contraste de perméabilité verticale / horizontale ;
- des marnes infra-gypseuses du Bartonien, dans le Marinésien, lorsqu'il peut y avoir des échanges hydrauliques au travers des marnes et caillasses.

Les limites de l'aquifère du Lutétien sont réduites par les changements de faciès. Ainsi, au sud d'une ligne Houdan – Arpajon – Corbeil-Essonnes – Coulommiers, la nappe des calcaires du Lutétien n'est plus représentée dans sa propre individualité.

À l'est, au niveau du plateau de la Brie, les formations du Lutétien deviennent lacustres, calcaires ou marneuses et s'intègrent à l'aquifère multicouche du Champigny. La limite d'extension des marnes infra-ludiennes (Priabonien) détermine deux grands ensembles aquifères :

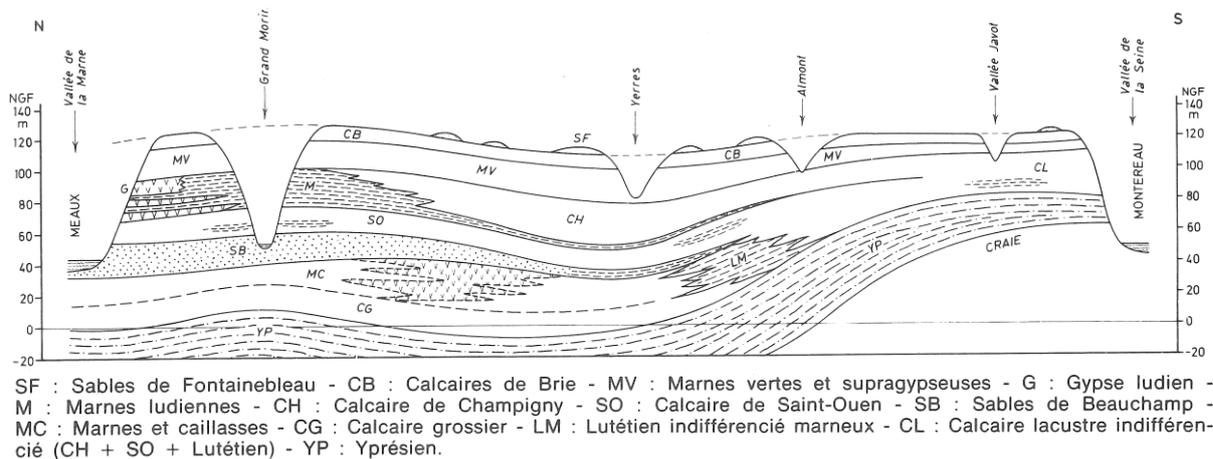
- à l'est et au sud-est, un aquifère unique représenté par les calcaires bartoniens et ludiens (Priabonien) contient la nappe des calcaires de Champigny, en lien hydraulique avec l'aquifère sous-jacent des calcaires du Lutétien ;
- à l'ouest et au nord-ouest, la distinction entre un aquifère supérieur (calcaires de Champigny) et un aquifère inférieur pouvant comprendre le niveau de Saint-Ouen (Bartonien) lorsque son faciès est calcaire, le niveau de Beauchamp (Bartonien) lorsque son faciès est sableux et les formations du Lutétien, à l'exception des zones où son faciès est marneux. A l'intérieur de ce deuxième ensemble, trois aquifères peuvent être distingués correspondant aux zones où les faciès calcaires du niveau de Saint-Ouen (Bartonien) sont encadrés par les marnes infra-ludiennes (Priabonien) et le niveau de Beauchamp (Bartonien) sous faciès argileux.

Au sud, les calcaires du Lutétien et du Bartonien sont considérés comme un seul ensemble abritant l'aquifère des « calcaires éocènes ». Sous la Beauce, l'absence de forages suffisamment profonds ne permet pas de connaître avec précision l'extension de l'aquifère du Lutétien.

ÉTAGE		NIVEAU	N ou NW	CENTRE BRIE	S ou SE
LUDIEN <i>pro parte</i>		Gypse et calcaire de Champigny	Gypse et marnes du gypse	Calcaire lacustre de Champigny	
		Marnes infra-gypseuses	Marnes infragypseuses	LACUNE	
BARTONIEN	MARINÉSIEN	Sables de Monceau	Sables verts infragypseux	LACUNE	
		Calcaire de Saint-Ouen	Calcaire lacustre de Saint-Ouen		
	AUVERSIEN	Sables de Beau-champ	Sables et sables argileux	Argiles sableuses	LACUNE
LUTÉTIEN		Marnes et caillasses Calcaire grossier	Marnes et caillasses avec gypse Calcaire grossier	Calcaires et marnes	Calcaire lacustre de Provins ou LACUNE

Source : C. Mégnien, 1970 (p202)

Illustration 5 - Schéma d'extension des principaux faciès de l'aquifère multicouches.



Source : C. Mégnien, 1970 (p202)

Illustration 6 - Coupe schématique de la Brie selon un profil nord-sud.

Au toit des sables du Cuisien de l'Yprésien supérieur apparaît, de façon discontinue, un banc d'argile ligniteuse. Au nord du Bassin parisien, ce banc est connu sous le terme « Argiles de Laon » et il est alors plus continu et épais (1,5 à 5 m, voire 10 m vers Laon) et s'intercale entre les sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) et les calcaires du Lutétien.

Ces argiles de Laon (Yprésien supérieur) forment alors à une échelle très locale, lorsqu'elles sont présentes (nord du Bassin parisien), le mur des calcaires du Lutétien. Elles déterminent, sur les versants des plateaux et des buttes tertiaires, un niveau humide marqué par une végétation hydrophile. Des émergences de type déversement sourdent à flanc de coteau au-dessus des argiles de Laon (Yprésien supérieur), la nappe des calcaires du Lutétien étant alors en position perchée (plateau du Soissonnais).

En l'absence des argiles de Laon continues et épaisses, les calcaires inférieurs du Lutétien sont en communication hydraulique directe avec les sables de l'Yprésien supérieur. Ils ne peuvent alors en être dissociés sur le plan hydraulique.

## Recharges et exutoires

L'alimentation de la nappe se fait par l'impluvium direct à partir des affleurements, très étendus dans le nord du Bassin parisien ou bien par déversement et réinfiltration ou encore par drainance des nappes sus-jacentes (percolation lente à travers les marnes et caillasses). Dans la zone d'affleurement ou de faible recouvrement des terrains du Lutétien, les crêtes piézométriques sous les plateaux traduisent l'alimentation par les pluies efficaces. En zone de captivité, sous recouvrement des marnes et caillasses du Lutétien supérieur, les cartes piézométriques traduisent une alimentation par drainance.

Les temps de renouvellement peuvent être très variables, selon si les calcaires du Lutétien affleurent (bordures et nord du Bassin parisien) ou se trouvent sous recouvrement de formations semi-perméables ou imperméables.

Dans le nord du Bassin parisien, des émergences de type déversement sourdent à flanc de coteau au-dessus des argiles de Laon (Yprésien supérieur), la nappe étant alors en position perchée (plateau du Soissonnais). D'autres sources, de type débordement, s'écoulent en fond de vallée au contact avec des alluvions semi-perméables lorsque les bancs de calcaires affleurent. La nappe peut même y devenir artésienne. Les sources de déversement, disséminées et sortant à flanc de coteau, ont des débits relativement faibles (1 à 10 m<sup>3</sup>/h) ; les sources de débordement, plus localisées, peuvent atteindre en hautes eaux des débits supérieurs à 100 m<sup>3</sup>/h (bassins de la Nonette, de l'Ourcq, de l'Automne). Ces dernières sont assez fréquentes dans le Valois où des sources artésiennes à forts débits peuvent être présentes en fond de vallée au débouché de conduits karstiques, comme par exemple les sources du Ru Sainte-Marie près d'Auger-Saint-Vincent.

L'examen de la morphologie de la surface piézométrique montre le rôle important joué par les vallées dont les cours d'eau drainent la nappe : la Marne, la Seine, la Remarde. Ce phénomène serait général même dans les zones de captivité de la nappe. Dans Paris, les alluvions reposent directement sur les calcaires du Lutétien ou les argiles et sables de l'Yprésien. La nappe des alluvions assure alors une transition entre les eaux superficielles de la Seine et les eaux souterraines des nappes éocènes.

## État hydraulique

Le plus souvent en régime libre au nord du Bassin parisien, le réservoir n'est pas entièrement saturé, même sous couverture imperméable. En effet, dans le Vexin, le Valois et le Soissonnais, la position topographique élevée du réservoir, liée à l'enfoncement des cours d'eau, favorise un drainage efficace de la nappe. Le drainage se fait également par les nombreuses vallées qui recoupent l'aquifère et le long desquelles apparaissent des sources parfois importantes.

La captivité de la nappe peut être considérée dès que le niveau piézométrique atteint le mur des marnes et caillasses du Lutétien supérieur sus-jacent. Dans le nord et le nord-est de l'Île-de-France, le réservoir calcaire est mouillé sur toute son épaisseur et la nappe devient captive. Il n'est dénoyé que sur certaines zones anticlinales et sur les flancs des vallées de la Seine, en aval de Paris, de l'Oise et de la Marne en amont de Meaux.

## Perméabilité

Bien que la perméabilité d'interstices prédomine à la base plus sableuse du réservoir, la perméabilité de fissures régit les écoulements souterrains à travers le calcaire qui peut même localement présenter une certaine karstification (Valois et région de Senlis). Ainsi, les formations calcaires dans les vallées de l'Automne, de la Viosne et de l'Aubette s'apparentent à des micro-karsts. Ces hétérogénéités de structure et de faciès se répercutent sur la transmissivité du réservoir qui peut atteindre des valeurs élevées (plus de  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s) dans les calcaires fissurés, diaclasés, et descendre à  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s dans les bancs marneux, lités et poreux. De même, selon l'implantation d'un forage, le débit spécifique pourra atteindre voire même dépasser 100 m<sup>3</sup>/h/m s'il recoupe des fissures importantes mais sera d'à peine 1 m<sup>3</sup>/h/m s'il est implanté dans la roche compacte.

Lorsque les sables de l'Yprésien supérieur sont en communication hydraulique avec les calcaires du Lutétien, leur productivité est accrue. A contrario, leur profondeur croît sous les plateaux et vers le centre du Bassin parisien et accentue la captivité du réservoir qui devient moins productif. Ainsi, la transmissivité totale de l'aquifère multicouche varie de 5 à  $10 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s au centre du bassin de Paris (Mégnyen, 1979). Au nord-est de Paris, la transmissivité est bonne ( $10^{-2}$  à  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s), du fait surtout de l'épaisseur des formations, mais dans le reste de l'Île-de-France, la transmissivité est plutôt comprise entre  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (Vernoux, 2006).

## 2.4. PIÉZOMÉTRIES ANTÉRIEURES DES NAPPES DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR

La première esquisse piézométrique du Lutétien a été dressée dans le Parisien en 1858. Les cartes hydrogéologiques de la ville de Paris (Delesse A., 1861) et du département de la Seine (Delesse A., 1867) représentent les niveaux piézométriques de la première nappe superficielle. Concernant la nappe du Lutétien, elle n'est donc valable que sur les zones d'affleurement du Lutétien, dans les boucles de la Seine.

Sur l'ensemble du nord du Bassin parisien, les cartes piézométriques disponibles du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ont été réalisées entre 1962 et 1975, par carte géologique au 1/50 000. Chaque carte géologique a fait l'objet d'une recherche de points d'eau et de mesures sur une année. Ces piézométries ne sont donc pas synchrones et ne distinguent pas les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, lorsqu'elles sont individualisées. En effet, ces cartes piézométriques ainsi que leurs synthèses régionales présentent la piézométrie d'un système unique dit de « l'Eocène moyen et inférieur » regroupant les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Ces relevés ont abouti à l'édition d'atlas hydrogéologiques départementaux et régionaux et à la soutenance de plusieurs thèses.

Les compilations les plus complètes de ces campagnes de terrain ont été réalisées par Claude Mégnyen, essentiellement en Île-de-France. Une première carte à l'échelle 1/200 000 reprend les 760 mesures effectuées en 1965 afin de tracer les isopièzes de la nappe de l'Éocène inférieur et moyen. Cette carte est présentée en annexe de l'« Atlas des nappes aquifères de la région parisienne » (Mégnyen C., 1970). Ces courbes piézométriques ont été réactualisées avec de nouvelles mesures prises en 1972-1973 sur le Parisien, le Goële, le Multien et le synclinal de l'Eure. La carte générale de la surface piézométrique de la nappe de l'Yprésien et du Lutétien (état moyen 1970-1972) est éditée dans la thèse « Hydrogéologie du centre du Bassin de Paris » (Mégnyen C., 1976 - p416) et reprise dans le rapport « Hydrogéologie du centre du bassin de Paris » (Mégnyen C., 1979 - p328).

Au nord de la Seine et de la Marne, les mesures par cartes géologiques ont été valorisées par l'édition d'une carte piézométrique au 1/500 000 dans le hors-série du bulletin Seine-Normandie « les bassins de la Seine et des cours d'eau normands » (Duermael G., Mégnien C., Roux J.-C., 1972).

En Picardie, les piézométries des atlas hydrogéologiques de l'Aisne (Allier D et Chrétien P., 2009) et de l'Oise (Bault V. *et al.*, 2012) ont été dressées à partir des relevés réalisés par carte géologique entre 1960 et 1986 par le BRGM. Les isopièzes ont été harmonisées, validées ou corrigées manuellement à l'aide des connaissances géologiques et hydrogéologiques, des niveaux d'eau postérieurs issus de la banque de données du sous-sol BSS et des chroniques piézométriques disponibles dans ADES.

En Normandie, l'Atlas hydrogéologique de l'Eure rassemble les résultats des travaux d'inventaire des points d'eau du département effectués de 1967 à 1973 par le BURGEAP et le BRGM (Chemin J., Hole J.-P., Pernel F. et Peckre M., 1991). Il présente une carte piézométrique au 1/100 000 établie sur le plateau de Madrie, entre Seine et Eure, sur lequel les points d'observation étaient suffisamment nombreux pour tracer des courbes isopièzes. Les niveaux mesurés concernent les aquifères du Bartonien, du Lutétien et de l'Yprésien supérieur qui sembleraient en continuité hydraulique.

Dans la Brie, une campagne piézométrique exceptionnelle a été réalisée par le BRGM sur la nappe de l'Yprésien en mars 1974 (Berger G. et Rampon G., 1974). L'étude visait alors à définir de nouvelles ressources pour l'alimentation en eau potable des villes nouvelles du sud-est de la région parisienne et d'étudier les relations entre la nappe des calcaires de Champigny et celle de l'Yprésien.

Plus récemment, des campagnes piézométriques ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur les piézométries du Lutétien inférieur et de l'Yprésien supérieur et de dresser des cartes inédites ou de réactualiser des anciennes cartes piézométriques.

Dans la Beauce, en régions Centre et Île-de-France, des piézométries ont été tracées sur le système aquifère de Beauce en basses eaux 1994 (Maget P., 1995) et hautes eaux 2002 (Verley F. *et al.*, 2003). Les cartes piézométriques de la nappe de l'Eocène correspondent aux niveaux de la nappe inférieure où les calcaires du Bartonien et du Lutétien sont séparés du réservoir principal de l'Oligo-Miocène par des marnes et des argiles (marnes vertes et supra-gypseuses du Rupélien).

Récemment, l'Inspection Générale des Carrières (IGC) a mis à jour les cartes piézométriques sous Paris et sa proche banlieue sur les nappes des alluvions quaternaires, du Lutétien, de l'Yprésien et du Bartonien. Ces cartes ont été dressées grâce aux mesures mensuelles manuelles du réseau piézométrique de l'IGC, mis en place à partir de 1978.

Sur la Brie, AQUI'Brie a réalisé en avril 2004 une esquisse de la piézométrie hautes eaux du Lutétien, sur la base de 25 mesures (AQUI'Brie, 2005).

## 2.5. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

### 2.5.1. Objectifs principaux

L'étude a eu pour finalité de contribuer à l'amélioration de la connaissance sur le fonctionnement des nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien.

Le principal objectif de l'étude a été de réaliser deux campagnes piézométriques synchrones, basses-eaux et hautes-eaux, sur les nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien, permettant de dresser des cartes piézométriques sur le Bassin parisien. Afin d'obtenir une piézométrie précise, le nivellement au GPS haute précision des ouvrages mesurés a également été prévu lors des campagnes de terrain.

Ces cartes piézométriques sont une source d'information importante pour toutes nouvelles études portant sur les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, notamment pour la mise en œuvre d'outil de gestion ou de protection des aquifères (Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), modèles hydrogéologiques, volumes prélevables, délimitation et vulnérabilité d'Aires d'Alimentation de Captage (AAC),...). Ces cartes piézométriques doivent être considérées comme un outil de travail et d'aide à la décision pour les bureaux d'études et les décideurs régionaux en matière d'aménagement et d'environnement.

Le second objectif de l'étude a été de mettre en place des capteurs de pressions associés à des enregistreurs numériques non télétransmis permettant le suivi en continu des niveaux piézométriques sur 5 ouvrages. Des secteurs à enjeux, sur lesquels le fonctionnement des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est mal ou peu connu, ont été ciblés pour ce suivi et les campagnes de mesure ont été l'occasion de sélectionner des ouvrages.

### 2.5.2. Extension géographique de la zone d'étude

Les extensions des aquifères des sables de l'Yprésien supérieur (15 155 km<sup>2</sup>) et des calcaires du Lutétien (14 190 km<sup>2</sup>) sont issues de la BDLISA<sup>1</sup>.

En Picardie, en Champagne-Ardenne, en Haute-Normandie ainsi qu'au nord-ouest de l'Île-de-France, les extensions des aquifères suivent les contours de la géologie affleurante. Dans les vallées, les contours ont pu être redéfinis avec le modèle du Tertiaire du Bassin parisien (Badinier G. *et al.*, 2009). Dans la Brie et au sud-est, quelques affleurements et coupes géologiques de forages ont permis de valider le modèle du Tertiaire du Bassin parisien. En Île-de-France, Bourgogne et Centre, les limites sud ont été tracées arbitrairement, selon les coupes géologiques des forages et le modèle du Tertiaire du Bassin parisien.

D'après la bibliographie, les aquifères des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien seraient individualisés au nord du Bassin parisien (sur 6 295 km<sup>2</sup>) mais ne formeraient qu'un système unique dans le Vexin et au sud de la Seine, de la Marne et du Petit Morin.

---

<sup>1</sup> La BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) est un référentiel hydrogéologique. Elle correspond à un découpage du territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

### 2.5.3. Zones d'études et densité maximale d'ouvrages à mesurer

Le secteur étudié a été découpé en zones selon les enjeux (tension quantitative) et d'après le contexte hydrogéologique (formations aquifères affleurantes à formations aquifère sous fort recouvrement). La densité maximale d'ouvrages à mesurer par aquifère lors des campagnes piézométriques a été définie d'après des critères différents selon la zone (Illustration 7) :

- **Zone 1** : 8 à 10 ouvrages mesurés maximum/100km<sup>2</sup>, soit 135 mesures maximum  
les bassins versants de l'Automne et de la Nonette ont été définis comme « à fort enjeux », car en tension quantitative. Le nombre de points mesurés est ambitieux, en vue notamment d'une future modélisation hydrodynamique par modèle maillé ;
- **Zone 2** : 5 ouvrages mesurés maximum/100km<sup>2</sup>, soit 308 mesures maximum  
au nord du Bassin parisien, les formations de l'Yprésien supérieur sont présentes dans les vallées et les formations du Lutétien affleurent largement sur les plateaux. De nombreux puits captent ces nappes phréatiques et les piézométries sont probablement très influencées par les cours d'eau ;
- **Zone 3** : 2 ouvrages mesurés maximum/100km<sup>2</sup>, soit 184 mesures maximum  
sur une bande centrale, les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont sous recouvrement des terrains du Bartonien mais affleurent localement dans les vallées. Le nombre d'ouvrages est plus faible, les puits privés captant principalement la nappe superficielle du Bartonien ;
- **Zone 4** : 1 ouvrage mesuré maximum/100km<sup>2</sup>, soit 94 mesures maximum  
au sud, notamment dans la Brie et le nord-est de la Beauce, les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur s'enfoncent et les points d'eau sont rares. Seule une campagne piézométrique hautes-eaux a été réalisée sur cette zone. La réalisation de piézométries a déjà été tentée, comme sur le secteur de la Brie, et ont mis en évidence la difficulté d'acquérir des données piézométriques sur certains secteurs (pompages en continu, absence d'ouvrages, ...).

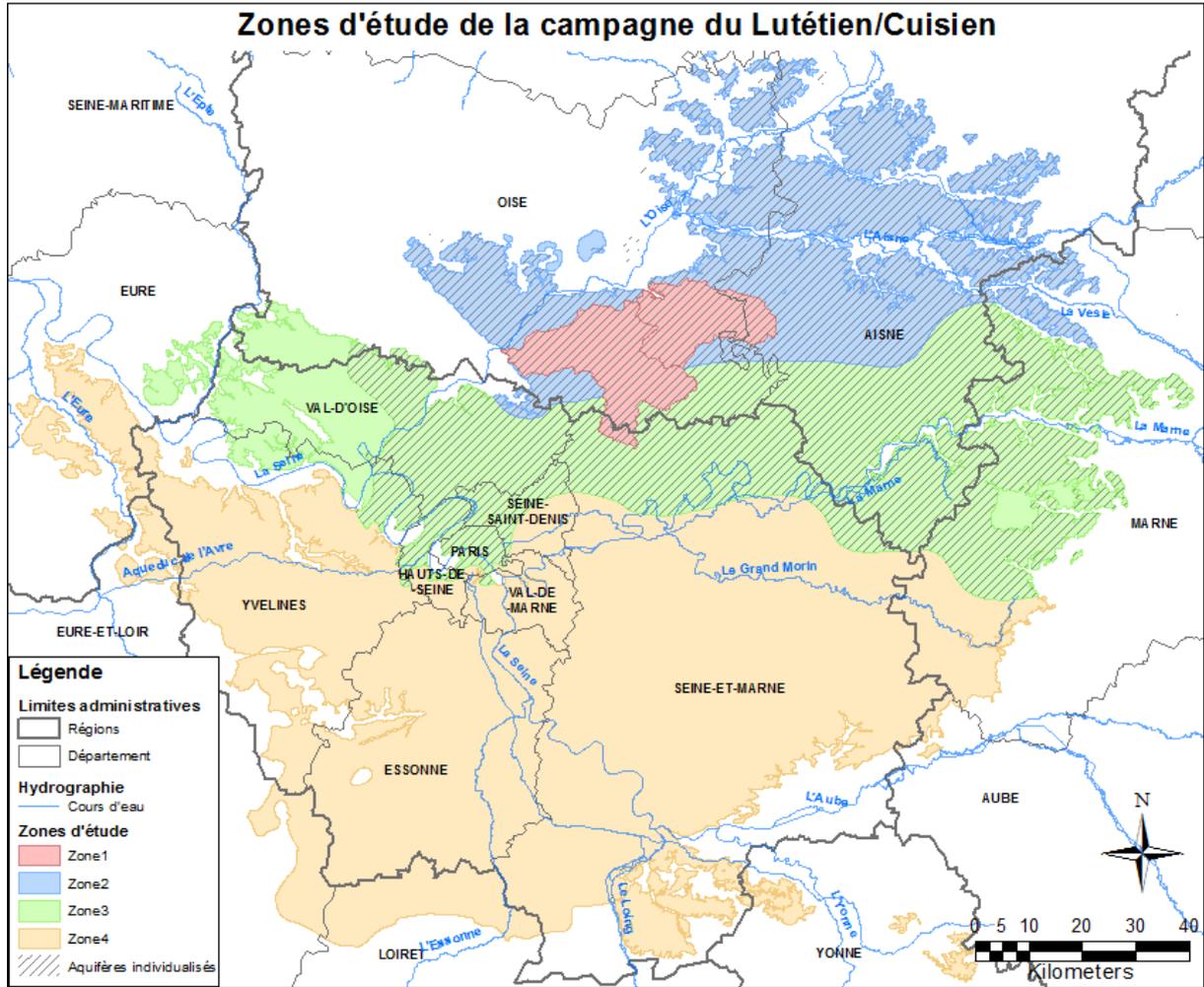


Illustration 7 - Zones d'étude de la campagne piézométrique.



## 3. Campagnes piézométriques

### 3.1. PRÉPARATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET ÉTUDE DE FAISABILITÉ

#### 3.1.1. Identification des points d'eau captant les aquifères étudiés

Les ouvrages présents sur le secteur étudié (17 195 km<sup>2</sup>) ont été extraits de différentes bases de données :

- Banque de données du Sous-Sol (BSS) ;
- captages d'eau potable actifs ou abandonnés de l'ARS ;
- déclaration des prélèvements de l'AESN ;
- liste des captages agricoles des DDT(M) ;
- points d'eau des installations classés et des sites pollués (ICSP) identifiés dans la base de données d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) ;
- piézomètres suivis par le BRGM ;
- piézomètres suivis par l'IGC et la RATP sur Paris et la proche couronne (zones 3 et 4).

Un travail très chronophage a été effectué afin de déterminer et de valider le ou les aquifères captés par chaque point d'eau selon les informations disponibles :

- coupe géologique de l'ouvrage ;
- coupe technique de l'ouvrage ;
- profondeur totale de l'ouvrage et niveaux des mesures piézométriques, notamment en absence de coupes géologiques et techniques ;
- cartes géologiques départementales ou régionales harmonisées au 1/50 000 ;
- modèle géologique tridimensionnel du Tertiaire du Bassin parisien (Badinier G, 2009).

En l'absence de coupes géologiques et techniques, l'ensemble des aquifères traversés ont été attribués par défaut au point d'eau.

En zone 4, certains ouvrages captent plusieurs aquifères superposés considérés en continuité hydraulique, dont ceux du Lutétien et/ou de l'Yprésien supérieur. Il a été décidé de les intégrer aux points d'eau sélectionnés. Le plus souvent, il s'agit d'ouvrages captant les formations du Bartonien et du Lutétien, au droit de secteurs où les marnes et caillasses sont absentes ou de faible épaisseur.

Au total, 4 487 points d'eau ont été identifiés comme captant les aquifères étudiés (Tableau 1).

Zone	Lutétien	Yprésien	Lutétien/Yprésien	Autre	Total
1	294	123	79	-	496
2	318	1340	177	-	1835
3	586	597	212	-	1395
4	374	141	66	180	761

Tableau 1 - Nombre d'ouvrages par zone captant les aquifères étudiés.

### 3.1.2. Étude de faisabilité

Malgré une volonté de choisir la meilleure répartition des points de mesures, celle-ci a souvent été contrainte par la disponibilité et l'accessibilité des ouvrages. En effet, la répartition géographique des points d'eau captant les nappes des calcaires du Lutétien et/ou des sables de l'Yprésien supérieur n'est pas homogène sur toutes les zones d'étude (Illustration 8).

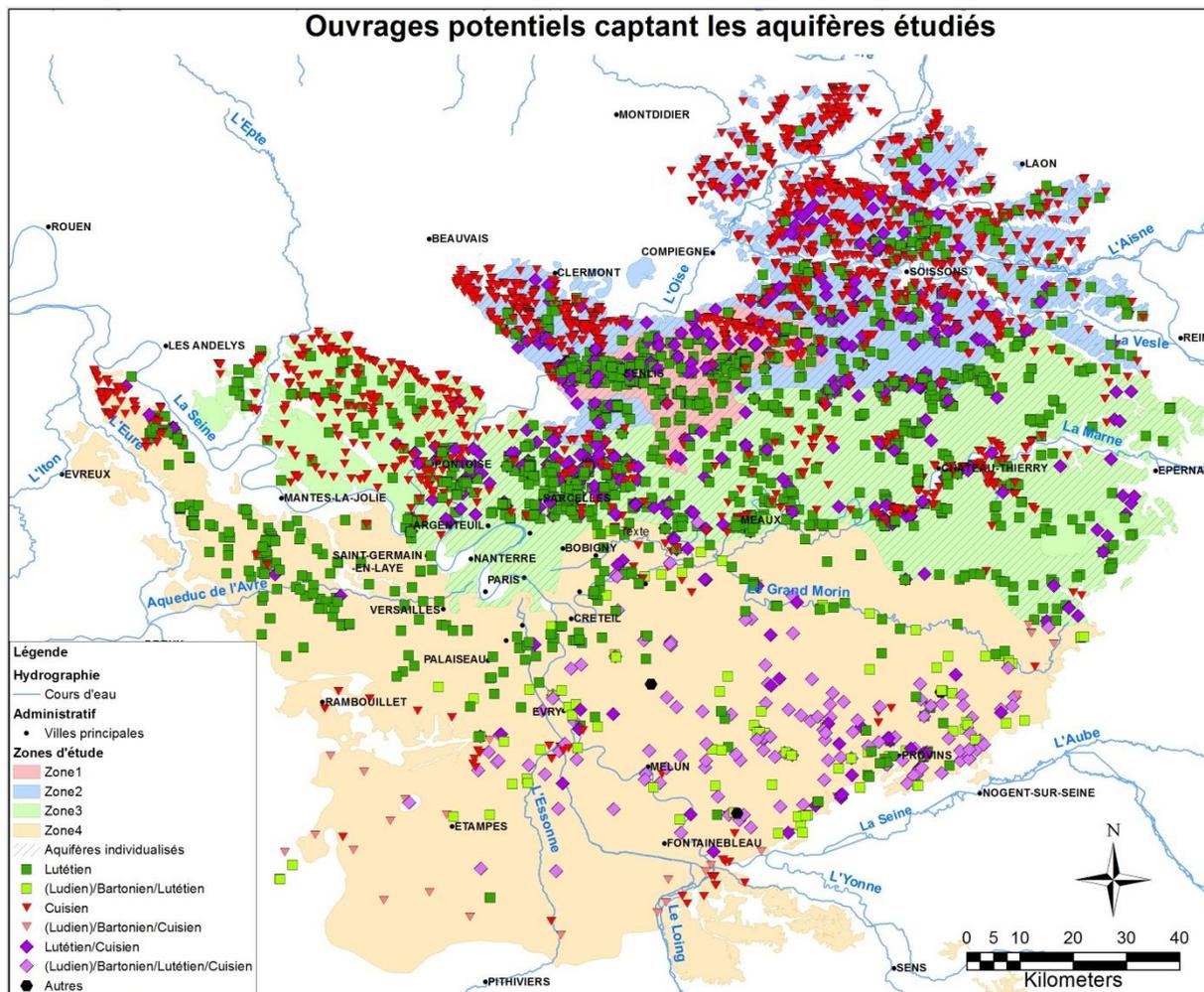


Illustration 8 - Localisation des points d'eau captant les aquifères des calcaires du Lutétien et/ou des sables de l'Yprésien supérieur.

Ainsi, de nombreux puits notamment communaux et privés captent la première nappe rencontrée. La densité des points d'eau est ainsi forte au nord du Bassin parisien sur les secteurs d'affleurement du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ainsi que dans les vallées entaillant les formations sus-jacentes.

Par contre, au droit des plateaux du Bartonien et du Priabonien (Ludien), les formations du Lutétien et de l'Yprésien s'enfoncent et les ouvrages deviennent rares. Seuls quelques forages agricoles et d'eau potable, voire industriels vers Paris, atteignent ces nappes profondes. Les crêtes piézométriques présentes sous les plateaux bartoniens du nord du Bassin parisien pourraient alors être difficiles à déterminer. Certains secteurs du centre et du sud du Bassin parisien (zone 4) seront probablement peu et mal couverts et la piézométrie sera alors incertaine.

Enfin, au droit de la Brie, l'aquifère du Lutétien et Yprésien supérieur peut se retrouver en continuité avec les formations sus-jacentes (Bartonien et Priabonien). La difficulté sera de déterminer si les niveaux crépinés par les ouvrages sélectionnés puis si les niveaux d'eau mesurés sont représentatifs des aquifères étudiés.

