

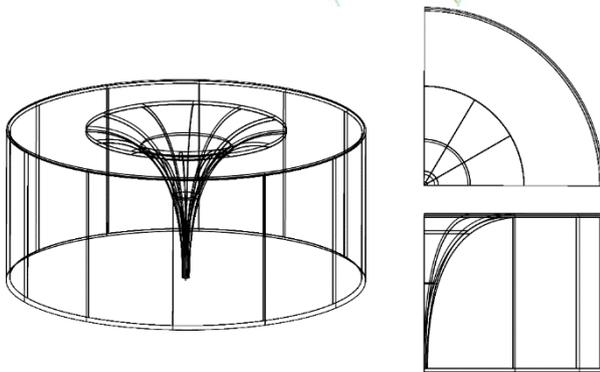


Bancarisation et synthèse des propriétés hydrodynamiques des aquifères du secteur de la Brie, projet RGF - PRODHYGE

Rapport de fin de stage : Héronne EDOUARD

Maître de stage : Thomas KLINKA

BRGM-FR
Août 2019



Bancarisation et synthèse des propriétés hydrodynamiques des aquifères du secteur de la Brie, projet RGF - PRODHYGE

Rapport de stage

BRGM-FR
Août 2019

Stage réalisé dans le cadre du projet RGF, tâche PRODHYGE du BRGM 2019

H. EDOUARD

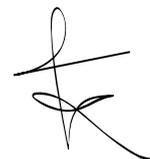
Vérificateur :

Nom : T. KLINKA

Fonction : Hydrogéologue

Date : 28/08/2019

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 :

Aquifère, pompages d'essai, essai de nappe, essai de puits, hydrodynamique, paramètres hydrodynamiques, Seine et Marne, Brie-Comte-Robert, Lutétien, Yprésien, calcaire de Champigny, calcaire de Brie, PRODHYGE, RGF, bancarisation, synthèse.

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

EDOUARD H. (2019) – Bancarisation et synthèse des propriétés hydrodynamiques des aquifères du secteur de la Brie, projet RGF - PRODHYGE. Rapport final. BRGM-FR, 74 p., 19 ill., 14 ann.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à ma professeure de géochimie isotopique Mme **Gaëlle Prouteau** qui m'a présenté M. **Pierre Nehlig**. La façon dont il a présenté son travail, son écoute et sa disponibilité m'ont donné la motivation supplémentaire qui m'a permis de trouver ce stage.

Je souhaite remercier Mme **Martine Bodusseau** à qui j'ai souvent rendu visite pour obtenir cette convention de stage qui était jusqu'alors le Graal (« Le Graal n'est pas un récipient Perceval »).

Je remercie également M. **Guillaume Richard** qui a approuvé mon sujet de stage, et sans qui je n'aurais pas pu avoir cette convention signée.

Je tiens à remercier vivement mon maître de stage M. **Thomas Klinka**, pour son accueil, sa disponibilité, le partage de son expertise au quotidien et son humour (« Mayday mayday ! Ici vol DC 132 »).

Je voudrais aussi remercier l'équipe du projet PRODHYGE avec qui j'ai travaillé pendant ce stage : **Pascal Audigane, Timothée Dupaigne** et **Oumar Condé**.

Je remercie M. **Ahmed Hosni** qui m'a donné de sa disponibilité pour me conseiller dans ma poursuite d'études en géotechnique.

Je remercie également toute l'équipe D3E GDR qui ont contribué quotidiennement à la bonne humeur au bureau : **Jean-Charles Manceau, Luc Arnaud, Etienne Buscarlet, Christelle Castillo, Nicolas Devau, Quentin Guillemoto, Frédéric Mathurin, Tom Mendiboure, Samuel Mertz, Yamen Ouerghi, Marie Pettenati, Géraldine Picot, Marie Rousseau, Dominique Thiéry, Stéphan Urban, Jean-Pierre Vergnes, Jean-François Vernoux**.