#### **a) Aquifère des sables de l'Yprésien supérieur**

La densité de points d'eau captant les sables de l'Yprésien supérieur est très forte dans les secteurs où l'aquifère est peu profond, et notamment en limite d'extension de l'aquifère et en vallées (affleurements des sables du Cuisien) : Soissonnais, Tardenois, Clermontois, Vexin et plateau de Madrie (Haute-Normandie). Sur ces secteurs, les puits sont essentiellement privés et ne sont qu'occasionnellement pompés (arrosage des jardins). Dans le Soissonnais, de nombreux puits privés peu profonds auraient été rebouchés suite à l'arrivée de l'eau potable ou se seraient effondrés. Sur les plateaux du Tardenois et du Vexin, les irrigants prélèvent dans l'aquifère de l'Yprésien supérieur.

Dans le Valois, le Multien, l'Orxois et la Brie Champenoise, les cours d'eau principaux ont entaillés les formations sus-jacentes. De nombreux puits privés et communaux creusés dans les sables de l'Yprésien supérieur se retrouvent dans les vallées de l'Oise, de l'Automne, de la Marne et de l'Ourcq. Cependant, au droit des plateaux, les formations de l'Yprésien se retrouvent sous recouvrement et les puits exploitent préférentiellement les nappes sus-jacentes (forages agricoles dans le Bartonien) ou la nappe de la craie dans la vallée de la Marne (captages d'eau potable). Les ouvrages captant les sables de l'Yprésien supérieur deviennent rares et les crêtes piézométriques pourraient alors être mal représentées.

Dans le Parisien, suite à l'arrêt des industries, la plupart des puits sont probablement rebouchés ou inaccessibles (sites fermés). En banlieue est de Paris, de nombreux sites industriels ont été reconvertis (gares, supermarchés, parking, ...) tandis qu'au nord, l'aquifère est principalement exploité pour l'eau potable.

Dans le nord-est de la Brie, les sables de l'Yprésien supérieur disparaissent, d'où l'absence de points d'eau. Plus au sud, les niveaux marneux du Lutétien et du Bartonien disparaissent. Les aquifères lutétien et yprésien supérieur se retrouvent en continuité avec ceux du Bartonien et du Priabonien (Ludien) pour former l'aquifère du Champigny. Les crépines des forages agricoles et d'eau potable sont souvent positionnées au droit de l'ensemble de ces formations.

Les formations de l'Yprésien deviennent profondes dans le Mantois et l'Hurepoix et il n'existe quasiment aucun ouvrage crépiné au droit de l'Yprésien. Entre Rambouillet et Etampes, les sables de Fontainebleau affleurant se retrouvent en continuité avec les sables de l'Yprésien.

Vers Fontainebleau, quelques ouvrages sont présents à la faveur de zones d'affleurements. Les formations de l'Yprésien laissent alors place au poudingue de Nemours entre l'Yonne et le Loing ou aux marnes de Nemours entre Fontainebleau, Étampes et Pithiviers.

### **b) Aquifère des calcaires du Lutétien**

Dans le Soissonnais, la rareté des ouvrages captant les calcaires du Lutétien s'explique par un réservoir peu étendu et souvent sec.

La densité des points d'eau devient forte au droit du Valois, du Tardenois, du Multien et de l'Orchois. Cependant les ouvrages ne sont pas répartis de façon homogène ; ils se concentrent dans les vallées et sur les plateaux qui voient affleurer les calcaires ou les marnes et caillasses du Lutétien. En effet sur les plateaux bartoniens, les puits agricoles et privés captent la nappe superficielle du Bartonien et les captages d'eau potables sont implantés dans la craie de la vallée de la Marne. Quelques forages agricoles et d'eau potable exploitent le Lutétien sur ces plateaux, notamment dans le Valois et le Multien.

Dans le Vexin, les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont vraisemblablement en continuité et les niveaux d'eau se situent souvent dans les sables de l'Yprésien supérieur.

Aux alentours de Paris et dans la vallée de l'Oise, la plupart des forages appartiennent à des industriels et sont soit difficilement accessibles (sites fermés, pompe en place, tête de puits close) soit rebouchés suite aux réaménagements urbains. A l'est de Paris, quelques golfs prélèvent les eaux souterraines du Lutétien pour l'irrigation.

En Brie Champenoise, comme dans l'Orchois, les points d'eau du Lutétien sont implantés presque uniquement dans les vallées de la Marne, du Petit Morin et du Grand Morin où les calcaires lutétiens sont moins profonds. Le traçage d'une piézométrie fiable risque d'être compromis sur les plateaux.

La nappe du Lutétien en Brie Française, en continuité avec celle du Bartonien à l'est et du Priabonien (Ludien) au sud-est, est captée principalement pour l'eau potable mais également pour l'irrigation. Des puits privés ont été creusés en limite est, le Lutétien étant alors peu épais et les niveaux d'eau se mesurent au droit des formations du Bartonien. Lorsque les formations aquifères de l'Yprésien supérieur sont présentes, les niveaux crépinés peuvent se poursuivre dans les sables. Lors de la sélection des ouvrages et du tracé de la piézométrie, la problématique sera de vérifier les niveaux statiques mesurés et de déterminer s'ils sont représentatifs des aquifères étudiés.

Entre le Mantois et l'Hurepoix, la densité de points d'eau est correcte mais parfois mal répartie, les plateaux étant peu couverts.

Enfin, dans la Beauce, les calcaires profonds du Lutétien deviennent détritiques et arrivent en limite d'extension. Les forages s'arrêtent dans les sables de Fontainebleau ou se poursuivent jusqu'à la craie.

### **3.1.3. Sélection des points d'eau à mesurer lors des campagnes de terrain**

Des ouvrages ont été présélectionnés pour les campagnes de mesures d'après leur localisation géographique. Ont été retenus en priorité les ouvrages pour lesquels l'aquifère capté est connu (coupes technique et géologique), pour lesquels des mesures piézométriques si possible

récentes ont déjà été réalisées, dont l'accès semble aisé (domaine public par exemple) et qui sont susceptibles de ne pas être influencés par des pompages.

Les études et cartes piézométriques antérieures ont également servi aux choix des ouvrages à mesurer, et notamment :

- la carte piézométrique du bassin de l'Automne (zone 1) ;
- la campagne de mesures en 2004 sur la Brie d'Aqui'Brie (zone 4) ;
- les inventaires des points d'eau mesurés lors des évaluations des ressources hydrauliques (études hydrogéologiques par cartes géologiques, datant de 1965 à 1975).

Sur les secteurs où le nombre d'ouvrages est faible, les points d'eau pour lesquels l'aquifère capté est peu fiable ou qui capteraient plusieurs nappes en continuité avec celles étudiées, ont été intégrés à la liste des ouvrages sélectionnés.

Cette sélection a permis de disposer d'un nombre suffisant d'ouvrages pour atteindre l'objectif fixé de 721 mesures maximum. Au total, 2 562 points d'eau ont été jugés intéressants et intégrés aux carnets de terrain (Tableau 2).

Zone	Lutétien	Yprésien	Lutétien/Yprésien	Autre	Total
1	180	78	57	-	315
2	264	717	68	-	1049
3	360	401	52	-	813
4	237	90	41	17	385

Tableau 2 - Nombre d'ouvrages sélectionnés par zone captant les aquifères étudiés.

Après la campagne basses eaux de 2013, un premier bilan a permis de détecter les secteurs sur lesquels des mesures supplémentaires étaient nécessaires, du fait de lacunes ou d'anomalies, pour obtenir une meilleure précision. 45 points complémentaires ont alors été sélectionnés sur les secteurs identifiés des zones 1, 2 et 3. Lors de la campagne hautes eaux de 2014, un agent du BRGM s'est consacré pendant une semaine, à la recherche de points d'eau complémentaires.

### 3.2. RÉALISATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET DE NIVELLEMENT

La campagne de basses eaux s'est déroulée entre le 21 octobre et le 15 novembre 2013, pour 91 % des données. Toutefois, les mesures se sont échelonnées du 26 septembre au 27 novembre 2013, du fait de mesures envoyées au BRGM directement par des producteurs (SITA, SAUR, RATP, IGC, ...) et de nouvelles mesures effectuées par le BRGM du 18 au 26 novembre 2013 sur des secteurs où les données semblaient insuffisantes.

La campagne de hautes eaux a eu lieu entre le 31 mars et le 25 avril 2014, pour 96 % des données. Certains producteurs ont envoyé des mesures remontant jusqu'au 2 février. De plus, de nouvelles mesures ont été effectuées le 28 avril 2014 par le BRGM afin de finaliser certains secteurs.

### 3.2.1. Situation piézométrique durant les campagnes de mesures

L'objectif de l'étude a été de réaliser deux campagnes synchrones. De plus, les mesures piézométriques devaient refléter les périodes de basses eaux et de hautes eaux. Les niveaux des nappes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur font l'objet d'un suivi continu sur 20 ouvrages grâce au réseau piézométrique de Picardie et d'Île-de-France.

Les périodes de basses et hautes eaux évoluent selon les années et les conditions climatiques. Toutefois, la mobilisation de nombreux agents et les prises de rendez-vous en amont des campagnes de terrain nécessitaient de prévoir assez tôt les semaines d'intervention. Les périodes moyennes de basses eaux et hautes eaux pour les nappes étudiées ont été déterminées respectivement entre fin octobre et début novembre et courant avril (Illustration 9, Illustration 10, Illustration 11 et Illustration 12).

Une analyse précise des chroniques piézométriques indiquaient que les hautes et basses eaux surviennent plus tardivement sur le sud du Bassin parisien, les nappes étudiées étant moins réactives à la pluviométrie car les aquifères se trouvent sous fort recouvrement. Les campagnes de terrain se sont donc déroulées préférentiellement du nord vers le sud du Bassin parisien.

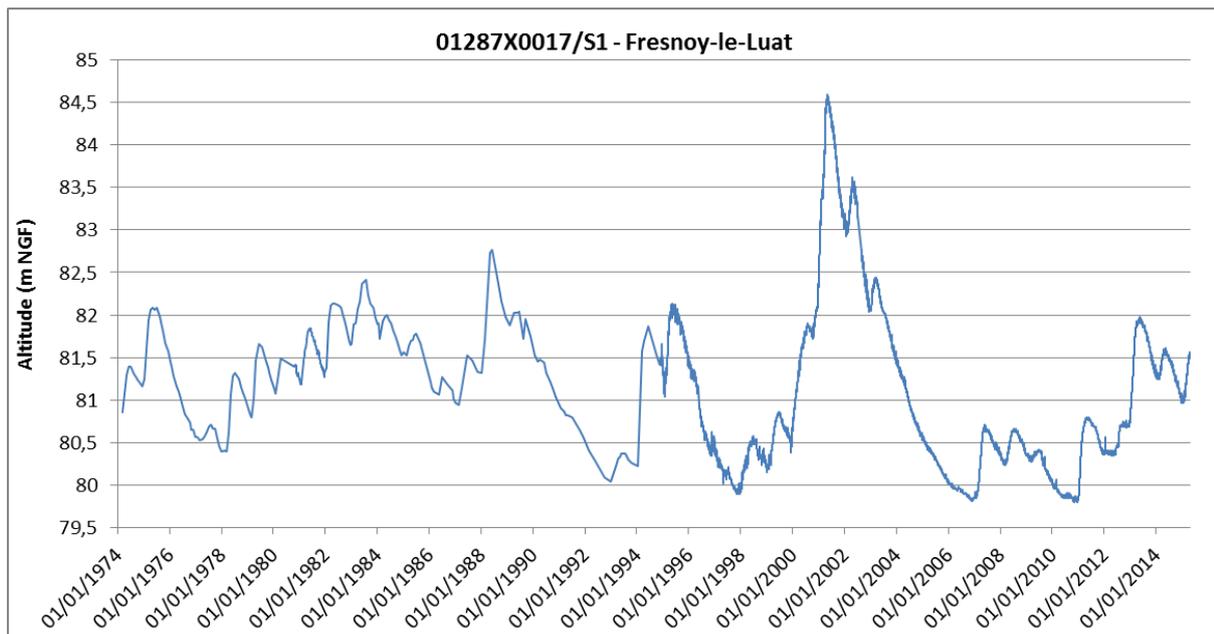


Illustration 9 - Chronique piézométrique de Fresnoy le Luat (01287X0017/S1) – Lutétien – Zone 1.

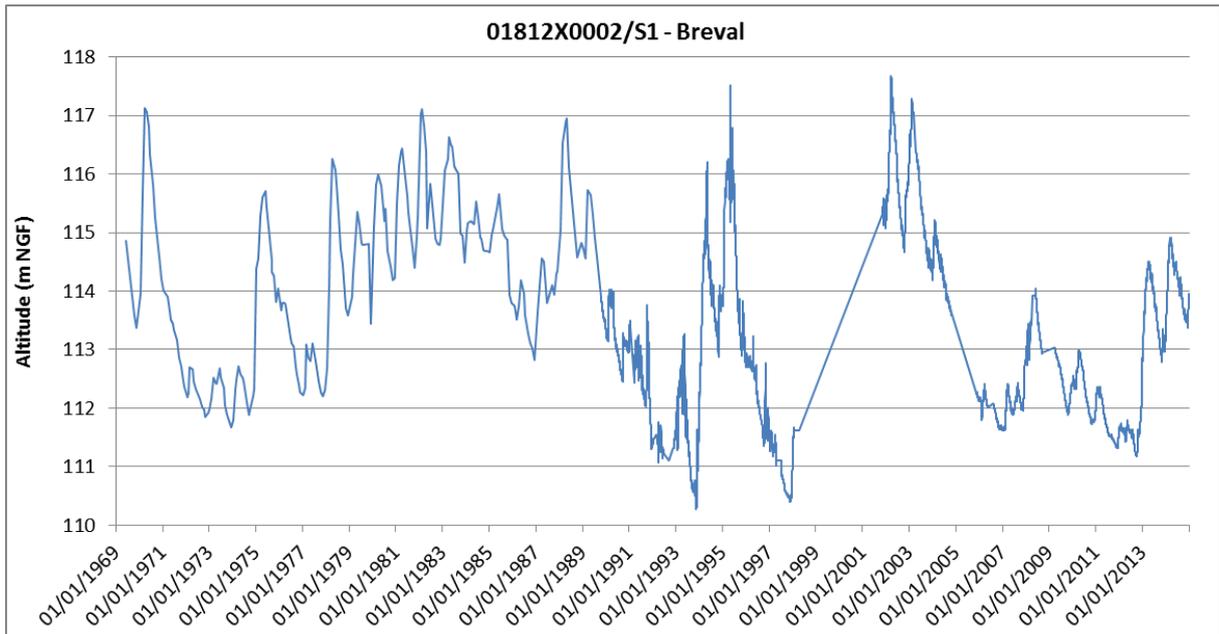


Illustration 10 - Chronique piézométrique de Breval (01812X0002/S1) – Lutétien – Zone 4.

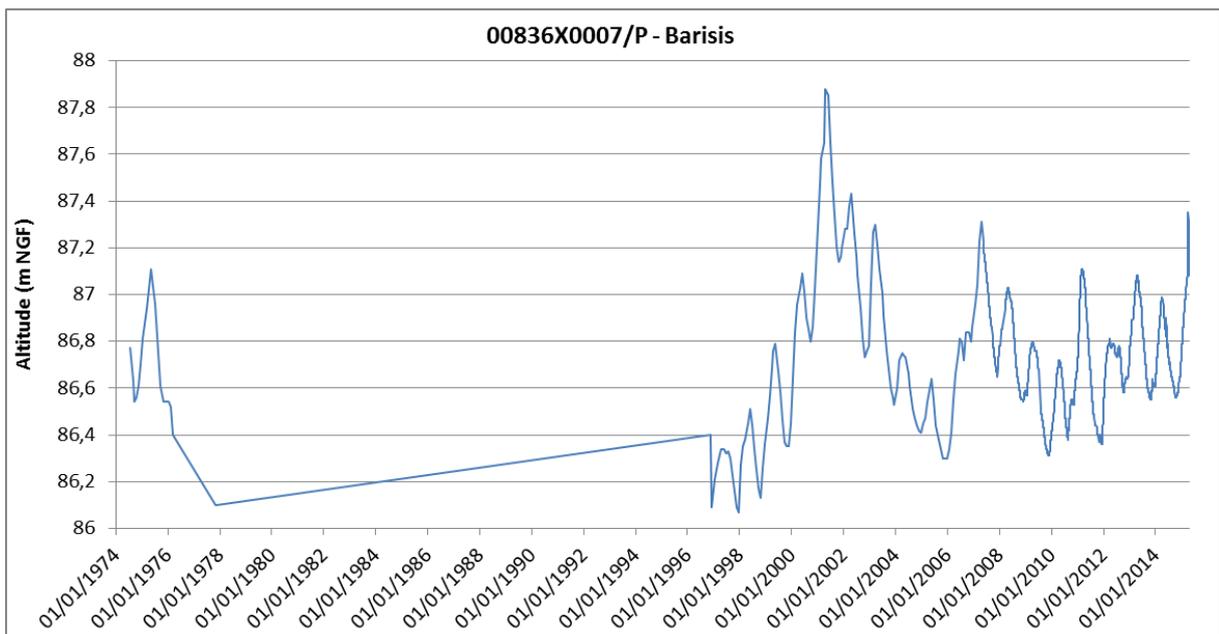


Illustration 11 - Chronique piézométrique de Barisis (00836X0007/P) – Yprésien supérieur – Zone 2.

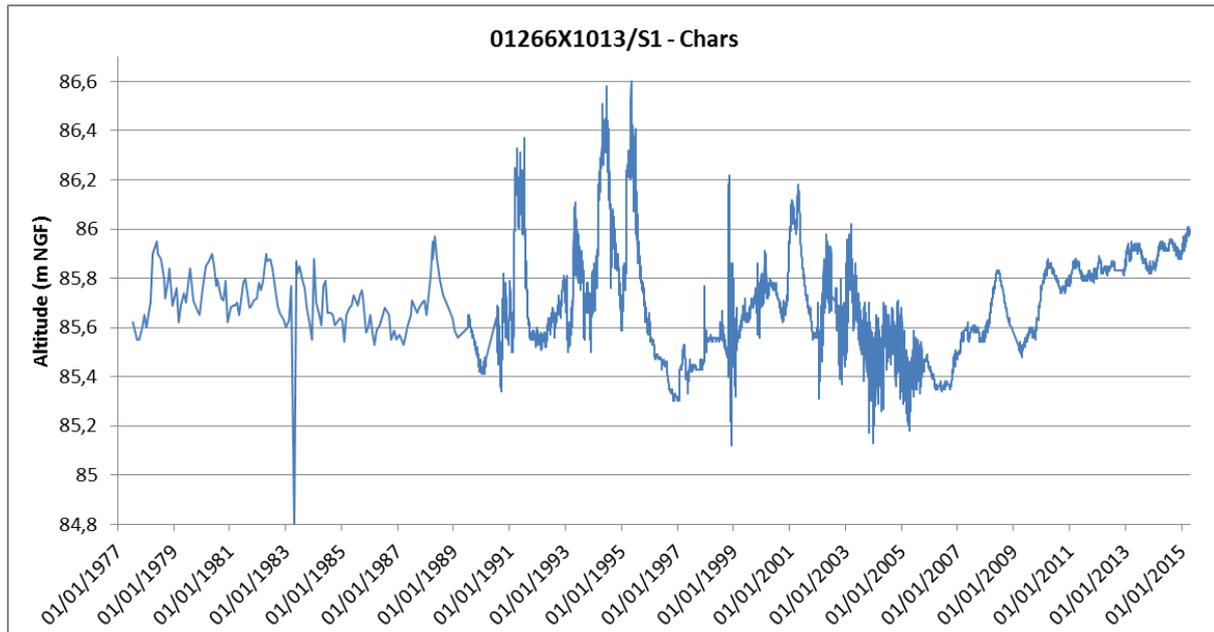


Illustration 12 - Chronique piézométrique de Chars (01266X1013/S1) – Yprésien supérieur – Zone 3.

Les chroniques piézométriques démontrent que les niveaux d'eau sont globalement plus élevés en avril 2014 qu'en octobre-novembre 2013 (Illustration 13, Illustration 14, Illustration 15 et Illustration 16). Les périodes choisies correspondent bien aux périodes annuelles d'étiage et de hautes eaux pour la moitié des piézomètres suivis.

À noter que dans le Valois, la vidange ne semblait pas totalement terminée fin octobre 2013 (Illustration 13). Certains puits très réactifs du nord du Bassin parisien avaient déjà entamé leur vidange début avril 2014. En effet, le mois d'avril 2014 a été particulièrement chaud et sec et les agriculteurs ont commencé à irriguer courant avril.

Les différences entre les niveaux d'eau d'octobre-novembre 2013 et d'avril 2014 sont faibles : de -0,05 m à Fresnoy-le-Luat (Illustration 13) à 1,60 m à Breval (Illustration 14). Les amplitudes annuelles et pluriannuelles sont peu marquées sur les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, même en plateaux. Les cartes piézométriques de basses et de hautes eaux ont permis de confirmer ce constat pour l'ensemble du Bassin parisien.

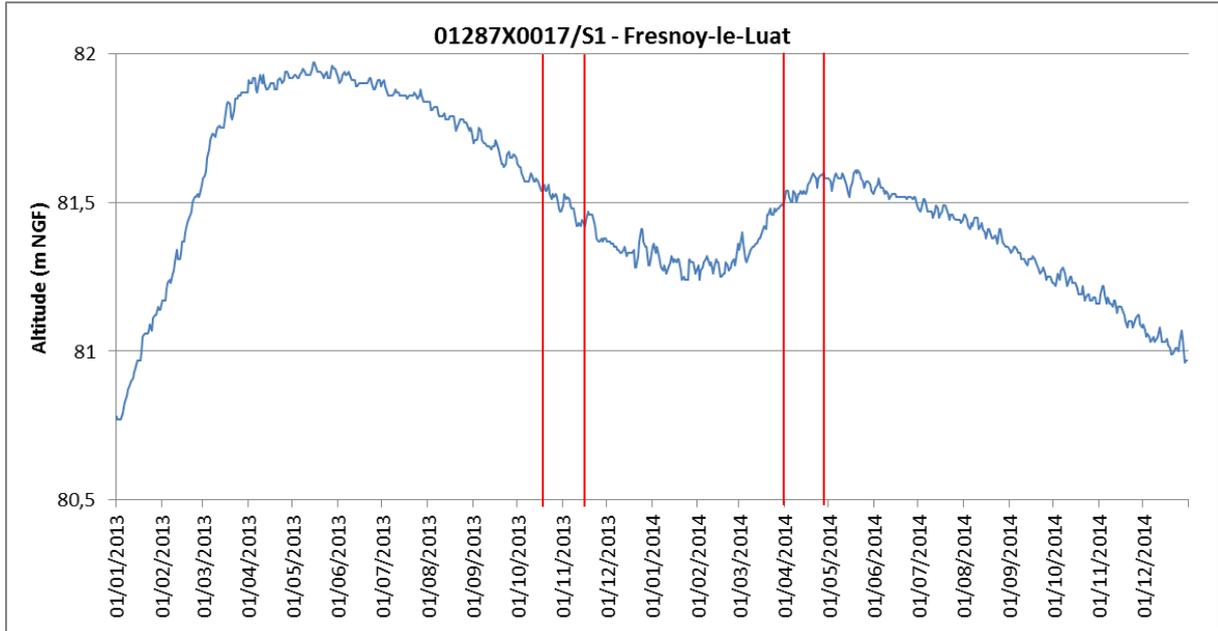


Illustration 13 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Fresnoy le Luat (01287X0017/S1) – Lutétien – Zone 1.

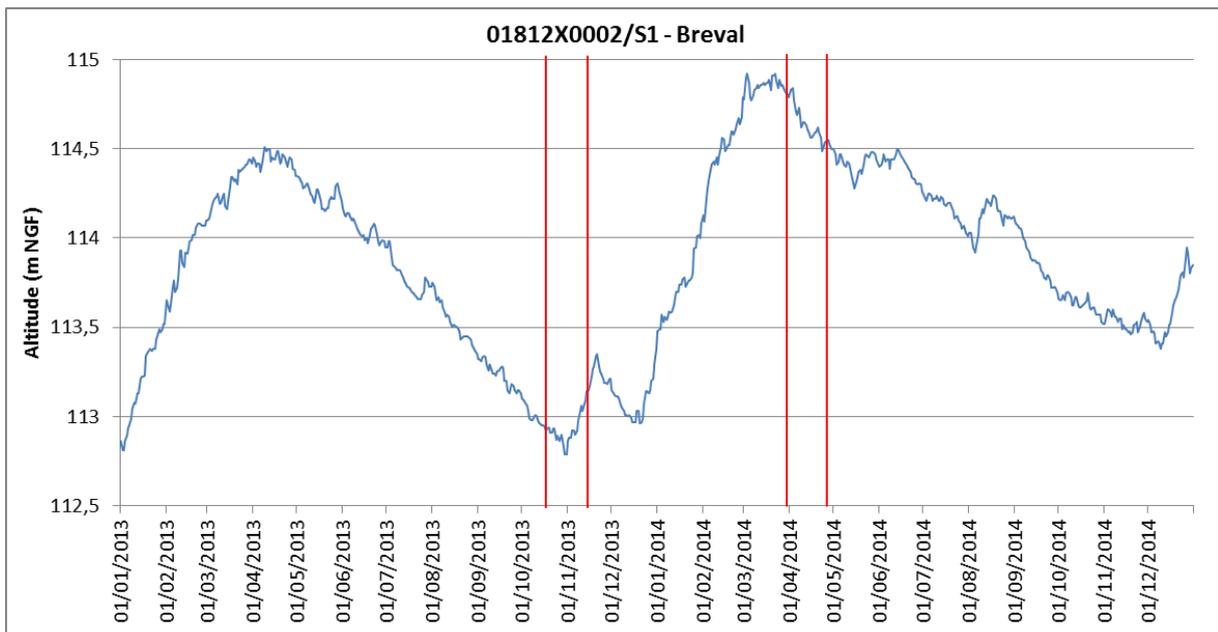


Illustration 14 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Breval (01812X0002/S1) – Lutétien – Zone 4.

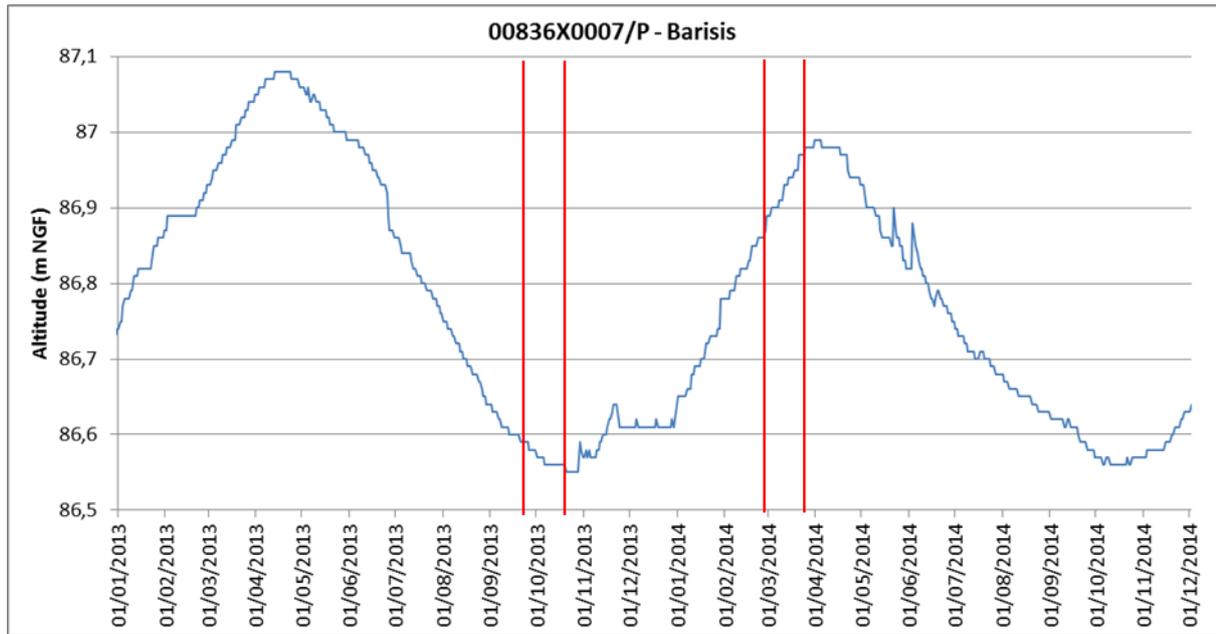


Illustration 15 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Barisis (00836X0007/P) – Yprésien supérieur – Zone 2.

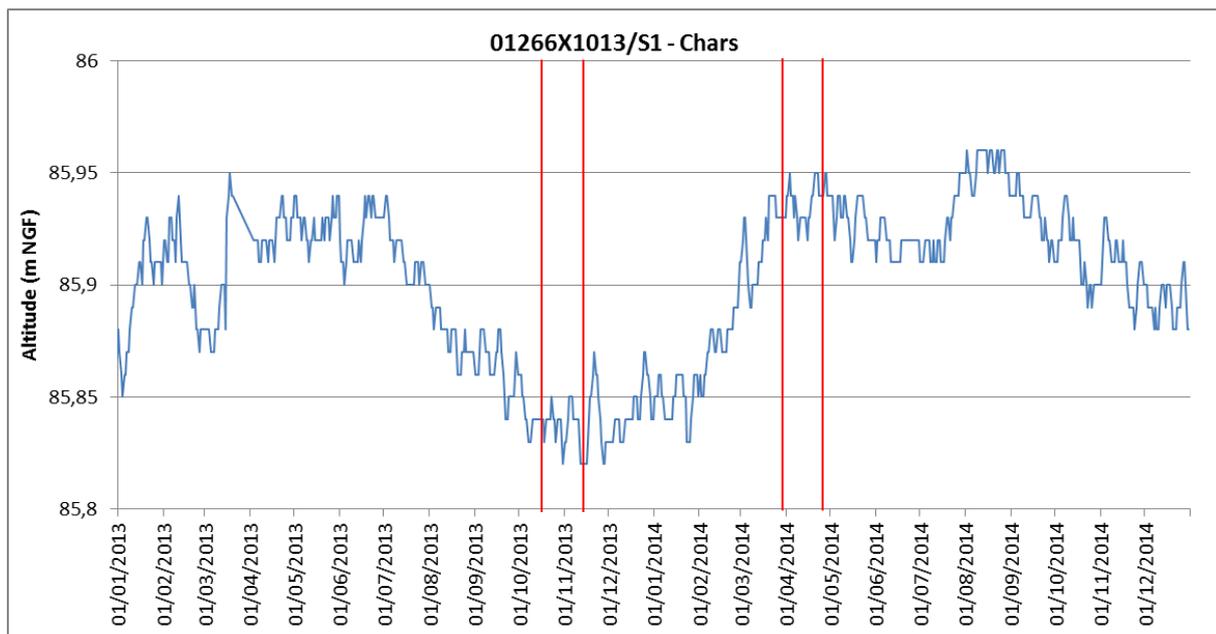


Illustration 16 - Chronique piézométrique 2013 et 2014 de Chars (01266X1013/S1) – Yprésien supérieur – Zone 3.

### 3.2.2. Déroulement des campagnes de mesures

Les points d'eau sélectionnés ont été répartis dans des carnets de terrain par secteur, par agent qualifié du BRGM et par semaine de campagne. Le travail de recherche des ouvrages sur place, d'après les informations collectées et intégrées aux carnets, s'est avéré chronophage.

Une fois le point d'eau localisé sur le terrain, l'action de l'agent s'est décomposée en plusieurs tâches :

- réaliser une mesure GPS de la référence altimétrique, située au niveau du sol ou sur une surface pérenne proche du sol (Illustration 17) ;
- mesurer la hauteur entre la référence altimétrique (point de mesure GPS) et le sol (Illustration 17 – Cas n°2 et Cas n° 4) ;
- mesurer la hauteur entre la référence altimétrique (point de mesure GPS) et le repère de mesure (Illustration 17 – Cas n° 3 et Cas n° 4) ;

**Cas n°1**  
Repère de mesure  
= Référence altimétrique  
= sol



**Cas n°2**  
Repère de mesure  
= Référence altimétrique  
≠ sol



**Cas n°3**  
Repère de mesure  
= sol  
≠ Référence altimétrique



**Cas n°4**  
Repère de mesure  
≠ Référence altimétrique  
≠ sol



*Illustration 17- Mesures GPS de la référence altimétrique et différence avec le repère de mesure et le sol.*

- indiquer le jour et l'heure de la mesure ;
- mesurer la profondeur d'eau en condition statique, à partir d'un repère identifié et pérenne ;
- mesurer si possible la profondeur totale de l'ouvrage, à partir du même repère pérenne ;

- prendre des photos de l'ouvrage, du repère de mesure et de l'accès ;
- noter tous commentaires utiles sur les mesures, l'accès au point d'eau, les coordonnées du propriétaire.

Le temps à passer sur chaque ouvrage identifié a été plus long lors du premier passage, les tâches à réaliser étant plus nombreuses : contact avec le propriétaire, photographies, mesure de la profondeur et nivellement de l'ouvrage, ... Lors du second passage, seule une mesure du niveau statique, associée à une date, était nécessaire.

Afin d'avoir une bonne représentativité de l'état « naturel » de la nappe, 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 demandé une dizaine d'heures avant la mesure du niveau d'eau.

#### **a) Campagne basses eaux d'octobre-novembre 2013**

Durant les quatre semaines de la campagne de fin 2013 (basses eaux), 6 agents ont été mobilisés chaque semaine. Au total, 12 personnes sont intervenues sur le terrain pour 110 jours de travail.

Certains ouvrages ont été difficiles à retrouver du fait de coordonnées géographiques approximatives et d'informations souvent anciennes. Le nombre de mesures a été de 6 par jour et par agent en moyenne, la majeure partie du temps étant consacrée à la recherche du point d'eau ciblé ou d'un ouvrage de substitution notamment dans les secteurs à faible densité.

#### **b) Campagne hautes eaux d'avril 2014**

La campagne hautes eaux d'avril 2014 a nécessité l'intervention de 4 à 8 techniciens sur 4 semaines, représentant 99 jours de travail.

En zones 1, 2 et 3, l'accès aux points à mesurer s'est trouvé simplifié par les informations de la campagne précédente ainsi que par les rendez-vous fixés en amont. Le nombre moyen de mesures a été de 9 par jour et par agent. Un agent s'est également consacré durant 4 jours à la recherche de points d'eau complémentaires sur les secteurs peu fournis en zone 1, 2 et 3.

Deux agents ont explorés la zone 4 durant 24 jours répartis sur 3 semaines. De nombreux contacts téléphoniques préalables ayant permis d'identifier les ouvrages accessibles, les recherches sur le terrain ont été facilitées et le nombre moyen de mesures a été de 6 par jour et par agent.

### **3.3. RÉSULTATS DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES ET DE NIVELLEMENT**

#### **3.3.1. Présentation des résultats des campagnes piézométriques**

##### **a) Bilan des campagnes piézométriques**

Le total de points mesurés sur les deux campagnes est de 744 : 604 pour la campagne basses eaux et 720 pour la campagne hautes eaux (Tableau 3). Entre les campagnes de 2013 et de 2014, 24 ouvrages n'ont pas pu être remesurés sur les zones 1, 2 et 3 (propriétaires absents ou sondes coincées dans le forage) mais 24 points d'eau complémentaires ont été trouvés.

Le nombre de points et leur répartition géographique paraissent suffisants pour une bonne réalisation des cartes piézométriques (Illustration 18).

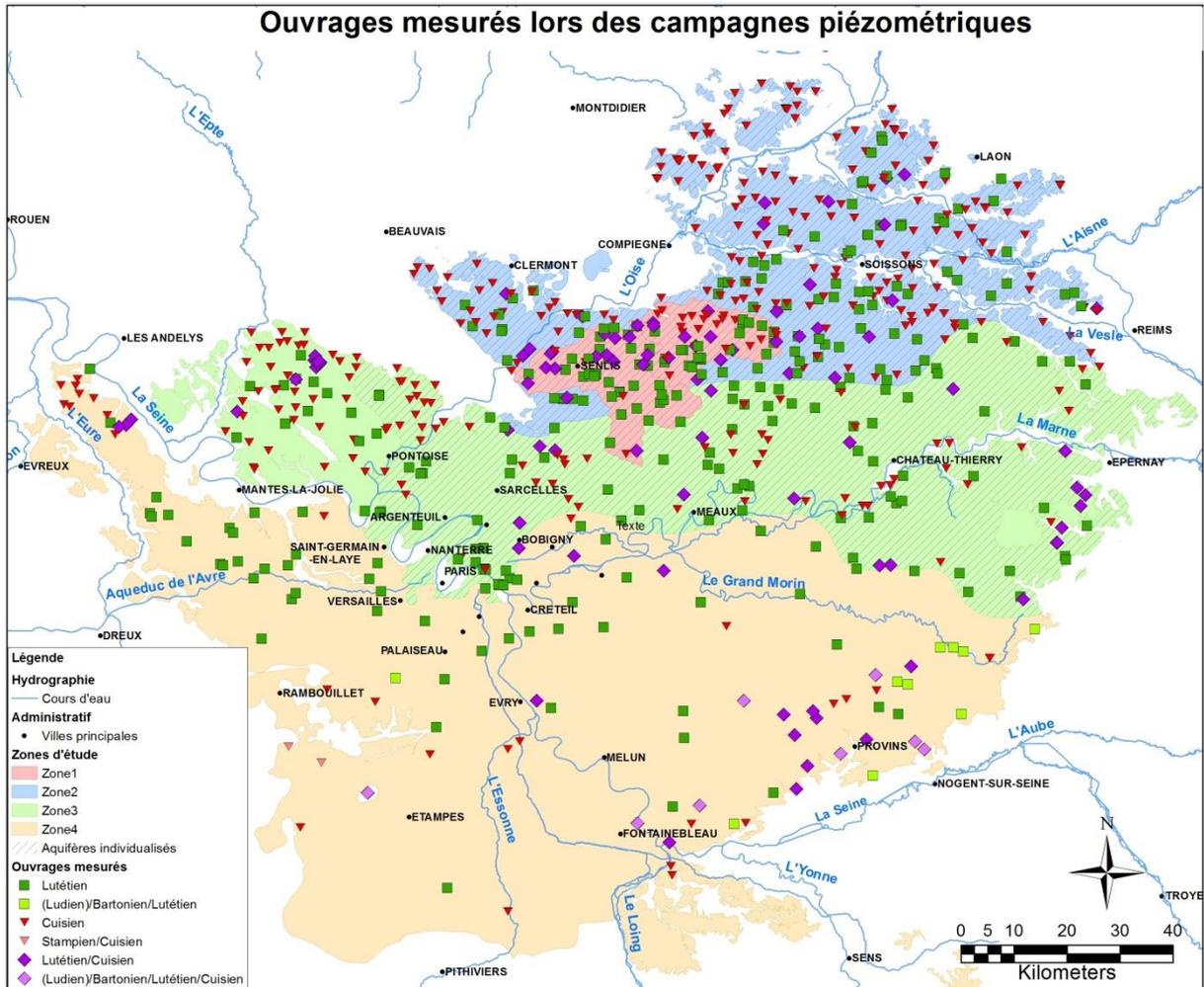


Illustration 18 - Localisation des points d'eau mesurés selon l'aquifère capté.

Zone	Objectifs	Basses Eaux		Hautes Eaux	
		Mesure	%	Mesure	%
1	135	101	75%	103	76%
2	308	283	92%	273	89%
3	184	215	117%	223	121%
4	0 - 94	5	-	121	128%
<b>Total</b>	627 - 721	604	96%	720	100%

Tableau 3 - Nombre de points recherchés et mesurés par zone et comparaison aux objectifs.

L'écart entre les objectifs de mesures maximum et le nombre de mesures réalisées s'explique par les deux principales difficultés suivantes :

- la répartition des points d'eau est très hétérogène sur l'ensemble du territoire étudié, les secteurs d'affleurement des formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur (zones 1 et 2 et vallées en zone 3) étant mieux couverts tandis que les ouvrages sont rares sur les plateaux bartoniens et priaboniens ;
- le point d'eau sélectionné n'a pas toujours pu être mesuré.

Ainsi pour obtenir 604 et 720 mesures de niveaux lors des deux campagnes, ce sont respectivement 1478 et 872 points d'eau qui ont été cherchés sur le terrain ou par contacts téléphoniques (Tableau 4).

Pour la première campagne, 38 % des ouvrages recherchés ont été mesurés. Le travail de recherche sur le terrain a été très important. Ainsi, 86 ouvrages n'avaient pas été présélectionnés et ont été trouvés directement sur le terrain, dont 56 points qui n'étaient pas déclarés dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Lors de la seconde campagne, les recherches sur le terrain ont été moindres car la plupart des ouvrages avait déjà été visitée. Une stratégie différente a donc été adoptée lors de la préparation et pratiquement tous les points potentiels ont fait l'objet d'une demande de rendez-vous. Concernant la zone 4, 49 % des points d'eau recherchés, principalement par contact téléphonique, ont été mesurés.

		Basses Eaux	Hautes Eaux	
		Zones 1 - 2 - 3	Zones 1 - 2 - 3	Zone 4
<b>Bilan des points mesurés</b>		<b>604</b>	<b>599</b>	<b>121</b>
<b>Terrain</b>	Recherchés	1478	629	243
	Mesurés	569	575	119
	Non mesurés	909	57	124
<b>Envoi des producteurs</b>		35	24	2

Tableau 4 - Nombre de points recherchés et mesurés.

### b) Points d'eau non mesurés

Les causes pour lesquelles les ouvrages n'ont pas été mesurés sont multiples (Illustration 19) :

- ouvrages rebouchés, obstrués ou partiellement comblés ;
- ouvrages non retrouvés sur le terrain ou lors de contacts téléphoniques ;
- ouvrages non mesurables, car la tête de puits était fermée ou l'introduction d'une sonde s'est avérée impossible ;
- ouvrages non accessibles, l'accès étant difficile (site fermé) ou dangereux ;
- propriétaires absents ;
- refus des propriétaires par téléphone, mail ou sur place ;
- puits ne captant pas le bon aquifère.

Pour information, lors de la recherche de points d'eau complémentaires en 2014 sur les zones 1, 2 et 3, 24 niveaux d'eau ont pu être pris et 33 points d'eau n'ont pas été mesurés, principalement car les ouvrages n'étaient pas mesurables (33 %), n'ont pas été retrouvés (30 %) ou car les propriétaires étaient absents et n'avaient pu être identifiés au préalable pour une prise de rendez-vous (18 %).

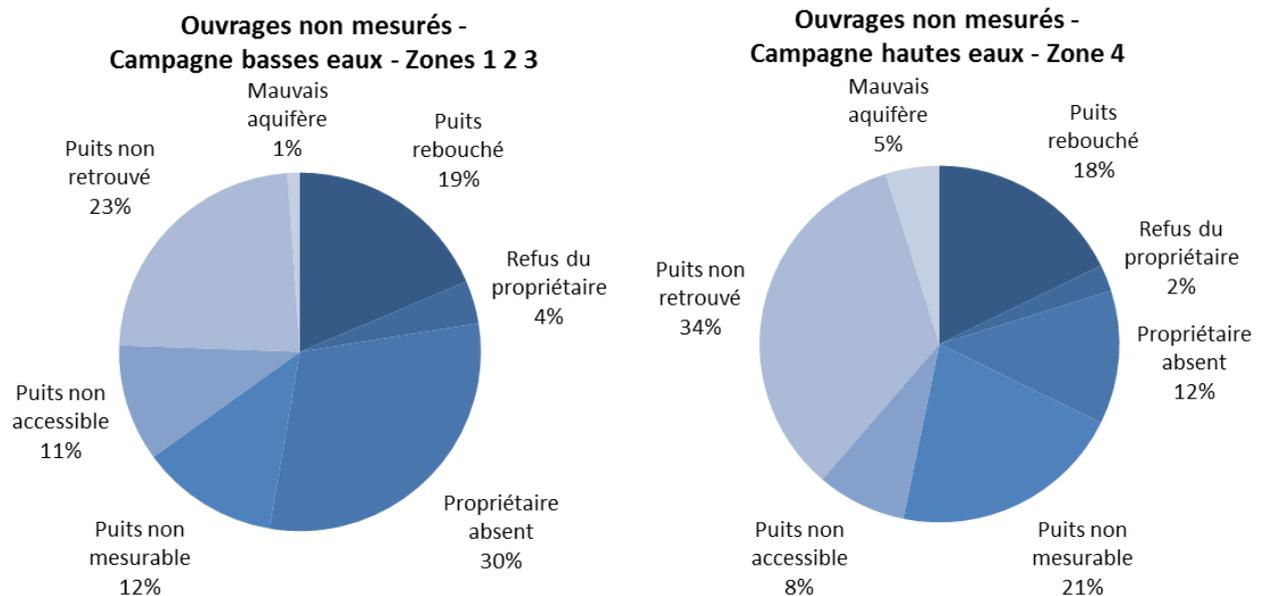


Illustration 19 - Causes des points d'eau non mesurés.

### c) Critique des mesures

Les pompes des ouvrages exploités (eau potable, irrigation, industriel) étaient parfois stoppées seulement quelques heures avant la mesure et le niveau statique n'était parfois probablement pas atteint lors de la mesure. De plus, de nombreux pompages agricoles étaient actifs lors de la campagne hautes eaux de 2014, du fait de conditions climatiques exceptionnelles. Le débit et le temps d'arrêt du pompage ont été notés, afin d'identifier ces mesures éventuellement influencées. Les niveaux d'eau n'ont pas été pris en compte lors du tracé de la piézométrie s'ils engendraient des anomalies.

Certains captages n'ont pas pu être mesurés directement par l'agent BRGM, le site étant inaccessible ou le passage d'une sonde étant impossible. Certains propriétaires (SITA, RATP, IGC, SAUR, ...) ont envoyées directement leurs données au BRGM sans que leur protocole de mesures soit communiqué. Sur certains captages d'eau potable, seule la mesure affichée par sonde automatique était visible. Toutefois, les sondes automatiques peuvent dériver et ne sont pas forcément ré-étalonnées (information non communiquée par les propriétaires). Les données ont été intégrées aux cartes piézométriques, sauf si elles s'avéraient aberrantes lors de l'interpolation ou par comparaison avec des données voisines connues.

### 3.3.2. Présentation des résultats des campagnes de nivellement

L'objectif des campagnes de nivellement était d'obtenir une précision de 0,10 m des coordonnées géographiques et de l'altitude des points d'eau mesurés. Le matériel utilisé fournissait une précision de 0,10 m en horizontal et de 0,16 m en vertical.

En contexte difficile (ville, vallée étroite et forêt dense), l'absence de satellites n'a pas toujours permis de tenir l'objectif fixé (Tableau 5). Une seconde campagne de mesures a été menée sur les zones 1, 2 et 3, après l'identification de coordonnées imprécises au droit de points d'eau.

Précision (en m)	Coordonnées (X Y)		Altitude (Z)	
	Nombre	%	Nombre	%
0,01 à 0,1	599	81 %	580	78 %
0,2 à 0,5	120	16 %	110	15 %
0,6 à 1	9	1 %	37	5 %
1,1 à 2	3	0 %	3	0 %
2,1 à 5	13	2 %	14	2 %

Tableau 5 - Bilan des campagnes de nivellement.

## 4. Cartes piézométriques

### 4.1. PRÉPARATION DES DONNÉES

#### 4.1.1. Vérification des données et suppression des anomalies

Chaque mesure de niveau piézométrique a fait l'objet d'une validation par un hydrogéologue.

Certaines informations essentielles ont notamment été vérifiées : l'altitude et les coordonnées géographiques, la cohérence entre la profondeur totale mesurée du puits et la nappe captée. Lorsque les nappes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur étaient individualisés, les niveaux d'eau ont été vérifiés et attribués à un unique aquifère. Dans le Vexin (zone 3) et en zone 4, les mesures validées ont été attribuées à l'aquifère Lutétien / Yprésien supérieur.

Le contrôle des données et la phase d'élaboration des cartes piézométriques ont permis d'identifier et d'écarter certaines données incohérentes : influence d'un pompage (niveau dynamique), niveau statique incohérent, erreur de nappe captée...

Finalement, les cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 ont été dressées respectivement sur la base de 600 et 714 mesures validées (Tableau 6).

Basses Eaux 2013				
Zones	Lutétien	Yprésien sup	Lutétien / Yprésien sup	TOTAL
1	67	33	-	100
2	100	183	-	283
3	81	67	64	212
4	-	-	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>248</b>	<b>283</b>	<b>69</b>	<b>600</b>

Hautes Eaux 2014				
Zones	Lutétien	Yprésien sup	Lutétien / Yprésien sup	TOTAL
1	68	34	-	102
2	97	176	-	273
3	91	66	62	219
4	-	-	120	119
<b>TOTAL</b>	<b>256</b>	<b>276</b>	<b>182</b>	<b>714</b>

Tableau 6 - Nombre de points validés pris en compte lors des tracés des cartes piézométriques.

#### 4.1.2. Cas particuliers de points d'eau artésiens jaillissant ou « secs »

##### a) Points d'eau artésiens jaillissant

Au cours des campagnes de mesures, quatre ouvrages artésiens jaillissant ont été rencontrés.

L'artésianisme jaillissant d'un forage existe en présence d'un aquifère captif dont l'altitude du niveau piézométrique est supérieure à la cote du sol. Cela se traduit par un écoulement lorsque la tête du sol n'est pas obstruée et n'est pas suffisamment haute ou par une mise en pression mesurable en tête de puits étanche.

Sur les quatre forages concernés, trois avait une tête de puits rehaussée empêchant le débordement des eaux souterraines. Concernant le dernier puits, la présence d'un trop-plein ne permettait pas de réaliser une mesure correcte de l'altitude de la nappe.

##### b) Points d'eau secs

Lors des campagnes de mesures, 57 points d'eau en octobre-novembre 2013 (basses eaux) et 49 en avril 2014 (hautes eaux) se sont révélés secs.

Sur ces ouvrages, la mesure du niveau piézométrique n'a pas été possible. Il est cependant possible d'indiquer que la piézométrie de la nappe est inférieure à la profondeur totale de l'ouvrage.

A noter que lorsqu'un puits sec était rencontré, des points d'eau de remplacement étaient recherchés à proximité afin de tenter d'obtenir une mesure du niveau piézométrique fiable.

#### 4.2. INTÉGRATION DE POINTS DE CONTRAINTES

Afin d'affiner les piézométries, des points de contraintes ont été intégrés lors de l'élaboration des cartes (Tableau 7).

	Lutétien	Yprésien sup	Lutétien / Yprésien sup	TOTAL
<b>Sources BSS</b>	495	524	180	<b>1199</b>
<b>Sources IGN</b>	8	13	3	<b>24</b>
<b>Cours d'eau</b>	14	157	13	<b>184</b>
<b>Mesures BSS</b>	32	12	5	<b>50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>548</b>	<b>714</b>	<b>199</b>	<b>1461</b>

Tableau 7 - Points de contrainte pris en compte lors des tracés des cartes piézométriques.

##### 4.2.1. Sources issues de la Banque de données du Sous-Sol (BSS)

Au droit d'une rivière, l'altitude de la nappe est imposée par le niveau de la rivière lorsque celle-ci est en communication hydraulique avec la nappe. Le potentiel imposé par la rivière se fait au pied des coteaux où, bien souvent, il existe des sources. Pour respecter ces conditions hydrauliques, les points de contraintes ont été placés préférentiellement au droit des sources et correspondent aux valeurs de l'altitude des sources.

Les 4675 sources répertoriées en Banque de données du Sous-Sol (BSS) sur le secteur d'étude ont été extraites. 1292 sources ont été attribuées à la nappe de l'Yprésien supérieur ou du Lutétien (Tableau 8) et classifiées selon la typologie suivante :

- les sources artésiennes sont issues d'une nappe captive. Elles assurent le drainage de nappes captives profondes, à la faveur d'hétérogénéités lithologiques de l'imperméabilité de toit ou de failles drainantes favorisant une fuite ascendante du réservoir aquifère. Elles permettent de justifier des niveaux d'eaux (isopièzes) situés au-dessus de la surface topographique ;
- les sources de débordement naissent lorsque la nappe libre devient captive (l'aquifère passe alors sous une formation imperméable). Au contact du toit imperméable de l'aquifère, à la limite de la nappe libre et de la nappe captive, se crée une source de débordement. Toutes les eaux ne peuvent plus s'écouler sous la formation géologique peu perméable (alluvions argileuses ou tourbeuses, marnes, argiles) et il y a donc débordement. Ces sources démontrent que la nappe devient captive ;
- les sources de déversement se produisent au contact du mur imperméable de l'aquifère avec la surface du sol (limite d'affleurement). La nappe libre continue alors son écoulement sur la surface du sol, souvent grâce à une ligne de sources. Les émergences se produisent le plus souvent en pied de coteaux ou à mi-versant, en fonction du contexte géologique local. Elles indiquent que le niveau piézométrique se trouve à l'altitude du terrain et renseigne aussi sur la position du mur de la nappe ;
- les sources d'émergence sont issues de nappes libres et naissent lorsque la surface de la nappe libre rencontre la surface du sol, sans incidence d'une limite imperméable de l'aquifère (vallée). La nappe est drainée aux points géographiquement les plus bas, généralement le long du réseau hydrographique qui entaille les formations géologiques. L'écoulement dans la nappe permet à l'eau de ruisseler à l'extérieur de l'aquifère. Ces sources sont le signe d'une charge élevée de la nappe et d'un niveau piézométrique recoupant la topographie.

	Lutétien	Yprésien sup	Lutétien / Yprésien sup	TOTAL
<b>Artésiennes</b>	6	3	0	<b>9</b>
<b>Débordement</b>	136	225	7	<b>368</b>
<b>Déversement</b>	437	373	13	<b>823</b>
<b>Emergence</b>	17	43	2	<b>62</b>
<b>Indéfinies</b>	11	19	0	<b>30</b>
<b>TOTAL</b>	<b>607</b>	<b>663</b>	<b>22</b>	<b>1292</b>

Tableau 8 - Type de sources issues de la BSS par aquifère.

Les 1 292 sources sont localisées en bordure de la zone d'extension des formations, lorsque les terrains perméables du Lutétien ou de l'Yprésien supérieur affleurent ainsi qu'à proximité des cours d'eau, lorsque ceux-ci recoupent les formations étudiées (Illustration 20 et Illustration 21).

Les sources de débordement sont présentes dans les vallées des cours d'eau structurant. Les alluvions argileuses et tourbeuses créent une couche plus ou moins imperméable, mettant localement la nappe sous-jacente en captivité. Ce toit peu perméable entraîne le débordement de la nappe au niveau de la zone de contact entre la partie libre et la couche imperméable.

En bordure d'affleurement les sources de déversement sont majoritaires. Les eaux souterraines sourdent lorsqu'elles se trouvent au contact des argiles de Laon pour la nappe des calcaires du Lutétien ou des argiles du Sparnacien (Yprésien inférieur) pour la nappe des sables de l'Yprésien supérieur.

Les rares sources artésiennes se trouvent en plaines alluviales près de buttes du Bartonien. Elles témoignent de la mise en captivité de la nappe et d'une discontinuité du toit imperméable de l'aquifère.

Les sources d'émergence sont également peu nombreuses car elles restent difficilement identifiables. Les secteurs où de telles sources sont répertoriées possèdent souvent un fort aléa d'inondation par remontée de nappe.

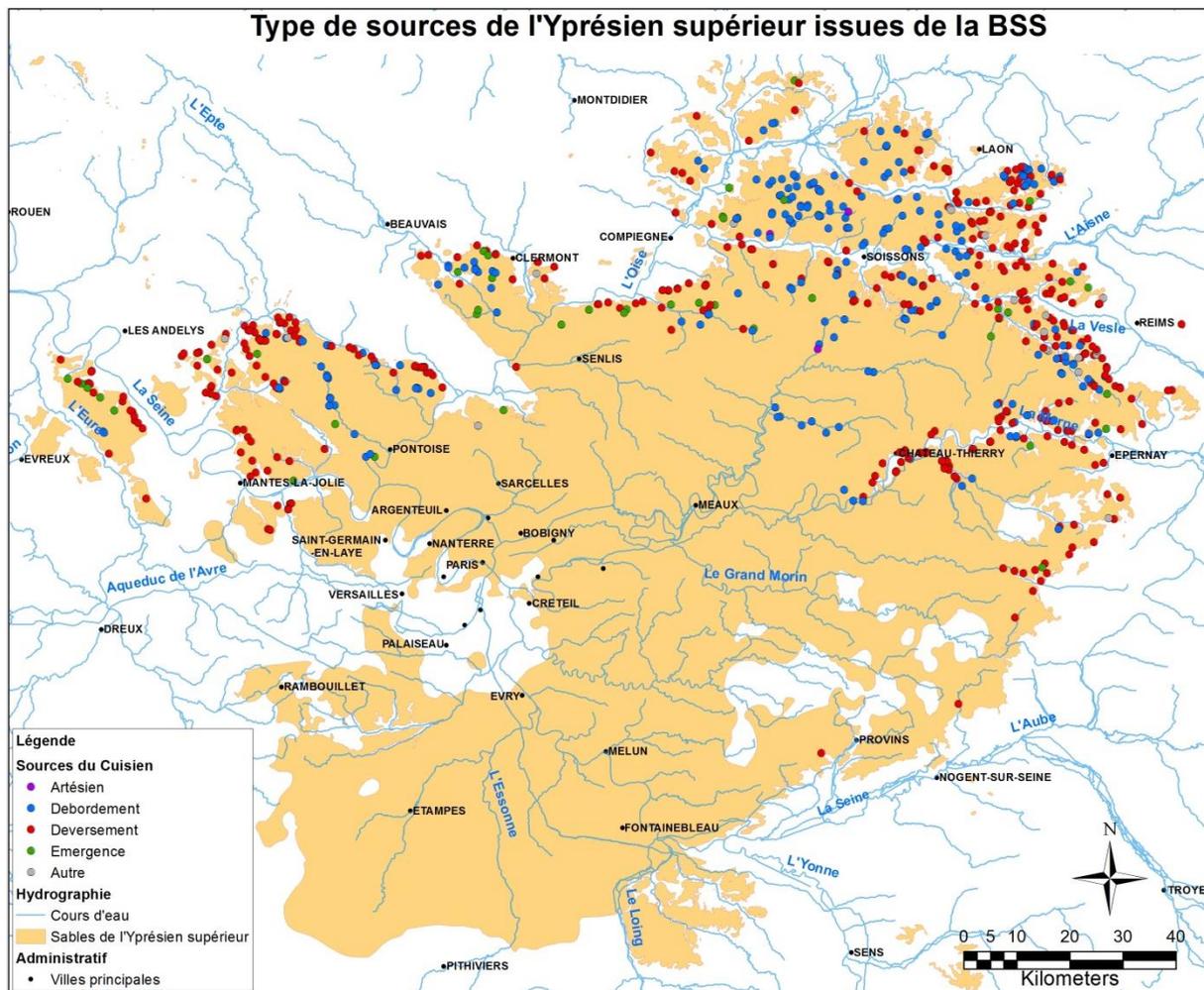


Illustration 20 - Localisation des sources des sables de l'Yprésien supérieur issues de la BSS.

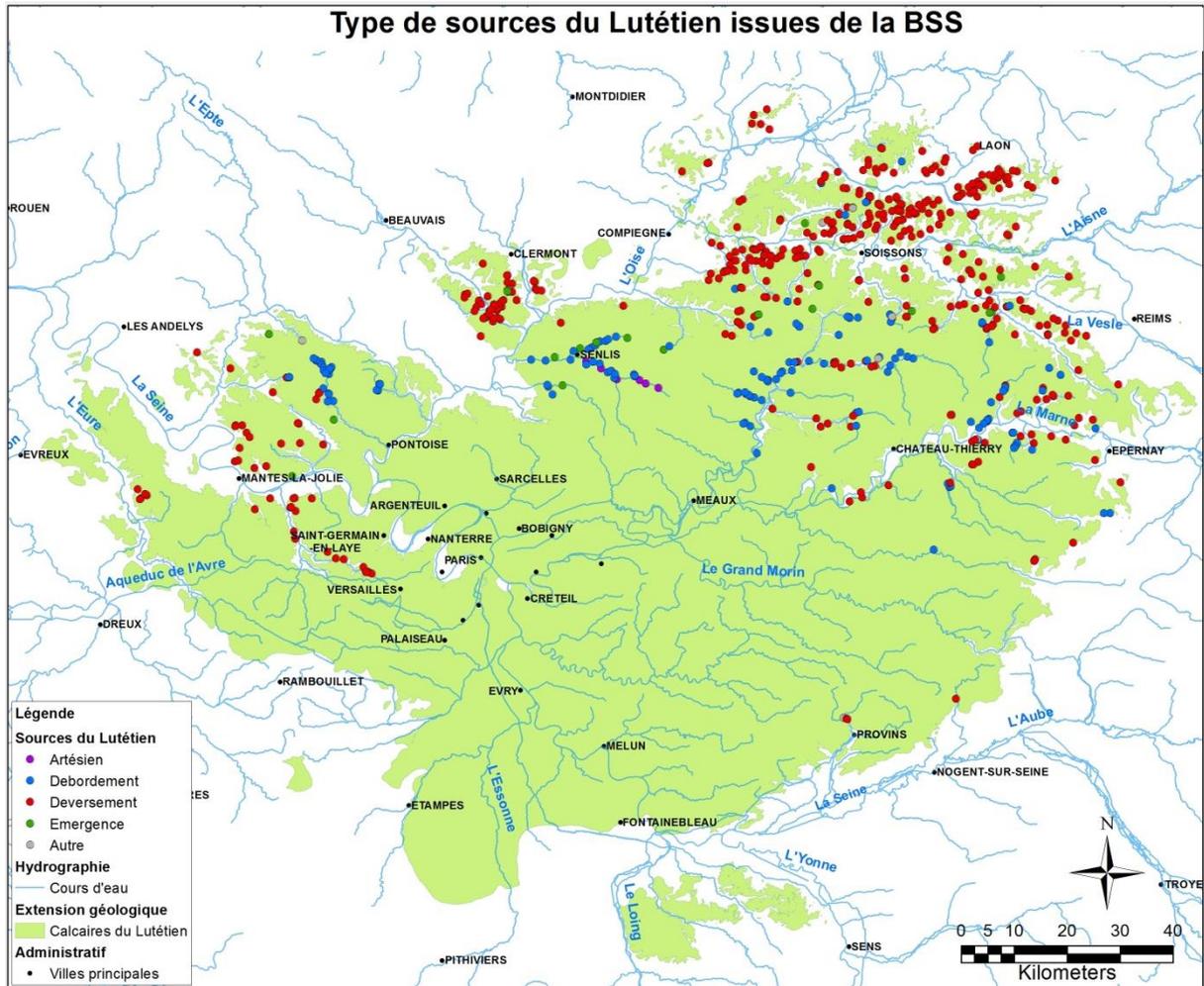


Illustration 21 - Localisation des sources des calcaires du Lutétien issues de la BSS.

Les données présentant des incohérences (erreur de localisation, altitude aberrante) ont été corrigées ou supprimées.

Toutes les sources identifiées ne sont pas utiles pour affiner les piézométries, le nombre de mesures piézométriques étant souvent suffisant sur ces secteurs. Toutefois, le tri des nombreux doublons et données inutiles aurait été trop chronophage. 1199 sources ont donc été finalement intégrées comme points de contraintes.

#### 4.2.2. Cours d'eau drainant

Il a été vérifié pour l'ensemble des cours d'eau si ceux-ci étaient ou non en communication hydraulique avec la nappe des calcaires du Lutétien ou avec la nappe des sables de l'Yprésien supérieur.