Synthèse

Ce stage, réalisé du 3 juin 2019 au 3 septembre 2019 au BRGM, au sein de la direction D3E, unité « Gestion de la Ressource » s'intègre au projet PRODHYGE dont l'objectif est de réaliser un modèle géologique 3D servant de base à un modèle hydrodynamique.

L'objectif de ce stage a été de réaliser un inventaire et une bancarisation des données de pompages d'essais sur les ouvrages souterrains (captages AEP, forages agricoles, industriels) sur la zone de la Brie. La zone d'étude se situe dans l'Ouest du département de la Seine et Marne (77) et représente une surface de 658 km² dans le bassin Parisien.

Le travail réalisé au cours de ce stage a été le suivant :

- Collecte des données de forages d'eau, coupes géologiques, coupes techniques et rapports d'hydrogéologues agréés de la BSS, de l'ARS 77 et de la DDT 77 ;
- Traitement de ces données :
 - o Recensement des paramètres hydrodynamiques des aquifères captés (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emmagasinement),
 - o Identification des aquifères captés *via* les coupes techniques et géologiques,
 - o Bancarisation des types de pompages d'essais effectués à chaque forage.
- Élargissement de la zone d'étude en prenant 45 ouvrages supplémentaires dont la localisation géographique se situe en Seine et Marne, répartis équitablement dans un rayon de 15 km autour des limites de la zone d'étude (voir [Annexe 3 : Carte de localisation des ouvrages de l'ARS 77, 93, 94](#)), 8 ouvrages de l'ARS 94 et 5 ouvrages de l'ARS 93.
- Digitalisation des courbes de rabattement et relevés de débits bruts ;
- Interprétation des pompages d'essai (essais de puits, et essais de nappe) à l'aide de l'outil OUAIP.

Sur 2214 ouvrages de tout type compris dans la zone d'étude (forages pétroliers, diagraphies, forages d'eau) seulement 810 correspondaient à des forages d'eau. Parmi ces 810 points d'eau, seulement 309 ont fait l'objet de pompages d'essai et ont été bancarisés, ce qui représente 14% de la totalité des forages compris dans la zone d'étude.

De par cette faible proportion de données exploitables, seuls les essais de nappe permettent de calculer les paramètres hydrodynamiques des aquifères captés.

Sur 275 essais de nappe recensés, 18 (6.5%) mentionnent des coefficients d'emmagasinement et 88 des transmissivités (32 %), contre 9 des perméabilités (3.3 %).

L'objectif du stage était de bancariser toutes les données relatives aux pompages d'essais des aquifères de l'Eocène (nappe du calcaire de Brie, nappe du calcaire de Champigny, nappe du calcaire de Saint-Ouen, nappe de l'éocène inférieur). Les forages captant des aquifères trop récents (alluvions, sables et grès de Fontainebleau) ou trop anciens (Albien) n'ont pas été pris en compte dans l'interprétation des données, mais ont été bancarisés.

Aussi, certains forages d'eau ne mentionnaient pas quels aquifères étaient captés :

- Soit par le manque de documents numérisés,
- Soit par l'imprécision de la description du niveau lithologique capté (ex : calcaire fracturé).

Ainsi, sur 309 forages bancarisés, seulement 197 (64%) mentionnent clairement l'aquifère capté. Lors de l'exploitation des coupes techniques, il est apparu que plusieurs forages captent plusieurs aquifères, ce qui est contraire à la Loi sur l'eau. Sur les 197 ouvrages dont la/les nappes captées sont renseignées, 83 % des forages (165) sont ainsi réalisés selon les règles de l'art.

La majorité des forages captent la nappe du calcaire du Champigny (105), voir [Annexe 7 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule nappe](#), 28 captent le calcaire de Brie, 26 captent la nappe de l'Eocène inférieur (Lutétien et Yprésien) et 6 captent le calcaire de Saint-Ouen.

Collecter les paramètres hydrodynamiques de ces aquifères à l'aide des informations bancarisées fut délicat. En effet, pour 105 forages captant le calcaire de Champigny, seulement 46 disposent de transmissivités calculées, et 6 disposent de coefficients d'emmagasinement calculés. De plus, la plupart des documents récupérés datent des années 60 et 70, ce qui correspond aux premières publications académiques concernant les pompages d'essais, dont J. FORKASIEWICZ (BRGM) y a beaucoup contribué.