Dans le cas d'une rivière drainant la nappe sur une longue distance, et en absence de sources identifiées en BSS, une série de points imposés a été placée tout au long du cours d'eau pour contraindre les isopièzes à respecter cette configuration hydraulique (Illustration 22).

Les altitudes de 24 sources indiquées sur le fond de carte IGN au 1/25 000 ont été intégrées préférentiellement comme points de contrainte. En absence de sources identifiées, 184 potentiels imposés correspondent aux altitudes de la rivière d'après le fond IGN au

1/25 000 ou aux valeurs de profondeur moyenne de la nappe, en vallée et à proximité du cours d'eau, indiquées dans les dossiers de la BSS.

### 4.2.3. Anciennes mesures

Dans certains secteurs, il a été nécessaire de densifier les données grâce aux mesures enregistrées en BSS et réalisées lors de précédentes campagnes de terrain ou lors de la réalisation du point d'eau. Les battements des nappes ont été recalculés au droit de ces ouvrages avec les mesures effectuées à proximité lors des campagnes basses eaux de 2013 et hautes eaux de 2014. Les coordonnées ont été vérifiées d'après les plans disponibles et les fonds cartographiques de l'IGN au 1/25 000, sans pour autant pouvoir garantir une précision de 0,10 m.

Ainsi, 50 points de contraintes ont été intégrés, notamment en plateau afin de mieux caractériser les crêtes piézométriques (Illustration 22).

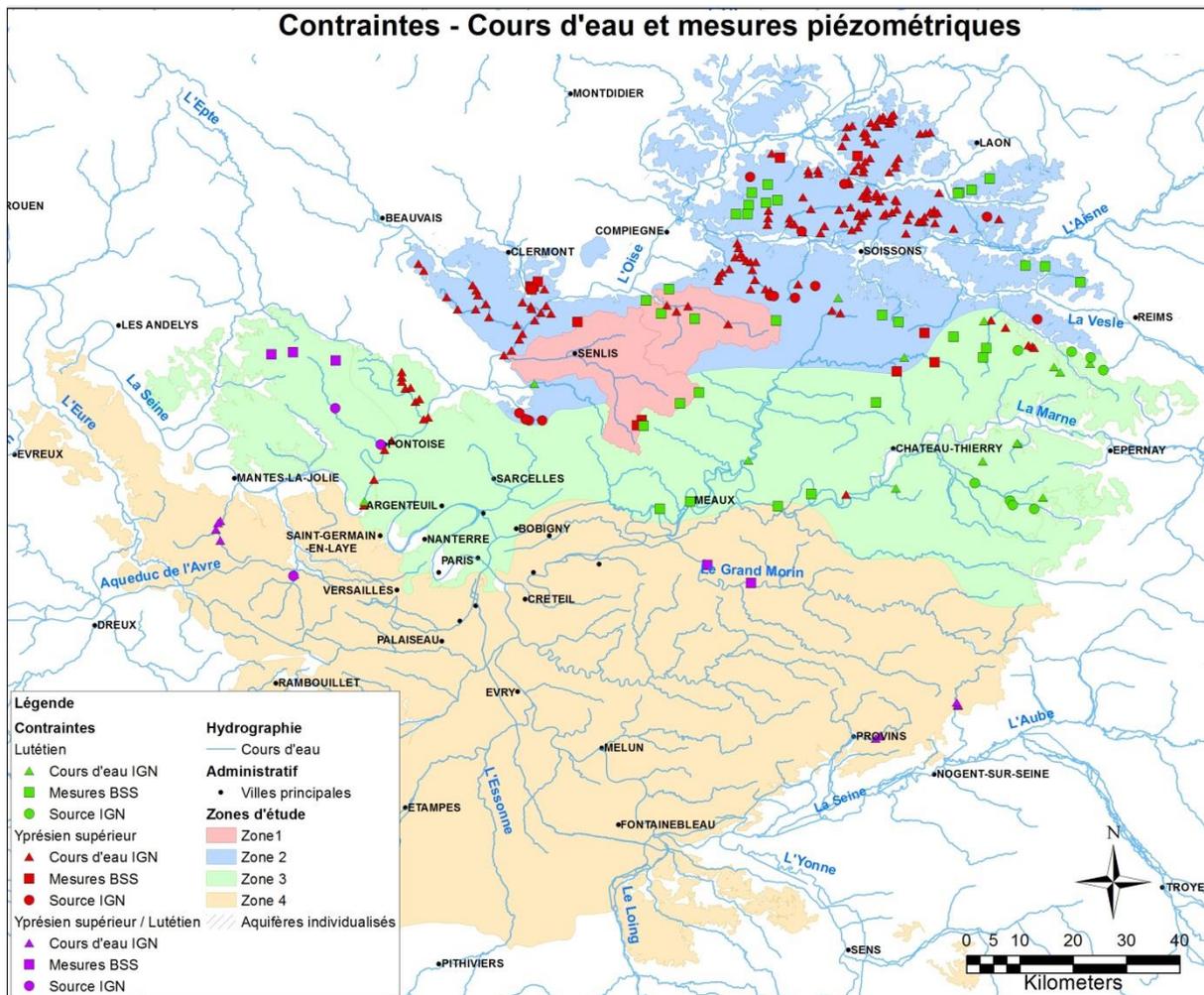


Illustration 22 - Localisation des contraintes : cours d'eau et sources issus des fonds IGN au 1/25 000 et mesures piézométriques issues de la BSS.

### 4.3. ÉLABORATION DES CARTES PIÉZOMÉTRIQUES

Les cartes piézométriques hautes eaux et basses eaux des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ont été réalisées selon la démarche suivante :

- analyse et codage de données de mesures piézométriques, des sources hydrographiques identifiées, de points de passage sur les cours d'eau du réseau hydrographique et des points de contraintes imposés ;
- définition d'une pile hydrogéologique ;
- interpolation par krigeage avec modèle de variogramme de la cote piézométrique pour les hautes eaux et les basses eaux des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ;
- contrôle des résultats.

Les cartes piézométriques ont été réalisées en utilisant le logiciel Suite GDM 2014 (Geological Data Management - <http://gdm.brgm.fr>) et son composant MultiLayer (Bourgine *et al.*, 2008). La suite GDM 2014, développée et éditée par le BRGM, est conçue pour compiler, interpoler et visualiser des données géoscientifiques dont des données hydrogéologiques. Le module MultiLayer est utilisé dans cette étude pour la construction des interpolations. Le « workflow » mis en place comprend la vérification des données, la gestion des paramètres de calcul, les contrôles de cohérence entre les données, la génération automatique des interpolations des surfaces piézométriques et les restitutions graphiques en carte des interpolations.

#### 4.3.1. Données utilisées

Les informations suivantes ont été intégrées dans une base de données utilisées pour la construction des cartes piézométriques (Illustration 23) :

- les mesures piézométriques des campagnes basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 ;
- les points de contraintes imposés tels que :
  - les sources hydrographiques provenant de la Banque du Sous-Sol ;
  - les points de passage sur les cours d'eau et les sources hydrographiques du fond IGN 1/25 000 ;
  - les anciennes mesures issues de la Banque du Sous-Sol.
- le modèle numérique de terrain à la maille 50 m (source IGN).

Chaque mesure piézométrique d'un aquifère donné (Lutétien ou Yprésien supérieur) ne dispose pas toujours d'une mesure des hautes eaux et des basses eaux. En effet, il arrive que, selon la campagne de mesures, le puits soit sec ou inaccessible.

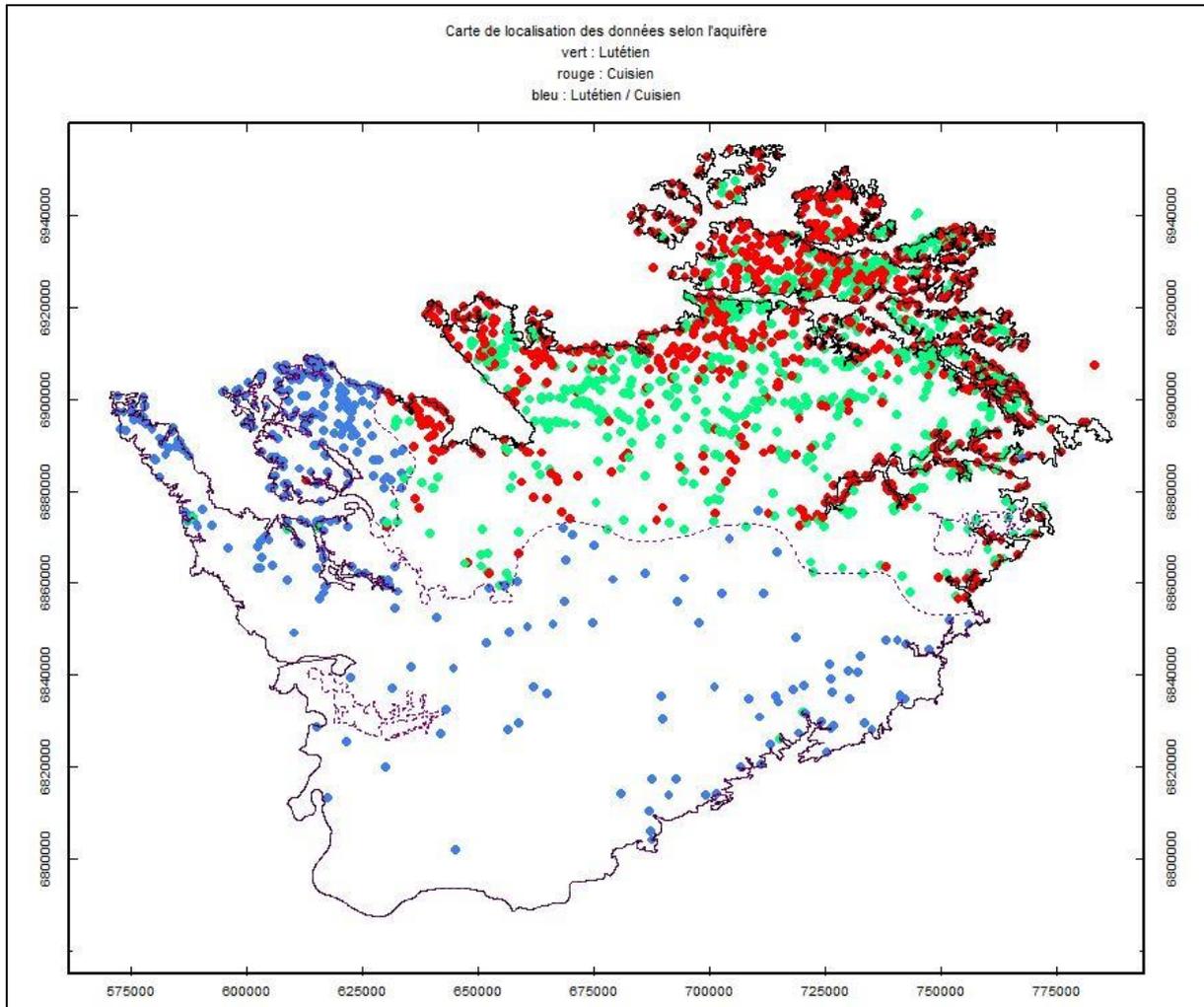


Illustration 23 - Localisation des données utilisées pour l'interpolation des cartes piézométriques.

#### 4.3.2. Méthode de modélisation

##### a) Définition d'une pile hydrogéologique

La zone d'étude présente une géométrie variable des aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur (Illustration 24 et Illustration 25) :

- au nord du Bassin parisien, l'aquifère du Lutétien et l'aquifère de l'Yprésien supérieur sont en théorie séparés par un écran imperméable à semi-perméable constitué des argiles de Laon de l'Yprésien supérieur ;
- au sud du Bassin parisien, les argiles de Laon de l'Yprésien supérieur deviennent discontinues puis disparaissent, les deux aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont alors considérés comme étant en continu et ne forment qu'un même et unique aquifère.

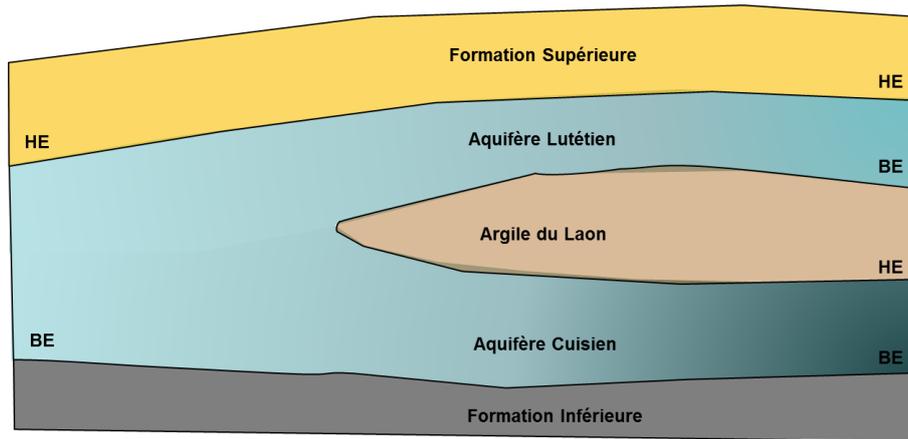


Illustration 24 - Coupe schématique sud-nord du Bassin parisien montrant la géométrie des nappes aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

"Couche"	Type Surf.	Description	Nom Surf.
SUPL	EROD	SUP_Lutétien	T04
ALUT		Aquif Lutétien	B04
LAON		Argiles de Laon	T02
ACUI	EROD	Aquif Cuisien	B02
INFC		INF_CUIS	

Illustration 25 - Pile hydrogéologique du modèle.

### b) Codage des mesures en fonction de l'aquifère et de la zone selon la pile définie

La base rassemblant les données nécessaires à l'élaboration des cartes piézométriques a été organisée de façon à utiliser les mesures des piézomètres comme « points de passage » (équivalent aux données d'entrée) dans l'interpolation. L'ensemble des données est codé selon la façon suivante :

- une valeur de « toit » (T) pour chaque aquifère Lutétien et Yprésien supérieur correspondant aux valeurs de hautes eaux des nappes respectives ;
- une valeur de « base » (B) pour chaque aquifère Lutétien et Yprésien supérieur correspondant aux valeurs de basses eaux des nappes respectives ;
- des valeurs de « toit maximum » (TMax) ou de « base maximum » (BMax) peuvent être entrées et correspondent aux ouvrages secs.

Depuis la base de données des mesures piézométriques, il a donc été identifié :

- les piézomètres sur lesquels ont été mesurés hautes eaux et basses eaux : ces données sont utilisés comme des valeurs de toit (T) pour les hautes eaux et base (B) pour les basses eaux des aquifères Lutétien et Yprésien supérieur ;
- les piézomètres sur lesquels ont été mesurés seulement les hautes eaux (ouvrages en basses eaux non mesurés ou secs) ou seulement les basses eaux (ouvrages en hautes eaux non mesurés ou secs) ;

- pour les puits secs, une valeur Tmax ou Bmax égale respectivement à la valeur de basses eaux ou à la valeur de hautes eaux.

À noter que, dans la zone où les deux aquifères se confondent (zone 4 et Vexin), le « toit » de l'aquifère correspond aux hautes eaux du Lutétien et la « base » de l'aquifère correspond aux basses eaux de l'Yprésien supérieur. Les points des sources ont été doublés afin d'avoir un point de contrainte pour les hautes eaux du Lutétien et pour les basses eaux de l'Yprésien supérieur.

### **c) Vérification des données**

Les données d'entrée ont été vérifiées et éventuellement corrigées ou non prises en compte. Ce contrôle de l'interpolation des cartes piézométriques a consisté à :

- contrôler l'altitude du sol rapporté en tête de puits en fonction de l'altitude topographique (donnée par le MNT 50 m IGN) ;
- identifier les mesures perturbant l'interpolation.

Certains points considérés comme non valides ou incohérents (influence d'un pompage, mauvaise nappe captée, ...) ne sont pas pris en compte dans l'interpolation et ne sont, par conséquent, pas codés. Ils sont désactivés par un paramètre présent dans la base de données (paramètre KEEP).

La base de données finale comprend 3 487 points dont 3 239 ont servi à l'interpolation des surfaces piézométriques : 1 441 pour l'aquifère du Lutétien et 1 798 pour l'aquifère de l'Yprésien supérieur. Seulement 75 points de mesures piézométriques qui ont été relevées durant les campagnes n'ont pas été prises en compte en raison soit de puits secs, soit de mesure non effectuée pour une des campagnes, soit d'une erreur de mesure perturbant l'interpolation.

### **d) Interpolation des surfaces piézométriques**

Pour procéder à l'interpolation des surfaces piézométriques, une grille de calcul de maille 250 m par 250 m a été générée.

L'ensemble des points de la base de données finale ont été interpolés. La méthode d'interpolation utilisée est le krigeage avec un modèle de variogramme pour chaque surface piézométrique (Illustration 26, Illustration 27, Illustration 28 et Illustration 29).

La méthode d'interpolation par krigeage avec modèle de variogramme permet de procéder à une validation des estimations par la méthode nommée « validation croisée » et d'identifier les points sur ou sous-estimés. Cette méthode permet d'identifier rapidement des points erronés.

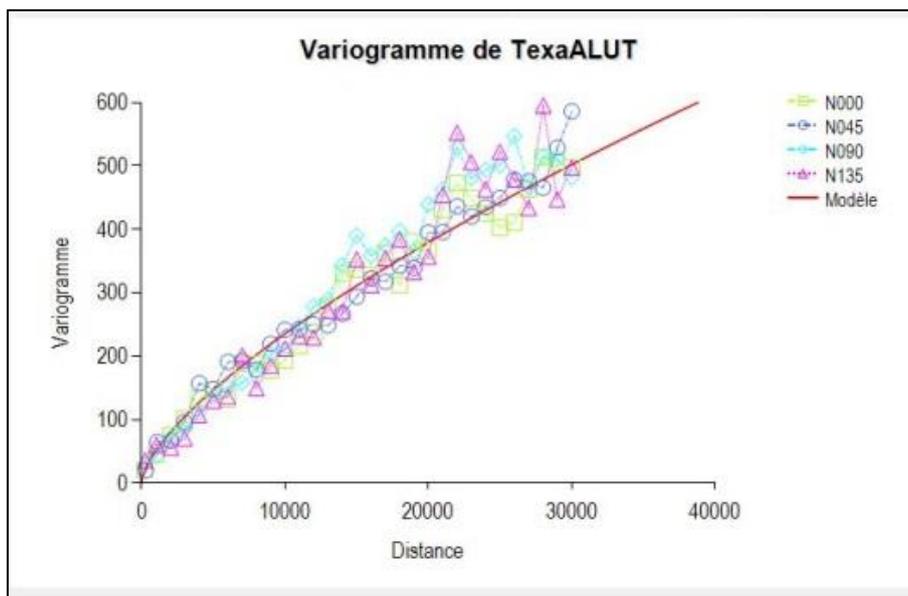


Illustration 26 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de hautes eaux de la nappe du Lutétien.

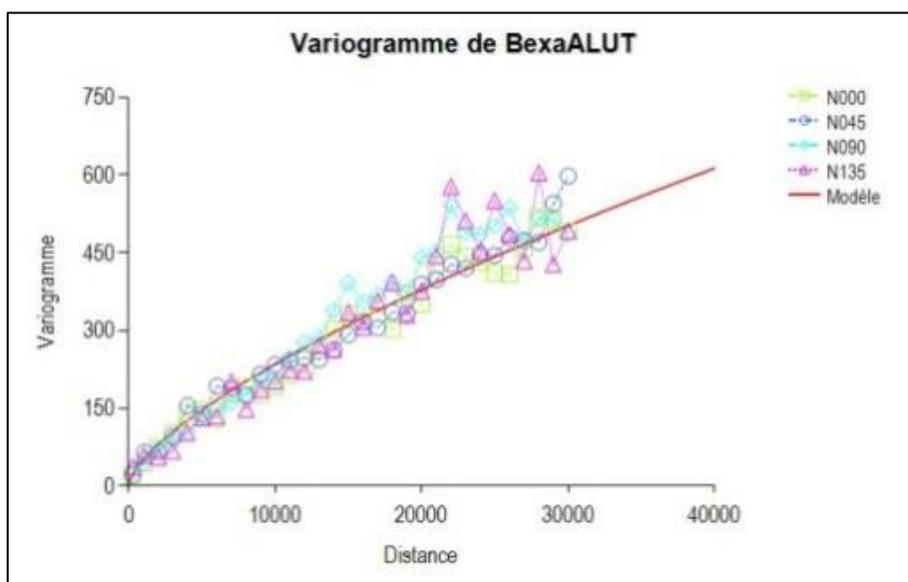


Illustration 27 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de basses eaux de la nappe du Lutétien.

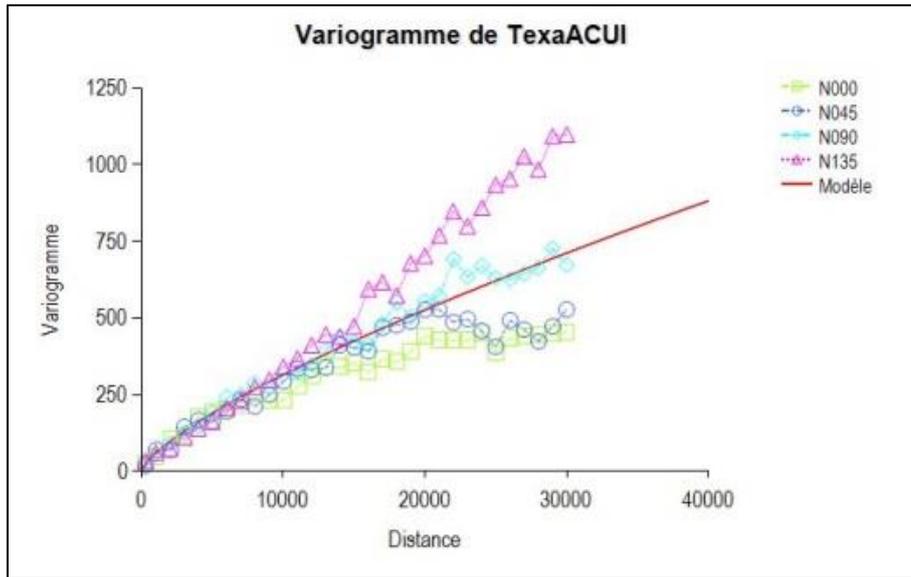


Illustration 28 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de hautes eaux de la nappe de l'Yprésien supérieur.

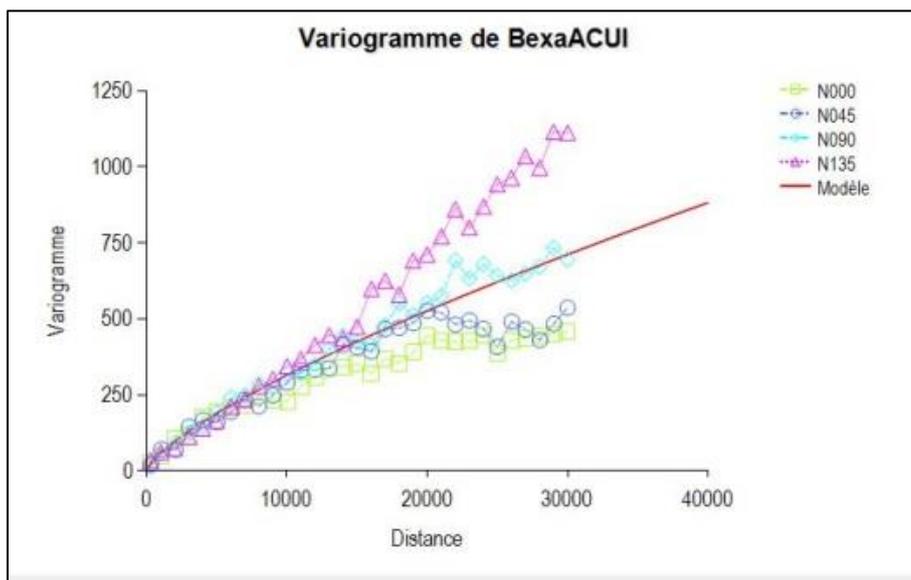


Illustration 29 - Variogramme et modèle de variogramme relatifs aux données de basses eaux de la nappe de l'Yprésien supérieur.

### e) Contrôle des interpolations et points de contraintes imposés

Plusieurs tests de cohérences ont été effectués sur les données :

- test sur les différences entre l'altitude de la topographie (zmnt) et l'interpolation des hautes eaux et basses eaux des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ;
- vérification des variogrammes et identification des éventuels points erronés ;
- contrôle des cartes piézométriques au droit des puits secs et des points de contrainte imposés ;
- contrôle visuel des isopièzes et correction par l'intégration de nouveaux points de contrainte.

### **4.3.3. Validation des isopièzes et corrections manuelles**

Chaque courbe piézométrique a été vérifiée, en se référant à la topographie, aux altitudes du mur et du toit des aquifères, aux anciens niveaux d'eau disponibles en BSS, aux chroniques piézométriques, et aux piézométries antérieures. Certaines courbes ont été reprises manuellement afin de tenir compte du contexte hydrogéologique local.

## **4.4. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES CARTES PIÉZOMÉTRIQUES**

### **4.4.1. Caractéristiques et limites d'utilisation**

Les isopièzes de basses eaux ont été tracées à partir des données recueillies lors de la campagne de mesures d'octobre et de novembre 2013. Elles représentent les niveaux d'eau de la nappe des calcaires du Lutétien et de la nappe des sables de l'Yprésien supérieur dans la partie nord du Bassin parisien (zones 1, 2 et 3).

Les isopièzes de hautes eaux ont été interpolées à partir des mesures réalisées durant la campagne d'avril 2014. Elles prennent en compte les niveaux d'eau de la nappe des calcaires du Lutétien et de la nappe des sables de l'Yprésien supérieur sur l'ensemble de la zone d'étude (zones 1, 2, 3 et 4).

Les cartes piézométriques produites dans ce rapport sont des documents de synthèse, établis à une échelle dite régionale de 1/100 000. Leur utilisation est essentiellement scientifique pour la connaissance des eaux souterraines du bassin : ces cartes permettent de visualiser les sens d'écoulement, les gradients, les niveaux de basses eaux 2013 et de hautes eaux 2014 sur les nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien du Bassin parisien. Les courbes piézométriques ont été tracées tous les 5 m afin d'obtenir une bonne représentativité et visibilité.

Les courbes piézométriques ont été établies lorsque les points d'observations (niveaux d'eau et sources) étaient suffisamment nombreux pour permettre l'interpolation d'isopièzes. Certains secteurs ont bénéficié d'un nombre réduit de mesures compte tenu de leur contexte hydrogéologique complexe (présence de nombreux cours d'eau drainant, réservoir très découpé, aquifère potentiellement sec, ...). Ainsi, l'absence de données en vallée peut engendrer la non prise en compte d'axe de drainage sur la piézométrie. De plus, l'insuffisance de mesures au droit des plateaux, notamment entre l'Ourcq et la Marne, produit un lissage de la piézométrie lors de l'interpolation, qui peut générer une sous-estimation de l'altitude des crêtes piézométriques.

Le manque d'observations n'a pas permis de tracer des isopièzes au droit de certaines petites buttes du nord du Bassin parisien. Au droit de la Montagne de Reims, l'absence d'ouvrages captant les nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien ne permet pas d'esquisser de piézométries.

Des isopièzes considérées comme peu fiables ont été conservées sur certains secteurs, car elles peuvent rendre compte d'une réalité régionale. C'est notamment le cas :

- de la nappe du Lutétien :
  - au droit des buttes du Soissonnais et en bordure sud de la vallée de l'Aisne. Dans le Soissonnais, le réservoir du Lutétien, parfois sec, est fortement découpé par les nombreuses petites vallées. Le nombre de sources et d'ouvrages mesurés n'a pas permis de tracer une piézométrie vraisemblable, rendant compte de l'influence des

nombreux cours d'eau et des ruptures brutales de pente dues aux versants abrupts formés par les calcaires ;

- au droit des plateaux du Clermontois ;
  - en banlieue nord de Paris, notamment sur la fosse de Saint-Denis ;
  - sur le plateau entre Clignon, Ourcq et Marne.
- de la nappe de l'Yprésien supérieur :
- au droit de la butte entre les vallées de l'Aisne et de la Vesle ;
  - au droit des plateaux du bassin versant de l'Ourcq ;
  - au nord de la région parisienne, entre l'Oise et la Seine.
- de la nappe continue du Lutétien et de l'Yprésien supérieur (sud du Bassin parisien) :
- sur le plateau de Madrie ;
  - sur certaines régions de la Brie, notamment en partie occidentale et sur les plateaux entre la Marne et le Petit Morin puis entre le Petit Morin et le Grand Morin ;
  - en Beauce et en Gâtinais.

#### 4.4.2. Clés de lecture des cartes piézométriques

Les cartes piézométriques sont une représentation cartographique, à un instant donné, de la surface des nappes libres ou de la pression hydrostatique des nappes captives. Elles peuvent être lues comme des cartes topographiques, les courbes de niveau (ou isopièzes) correspondant aux altitudes de la nappe au moment de la mesure piézométrique, donnent des indications sur l'état hydraulique de la nappe, le sens des écoulements et leur vitesse. L'altitude de chaque courbe de niveau (ou isopièze) est indiquée en mètres et possède le même plan de référence qui est celui du réseau de nivellement général de la France (NGF).

##### a) *État hydraulique*

Le toit de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur peut être considéré comme étant la base des argiles de Laon (Yprésien supérieur), lorsqu'elles sont continues et épaisses (nord du Bassin parisien). En l'absence de ces argiles de Laon imperméables, les sables de l'Yprésien supérieur sont en communication hydraulique directe avec les calcaires du Lutétien. Bien que formant des couches géologiques distinctes, les sables de l'Yprésien ne peuvent alors pas être dissociés du calcaire du Lutétien sur le plan hydraulique.

Le toit de l'aquifère des calcaires du Lutétien peut être considéré comme étant la base :

- des marnes et caillasses du Lutétien supérieur si l'on considère le contraste de perméabilité verticale / horizontale ;
- des marnes infra-gypseuses du Marinésien (Bartonien), lorsqu'il peut y avoir des échanges hydrauliques au travers des marnes et caillasses.

Le manque de connaissance concernant les caractéristiques (extension, épaisseur, perméabilité) des formations géologiques peu perméables des argiles de Laon et des marnes et caillasses empêche de définir la limite précise de captivité des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Il n'est donc pas possible de délimiter formellement les zones où les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont captives par simple croisement SIG de

l'altitude du toit théorique de l'aquifère (modèle géologique du Tertiaire DRIEE, 2010) et de la piézométrie de la nappe.

Pour exemple, il est possible que les secteurs où le niveau statique de la nappe de l'Yprésien supérieur s'établit au-dessus des argiles de Laon soient représentatifs :

- soit de la mise en captivité de la nappe de l'Yprésien supérieur sous les argiles de Laon imperméables et continues ;
- soit de la présence d'une nappe multi-couche, libre ou captive, des aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur alors en continuité hydraulique.

### **b) Sens d'écoulement**

Les isopièzes sont des équipotentielles : la charge hydraulique est la même le long d'une isopièze. L'axe de l'écoulement des eaux souterraines est toujours perpendiculaire aux isopièzes et le sens d'écoulement va dans le sens des potentiels décroissants, de la charge hydraulique (altitude) la plus élevée vers la plus faible (Illustration 30). Ainsi, le trajet d'une goutte d'eau peut être déterminé en l'imaginant se déplacer le long d'un axe mené par le point de départ de la goutte et perpendiculaire à deux isopièzes immédiates, de l'isopièze la plus élevée vers la plus profonde. Les limites des bassins versants hydrogéologiques se définissent le long des crêtes piézométriques tandis que les points les plus bas correspondent aux axes de drainage (Illustration 30).

L'analyse des piézométries montre que les lignes de courant partent des plateaux et convergent vers les vallées. Ce constat prouve le rôle prédominant joué par les vallées structurantes (Oise, Ourcq, Marne, Seine, ...), les rivières drainant les nappes. Ce phénomène est particulièrement visible sur les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur au nord du Bassin parisien. Les bassins versants hydrogéologiques se superposent alors globalement aux bassins versants topographiques.

Ce drainage par les cours d'eau est également perceptible mais dans une moindre mesure au sud de la Marne et de la Seine, au droit de la Brie et du Mantois. En effet, les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur peuvent se retrouver en contact avec la nappe alluviale au droit de certaines vallées (Grand Morin, Petit Morin et Seine). En zone de fort recouvrement, ce constat traduit également des phénomènes de drainance avec les nappes supérieures (Grand Morin, Aubetin, Yerres, Seine amont) ou de l'influence de la géologie structurale (fosse de Saint-Denis, fosse de Melun-Draveil, anticlinal de la Remarde), les cours d'eau empruntant fréquemment les synclinaux.

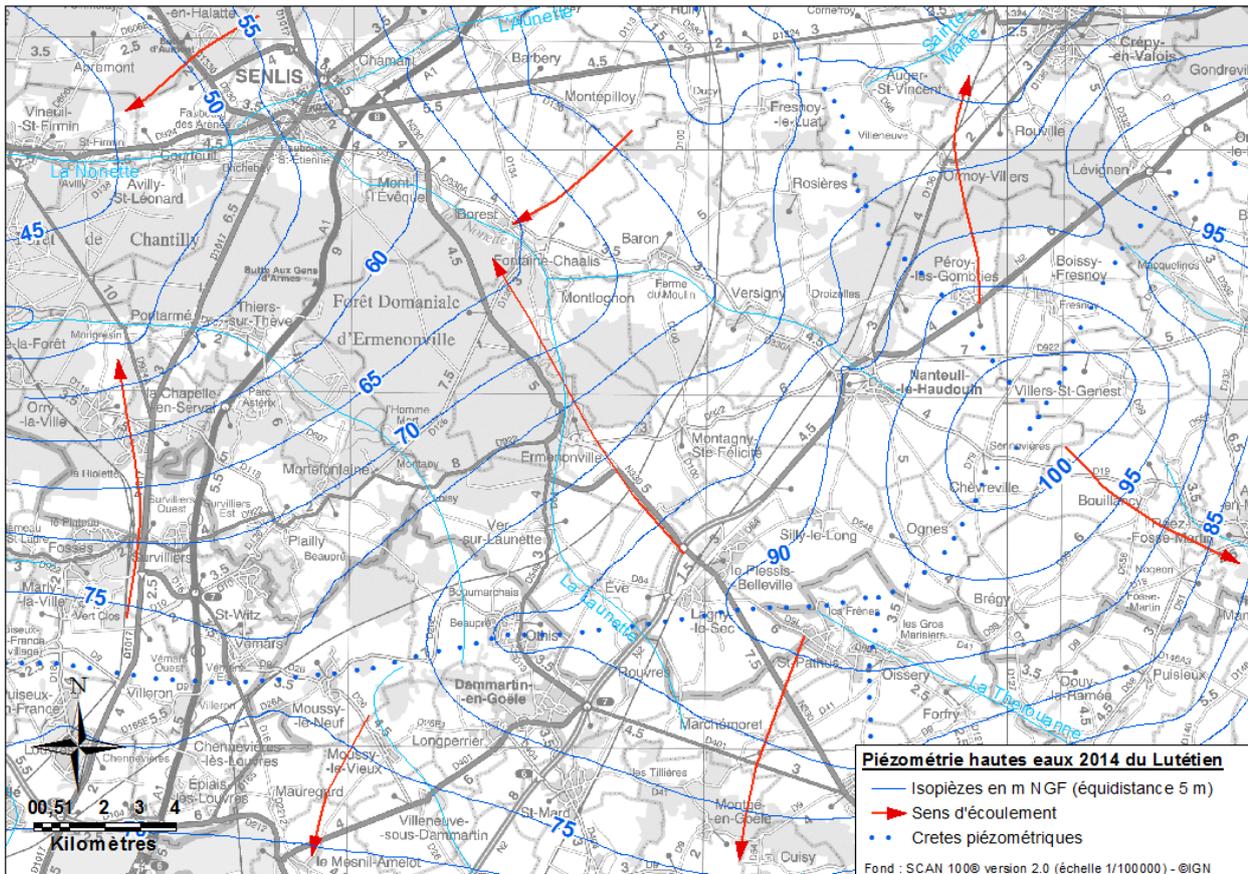


Illustration 30 - Carte piézométrique de la nappe du Lutétien en période de hautes eaux 2014 avec indication du sens d'écoulement général et des crêtes hydrogéologiques.

### c) Amplitude piézométrique

Les niveaux sont variables au cours de l'année (hautes eaux, basses eaux ou moyennes eaux) et fluctuent d'une année à l'autre (variations inter-annuelles). Les mesures du niveau de la nappe permettent de déterminer la variabilité de la nappe dans le temps et de calculer une amplitude entre les niveaux les plus bas et les plus hauts, aussi appelé « battement de la nappe ».

À la simple observation des cartes et de l'allure des isopièzes, on constate que les écoulements des eaux souterraines et les limites des bassins versants souterrains n'évoluent pas entre les basses eaux 2013 et les hautes eaux 2014.

Les variations annuelles qui affectent les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ont une faible amplitude sur l'ensemble du Bassin parisien. Les fluctuations entre basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 sont généralement de l'ordre du décimètre et ne dépassent pas 3 m en régime libre au droit des plateaux. Ce constat confirme la représentativité des ouvrages suivis dans le cadre du réseau piézométrique de Seine-Normandie.

#### **d) Gradient hydraulique**

Le gradient hydraulique entre deux points de la surface piézométrique est l'équivalent de la pente en topographie. Il est déterminé par calcul du rapport de la différence de potentiel entre deux points (différence de charge hydraulique) sur la distance séparant les deux points. Les vitesses d'écoulement des nappes sont liées à la perméabilité des aquifères et au gradient.

Dans le nord du Bassin parisien, les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont fortement influencées par la topographie. Les gradients hydrauliques sont alors plus faibles au droit des plateaux et des vallées drainantes que sous les coteaux. En zone de fort recouvrement, les gradients hydrauliques sont généralement homogènes et faibles.

#### **e) Relation entre les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur**

Les cartes piézométriques des nappes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur, en périodes de basses eaux 2013 et de hautes eaux 2014, ont confirmé la difficulté à pouvoir distinguer les secteurs où les deux nappes sont distinctes ou en équilibre hydrostatique.

En effet, pour réaliser des cartes piézométriques comparables, il aurait fallu que la répartition des mesures sur les deux aquifères soit identique. Ainsi, la modélisation d'une même surface avec des points de mesures répartis différemment ne donnera pas le même résultat. En théorie, l'idéal aurait donc été de pouvoir disposer d'ouvrages en doublons (flute de pan), afin de mesurer les niveaux statiques des deux nappes sur chaque point.

De plus, la densité des mesures piézométriques est faible et inégale sur les zones où la question de l'individualisation des deux nappes se pose, notamment sur les plateaux au nord de l'Île-de-France (fermeture des industries au nord de Paris, ouvrages captant préférentiellement les nappes superficielles du Bartonien ou la craie dans la vallée de la Marne, ...). Bien que les piézométries finales semblent représentatives de la variabilité régionale, des incertitudes d'interpolation des données (méthode de krigeage) liées à la densité peuvent conduire à des erreurs d'interprétation.

### **4.4.3. Analyse des cartes piézométriques**

#### **a) Soissonnais et buttes du Noyonnais, de Saint Gobain et du Laonnois**

La large vallée de l'Aisne, encaissée d'environ 100 m, sépare le Soissonnais en deux parties équivalentes. Au nord, s'étendent les buttes du Soissonnais, de Saint-Gobain et du Laonnois. Au sud, les plateaux calcaires du Soissonnais sont fortement découpés par de nombreuses petites vallées aux versants abrupts.

Tandis que les sables de l'Yprésien supérieur affleurent dans les vallées, les calcaires du Lutétien constituent l'ossature des plateaux. Les terrains du Bartonien forment les versants de buttes témoins, sur la crête topographique en limite avec le bassin de l'Ourcq, et le sommet de la butte de Saint-Gobain.

Au droit du Soissonnais, la séparation en deux nappes distinctes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est prouvée. Les épaisseurs des argiles de Laon sont importantes et les affleurements nombreux. De nombreuses sources sourdent au contact des calcaires du Lutétien avec les argiles sous-jacentes. Les niveaux d'eau mesurés dans les sables se trouvent généralement 30 m sous ceux des calcaires.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

Les isopièzes de la nappe du Lutétien sont considérées comme peu fiables, notamment sur les buttes nord du Soissonnais et en bordure sud de la vallée de l'Aisne. En effet, le réservoir du Lutétien est fortement découpé par de nombreuses petites vallées. Le nombre de sources et d'ouvrages mesurés n'a pas permis de tracer une piézométrie acceptable. Les cartes piézométriques du Lutétien sont difficilement exploitables.

La nappe des calcaires est considérée comme libre et semble souvent se localiser dans les niveaux plus sableux de la base de l'étage lutétien, où la perméabilité d'interstices est prépondérante. Compte tenu de l'enfoncement des cours d'eau, le réservoir du Lutétien se retrouve perché. Le drainage, via des sources de type déversement, est très efficace et l'aquifère se retrouve souvent sec sur les buttes du nord de l'Aisne. Au droit de la butte de Saint-Gobain, les mesures ne permettent pas de conclure sur la mise en captivité de la nappe sous les argiles du Bartonien inférieur (Marinésien).

La nappe des calcaires du Lutétien se rencontre à moins de 1 m en vallée lorsque la formation affleure, et jusqu'à 35 m de profondeur sous les plateaux du Soissonnais. La piézométrie épouse globalement la surface topographique et les eaux souterraines circulent des plateaux vers les nombreuses vallées qui découpent le réservoir.

Les amplitudes piézométriques annuelles sont peu marquées, même en plateaux. Lors des campagnes de 2013-2014, le battement de la nappe était inférieur à 0,5 m en vallée et à 1 m en plateau.

### **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

L'aquifère de l'Yprésien supérieur n'est jamais complètement saturé, les niveaux étant toujours mesurés dans les sables yprésiens. La nappe est considérée libre même au droit des plateaux sous recouvrement des formations du Lutétien. Elle passe localement en captivité et devient artésienne sous les alluvions tourbeuses des vallées humides.

La nappe de l'Yprésien peut atteindre une profondeur de 10 à 20 m sur les versants et de 45 m sous les plateaux du Soissonnais. Lorsque les sables de l'Yprésien supérieur affleurent en vallée, la nappe se rencontre à moins de 5 m (souvent même moins de 3 m).

La surface piézométrique reproduit la topographie, en atténuant fortement les ruptures de pente. Les affluents de l'Aisne, de l'Oise et de l'Ailette influencent fortement la piézométrie et drainent la nappe lorsqu'ils s'écoulent sur les sables de l'Yprésien supérieur. Les lignes de partage des eaux sont pratiquement similaires avec celles des eaux de surface.

Le gradient hydraulique est de 0,5 à 2 ‰ au sommet des plateaux au droit des crêtes piézométriques, d'environ 7 à 10 ‰ sur les versants et de 0,5 à 2,5 ‰ sur les replats formés des sables de l'Yprésien supérieur, de part et d'autre de la vallée de l'Aisne.

Les amplitudes piézométriques annuelles sont peu marquées, même en plateaux. Lors des campagnes exceptionnelles de 2013-2014, le battement de la nappe était inférieur à 1 m.

## **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Les cartes piézométriques réalisées entre 1962 et 1975 dans les départements de l'Aisne (Allier D et Chrétien P., 2009) et de l'Oise (Bault V. *et al.*, 2012) ne semblent pas représentatives de la piézométrie de la nappe l'Yprésien supérieur d'une part et du Lutétien d'autre part. En effet, la prise en compte de mesures sur deux nappes distinctes afin de tracer une piézométrie commune induit des gradients très élevés sur les versants. Les écoulements sont alors fortement influencés par le relief quelquefois abrupt formé par les cuestas lutétiennes. Les profils présentent une allure de « marches d'escaliers » aux abords des vallées.

Ce phénomène n'a pas été constaté sur les cartes piézométriques de 2013 et de 2014.

### **b) Clermontois**

Le Clermontois, massif tertiaire d'altitude moyenne supérieure à 150 m, est composé de plateaux calcaires (Lutétien) tabulaires séparés par des vallons humides et par les vallées de la Brèche et du Thérain qui rejoignent au sud-est la vallée de l'Oise. La région est limitée au sud-ouest par l'anticlinal de Bray et à l'est par la vallée de l'Oise. Les cours d'eau s'écoulent dans de larges vallées dont le substratum est constitué des sables de l'Yprésien supérieur.

Dans le Clermontois, la présence des argiles de Laon au niveau des plateaux permet de distinguer les piézométries des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Lors des campagnes piézométriques, le niveau du Lutétien était généralement 15 à 20 m supérieur à celui de l'Yprésien.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

Au droit du Clermontois, l'absence de mesures sur la nappe du Lutétien et notamment au droit des plateaux ne permet pas de tracer une piézométrie fiable. L'extension du réservoir du Lutétien, découpé par l'Oise, la Brèche, le Thérain et le ruisseau de Cires, est réduite.

Le réservoir du Lutétien se retrouve en position perchée et la nappe est libre sur l'ensemble du Clermontois.

Lors des campagnes piézométriques, la profondeur maximale de la nappe du Lutétien a été mesurée à 30 m au droit des plateaux. A proximité des vallées, la nappe se retrouve à moins de 5 m du sol. Les écoulements semblent influencés par la géologie structurale et les eaux souterraines circulent en direction du synclinal du Thérain.

Au cours des campagnes de mesures de basses eaux 2013 et hautes eaux 2014, les niveaux de la nappe du Lutétien ont peu varié.

### **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

L'aquifère de l'Yprésien supérieur n'est jamais saturé, les niveaux étant toujours mesurés dans les sables. La nappe est alors considérée libre même au droit des plateaux sous recouvrement des formations du Lutétien. Elle passe localement en captivité et devient artésienne sous les alluvions tourbeuses du Thérain et de l'Oise.

Les niveaux d'eau sont sub-affleurants en vallées humides et atteignent plus de 50 m de profondeur en plateaux. La nappe est clairement drainée par le Thérain et l'Oise et l'écoulement général s'effectue vers le sud-est et l'Oise.

Les gradients hydrauliques sont de 1 à 2 ‰ en vallées et de 7 à 10 ‰ sur les versants et en plateaux. Toutefois, ces gradients restent difficiles à déterminer en plateaux, du fait du manque d'observations.

L'amplitude piézométrique saisonnière entre basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 est globalement faible et inférieure à 0,3 m.

### **c) Vexin**

Le Vexin se présente comme un plateau au relief ondulé, de 100 à 150 m d'altitude. Il est limité respectivement à l'est, au sud et à l'ouest par les vallées de l'Oise, de la Seine et de l'Epte. Ce plateau est entaillé par une série de rivières secondaires, affluents de l'Oise (Sausseon et Viosne), de la Seine (Aubette de Meulan) et de l'Epte (Aubette de Magny). Des buttes témoins couronnées de sables de Fontainebleau et d'altitudes comprises entre 200 et 217 m (Montjavoult, Molière de Serans, buttes de Rosne) surplombent le plateau.

Les sables de l'Yprésien supérieur n'affleurent que sous les alluvions dans les vallées de l'Oise, de la Viosne et du Sausseron. Les buttes dominant les plateaux du Lutétien sont constituées par les formations du Bartonien sur les versants et du Priabonien et Rupélien au sommet.

Au nord-est de la vallée de la Viosne et de façon plus accentuée au niveau du Sausseron, la présence d'un niveau argileux entre le Lutétien et l'Yprésien permet localement d'individualiser deux niveaux aquifères. La différence de charge entre les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est d'environ 5 m. Ailleurs, il est considéré que les deux aquifères sont en continuité et qu'ils contiennent une nappe unique. En effet, les mesures piézométriques des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur sont très proches. De plus, de nombreux ouvrages captant les calcaires sont secs.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur**

Le drainage important de la nappe provoque un dénoyage de l'aquifère du Lutétien. Ainsi, les niveaux d'eau sont mesurés dans le réservoir du Lutétien au centre des plateaux sous recouvrement du Bartonien. Ailleurs, l'aquifère du Lutétien est sec et la nappe circule dans les sables de l'Yprésien supérieur. La nappe est donc considérée libre, voire localement captive sous les alluvions de la Viosne et de l'Oise.

Au droit des plateaux, les niveaux s'échelonnent de 40 à 60 m voir 90 m de profondeur à l'est de la Viosne et entre 25 et 45 m à l'ouest. Ils sont inférieurs à 1 m en vallées drainantes.

Les eaux souterraines suivent globalement la topographie de surface et rejoignent les grandes vallées structurantes : l'Oise, l'Epte et la Seine. Ainsi, sur la partie orientale du Vexin, la nappe est drainée vers le sud-est notamment par la Viosne qui se loge dans une dépression synclinale. Les écoulements se retrouvent ensuite contrôlés par l'Oise vers le sud-ouest. À l'ouest, les écoulements sont plus divergents : la nappe est drainée par de petits cours d'eau ou se déverse par des sources au contact des argiles de l'Yprésien inférieur.

La pente piézométrique est faible au droit des plateaux, de 1 à 2 ‰ sur la butte d'Arthies et de Montagny-en-Vexin et de 2 à 5 ‰ sur les buttes du nord-est de la Viosne. Elle s'accroît en versant pour atteindre 8 à 10 ‰ en vallée amont de la Viosne. Au nord-est, l'existence de nombreuses vallées (Sausseron, ru de Theuville, ru de Frouville) provoque un fort drainage (gradient de 10 à 30 ‰) de la nappe de l'Yprésien supérieur.

Les piézométries sont quasiment identiques entre basses eaux 2013 et hautes eaux 2014, la différence de niveaux étant inférieure à 0,1 m en vallée et à 0,5 m en plateaux.

### **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Les piézométries de 2013 et de 2014 sont relativement semblables à celles relevées entre 1962 et 1975 (Mégny C., 1976 et Bault V. *et al.*, 2012), notamment sur la partie nord de la flexure de Vigny (vallée de l'Aubette). Les anciennes isopièzes prennent toutefois plus en compte la topographie et le drainage par les cours d'eau.

#### **d) Valois**

Le Valois est formé d'un vaste plateau d'une altitude moyenne de 100 m, dominé par quelques buttes témoins. Ce plateau se trouve légèrement incliné vers l'ouest et la vallée de l'Oise. Il est bordé par les vallées de l'Oise à l'ouest, de l'Automne au nord et de l'Ourcq à l'est et est entaillé par de nombreuses vallées (Nonette, Thève, Gergogne, Grivette, ...).

Les sables de l'Yprésien se retrouvent sous les alluvions de l'Automne et en bas des versants de la vallée de l'Oise. Les calcaires du Lutétien constituent le soubassement du plateau et sont responsables des versants abrupts des vallées. Alors que les formations du Bartonien forment les versants des buttes, les terrains du Priabonien et du Rupélien en occupent les sommets.

Au nord de l'Automne, les niveaux d'eau mesurés dans les sables se trouvent généralement à une trentaine de mètres sous ceux des calcaires. Au sud, la différence entre les deux nappes est plus difficile à déterminer et paraît s'effacer. Sur les bassins de la Nonette et de la Thève, les nappes semblent s'équilibrer. Cependant la continuité des nappes de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien reste difficile à démontrer.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

La nappe des calcaires du Lutétien est majoritairement libre et le réservoir du Lutétien n'est alors pas entièrement saturé. Sur les parties amont des bassins versant de la Nonette, de Launette et de la Thève, la nappe devient captive, les cotes piézométriques se mesurant au-dessus du toit du Lutétien.

Les niveaux sont sub-affleurants en vallée de la Nonette, de ses affluents et de la Thève. Ils atteignent des profondeurs de 25 à 40 m sous les plateaux et jusqu'à plus de 65 m localement sous les buttes du Priabonien-Rupélien.

Les sens d'écoulement s'effectuent globalement vers l'ouest et la vallée de l'Oise. Le drainage s'effectue par les vallées de l'Automne, de la Nonette, de ses affluents et de la Thève qui recoupent l'aquifère et le long desquelles apparaissent des sources. Les crêtes piézométriques, bien marquées, se superposent grossièrement aux crêtes topographiques et la présence de karsts ne semble pas influencer les écoulements des eaux souterraines.

Les gradients hydrauliques sont relativement faibles et homogènes sur l'ensemble du Valois, traduisant une perméabilité probablement homogène de l'aquifère. Ils sont inférieurs à 2 ‰ sur les crêtes piézométriques et compris entre 2 et 4 ‰ en plateaux calcaires et vallées.

Les variations saisonnières, entre basses eaux 2013 et hautes eaux 2014, sont peu marquées : souvent inférieures à 0,1 m en vallée de l'Automne, de la Nonette et de la Launette et à 0,5 m en vallée de la Thève et sur les plateaux.

### **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

En dehors des zones situées près des affleurements de la vallée de l'Automne et de l'Oise, l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur est toujours entièrement saturé. Les niveaux s'établissent alors au droit des calcaires du Lutétien voire même des formations du Bartonien sur l'amont des bassins de la Launette et de la Thève. Cet état peut être la preuve de la mise en captivité de la nappe ou de la continuité des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

Les niveaux sont sub-affleurants dans la vallée de l'Automne, où des sources de débordement naissent au contact des alluvions, et peuvent atteindre jusqu'à 45 m de profondeur en plateaux. Au droit des vallées de la Nonette et de la Thève, les cotes piézométriques pourraient se retrouver au-dessus du sol. Cependant aucune mesure ne vient vérifier ce phénomène.

Les écoulements se dirigent vers l'ouest et suivent globalement la topographie de surface, en adoucissant fortement les reliefs. Ils sont influencés par les vallées de l'Automne et de l'Oise, où les sables forment le substratum des alluvions. Dans la vallée de l'Oise, le sens d'écoulement s'infléchit vers le sud-sud-ouest. L'insuffisance de mesures ne permet pas de conclure sur un éventuel drainage par les vallées de la Nonette, de la Thève et de ses affluents. La crête piézométrique séparant les bassins versants de la Nonette et de l'Ourcq est également mal représentée mais semble correspondre à celle de la nappe du Lutétien.

Les gradients hydrauliques de la nappe de l'Yprésien supérieur s'échelonnent de 2 à 3 ‰ sur les plateaux mais peuvent atteindre des valeurs assez élevées à l'approche des vallées de l'Oise et de l'Automne (6 à 10 ‰).

Au cours des campagnes de mesures de basses eaux 2013 et hautes eaux 2014, les fluctuations saisonnières de la nappe ont été pratiquement inexistantes : inférieures à 0,1 m en vallées de l'Automne et de l'Oise et inférieures à 0,50 m en plateaux.

### **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Les piézométries antérieures, réalisées entre 1962 et 1975 (Mégny C., 1976 et Bault V. *et al.*, 2012) et associant les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien, ne semblent pas représentatives des écoulements au sein notamment de la nappe de l'Yprésien supérieur.

Elles montrent que les écoulements sont fortement influencés par les cours d'eau drainant et par le relief quelquefois abrupt formé par les cuestas lutétiennes. Les profils présentent alors une allure de « marches d'escaliers » aux abords des vallées. Ce phénomène n'a pas été constaté sur les cartes piézométriques de 2013 et de 2014, les gradients hydrauliques étant plus homogènes notamment sur la nappe du Lutétien.

Les anciennes crêtes piézométriques de la nappe du Lutétien sont confirmées par les piézométries de 2013 et de 2014.

### **e) Parisis (Pays de France)**

Le Parisis, appelé également Plaine de France ou Pays de France, s'étend sur la région parisienne et sa banlieue nord. Il est limité par l'Oise au nord-ouest, par le bassin versant de la Thève au nord-est, par la Marne au sud-est et par la Seine au sud-ouest.

Les grandes plaines au nord de Paris se développent sur les formations du Bartonien, dominées par des buttes du Priabonien et Rupélien. La Seine a creusé son lit jusqu'aux calcaires du Lutétien et la vallée de l'Oise s'établit sur les sables de l'Yprésien supérieur. Le synclinal de la fosse de Saint-Denis, grand accident majeur du nord de Paris, structure les couches géologiques.

Les niveaux d'eau mesurés en 2013 et 2014 dans les sables de l'Yprésien supérieur et dans les calcaires du Lutétien sont très proches. La différence de niveaux est de 5 m à Paris et jusqu'à 10 m sur le plateau au nord de Franconville, Montmorency et Gonesse. Les isopièzes indiquent que les nappes ont un écoulement général comparable. Cependant il est difficile de démontrer si les nappes de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien sont distinctes ou en continuité. Lors de relevés sur deux ouvrages proches, les niveaux mesurés étaient souvent voisins.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

Le réservoir du Lutétien se retrouve saturé au droit du synclinal de Saint Denis et de la vallée de la Marne. Les dômes piézométriques de Dammartin-en-Goële et Villers-Saint-Genest sont notablement plus hauts que le toit du Lutétien montrant l'alimentation de la nappe par des phénomènes de drainance à travers les aquifères supérieurs. Les cotes piézométriques se situent alors au droit des formations du Bartonien voire au-dessus du sol dans certaines vallées (Marne, Crould). Ainsi, la nappe du Lutétien est en charge sous les alluvions de la Marne et de la Seine. Au sud des boucles de la Seine, sous l'anticlinal de Beynes-Meudon, ainsi que sur les plateaux bartoniens surplombant la vallée de l'Oise, le réservoir lutétien n'est pas complètement saturé. En effet, la nappe se retrouve libre au droit et à proximité des affleurements des calcaires et s'écoule parfois par de petites sources.

Les niveaux sont affleurants dans la vallée de la Marne, profonds de 5 à 20 m dans les boucles de la Seine, de 30 à 45 m sous les plateaux et jusqu'à plus de 60 m sous les buttes témoins.

L'écoulement général de la nappe s'effectue vers le sud-ouest, la Seine étant l'exutoire principal des eaux souterraines. Une dépression piézométrique est visible sous Paris, sans toutefois modifier le sens des échanges avec la Seine. L'Oise, dans sa partie aval, et la Marne influencent aussi plus localement les circulations des eaux souterraines. Les crêtes piézométriques entre les bassins de l'Oise, de la Marne et de la Seine sont peu prononcées mais restent peu différentes des lignes de partage des eaux de surface.

Les gradients hydrauliques, de 2 à 3 ‰ en moyenne, restent faibles et homogènes.

Les mesures entre les basses eaux 2013 et les hautes eaux 2014 sont inférieures à 0,3 m dans les boucles de la Seine et à 1 m sur les plateaux. Les sens d'écoulement demeurent assez similaires. Toutefois, sur les plateaux au nord-ouest de la fosse de Saint-Denis, les différences de niveaux sont d'une dizaine de mètres. L'absence de mesures sur ce secteur ne permet pas de valider l'interpolation des isopièzes.

## **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

En dehors des zones situées près des affleurements, l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur est toujours entièrement saturé. Les cotes piézométriques se situent au droit des formations du Lutétien ou du Bartonien voire au-dessus du sol dans la fosse de Saint-Denis et dans la vallée de la Marne. A proximité des rares affleurements de la boucle de Boulogne-Billancourt, la nappe est libre sur de petites surfaces. Elle s'écoule par quelques sources à Auteuil et Passy.

En 2013 et 2014, la profondeur des eaux souterraines a été mesurée vers 1 m dans la vallée de la Marne et de l'Oise, entre 5 à 25 m dans les boucles de la Seine et de 40 à 50 m sous les plateaux.

Les écoulements se dirigent vers le sud-ouest et la Seine ou l'ouest et l'Oise, rivières drainant fortement la nappe. Sous Paris, une dépression piézométrique est présente mais la Seine constitue toujours l'exutoire de la nappe. Les crêtes piézométriques entre les bassins de l'Oise, de la Marne et de la Seine bien que peu marquées suivent celles de la topographie.

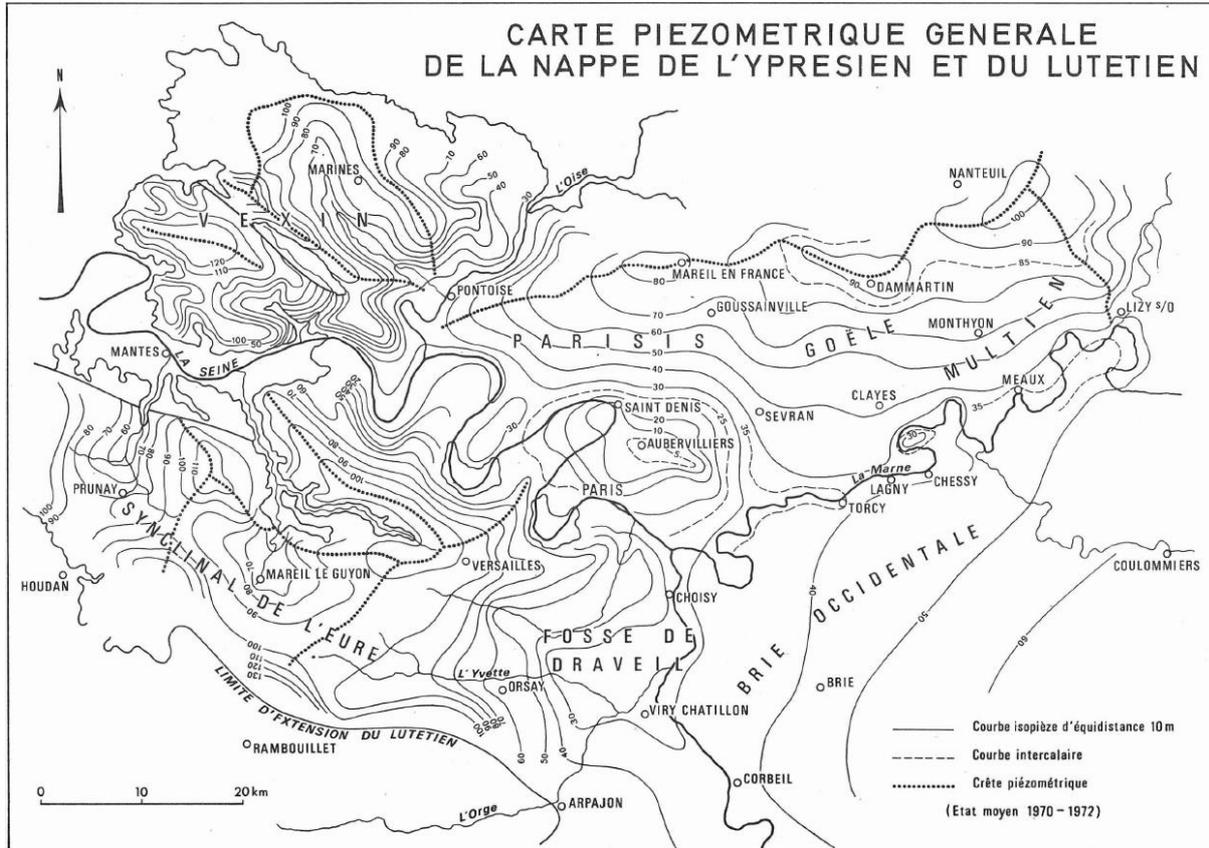
Les gradients hydrauliques, de 2 à 2,5 ‰ en moyenne, demeurent faibles et homogènes, comparables à ceux de la nappe du Lutétien. Ils s'accroissent légèrement à proximité des cours d'eau drainant, l'Oise et la Seine.

Au cours des campagnes de mesures de basses eaux 2013 et de hautes eaux 2014, les niveaux de la nappe de l'Yprésien supérieur ont peu varié (<0,15 m) dans la vallée de l'Oise et dans les boucles de la Seine. L'amplitude piézométrique maximale a été de 1 m et jusqu'à 3 m sur les plateaux du nord du Paris.

## **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Dans la région de Saint-Denis, les premiers forages profonds réalisés dans les sables de l'Yprésien supérieur entre 1820 et 1870 présentaient un niveau d'équilibre très proche du sol, voire parfois artésien jaillissant. Les niveaux d'eau étaient alors situés entre +36 et +40 m NGF. La carte piézométrique réalisée au XIX<sup>ème</sup> siècle (Delesse A., 1861 et Delesse A., 1867) montre que les eaux souterraines s'écoulaient vers la Seine qui constituait leur exutoire naturel.

Une vaste dépression piézométrique liée à une surexploitation de la nappe est bien visible sur la carte de 1970-1972 (Illustration 29). Ce cône de rabattement, axé sur Aubervilliers, avait un rayon d'influence de l'ordre de 8 à 10 km et pouvait atteindre 25 m de profondeur, le toit de la nappe se situant alors vers +10 m NGF au centre de la dépression. Localement, le sens d'écoulement était inversé et la Seine alimentait la nappe.



Source : Mégnien C., 1976 (p416)

Illustration 29 - Carte générale de la surface piézométrique de la nappe de l'Yprésien et du Lutétien (État moyen 1970 - 1972).

Cette dépression n'est plus marquée sur les piézométries de 2013 et de 2014. La diminution de l'exploitation de la nappe, surtout sur Paris et Saint-Denis depuis le milieu des années 1970 a provoqué la remontée des niveaux de 15 à 25 m environ. Les systèmes d'écoulement reprennent le schéma général naturel influencé par le fort drainage de la Seine. Un creux piézométrique d'une dizaine de mètres axé sur Paris reste toutefois visible sur les cartes piézométriques de 2013 et 2014.

Plus au nord vers le Valois, la piézométrie est restée relativement constante entre la carte de 1970-1972 (Mégnien C., 1976) et celles de 2013 et 2014. Les crêtes piézométriques se superposent et les niveaux des eaux souterraines sont proches.

#### f) Multien et Goële

Le Multien et la Goële s'étendent au nord de Meaux, en rive droite de la Marne. Ces régions correspondent au nord du bassin versant aval de la Marne, après la confluence avec l'Oise, incluant les bassins versants de la Gergogne et de la Thérouranne. Elles sont bordées par l'Ourcq à l'est, la Marne au sud, la Beuvronne à l'ouest et les monts de la Goële au nord.

La grande plaine agricole du Multien s'établit sur les formations du Bartonien, dominées par les buttes de la Goële constituées de terrains du Priabonien et du Rupélien. La vallée de la Marne a entaillé les couches géologiques jusqu'aux marnes et caillasses du Lutétien supérieur. Les réservoirs de l'Éocène moyen et inférieur (Lutétien et Yprésien supérieur) se retrouvent en profondeur, recouverts par un empilement allant de l'Auverisien (Bartonien) au Rupélien.

Les piézométries de 2013 et 2014 dressées pour les sables de l'Yprésien supérieur et pour les calcaires du Lutétien sont très proches. La différence de niveaux est de moins de 5 m en moyenne et jusqu'à 10 m sur le plateau de la Goële, du fait probablement du manque de données sur les niveaux piézométriques de l'Yprésien supérieur. Les écoulements souterrains sont globalement comparables. Cependant il est difficile de démontrer si les nappes de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien sont distinctes, les argiles de Laon étant très lacunaires, ou en équilibre hydrostatique.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

Le régime de la nappe du Lutétien est généralement libre à proximité des vallées de l'Ourcq et de la Marne ainsi que dans la plaine en amont de Meaux. Au centre du plateau et sous les buttes de la Goële, les cotes piézométriques sont supérieures au mur du Bartonien. Les niveaux se retrouvent parfois artésiens jaillissants sous les alluvions de la Marne.

Les niveaux piézométriques sont proches du sol en vallées, notamment à proximité de la Marne, et atteignent 20 m sous les plateaux à 30 m sous les buttes de la Goële.

Les eaux souterraines s'écoulent des hauteurs de la Goële vers les vallées de l'Ourcq à l'est et de la Marne au sud. Les piézométries sont également influencées localement par la Gergogne et la Théroüanne. Au nord et à l'ouest, les eaux souterraines rejoignent les bassins de la Nonette, de la Thève et de l'Oise.

Les gradients hydrauliques restent faibles : de 2,5 ‰ sur les crêtes piézométriques, ils augmentent à 4 ‰ sur les plateaux pour devenir inférieurs à 1 ‰ dans la vallée de la Marne.

Les variations entre les mesures basses eaux de 2013 et hautes eaux de 2014 sont inférieures à 0,2 m en plateaux mais peuvent atteindre le mètre dans la vallée de la Marne, les niveaux étant influencés par ceux de la rivière. Les piézométries de 2013 et 2014 ne varient que peu. Sur le plateau en rive droite de l'Ourcq, les niveaux des basses eaux 2013 sont parfois plus hauts que ceux de hautes eaux. Ce phénomène peut s'expliquer par des pompages qui n'ont pas été arrêtés suffisamment tôt avant les mesures de 2014.

### **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

L'aquifère de l'Yprésien supérieur est toujours entièrement saturé et les cotes piézométriques se mesurent au droit des formations du Lutétien sur la plaine en amont de Meaux et dans la vallée de l'Ourcq, et au droit des terrains du Bartonien sur les plateaux.

Les eaux souterraines circulent entre moins de 1 m de profondeur en vallée de la Marne à plus de 50 m sous les plateaux.

Les écoulements s'effectuent depuis les buttes de la Goële en direction des grandes vallées drainantes, vers le sud et la Marne ainsi que vers l'est et l'Ourcq. Les petits cours d'eau n'ont que peu d'influence sur la piézométrie.

Les gradients hydrauliques sont en moyenne de 3 ‰ et tombent à 1 ‰ dans la vallée de la Marne.

Les différences de niveaux entre les mesures basses eaux de 2013 et hautes eaux de 2014 s'échelonnent entre quelques centimètres à 1 m. Les isopièzes issues des deux campagnes présentent une allure identique.

## **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

La carte piézométrique issue des travaux réalisée dans le département de l'Oise (Bault V. et al, 2012) prend en compte une très forte influence des petits cours d'eau. Ce phénomène ne ressort pas de la piézométrie de 1970-1972 (Mégny C., 1976), dont l'allure générale ressemble à celles de 2013 et de 2014. La position d'une crête piézométrique à +100 m NGF sur la nappe du Lutétien est confirmée ainsi que le fort drainage par l'Oise et la Marne jusqu'à +50 m NGF en amont de Meaux.

### ***g) Orxois et Tardenois***

Les régions de l'Orxois et du Tardenois s'étendent sur le bassin de l'Ourcq, se poursuivent au sud jusqu'à la vallée de la Marne et englobent à l'est la Montagne de Reims.

Le paysage est marqué par des buttes du Priabonien dominant les plateaux du Bartonien et du Lutétien. Les sables de l'Yprésien supérieur se retrouvent sous les alluvions de l'Ourcq, du Clignon et de la Savières.

Les argiles de Laon semblent cloisonner les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Les niveaux d'eau des calcaires se retrouvent en moyenne 5 à 15 m au-dessus de ceux des sables. Les isopièzes de 2013 et 2014 ont une allure dissemblable même si les sens d'écoulements régionaux des deux nappes se dirigent globalement vers l'Oise et la Marne.

## **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien**

La nappe des calcaires du Lutétien est généralement libre, les niveaux s'établissant au sein de la formation. La nappe peut se retrouver artésienne très localement sur le cours amont de l'Ourcq, du fait de la présence d'alluvions tourbeuses.

La nappe des calcaires du Lutétien se rencontre à moins de 5 m de profondeur en vallée lorsque la formation est sub-affleurante, entre 15 et 20 m sous les plateaux du Lutétien, entre 30 et 40 m sous les formations du Bartonien et à plus de 55 m sous fort recouvrement.

La piézométrie épouse globalement la topographie. La direction générale des écoulements se fait en direction des axes de drainage principaux, l'Ourcq, et secondaires, la Marne, le Clignon et la Savières. La nappe des calcaires du Lutétien est drainée par les cours d'eau, sur leur partie aval, notamment par l'Ourcq qui constitue l'axe de drainage principal. Les lignes de partage des eaux sont pratiquement similaires avec celles des eaux de surface.

Les gradients hydrauliques sont de 1 à 3 ‰ dans les vallées drainant la nappe, de 1 à 2 ‰ sur les plateaux sous fort recouvrement et de 4 à 6 ‰ sur les versants des vallées de l'Ourcq et de la Marne en partie aval, sous faible recouvrement du Bartonien.

Les amplitudes piézométriques annuelles sont peu marquées, même en plateaux. Lors des campagnes exceptionnelles de 2013 et de 2014, le battement de la nappe était inférieur à 0,5 m en vallée et à 1 m en plateau. La piézométrie et les limites des bassins versants souterrains n'évoluent quasiment pas entre les hautes et les basses eaux.

## **Cartes piézométriques des sables de l'Yprésien supérieur**

Les niveaux d'eau de la nappe se stabilisent au droit des calcaires du Lutétien sus-jacents. Le régime de la nappe est alors majoritairement captif, sous fort recouvrement, ou alors les charges s'équilibrent avec la nappe des calcaires du Lutétien sus-jacente. La nappe devient localement captive sous les alluvions tourbeuses de l'Ourcq, du Clignon et de la Savières.

La nappe de l'Yprésien supérieur peut atteindre une profondeur de plusieurs dizaines de mètres sous les plateaux : de l'ordre de 20 à 30 m sous les plateaux du Lutétien et de plus de 50 m sous fort recouvrement au sud du bassin de l'Ourcq. Elle se mesure à moins de 10 m sur les versants et à moins de 5 m (souvent même moins de 3 m) dans les vallées où les sables de l'Yprésien supérieur sont présents sous les alluvions.

La surface piézométrique reproduit la topographie, en atténuant fortement les ruptures de pente. Ainsi, les eaux souterraines s'écoulent depuis les plateaux vers les cours d'eau de l'Ourcq, de la Savières et de la Marne. La nappe est drainée fortement par les vallées structurantes au sein desquelles les sables de l'Yprésien supérieur affleurent. Les lignes de partage des eaux sont faiblement marquées et se superposent à celles des eaux de surface.

Les gradients hydrauliques restent constants, entre 0,5 et 2,5 ‰. Cependant, l'absence de mesures au droit des plateaux, notamment entre l'Ourcq et la Marne, engendre un lissage de la piézométrie lors de l'interpolation, qui pourrait être à l'origine de ce constat.

La piézométrie et les bassins versants souterrains n'évoluent quasiment pas entre les hautes et basses eaux. Les amplitudes piézométriques sont peu marquées, même en plateaux. Lors des campagnes exceptionnelles de 2013 et de 2014, le battement de la nappe était inférieur à 1 m.

## **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Les piézométries dressées entre 1962 et 1975 dans le département de l'Aisne (Allier D et Chrétien P., 2009) ont été tracées uniquement sur les versants des vallées de l'Oise, du Clignon, de la Savières et de la Marne. Elles présentent de très forts gradients hydrauliques et les isopièzes ont alors une allure de « marches d'escaliers » aux abords des vallées. Ce phénomène n'a pas été constaté sur les cartes piézométriques de 2013 et de 2014 et ne semble pas représentatif des écoulements des nappes l'Yprésien supérieur d'une part et du Lutétien d'autre part.

Les isopièzes de 1962 à 1975 sur le département de l'Oise (Bault V. et al, 2012) concernent uniquement la partie ouest du bassin versant de de l'Ourcq. La piézométrie prend en compte la forte influence des cours d'eau de l'Oise et de ses affluents. Même si l'allure globale des courbes piézométriques se rapproche des isopièzes de 2013 et de 2014 du Lutétien, les cotes sont souvent différentes notamment en plateau.

### ***h) Brie***

Le plateau de la Brie s'étend de la vallée de la Marne au nord à la vallée de la Seine au sud-ouest. Le relief est peu marqué et les cours d'eau ont creusé de larges vallées peu profondes de direction principale est-ouest : Grand Morin, Petit Morin, Yerres.

Le soubassement de la plaine de la Brie est formé par les calcaires de Brie du Rupélien. Les vallées de la Seine et de l'Yerres se sont encaissées à la faveur de plis synclinaux (fosse de Melun-Draveil et fosse de Longjumeau) jusqu'aux calcaires de Champigny (Rupélien), celle du

Grand Morin jusqu'aux formations du Bartonien, voire localement du Lutétien dans son cours aval, celles du Petit Morin et du Surmelin jusqu'au Lutétien.

Le système aquifère de la Brie est complexe, formé d'un multicouche de réservoirs, séparés par des terrains géologiques semi-perméables. L'aquifère continu du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est individualisé de l'aquifère sus-jacent du Bartonien par les marnes et caillasses et les sables peu perméables de Beauchamp, au travers desquels les communications sont possibles, soit par disparition de ces horizons, soit par percolation ou drainance verticale.

Il est difficile de distinguer les surfaces piézométriques du Lutétien et de l'Yprésien supérieur puisqu'en général les niveaux statiques s'équilibrent. Les argiles de Laon ne seraient présentes qu'à l'extrême nord-est de la Brie et les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont souvent considérées comme étant en continuité. La carte piézométrique réalisée en période de hautes eaux 2014 démontre que :

- au sud du Petit-Morin, les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur présentent un comportement similaire, les niveaux piézométriques sont alors équilibrés ;
- au nord du Petit Morin, bien que les écoulements des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur soient homogènes et s'opèrent d'est en ouest en direction de la Marne, les cotes piézométriques sont distinctes. Les niveaux du Lutétien se trouvent 10 à 15 m au-dessus de ceux de l'Yprésien supérieur. Les nappes seraient alors individualisées par la présence des argiles de Laon.

Au niveau du plateau de Brie, les forages captant uniquement les formations du Lutétien et/ou de l'Yprésien supérieur sont très rares car ils captent généralement les niveaux aquifères sus-jacents. La faible densité des mesures rend donc difficile l'esquisse d'une surface piézométrique précise. Les différentes campagnes piézométriques antérieures (Mégny C., 1967 et Reynaud A.) avaient déjà montré la difficulté de connaître les niveaux de la nappe profonde de l'Éocène moyen et inférieur.

### **Cartes piézométriques des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur**

L'aquifère continu du Lutétien et de l'Yprésien supérieur n'est pas entièrement saturé au nord de la Brie, dans les vallées de la Marne et du Petit Morin, ainsi que sur la bordure est et sud-est du bassin du Tertiaire. Si on considère que la captivité de la nappe peut être considérée dès que le niveau piézométrique atteint le mur des marnes et caillasses du Lutétien supérieur sus-jacent, la nappe est à dominante captive au cœur de la Brie. Les cotes piézométriques se retrouvent entre le mur et le toit des calcaires de Champigny (Priabonien) dans la vallée de la Seine ainsi qu'entre La Ferté-Gaucher, Nangis, Melun et Brie-Comte-Robert dans la fosse de Longjumeau.

Les niveaux mesurés en 2013 et 2014 sont peu profonds en vallée de la Marne (1 à 8 m), du Surmelin (0,5 à 10 m), du Petit Morin (3 à 15 m) et en bordure est de la Brie (inférieurs à 15 m), où les calcaires du Lutétien se retrouvent à l'affleurement ou sous faible recouvrement. De nombreuses sources émergent des sables de l'Yprésien supérieur au contact avec les argiles du Sparnacien (Yprésien inférieur) : cuesta d'Ile-de-France au nord de Nogent-sur-Seine, amont de la vallée du Petit-Morin, vallée du Surmelin, vallée de la Marne. Sur les plateaux, les niveaux s'approfondissent vers l'ouest pour atteindre 70 à 80 m de profondeur au nord-ouest de la Brie vers Marne-la-Vallée.

Le sens d'écoulement général s'effectue vers l'ouest et fait ressortir la forte influence des vallées de la Seine et de la Marne et des structures synclinales qu'elles empruntent : fosse de

Draveil-Melun d'une part et fosse de Saint-Denis d'autre part. De manière générale, les crêtes piézométriques sont présentes sous les plateaux et les cours d'eau jouent un rôle important dans la drainance de la nappe. Ce phénomène est général même dans les zones de captivité de la nappe. Au nord, les écoulements se dirigent globalement vers le nord-ouest le long des affluents de la Marne. Les circulations des eaux souterraines sont contrôlées par les cours d'eau et les bassins hydrogéologiques et topographiques se superposent. Lorsque les deux nappes sont individualisées, l'influence des cours d'eau, et notamment du Petit Morin, du Surléon et de ses affluents, est plus significative sur la nappe du Lutétien. Au sud, les écoulements sont probablement contrôlés par les pentes naturelles des formations et par l'écoulement de la nappe du Bartonien sus-jacente. Les circulations s'effectuent vers l'ouest et sont fortement influencées par la Seine au droit de la fosse de Draveil-Melun, et dans une moindre mesure par l'Yerres au droit de la fosse de Longjumeau et par le Grand Morin.

La nappe est très plate et les gradients hydrauliques demeurent faibles. Une rupture de pente est visible sur une ligne passant de Champagne-sur-Seine, Mormant, Mortcerf, Coulommiers à Nogent-l'Artaud. A l'ouest, les gradients moyens de la nappe sont estimés entre 1,5 ‰ en plateaux et 0,5 ‰ à proximité des vallées de la Marne et de la Seine. A l'est de cette frontière, les gradients moyens de la nappe sont de 4 ‰. Entre la Verdonnelle et la Marne, ils augmentent sur la nappe du Lutétien pour atteindre 6 à 7,5 ‰.

Les variations entre les niveaux de 2013 et de 2014, sur le nord-est de la Brie, étaient inférieures à 0,10 m en vallée de la Marne et du Petit Morin ainsi que sur les zones d'affleurement de l'est et compris entre 1 et 4 m au droit des plateaux. Les piézométries entre basses et hautes eaux sont quasiment identiques sur les deux nappes.

### **Représentativité de la piézométrie des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur**

Dans la Brie, il est difficile de savoir si les niveaux piézométriques relevés sont représentatifs de la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ou de l'ensemble multicouche de l'Éocène (Yprésien, Lutétien, Bartonien et Priabonien). En effet, les forages captent souvent l'ensemble du complexe multicouche ou le tubage des ouvrages peut présenter avec l'âge des défauts et mettre en communication la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur avec celles sus-jacentes.

Des piézométries réalisées en basses eaux 2003 et en hautes eaux 2004 sont disponibles sur la nappe des calcaires de Champigny (Priabonien) (Reynaut A., 2012). Les isopièzes ont été tracées sur le territoire d'Aqui'Brie, entre la Seine de Montreau-Fault-Yonne à Corbeil-Essonnes, Marne-la-Vallée, Coulommiers et Villenauxe-la-Grande.

À l'ouest, les écoulements et cotes piézométriques de la nappe de Champigny et de celle du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont distincts. L'influence des cours d'eau, et notamment de la Seine, est plus marquée sur la nappe du Champigny.

Au centre de la Brie, entre Vulaines-sur-Seine, Faremoutiers, Amillis et Montreau-Fault-Yonne, les niveaux et les directions d'écoulement sont peu différents. Les mesures des campagnes de 2013 et de 2014 ont été effectuées sur des ouvrages dont le niveau capté était certain, grâce au relevé des coupes géologiques et techniques lors de la réalisation des forages. L'hypothèse de la déficience de tubages sur un ou plusieurs ouvrages n'est pas à exclure. Cependant les isopièzes ne présentent aucune anomalie au droit de forages mesurés (de type dôme piézométrique) pouvant confirmer cette hypothèse. De plus, ce secteur correspond à la zone où les gradients de la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur s'accroissent (4 ‰). Les nappes de l'Éocène supérieur, moyen et inférieur sont donc probablement naturellement en relation,

soit par équilibre des charges grâce à l'existence de drainance verticale, soit par mise en continuité de l'ensemble des aquifères en absence de niveaux imperméables.

Dans la région de Provins, à proximité des affleurements du Lutétien, ainsi que sur le plateau, les piézométries sont dissemblables. Celle de la nappe du Champigny épouse la topographie et est fortement drainée par les cours d'eau. Les niveaux d'eau de la nappe du Champigny se trouvent 5 à 25 m au-dessus de ceux du Lutétien et Yprésien supérieur.

### **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Les sens d'écoulements généraux sont relativement semblables sur les cartes de 1974 (Berger G. et Rampon G., 1974), de 2004 (Aqui'Brie, 2005) et de 2014. L'influence de la vallée de la Seine ressort fortement des cartes de 1974 et de 2004, avec des sens d'écoulement qui s'inclinent vers le sud, ce qui est incohérent avec les mesures de 2014. Sur les isopièzes validés de 2004, les niveaux et sens d'écoulement sont très proches des courbes de 2014. Enfin, les niveaux de 2014 sont souvent 5 m au-dessus de ceux de 1974.

#### ***i) Pays de Madrie***

Le Pays de Madrie s'élève entre les vallées de la Seine et de l'Eure, en Normandie. Il constitue un plateau étroit constitué de terrains datant du Tertiaire et s'avancant sur la plaine crayeuse.

Sous les limons, sont visibles les sables de l'Yprésien supérieur en pointe nord-ouest, les calcaires du Lutétien en bordure sud-ouest, les formations du Bartonien et les marnes du Priabonien et Rupélien à l'est.

L'aquifère du Lutétien et de l'Yprésien supérieur a une extension limitée mais est très découpé. Le nombre d'ouvrages existants et mesurés n'est probablement pas suffisamment dense pour tracer des isopièzes représentatives.

La nappe semble libre sur l'ensemble du Pays de Madrie, même sous recouvrement des marnes imperméables du Priabonien et du Rupélien. Les aquifères du Bartonien, du Lutétien et de l'Yprésien supérieur seraient en continuité hydraulique. Les niveaux se mesurent souvent dans les sables yprésiens.

Les niveaux d'eau ont été mesurés en 2014 entre 0,5 m à proximité des affleurements du nord-ouest et 40 m de profondeur sous fort recouvrement.

La nappe s'écoule globalement du nord-ouest vers le sud-est. Elle est également drainée vers l'est et se déverse dans la vallée de la Seine par des sources présentes en limite d'affleurement.

## **j) Mantois et Hurepoix**

L'Hurepoix se situe au sud-ouest de la région parisienne, entre la Bièvre et l'Orge. Le Mantois s'étend au nord de l'Hurepoix jusqu'à la vallée de la Seine.

Ces régions sont formées par les sables de Fontainebleau et calcaires de Brie (Rupélien). Des placages d'argiles et meulrières de Montmorency (Mio-Pliocène) surmontent localement les sables de Fontainebleau. Des plis structurent ce secteur. Au nord du Mantois, l'anticlinal de Beynes-Meudon se développe sur 60 km et fait apparaître la craie dans la vallée de la Mauldre. Le synclinal de l'Eure est situé au sud de l'anticlinal de Beynes dont il est séparé de 2 à 3 km. Les pendages des couches géologiques sont importants et peuvent atteindre 3 % vers le sud. Au sud de l'Hurepoix, l'anticlinal de la Remarde provoque le relèvement rapide des couches et l'Yprésien est recouvert directement par les sables de Fontainebleau et les calcaires de Brie.

Les calcaires du Lutétien n'apparaissent qu'au nord de la flexure du Roumois. Les marnes et caillasses ainsi que les calcaires du Lutétien affleurent au nord de l'anticlinal de Beynes-Meudon dans les vallées de la Seine, de la Mauldre aval et de son affluent le ru de Gally. Dans l'anticlinal de la Remarde, les sables de Fontainebleau reposent directement sur les sables de l'Yprésien supérieur. Au cœur du Mantois, sous le synclinal de l'Eure, les formations épaisses du Lutétien et de l'Yprésien supérieur se retrouvent sous fort recouvrement des terrains du Bartonien, du Priabonien et du Rupélien.

Le système aquifère est formé d'un multicouche de réservoirs, séparés de terrains géologiques semi-perméables. L'aquifère continu du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est séparé de l'aquifère sus-jacent du Bartonien par les marnes et caillasses et les sables et argiles du Bartonien, au travers desquels les communications sont possibles.

### **Carte piézométrique des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur**

Sous l'anticlinal de Beynes-Meudon, le réservoir du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ne semble pas entièrement saturé. Dans la partie nord et est de l'Hurepoix, sous fort recouvrement, la nappe est majoritairement en charge, la cote piézométrique étant nettement supérieure à celle du toit du réservoir lutétien. Enfin, au droit de la structure anticlinale du dôme de la Remarde, la cote piézométrique s'établit au droit des sables de Fontainebleau. Cependant, les sables de Fontainebleau reposent directement sur les sables de l'Yprésien supérieur. Dans ces conditions, la nappe de l'Oligocène est en communication directe avec celles de l'Éocène inférieur et la nappe est alors considérée libre.

En 2014, les niveaux d'eau ont été mesurés à des profondeurs inférieures à 10 m à proximité des vallées de la Seine et de la Mauldre, entre 10 et 15 m au droit de l'anticlinal de la Remarde, de 25 à 35 m à l'ouest du Mantois, jusqu'à 50 à 60 m au nord de l'Hurepoix et entre 90 et 110 m à l'est de l'Hurepoix vers Palaiseau.

Dans la partie ouest du Mantois et de l'Hurepoix, la piézométrie met en évidence une forte alimentation depuis l'anticlinal de la Remarde. La nappe est alimentée par la pluviométrie sur les affleurements des sables de Fontainebleau, en continuité avec ceux de l'Yprésien supérieur. Les eaux souterraines s'écoulent vers le nord et la vallée de la Mauldre et de la Vaucouleurs. Dans le Mantois, les sous-systèmes d'écoulement dus au découpage de la topographie sont nombreux. La vallée de la Mauldre semble être l'exutoire principal de la nappe et de nombreuses émergences naissent en limite d'affleurement.

À l'est de l'Hurepoix et du Mantois, les écoulements sont probablement contrôlés par les pentes naturelles des formations et par l'écoulement de la nappe du Bartonien sus-jacente. Les écoulements se font donc vers la vallée de la Seine pour le Mantois et vers la fosse de Draveil-Melun pour l'Hurepoix.

Les gradients hydrauliques suivent les pentes structurales en les atténuant. Ils sont ainsi maximums, de 4 à 5 ‰, sur les anticlinaux de la Remarde et de Beynes-Meudon, où la nappe est fortement drainée vers les vallées de la Mauldre et de la Vaucouleurs. Au nord et à l'est de l'Hurepoix, le gradient hydraulique est assez faible, de 1 à 3 ‰.

### **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Dans le Mantois, les cotes piézométriques et directions générales d'écoulement de 2014 sont proches des celles de la piézométrie de 1970-1972 (Mégnyen C., 1976).

Dans l'Hurepoix, l'influence de certains cours d'eau, tels la Bièvre et l'Yvette via un éventuel drainage par les nappes sus-jacentes, est marquée sur les anciennes isopièzes. L'absence de mesures en 2014 à proximité de ces vallées ne permet pas de confirmer ce constat.

### ***k) Beauce et Gâtinais***

La Beauce, immense plaine entaillée par de larges vallons secs, s'étend au sud-ouest de la région parisienne. Elle est délimitée au nord par l'anticlinal de la Remarde, à l'est par l'Essonne et la forêt de Fontainebleau, au sud par la Loire et à l'ouest par le Loir. Le Gâtinais français, traversé par la vallée du Loing, est délimité à l'est par l'Essonne, au nord par la Seine et l'Yonne et au sud par le Fusain et la Clairis. Le secteur appartenant à la zone géographique de l'étude concerne uniquement le nord de la Beauce et du Gâtinais français, l'extension théorique des sables de l'Yprésien supérieur se limitant au nord de Nemours, de Puiseaux et de Toury.

Le sous-sol de ces régions est formé par les sables de Fontainebleau et les calcaires de Brie, datant du Rupélien. Les marnes du Rupélien inférieur et les calcaires du Priabonien sont visibles au nord dans les vallées de la Seine et de ses affluents. Les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur se retrouvent donc en profondeur, sous un fort recouvrement. Leur extension et lithologie n'ont que peu été étudiées.

L'aquifère du Lutétien et de l'Yprésien supérieur reste très peu connu. Les calcaires du Lutétien et du Bartonien sont considérés comme un seul ensemble nommé « calcaires éocènes ».

### **Carte piézométrique des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur**

La nappe, sous fort recouvrement, est toujours en charge, la cote piézométrique étant nettement supérieure à celle du toit du réservoir lutétien. Elle se retrouve au droit des formations du Rupélien (sables de Fontainebleau et calcaires de Brie), de l'anticlinal de la Remarde au sud de l'extension des formations de l'Éocène moyen et inférieur.

En 2014, les niveaux d'eau ont été mesurés inférieurs à 10 m de profondeur dans la vallée de la Seine et au droit de l'anticlinal de la Remarde et jusqu'à 50 à 60 m sous fort recouvrement.

Les écoulements se font depuis l'ouest et l'anticlinal de la Remarde vers l'est sous la Beauce puis vers le nord-est sous le Gâtinais, probablement contrôlés par les pentes naturelles des formations et par l'écoulement de la nappe du Bartonien sus-jacente. Les écoulements se font

alors en direction de la Seine et de la fosse de Draveil-Melun. Les formations sont trop profondes pour que le système hydrographique puisse directement drainer la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

Les gradients hydrauliques sont de 4 à 5 ‰ sur l'anticlinal de la Remarde. Ils deviennent très homogènes au sud de la Beauce et sous le Gâtinais : environ 1 ‰, à 0,5 ‰ dans la fosse de Melun-Draveil.

### **Comparaison avec les cartes piézométriques antérieures**

Le manque de mesures en 2014 ne permet pas de comparer précisément les isopièzes obtenues avec celles des basses eaux 1994 (Maget P., 1995) et des hautes eaux 2002 (Verley F. *et al.*, 2003). Les directions d'écoulement demeurent globalement identiques et dirigées vers le nord-est.

D'après le rapport de la campagne piézométrique basses eaux de 1994 (Maget P., 1995), la nappe de l'Éocène serait distincte de celle de l'Oligocène (nappe de Beauce, correspondant aux calcaires de Pithiviers d'Étampes, aux sables de Fontainebleau et au calcaire de Brie). Le niveau statique de la nappe éocène est inférieur de celui de la nappe de l'Oligocène, la différence pouvant dépasser 30 m. Enfin, la piézométrie des calcaires éocènes s'accorderaient parfaitement avec celle de la nappe de la craie sous-jacente.

## 5. Capteurs et enregistreurs numériques

Lors du lancement de l'étude, l'option concernant l'installation de capteurs/enregistreurs numériques présentée dans le cahier des charges a été retenue : sur financement unique de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, plusieurs enregistreurs non télétransmis permettant le suivi en continu ont été mis en place sur des ouvrages.

Plusieurs propositions de secteurs ont été formulées lors des réunions du comité de pilotage du 22 avril 2013 et du 10 octobre 2013 :

- nappe libre du Lutétien, en tête du bassin versant de la Sainte-Marie (bassin amont de l'Automne), en dehors de l'influence des captages d'eau potable d'Auger-Saint-Vincent ;
- nappe libre du Lutétien, en aval du bassin de la Nonette, près de Courteuil et Avilly-Saint-Léonard ;
- nappe libre du Lutétien, en tête de bassin de la Nonette, vers Nanteuil-le-Haudouin et Péroy-les-Gombries ;
- nappe captive de l'Yprésien supérieur, si possible en doublon avec un ouvrage captant la nappe libre du Lutétien, au droit du plateau de l'Automne et de la Nonette ;
- nappe captive du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, dans la Brie centrale ;
- nappe captive du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, dans la fosse de Melun ;
- nappe captive de l'Yprésien supérieur, dans la Beauce et en limite d'extension de l'aquifère.

Lors des campagnes de mesures de terrain, les agents intervenant sur les secteurs sélectionnés ont identifié des sites potentiels pour la mise en place d'équipement de mesures, selon plusieurs critères : l'accessibilité et la pérennité, l'utilisation et l'influence de pompages à proximité, l'état, la profondeur totale et les risques d'assecs.

Après discussion avec le comité de pilotage, 6 points d'eau ont été équipés ou sont en cours d'équipement (Illustration 31 et Illustration 32) :

- 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Sainte-Marie sur le bassin de l'Automne ;
- 01285X0058/P à Courteuil - Nappe libre du Lutétien en partie avale du bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0128/FR2007 à Versigny - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0132/F\_2009 à Auger-Saint-Vincent – Nappe captive de l'Yprésien supérieur sur le plateau des bassins versants de l'Automne et de la Nonette ;
- 02216X0029/F à Voinsles - Nappe captive du Lutétien en Brie centrale ;
- 02574X0041/F3 à Mennecy - Nappe captive du Lutétien et de l'Yprésien supérieur à l'ouest du Synclinal de Melun.



Illustration 31 - Points d'eau équipés d'enregistreurs sur les bassins de l'Automne et de la Nonette.

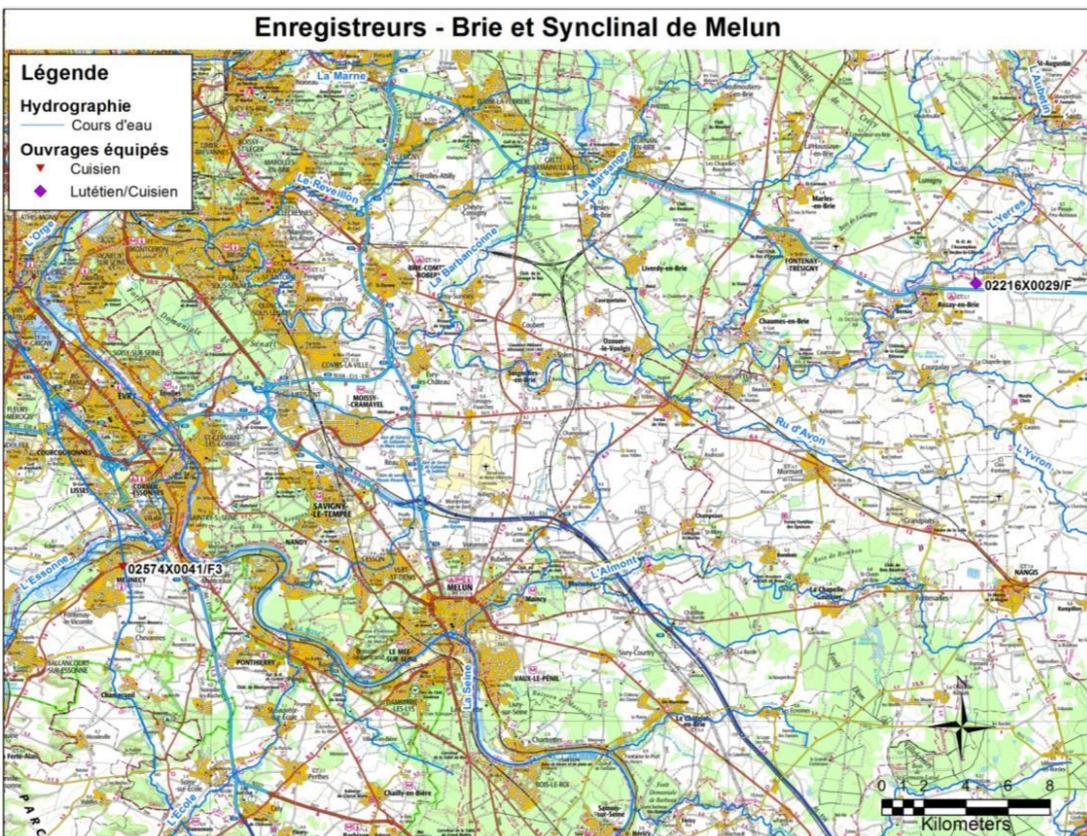


Illustration 32 - Points d'eau équipés d'enregistreurs sur la Brie centrale et le synclinal de Melun.

## 5.1. TÊTE DE BASSIN VERSANT DE LA SAINTE-MARIE SUR LE BASSIN DE L'AUTOMNE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN

Le Syndicat d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin Automne (SAGEBA) souhaitait que la nappe du Lutétien soit suivie sur les communes d'Auger-Saint-Vincent ou de Duvy. En effet, la tête du bassin versant de la Sainte-Marie, affluent de l'Automne, comporte plusieurs captages d'eau potable et connaît des périodes durant lesquelles le cours d'eau est à sec.

L'objectif étant de caractériser les relations nappe-rivière et de comprendre les périodes d'assec du cours d'eau, l'ouvrage suivi devait capter l'aquifère du Lutétien et se situer à proximité du cours d'eau de la Sainte-Marie mais hors de la zone d'influence des captages d'eau potable d'Auger-Saint-Vincent.

### 5.1.1. Contexte géologique et hydrogéologique

Le bassin amont de l'Automne et de la Sainte-Marie est constitué de plateaux calcaires du Lutétien, dominés par des buttes de formations du Bartonien, alignées selon une direction nord-ouest/sud-est. Sur le bassin de la Sainte-Marie, ces terrains du Bartonien se retrouvent sur le Mont Cornon au nord et la Montagne de Rosières au sud.

D'après les coupes géologiques du secteur, les formations aquifères du Lutétien sont séparées des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) par un écran argileux de 2 m d'épaisseur (argiles de Laon de l'Yprésien supérieur). La nappe des sables de l'Yprésien supérieur est considérée comme captive sous les argiles de Laon.

Sur sa partie amont, entre Auger-Saint-Vincent et jusqu'à l'aval immédiat du bourg de Duvy, la rivière de la Sainte-Marie s'écoule sur les calcaires du Lutétien. Elle serait alors alimentée uniquement par la nappe des calcaires du Lutétien.

### 5.1.2. Prélèvements en eau souterraine

Des prélèvements existent à Auger-Saint-Vincent, dans la vallée de la Sainte-Marie pour des captages d'eau potable et sur le plateau pour un forage agricole, en amont immédiat du bourg d'Auger-Saint-Vincent (Tableau 9). Alors que le champ captant est actif toute l'année, le forage agricole pompe uniquement durant les mois les plus secs pour l'arrosage des cultures.

Indice BSS	Utilisation	Nappe captée	Volume prélevé
01288X0099/P2	Eau potable	Lutétien et Yprésien supérieur	0,14 Mm <sup>3</sup> /an
01288X0103/F2BIS	Eau potable	Lutétien	0,22 Mm <sup>3</sup> /an
01288X0018/P	Eau potable	Lutétien	0,45 Mm <sup>3</sup> /an
01288X0104/F4	Eau potable	Yprésien supérieur	0,36 Mm <sup>3</sup> /an
01288X0101/F	Eau potable	Lutétien et Yprésien supérieur	Inactif
01288X0123/F	Irrigation	Lutétien et Yprésien supérieur	0 à 0,05 Mm <sup>3</sup> /an au printemps-été

Source : DDT60 et Agence de l'eau Seine-Normandie

Tableau 9 - Prélèvements en eau souterraine référencés à Auger-Saint-Vincent.

### **5.1.3. Recherche d'un point d'eau**

L'objectif étant de mettre en évidence une éventuelle influence des prélèvements en eau souterraine sur le débit de la Sainte-Marie, l'implantation la plus judicieuse pour un ouvrage d'observation se situe entre les principaux captages et le cours d'eau. Sous l'effet de la double influence des prélèvements et du cours d'eau, le suivi piézométrique devrait alors permettre de mettre en évidence les périodes où la nappe est affectée par les pompages. Durant ces périodes, la nappe alimente moins la rivière, voire passe en dépression par rapport à la rivière. Afin d'établir des corrélations, les débits des pompages devraient également être suivis précisément.

Toutefois, il n'existe pas d'ouvrages remplissant ces conditions. Le forage inactif 01288X0101/F capte l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien en continu mais est probablement trop proche du captage 01288X0104/F4 (Yprésien supérieur).

De plus, le SAGEBA souhaiterait que l'ouvrage sélectionné soit situé en dehors de l'influence directe des captages d'eau potable d'Auger-Saint-Vincent. Ce champ captant se situe en vallée de la Sainte-Marie, à l'aval immédiat du village d'Auger-Saint-Vincent. D'après l'étude de délimitation des aires d'alimentations des captages (Antea Group, 2011), la production annuelle serait de l'ordre de 1,2 Mm<sup>3</sup>. Les puits situés dans le bourg d'Auger-Saint-Vincent sont probablement influencés par ces captages, situés en aval immédiat, ainsi que par le puits d'irrigation implanté en amont immédiat du bourg.

Les puits de Chaumont capteraient en continu la nappe superficielle du Bartonien et la nappe des calcaires du Lutétien.

Enfin, le bourg de Saint Mard a fait l'objet de travaux de drainage contre les inondations, perturbant les écoulements naturels des eaux souterraines.

Il n'existe donc que peu de puits répondant aux critères définis avec le SAGEBA et implanté à proximité de la source du ru de la Sainte-Marie. Lors d'une journée de terrain, en février 2015, un ancien puits situé dans la cour de la propriété « Parc aux Dames » a cependant été identifié.

### **5.1.4. Équipement et suivi du point d'eau 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent**

Le BRGM a sollicité l'autorisation écrite du propriétaire afin d'équiper l'ancien puits référencé 01288X0031/P et situé dans la cour du Parc aux Dames à Auger-Saint-Vincent, avec un capteur de pression à enregistrement automatique (Illustration 33 et Illustration 34).

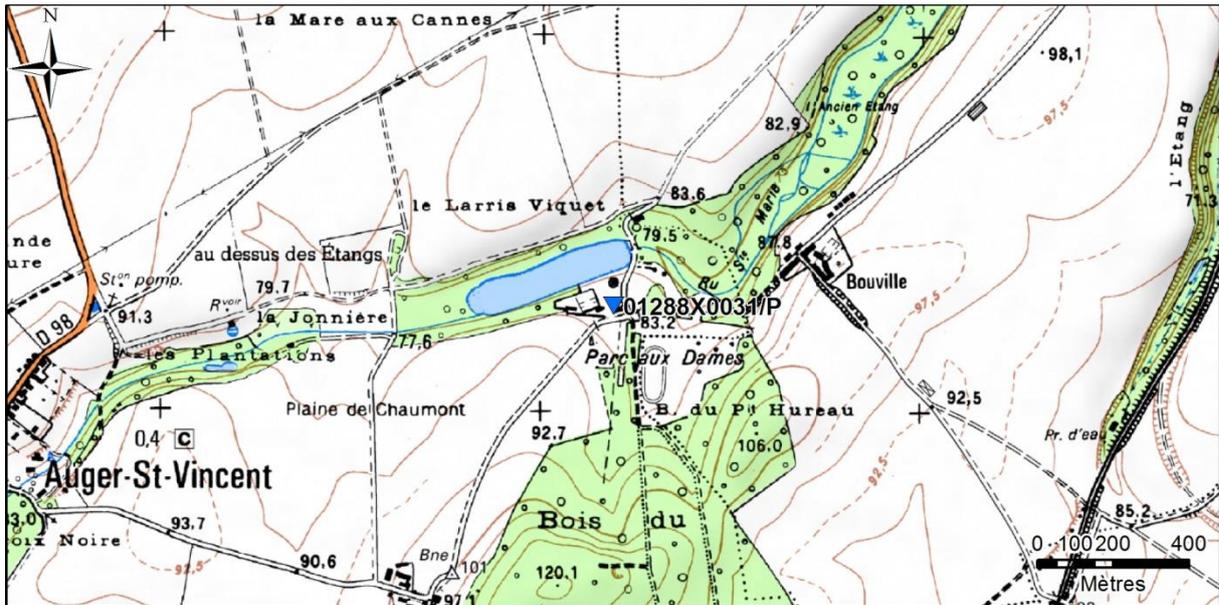


Illustration 33 - Localisation du point d'eau 01288X0031/P.



Illustration 34 - Photographie du point d'eau 01288X0031/P.

## 5.2. PARTIE AVALE DU BASSIN VERSANT DE LA NONETTE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN

Selon le Syndicat Interdépartemental du SAGE de la Nonette (SISN), il serait intéressant de placer un capteur/enregistreur numérique en partie avale de la Nonette, près de Courteuil et d'Avilly-Saint-Léonard, en amont de Vineuil-Saint-Firmin. Sur ce secteur, de nombreux prélèvements agricoles existent, associés à une baisse significative de la Nonette.

Ce suivi aura notamment pour objectif de mieux comprendre les relations entre la nappe du Lutétien et la rivière. L'ouvrage suivi devra capter l'aquifère du Lutétien et se situer à proximité du cours d'eau de la Nonette, sans subir directement les variations du niveau de la rivière.

### **5.2.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

Le bassin aval de la Nonette est constitué de plateaux calcaires du Lutétien, dominés par des buttes de formations du Bartonien et de l'Oligocène (Stampien), alignées selon une direction nord-ouest/sud-est.

Entre Versigny et la confluence avec l'Oise, la rivière de la Nonette s'écoule sur les calcaires du Lutétien. Sauf au cœur du plateau du Valois où elle est captive, la nappe des calcaires du Lutétien présente un régime libre et est drainée par les vallées qui la recourent.

D'après les coupes géologiques du secteur, les formations aquifères du Lutétien sont séparées des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) par un écran argileux de 2 m d'épaisseur (argiles de Laon de l'Yprésien supérieur). Cependant, cette couche imperméable n'a pas été reconnue sur certaines coupes géologiques et semble discontinue. La nappe des sables de l'Yprésien supérieur est considérée comme captive sous les argiles de Laon, lorsqu'elles existent. En absence d'argiles, l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur est en communication hydraulique directe avec celui des calcaires du Lutétien. Les sables et les calcaires contiennent alors une seule et même nappe, reposant sur les argiles de l'Yprésien inférieur (Sparnacien).

Sur l'aval du bassin, et notamment sur les communes de Courteuil et d'Avilly-Saint-Léonard, la Nonette serait donc alimentée uniquement par la nappe libre des calcaires du Lutétien, en probable communication hydraulique avec la nappe des sables de l'Yprésien supérieur.

### **5.2.2. Prélèvements en eau souterraine**

Aucun prélèvement d'eau souterraine n'est référencé dans les bases de données de l'Agence de l'eau Seine-Normandie sur les communes d'Avilly-Saint-Léonard et de Courteuil. D'après la DDT60, un forage agricole serait implanté au sud du village d'Avilly-Saint-Léonard, à moins de 100 m à l'est du cimetière (parcelle 296).

Il existe de nombreux prélèvements sur les communes voisines en aval (golf de Vineuil-Saint-Firmin et France Galop à Chantilly) et en amont (Senlis).

### **5.2.3. Recherche d'un point d'eau**

Il n'existe aucun puits facilement accessible (ancien puits communal, ancien forage d'eau potable...) sur les communes d'Avilly-Saint-Léonard et de Courteuil. Toutefois, de nombreux puits de particulier sont présents dans les villages et certains ont été visités lors d'une campagne spécifique en décembre 2014.

### **5.2.4. Équipement et suivi du point d'eau 01285X0058/P à Courteuil**

Le puits référencé 01285X0058/P a été jugé comme le plus apte à être équipé, compte tenu de son accessibilité aisée, de son bon état général et de sa profondeur totale de 14,27m (Illustration 35 et Illustration 36).

Le BRGM a sollicité l'autorisation écrite des copropriétaires (10 route de Chantilly, 1 rue du Calvaire et 3 rue du calvaire) afin d'équiper l'ouvrage avec un capteur de pression automatique.

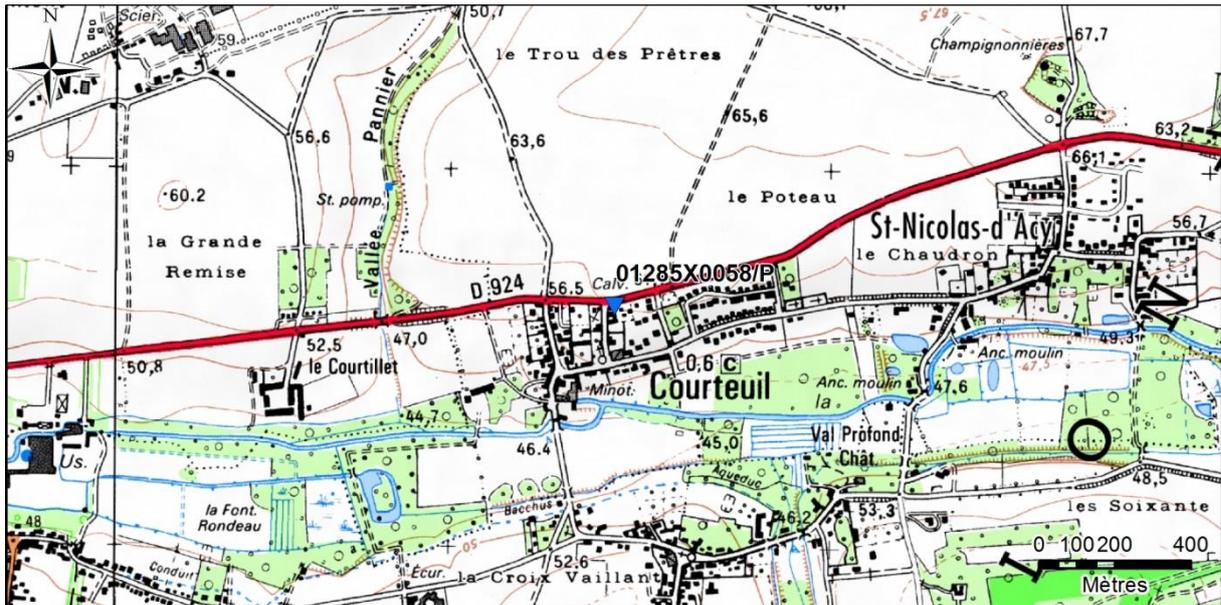


Illustration 35 - Localisation du point d'eau 01285X0058/P.



Illustration 36 - Photographies du point d'eau 01285X0058/P.

### 5.3. TÊTE DE BASSIN VERSANT DE LA NONETTE - NAPPE LIBRE DU LUTÉTIEN

Le Syndicat Interdépartemental du SAGE de la Nonette (SISN) souhaite qu'un capteur/enregistreur numérique soit installé en tête de bassin de la Nonette, vers Nanteuil-le-Haudouin et Péroy-les-Gombries, afin d'acquérir de la connaissance sur le comportement de la nappe libre du Lutétien.

### **5.3.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

Les plateaux de la tête du bassin versant de la Nonette sont constitués par les formations du Bartonien, recouvertes de limons argileux à composante loessique. La série stratigraphique rencontrée se résume par, du plus récent au plus ancien :

- les gypses et marnes supragypseuses du Ludien (Bartonien supérieur) couronnant les collines de Rosières, de Péroy-les-Gombries et Boissy-Fresnoy ;
- les sables de Monceau et les calcaires de Saint-Ouen du Bartonien moyen, présents sur la Montagne de Rosière et formant le plateau au sud de la Nonette, sous recouvrement des limons ;
- les sables et grès de Beauchamp, les argiles de Villeneuve-sur-Verberie et les sables grossiers d'Auvers, datant de l'Auversien (Bartonien inférieur), formant les versants des collines de Rosières et de Péroy-les-Gombries et Boissy-Fresnoy ainsi que les versants de la vallée de la Launette et de la vallée amont de la Nonette ;
- les marnes et caillasses et calcaires à milioles du Lutétien supérieur, affleurant sur une dizaine de mètres d'épaisseur dans la basse vallée de la Nonette et formant le soubassement des plateaux du nord du bassin versant.

Les calcaires du Lutétien, les argiles de Laon et les sables de Cuise de l'Yprésien supérieur ont été uniquement reconnus par sondages.

La Nonette prend sa source à Nanteuil-le-Haudouin et s'écoule sur sa partie amont sur les terrains du Bartonien inférieur. Le cours d'eau est alors alimenté par les petites nappes libres du Bartonien, circulant au sein des sables d'Auvers et de Beauchamp.

À partir de l'amont de Versigny, au hameau de Droizelles, la vallée se creuse dans les calcaires grossiers et marnes et caillasses du Lutétien moyen et supérieur, souvent recouverts par des limons argileux des plateaux. La Nonette se trouve alimentée par la nappe des calcaires du Lutétien. Cette nappe est libre dans la basse vallée de la Nonette et au droit des plateaux nord du bassin versant mais se retrouve captive sous les buttes du Bartonien.

Dans le Valois, le toit imperméable formé par les argiles de Laon (Yprésien supérieur) n'existe parfois pas ou a en partie disparu par érosion. L'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) est alors considéré comme étant en communication hydraulique directe avec les calcaires du Lutétien.

### **5.3.2. Prélèvements en eau souterraine**

Il existe de nombreux prélèvements sur la partie amont du bassin de la Nonette. La plupart des ouvrages implantés sur le plateau et captant les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont utilisés pour l'irrigation ou l'eau potable.

### **5.3.3. Recherche d'un point d'eau**

Sur la partie amont de la vallée, à Nanteuil-le-Haudouin et à Péroy-les-Gombries, ainsi que sur le plateau en tête de bassin, les ouvrages retrouvés sont exploités et donc non équipables.

Plusieurs puits privés, captant la nappe libre du Lutétien, semblent pouvoir accueillir du matériel piézométrique. Un puits de secours d'eau potable (01288X0128/FR2007) a été réalisé par la Communauté de Communes du Pays de Valois en 2007 sur la nappe libre du Lutétien. Ces ouvrages se situent tous en rive droite de la Nonette, sur la commune de Versigny.

#### 5.3.4. Équipement et suivi du point d'eau 01288X0128/FR2007 à Versigny

Une convention d'accès et d'utilisation de l'ouvrage de secours eau potable, référencé 01288X0128/FR2007, a été signée avec la Communauté de Communes du Pays de Valois. L'intérêt est multiple : caractériser les relations nappe/rivière, acquérir de la donnée sur ce secteur défini comme potentiellement intéressant pour l'eau potable (fluctuation de la nappe, influence,...) et entretenir le forage.

Le forage est situé au hameau de Droizelles, en bordure d'une zone boisée et en accès libre. Il a été équipé par le BRGM le 10 juillet 2014 (Illustration 37 et Illustration 38).

La chronique piézométrique de l'ouvrage de Versigny présente des caractéristiques identiques à celle enregistrée au droit du puits de Fresnoy-le-Luat (01287X0017/S1), appartenant au réseau piézométrique de Picardie (Illustration 39). L'ouvrage de Fresnoy-le-Luat est implanté sur le plateau de l'Automne et de la Nonette et est représentatif de la nappe libre du Lutétien. Toutefois, à partir de janvier 2015, des variations atypiques ont été mesurées au droit du forage de Versigny.

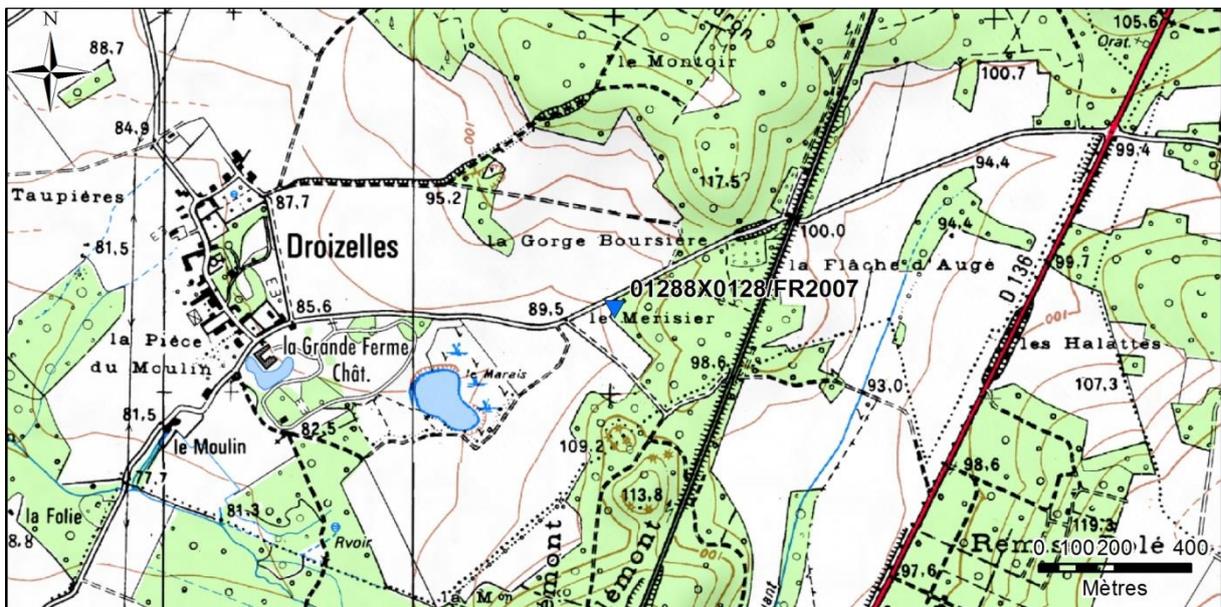


Illustration 37 - Localisation du point d'eau 01288X0128/FR2007.



Illustration 38 - Photographies du point d'eau 01288X0128/FR2007.

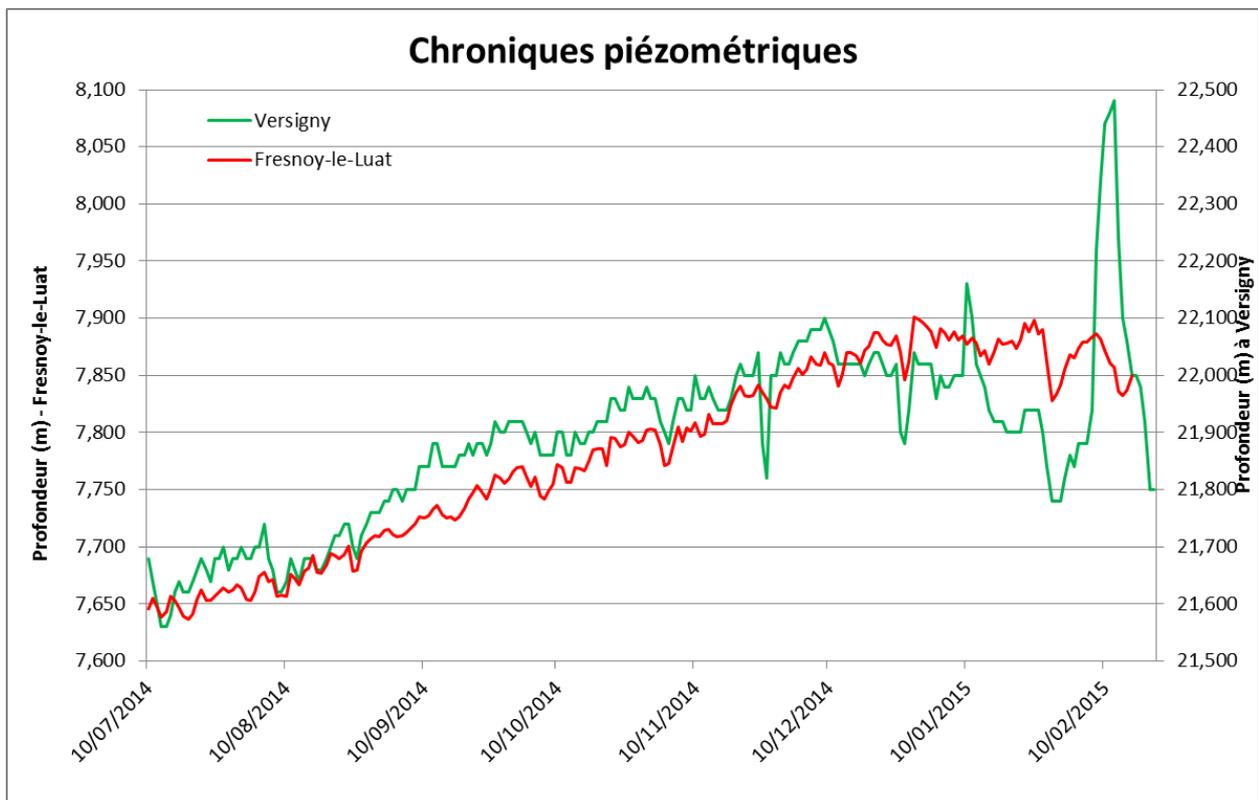


Illustration 39 - Chronique piézométrique de la nappe du Lutétien libre au droit du point d'eau 01288X0128/FR2007.

#### **5.4. PLATEAU DES BASSINS VERSANTS DE L'AUTOMNE ET DE LA NONETTE - NAPPE CAPTIVE DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR**

L'objectif est d'acquérir de la connaissance piézométrique sur la nappe captive de l'Yprésien supérieur (Cuisien) en amont des bassins de la Nonette et de l'Automne.

La question d'un double équipement, sur les nappes libre du Lutétien et captive de l'Yprésien supérieur, se pose également.

##### **5.4.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

Dans le Valois, sur les bassins de l'Automne et de la Nonette, le toit de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) peut être considéré comme étant :

- les argiles de Laon (Yprésien supérieur), à une échelle très locale, lorsqu'elles sont présentes (nord du Valois) ;
- les marnes et caillasses du Lutétien supérieur si l'on considère le contraste de perméabilité verticale / horizontale ;
- les marnes infra-gypseuses du Bartonien, présentes au sud du Valois, lorsqu'il peut y avoir des échanges hydrauliques au travers les marnes et caillasses du Lutétien supérieur.

Au toit des sables de l'Yprésien apparaît, de façon discontinue, un banc d'argile ligniteuse, appelé argiles de Laon. Au nord-est du département de l'Oise et au nord du département de l'Aisne, la nappe des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) se retrouve captive sous ces argiles. L'épaisseur des argiles (0 à 3 m) se réduit vers l'ouest et le sud et elles n'apparaissent parfois que sous la forme de lambeaux au sommet des sables.

En l'absence des argiles de Laon continues et épaisses, les sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) sont en communication hydraulique directe avec les calcaires sus-jacents du Lutétien. Bien que formant des couches géologiques distinctes, les sables de l'Yprésien ne peuvent alors être dissociés du calcaire du Lutétien sur le plan hydraulique.

Sur la zone d'étude, la nappe de Lutétien et Yprésien supérieur se retrouve sous recouvrement des formations du Bartonien au cœur des plateaux du Soissonnais méridional, de Valois-Multien, du Tardenois et de la Brie.

##### **5.4.2. Recherche d'un point d'eau**

Au vu des renseignements collectés lors des campagnes piézométriques de 2013 et de 2014, aucun puits captant uniquement la nappe de l'Yprésien supérieur (Cuisien) n'a été recensé sur la partie amont du bassin versant de la Nonette. Ce secteur correspond aux communes de Péroy-les-Gombries, Boissy-Fresnoy, Villers-Saint-Genest, Chèvreville, Oignes, Silly-le-Long, Vineuil-le-Haudouin et Versigny. Seuls deux ouvrages captent en continu les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur :

- le captage d'eau potable abandonné 01544X0005/F situé sur la commune de Silly-le-Long, au droit de la crête topographie séparant les bassins de la Nonette et de la Théroutanne (affluent de l'Ourcq) et hors du bassin hydrogéologique de la Nonette ;
- le captage d'eau potable actif 01295X0073/F implanté à Villers-Saint-Genest, sur le plateau et à proximité immédiate de la limite du bassin versant topographique de la Nonette.

En étendant la zone géographique à l'ensemble du plateau de la Nonette et de l'Automne, il n'existe que très peu d'ouvrages crépinés au droit de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur et seuls deux peuvent être équipés :

- l'ancien captage d'eau potable de Lagny-Le-Sec, référencé 01543X0024/S, situé dans un château d'eau au Jeu d'Arc. Il n'a pas été recherché lors des campagnes de mesures et il pourrait ne plus exister. Pour information, le BRGM suit depuis 40 ans un puits agricole à Lagny-Le-Sec, captant en continu les aquifères Yprésien-Lutétien ;
- le puits de secours d'eau potable 01288X0132/F\_2009, foré par la Communauté de Communes du Pays de Valois en 2009 au droit de la nappe captive de l'Yprésien supérieur.

#### **5.4.3. Équipements et suivis des points d'eau 01288X0132/F\_2009 et 01288X0141/F\_2009 à Auger-Saint-Vincent**

##### **a) 01288X0132/F\_2009 – Nappe captive de l'Yprésien supérieur**

Le puits de secours en eau potable, référencé 01288X0132/F\_2009 et appartenant à la Communauté de Communes du Pays de Valois, a été équipé en février 2015 (Illustration 40 et Illustration 41). Cet ouvrage est crépiné au droit des sables de l'Yprésien supérieur recouverts d'un mètre d'argile de Laon (Yprésien supérieur). Le forage est situé en zone boisée et l'accès est libre.

Une convention d'accès et d'utilisation de l'ouvrage a été signée avec la Communautés de Communes du Pays de Valois. L'intérêt est multiple : caractériser les relations entre les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, acquérir de la donnée sur ce secteur défini comme potentiellement intéressant pour l'eau potable (fluctuation de la nappe, influence,...) et entretenir le forage.



*Illustration 40 - Photographies du point d'eau 01288X0132/F\_2009.*

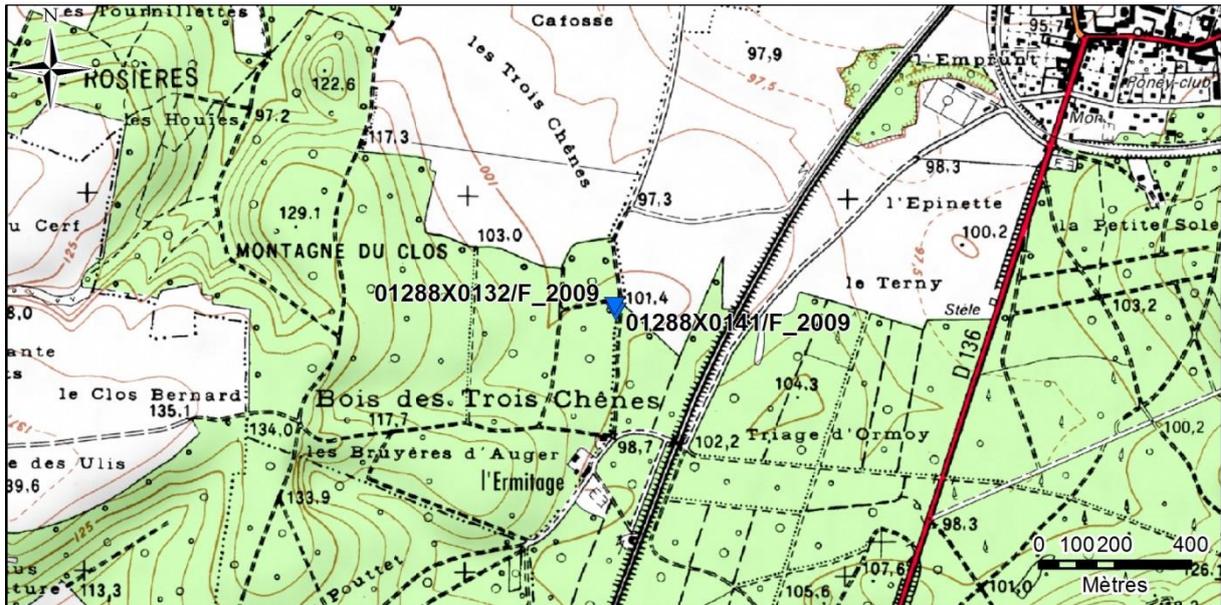


Illustration 41 - Localisation des points d'eau 01288X0132/F\_2009 et 01288X0141/F\_2009.

#### **b) 01288X0141/F\_2009 – Nappe libre du Lutétien**

Le puits référencé 01288X0141/F\_2009 et appartenant à la Communauté de Communes du Pays de Valois a été équipé le 10 juillet 2014 (Illustration 41 et Illustration 42).

Cependant, le BRGM s'est rendu compte que le forage suivi n'était pas déclaré et s'arrêtait à la base du Lutétien. En effet, la foreuse a buté contre un banc de grès et l'ouvrage a alors été laissé en état et crépiné au droit du Lutétien. L'ouvrage 01288X0132/F\_2009, captant la nappe de l'Yprésien supérieur, a été implanté à environ 50 m.

Les niveaux statiques des deux forages étaient identiques fin février 2015, laissant supposer que les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont probablement en continuité, au moins localement. Lors de la réunion du 25 février 2015, le comité de pilotage a proposé de suivre les deux ouvrages en parallèle durant une année, afin de vérifier cette hypothèse.

Les chroniques piézométriques de l'ouvrage d'Auger-Saint-Vincent du puits de Fresnoy-le-Luat (01287X0017/S1), appartenant au réseau piézométrique de Picardie, sont semblables entre juillet et décembre 2014 (Illustration 43). Cependant, les tendances sont radicalement différentes à partir de janvier 2015. Pour information, l'ouvrage de Fresnoy-le-Luat est implanté sur le plateau de l'Automne et de la Nonette et est représentatif de la nappe libre du Lutétien.



Illustration 42 - Photographies du point d'eau 01288X0141/F\_2009.

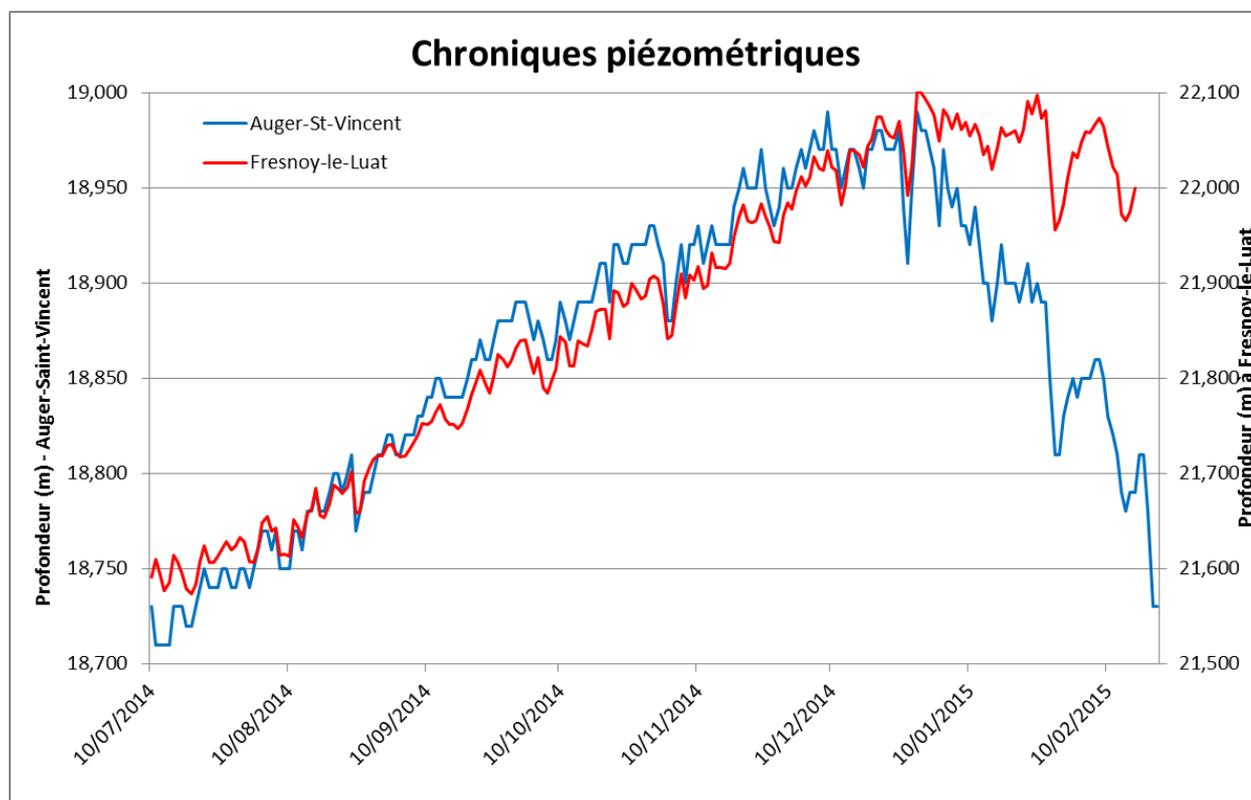


Illustration 43 - Chronique piézométrique de la nappe du Lutétien libre au droit du point d'eau 01288X0141/F\_2009.

## **5.5. BRIE CENTRALE - NAPPE CAPTIVE DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR**

L'étude ARMINE, concernant la modélisation hydrodynamique de sur-stockage en nappe semi-profonde, dans le cadre des mesures d'adaptation au changement climatique, identifie un site intéressant pour effectuer des simulations d'injection sur la nappe du Lutétien dans la Brie (Gretz-Armanvilliers - Tournan-en-Brie). La DRIEE souhaite acquérir de la connaissance la nappe captive du Lutétien sur ce secteur.

L'association Aquif'Brie recherche un ouvrage à équiper dans la Brie centrale et a déjà identifié des anciens captages d'eau potable à Hautefeuille et à Voinsles, potentiellement intéressants.

Les captages d'eau potables d'Hautefeuille (02212X0009/P1) et de Voinsles (02216X0029/F), gérés par la Lyonnaise des Eaux, pourraient être potentiellement intéressants ont été ciblés.

### **5.5.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

Sous la Brie, les formations de l'Yprésien supérieur sont représentées par un ensemble mal défini, hétérogène, discontinu et devenant plus fins et progressivement argileux. Les formations du Lutétien deviennent lacustres, calcaires ou marneuses et s'enfoncent sous les terrains plus récents d'âge Eocène supérieur, Oligocène, Miocène et Pliocène.

D'un point de vue hydrogéologique, les formations de l'Yprésien supérieur lorsqu'elles sont sableuses et celles du Lutétien lorsqu'elles sont calcaires forment un unique aquifère. La limite d'extension des marnes infra-ludiennes (Priabonien) détermine deux grands ensembles aquifères :

- à l'est et au sud-est, l'aquifère des calcaires du Lutétien est en lien hydraulique avec celui des calcaires de Champigny représenté par les calcaires bartoniens et ludiens (Priabonien) ;
- à l'ouest et au nord-ouest, l'aquifère du Lutétien lorsque son faciès n'est pas marneux est en continuité avec celui des calcaires de Saint-Ouen (Bartonien supérieur) et des sables de Beauchamp (Bartonien inférieur). Toutefois, selon les secteurs, les différents niveaux peuvent être marneux ou peuvent être séparés en trois aquifères si les faciès calcaires de Saint-Ouen (Bartonien supérieur) sont surmontés par les marnes infra-ludiennes (Priabonien) et si les sables de Beauchamp (Bartonien inférieur) se retrouvent sous faciès argileux. A noter également que le niveau de Saint-Ouen et le niveau de Beauchamp présentent des faciès marneux.

### **5.5.2. Recherche d'un point d'eau**

La complexité de la géologie éocène du plateau de la Brie (changement de faciès, disparition des écrans imperméables, ...) ne permet pas de garantir l'absence d'influence des aquifères sus-jacents (Bartonien et Priabonien) sur les niveaux de la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

Aucun point d'eau inactif et captant uniquement le Lutétien ou l'Yprésien supérieur n'a pu être identifié au nord de l'Yerres, sur les communes de Gretz-Armanvilliers et Tournan-en-Brie.

Dans le centre de la Brie, les captages d'eau potable d'Hautefeuille (02212X0009/P1) et de Voinsles (02216X0029/F) sont potentiellement intéressants. Une campagne de terrain spécifique a été menée en juillet 2014 par le BRGM et Aquif'Brie. D'après l'interprétation des

analyses physico-chimiques réalisée par Aqui'Brie, seul le puits de Voinsles ne serait pas influencé par les nappes sus-jacentes.

D'après la coupe géologique et technique du forage, le niveau crépiné du forage de Voinsles est placé au droit des calcaires du Lutétien et jusqu'à l'argile plastique de l'Yprésien inférieur (Sparnacien). L'aquifère des calcaires du Lutétien est séparé de celui du Priabonien (calcaires de Champigny) par 13 m de marnes et caillasses et 29 m de marnes du Bartonien inférieur (Beauchamp), Bartonien supérieur (Saint-Ouen) et Priabonien (marnes infra-gypseuses du Ludien)

### 5.5.3. Équipement et suivi du point d'eau 02216X0029/F à Voinsles

La Mairie de Voinsles a donné son accord pour le suivi piézométrique de l'ancien captage en eau potable référencé 02216X0029/F et situé près du château d'eau dans le périmètre de protection rapproché (Illustration 44 et Illustration 45).

Aqui'Brie prendra en charge le suivi de cet ouvrage, sitôt que la pompe sera enlevée par la Lyonnaise des Eaux et que le matériel de mesures sera installé par un technicien du BRGM.

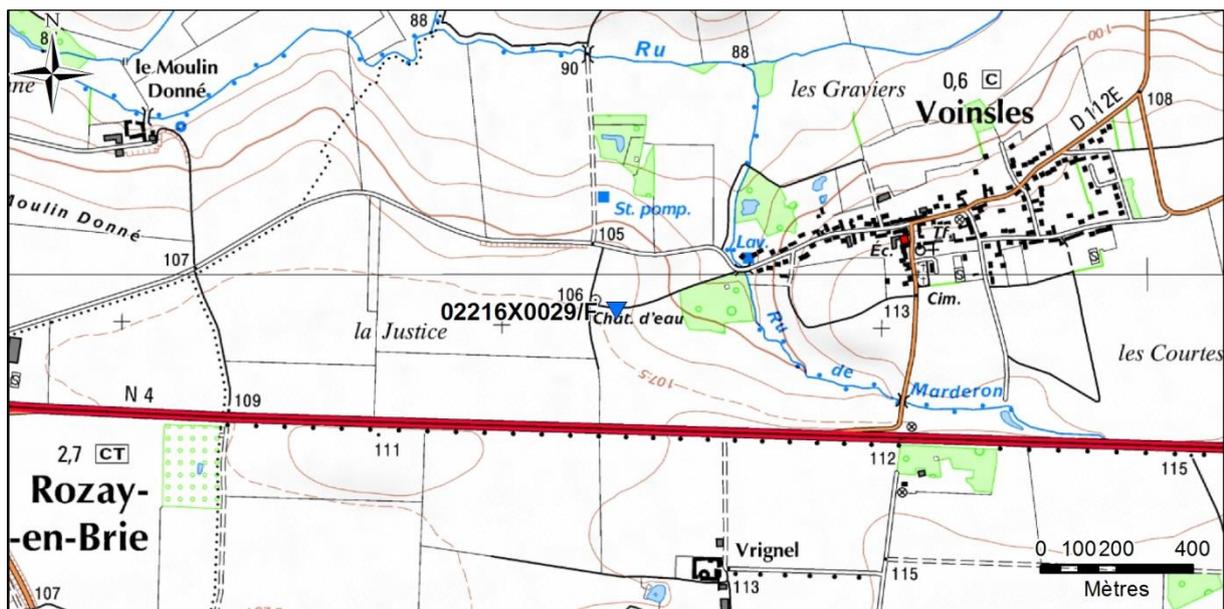


Illustration 44 - Localisation du point d'eau 02216X0029/F.



*Illustration 45 - Photographies du point d'eau 02216X0029/F.*

## **5.6. SYNCLINAL DE MELUN - NAPPE CAPTIVE DU LUTÉTIEN ET DE L'YPRÉSIEN SUPÉRIEUR**

De nombreux prélèvements existent sur la fosse de Melun et il serait judicieux de savoir si les aquifères sus-jacents participent à l'alimentation de la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

### **5.6.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

Les formations sableuses de l'Yprésien supérieur sont absentes dans le secteur du synclinal de Melun. Elles sont représentées par des sables à l'ouest et par un ensemble mal défini, hétérogène, discontinu et devenant plus fins et progressivement argileux plus au nord. Les formations du Lutétien sont lacustres, calcaires ou marneuses et s'enfoncent sous les terrains plus récents d'âge Éocène supérieur, Oligocène, Miocène et Pliocène.

D'un point de vue hydrogéologique, les formations de l'Yprésien supérieur lorsqu'elles sont sableuses et celles du Lutétien lorsqu'elles sont calcaires forment un unique aquifère.

Le réservoir des calcaires de l'Eocène est un système multicouche complexe, constitué d'une alternance de formations calcaires perméables (calcaires de Champigny du Priabonien, calcaires de Saint-Ouen du Bartonien supérieur, calcaires du Lutétien) séparées par des formations semi-perméables à imperméables discontinues (marnes supra-gypseuses et infra-gypseuses ludiennes du Priabonien, ...). Alors qu'au nord-est du synclinal de Melun, les différents niveaux aquifères sont distincts, au sud les aquifères deviennent continus du fait de l'absence de niveaux marneux.

### 5.6.2. Recherche d'un point d'eau

La complexité de la géologie de l'Éocène du plateau de la Brie (changement de faciès, disparition des écrans imperméables, ...) ne permet pas de garantir l'absence d'influence des aquifères sus-jacents (Bartonien et Priabonien) sur les niveaux de la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

Il n'existe que peu d'ouvrages captant uniquement la nappe du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans la fosse de Melun. Une campagne de terrain spécifique a été menée en juillet 2014 par le BRGM et Aqui'Brie.

D'après les interprétations des analyses physico-chimiques et des niveaux piézométriques réalisées par Aqui'Brie, les eaux souterraines captées par les anciens captages d'eau potable de Pamfou (02588X0017/F1), de Bombon (02584X0005/S1) et de Vaux-le-Pénil (02582X0091/F1) proviendraient probablement d'un mélange entre les différentes nappes de l'Éocène et du Priabonien.

L'ouvrage d'eau potable abandonné de Mennecey (02574X0041/F3), bien qu'en dehors de la zone de recherche, a été jugé intéressant. Il capte la base des calcaires du Lutétien ainsi que l'ensemble des sables de l'Yprésien supérieur. Cependant, aucune analyse qualitative (teneurs en nitrates ou marqueurs profonds comme fluor ou baryum) ne permet de s'assurer de l'absence d'influence des aquifères supérieurs.

### 5.6.3. Équipement et suivi du point d'eau 02574X0041/F3 à Mennecey

Une convention tripartite, pour le suivi piézométrique de l'ancien captage en eau potable référencé 03685X0041/F3, entre la Mairie de Mennecey, le SIARCE (Syndicat Intercommunal d'Aménagement, de Réseaux et de Cours d'Eau) et le BRGM a été signée. Ce puits est situé près du château d'eau dans le périmètre de protection rapproché (Illustration 46 et Illustration 47). Après installation de la sonde de mesures, le BRGM d'Île-de-France intégrera l'ouvrage dans son réseau piézométrique.

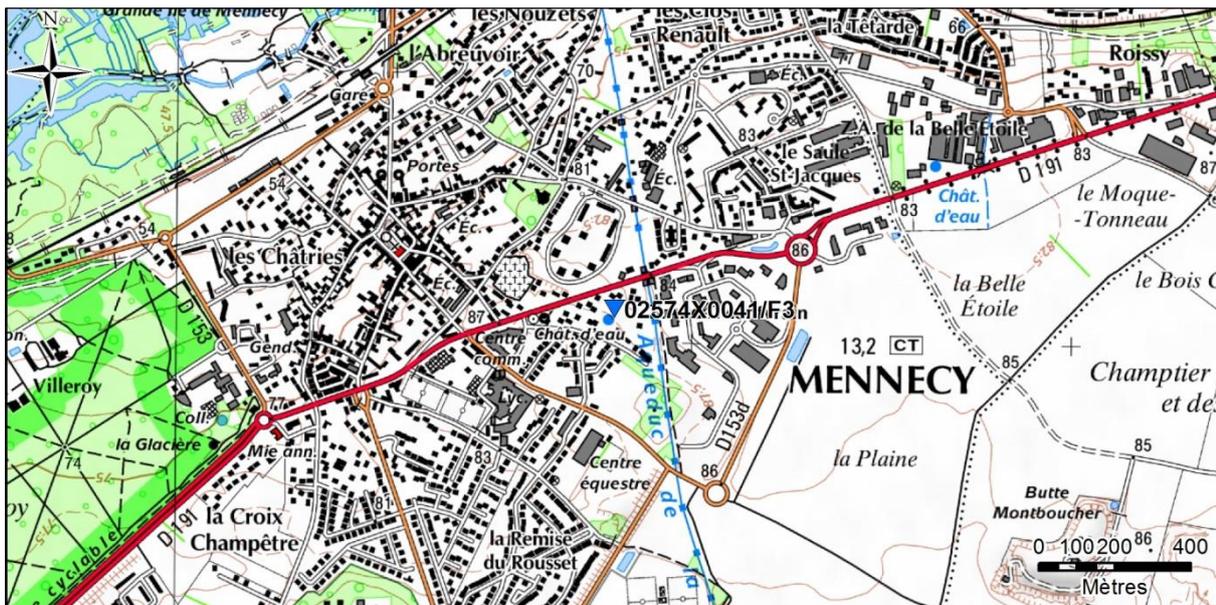


Illustration 46 - Localisation du point d'eau 02574X0041/F3.



Illustration 47 - Photographies du point d'eau 02574X0041/F3.

## 5.7. BEAUCE - NAPPE CAPTIVE DE L'YPRÉSIEEN SUPÉRIEUR

Les nappes éocènes sont profondes et mal connues au nord de la Beauce, en limite d'extension des formations aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. La modélisation hydrodynamique d'ARMINE sur le sur-stockage en nappe semi-profonde identifie un site intéressant pour effectuer des simulations d'injection sur la nappe de l'Yprésien supérieur de la Beauce (Champmotteux – Mespuits). La DRIEE souhaiterait donc acquérir de la connaissance sur la nappe captive du Lutétien sur ce secteur.

### 5.7.1. Contexte géologique et hydrogéologique

Au sud du Bassin parisien, l'Yprésien supérieur est représenté par un ensemble mal défini, hétérogène, discontinu et devenant plus fins et progressivement argileux. La limite extrême du réservoir, au sud-est, se situe à l'apparition de conglomérats, à partir de la vallée du Loing.

Les calcaires du Lutétien et du Bartonien sont considérés comme un seul ensemble abritant l'aquifère des « calcaires éocènes ». Sous la Beauce, l'absence de forages suffisamment profonds ne permet pas de connaître avec précision l'extension de l'aquifère du Lutétien.

### 5.7.2. Recherches sur le terrain

Seuls 3 ouvrages ont été identifiés à proximité de Champmotteux et de Mespuits : le forage de reconnaissance en eau potable de Mainvilliers (02936X1062/F) captant le Lutétien, le captage actif d'eau potable de Blandy (02936X5008/F1) prélevant les eaux souterraines du Lutétien et l'ancien ouvrage d'eau potable de Malesherbes (02937X1001/P) crépinés au droit de l'Yprésien supérieur mais sec en avril 2014.

Le puits de Mainvilliers (02936X1062/F) n'a pas été recherché, le comité de pilotage jugeant que les secteurs de l'Automne, de la Nonette et de la Brie étaient prioritaires pour la mise en place d'un suivi piézométrique.



## 6. Conclusion

Les campagnes de mesures d'octobre-novembre 2013 et d'avril 2014 ont permis le tracé de cartes piézométriques de la nappe des calcaires du Lutétien et de la nappe des sables de l'Yprésien supérieur sur le Bassin parisien en situation de basses et de hautes eaux. Ces cartes, couvrant une surface d'environ 17 195 km<sup>2</sup>, ont été tracées respectivement à partir de 600 et 714 points de mesure validés.

Il s'est avéré, au cours des campagnes de mesures, que l'accès aux points d'eau a souvent été difficile (ouvrages inaccessibles ou non mesurables, absence des propriétaires). Ainsi pour mesurer 744 points, il a fallu rechercher 1478 puis 872 ouvrages lors des deux campagnes de terrain.

Sur le plan hydrogéologique, les campagnes ont été favorables car elles ont eu lieu après et au tout début des périodes de pompages agricoles et globalement, comme prévu, lors de la période d'étiage et des hautes eaux.

L'analyse des piézométries indique que les sens écoulements des eaux souterraines ainsi que les cotes piézométriques n'évoluent quasiment pas entre les basses eaux 2013 et les hautes eaux 2014. Les limites de bassins versants souterrains ne varient pas et se superposent généralement à la topographie. Les fluctuations entre basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 sont généralement de l'ordre du décimètre (en vallées) et ne dépassent pas 3 m en régime libre au droit des plateaux.

Les isopièzes montrent le rôle prédominant joué par les vallées structurantes (Oise, Ourcq, Marne, Seine, ...), les rivières drainant les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Ce phénomène est particulièrement visible sur le nord du Bassin parisien mais est également perceptible au sud de la Marne et de la Seine, au droit de la Brie et du Mantois (Grand Morin, Petit Morin et Seine). En zone de fort recouvrement, ce constat traduit également de phénomènes de drainance avec les nappes supérieures (Grand Morin, Aubetin, Yerres, Seine amont) ou de l'influence de la géologie structurale, les cours d'eau empruntant des synclinaux (fosse de Saint-Denis, fosse de Melun-Draveil, anticlinal de la Remarde).

Enfin, les cartes piézométriques ont confirmé la difficulté à pouvoir distinguer les secteurs où les nappes des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur sont distinctes ou en équilibre hydrostatique.

Six capteurs de pression et enregistreurs numériques non télétransmis permettant le suivi en continu (1 mesure par heure) des niveaux piézométriques ont été mis en place sur les ouvrages suivants :

- 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Sainte-Marie sur le bassin de l'Automne ;
- 01285X0058/P à Courteuil - Nappe libre du Lutétien en partie aval du bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0128/FR2007 à Versigny - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Nonette ;
- 01288X0132/F\_2009 à Auger-Saint-Vincent – Nappe captive de l'Yprésien supérieur sur le plateau des bassins versants de l'Automne et de la Nonette ;
- 02216X0029/F à Voinsles - Nappe captive du Lutétien en Brie centrale ;

- 02574X0041/F3 à Mennecey - Nappe captive du Lutétien et de l'Yprésien supérieur à l'ouest du Synclinal de Melun.

Ce suivi permettra de capitaliser des connaissances sur les variations des niveaux des nappes sur des secteurs jugés prioritaires.

## 7. Bibliographie

**Allier D. et Chrétien P.**, avec la collaboration de A. Baraton, E. Leveau, D. Minard et B. Tourlière (2009) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne – Notice – Rapport final. BRGM/RP-57439-FR, 158 pages, 65 illustrations, 10 tableaux, 6 annexes.

**ANTEA GROUP** (Décembre 2011) - Etude du bassin d'alimentation des captages d'Auger-Saint-Vincent (60). Délimitation des aires d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité intrinsèques vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport provisoire A64810/A.

**Badinier G., Bialkowski A., Bourgine B.** Convention BRGM – DIREN-IDF 2009 : Version 2010 du modèle géologique tridimensionnel du Tertiaire du Bassin parisien

**Bault V., Borde J., Follet R., Laurent A., Tourlière B.** avec la collaboration de **Leveau E. et Willefert V.** (2012) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Oise. Phase 3 : Notice. Rapport final. BRGM/RP-61081-FR, 320 p., 81 ill., 55 tab., 2 ann., 1 cd-rom, 1 carte A0.

**Berger G. et Rampon G.** (1974) - Alimentation en eau potable des villes nouvelles du sud-est de la région parisienne. Note technique n°6 - Relations entre la nappe des calcaires de Champigny et celle de l'Yprésien, Rapport BRGM - NOTE/74-BDP-005.

**Bourgine B.** (2015) – MultiLayer. Manuel de référence, version 2014. BRGM/RP-64115-FR, 263 p., 228 ill.

**Chemin J., Hole J.-P., Pernel F. et Peckre M.** (1991) - Atlas hydrogéologique de l'Eure. BRGM, 72 p + cartes.

**Delesse A.** (1861) – Carte hydrologique de la Ville de Paris, publiée d'après les ordres de M<sup>r</sup>. le Baron G.E. Haussmann Sénateur, Préfet de la Seine, conformément à la délibération du Conseil municipal du 8 novembre 1857 et exécutée par M<sup>r</sup>. Delesse, Ingénieur des Mines, Inspecteur des carrières du département de la Seine. 1858. 1 feuille.

**Delesse A.** (1867) – Carte hydrologique du département de la Seine, publiée d'après les ordres de M. le Baron G.E. Haussmann, Sénateur, Préfet de la Seine, conformément à la délibération de la Commission municipale et exécutée sur la carte topographique. Gravée sous la direction de M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, par M. Delesse, Ingénieur des Mines du département de la Seine. 1862. 4 feuilles à l'échelle 1 / 25 000.

**Delesse A.** (1864-1873) – Carte hydrologique du département de Seine-et-Marne, exécutée par M<sup>r</sup>. Delesse, Ingénieur en chef des Mines, conformément aux délibérations du Conseil municipal, MM<sup>rs</sup>. De Lassus, Foucher de Careil et Guyot de Villeneuve, étant Préfets du département. 1864-1873. 1 feuille à l'échelle 1 / 100 000.

**Duermael G., Mégnien C., Roux J.-C.** (1972) – Atlas : les bassins de la Seine et les cours d'eau normands. Publication hors-série du bulletin « Seine-Normandie ». 6 cartes à 1 / 50 000.

**Hénot B.** (1977) – Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'aquifère multicouche de l'Eocène du Valois drainé par la rivière Automne. 436 p., 15 tabl., 184 ill., 9 ph., 7 cartes hors-texte.

**Lamé A.** (2013) – Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains. Ecole doctorale n°398 : Géosciences et Ressources Naturelles. Doctorat ParisTech. Thèse. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. 212 p., 143 fig., 34 tabl. 47 ann.

**Maget P.** (1995) – Piézométrie du système aquifère de Beauce. Basses eaux 1994. BRGM/RR-38572-FR, 33 p., 8 fig., 1 tabl., 3 ann., 2 pl.

**Mégny CI** (1970) – Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. BRGM, 152 p, 61 cartes et annexes.

**Mégny CI.** (1976) – Hydrogéologie du centre du bassin de Paris, contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Thèse de doctorat d'Etat Es Sciences naturelles. Tome 1 et Tome 2. 709 p.

**Mégny CI.** (1979) – Hydrogéologie du centre du bassin de Paris, contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Numéro 98 de la collection : Mémoires du BRGM. 532 p.

**Mégny CI.** (1980) – Synthèse géologique du Bassin de Paris. Mémoires du BRGM n°101, 102 et 103.

**Reynaud A.** (2012), Synthèse des mesures de terrain et des données de la chimie de l'eau 2003-2011, édition 2012, rapport AQUI'Brie, 232 p., 180 fig.

**Schomburgk S., Goyénèche O. et al.** (2004) - Guide d'aide à la décision pour l'installation de pompes à chaleur sur nappe aquifère en région Ile-de-France - Atlas hydrogéologique - BRGM/RP-53306-FR, 94 p., 10 fig., 28 cartes, 31 pl. h.t. - rapport du Bureau d'étude ALTO INGENIERIE (volume séparé).

**Verley F., Brunson F., Verjus P., Cholez M** (2003) – Nappe de Beauce. Piézométrie hautes eaux 2002. Direction de l'eau et de l'environnement Centre et Ile-de-France, 53 p.

**Vernoux J.-F., Maget P., Gutierrez A., Denis L., Tourlière B., Hanot F.** (2006) – Perspectives d'utilisation de la nappe de l'Yprésien par les forages d'Aulnay-sous-Bois et de Pantin du SEDIF, Rapport BRGM/RP-53437-FR, 156 pages, 80 figures, 15 tableaux, 5 annexes, 19 planches

**Zeglil Z.** (2011) - Etude des nappes sous Paris et sa proche banlieue : Evaluation de l'activité humaine. Rapport universitaire Master 2. Université Pierre et Marie Curie, Ecole des Mines de Paris et Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, 50 p.

## **Annexe 1**

# **Mesures piézométriques et GPS haute-précision réalisées lors des campagnes de terrain 2013 et 2014**



























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 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Picardie**  
7 rue Anne Frank  
Polytech de Rivery  
80136 – Rivery – France  
Tél. : 03 22 91 42 47