Ainsi, les moyennes géométriques calculées ne sont pas systématiquement significatives. Une synthèse de ces paramètres hydrodynamiques a été réalisée :

Étages	Sannoisien	Ludien	Marinésien	Eocène inférieur		
Aquifères	Calcaire de Brie	Calcaire de Champigny	Calcaire de Saint-Ouen	Lutétien	Yprésien	Sparnacien
Transmissivité (m ² /s)	5.38x10 ⁻³	5.47x10 ⁻³	7x10 ⁻⁴	3.2x10 ⁻⁴	5.46x10 ⁻³	1.22x10 ⁻³
Coefficient d'emmagasinement	5x10 ⁻²	5x10 ⁻²	/	/	1.18x10 ⁻³	/

En complément de ce stage, j'ai travaillé sur plusieurs thématiques connexes au domaine de l'hydrogéologie.

Notamment sur l'acquisition des propriétés hydrodynamiques des aquifères autour de l'aéroport de Roissy dans le cadre d'une étude ponctuelle.

Concernant les pompages d'essai sur lesquels j'ai effectué un travail de bancarisation, j'ai également digitalisé les courbes de rabattement ainsi que les relevés de débits des ouvrages de la Brie, soit un total de 12 pompages d'essai (essai de puits et essai de nappe) et ensuite réalisé une réinterprétation à l'aide du logiciel [QUAIP](#) v2.3. Ces derniers sont disponibles en annexe :

- [Annexe 11 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000PKYU](#),
- [Annexe 12 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000PKYU](#),
- [Annexe 13 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000UBAV](#),
- [Annexe 14 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000UBAV](#).

J'ai également participé à compléter les types d'essais de puits effectués sur 199 ouvrages dans le cadre du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en région Centre (SIGES Centre) en précisant si ces derniers étaient réalisés selon le protocole suivant :

- Par paliers enchainés ;
- Par paliers avec temps de remontée (paliers non enchainés) ;
- Non connu.

J'ai participé à des activités de terrain, je me suis rendue sur le chantier de forage d'eau au droit du site du BRGM à Orléans. Ce forage, réalisé en août 2019, vise à capter la nappe des calcaires de Beauce pour l'alimentation en eau des équipements de la halle pilote (débit maximum de 3 m³/h en remplissage) afin de remplir à terme le pilote Pluri-Métrique (PPM).

Le pilote Pluri-Métrique sera constitué d'une grande cuve étanche divisée en plusieurs modules remplis de matériaux divers (sable, sol pollué ou non, résidu minier, sédiments) dans laquelle il sera possible de réaliser un écoulement d'eau en continu (objectif de simulation d'un écoulement d'une nappe phréatique). Ce pilote Pluri-Métrique vise à reproduire et à s'approcher au plus près des conditions rencontrées sur le terrain tout en contrôlant un maximum de paramètres pour en étudier les effets.

A ce titre, j'ai réalisé et suivi et interprété deux types de pompages d'essai sur ce forage :

- Un essai de puits par paliers de débits non enchainés (x3) de 1 h avec un temps de remontée de 1 h à débit croissant (1 m³/h, 3 m³/h et 5 m³/h),
- Un essai de nappe de 48h suivi d'une remontée observée pendant 1 h.

Table des matières

1. Contexte de l'étude.....	13
1.1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET ET DU STAGE.....	13
1.2. STRUCTURE D'ACCUEIL : LE BRGM	14
1.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
1.3.1. Situation géographique et contexte géologique.....	14
1.3.2. Description stratigraphique des lithologies rencontrées	16
1.3.3. Contexte hydrogéologique	19
2. Matériel et méthodes	21
2.1. PLAN DE TRAVAIL.....	21
2.2. POMPAGES D'ESSAI.....	21
2.3. BANQUE DE DONNEES DU SOUS-SOL (BSS).....	26
2.4. EXPLORATION DES DONNEES DE L'ARS.....	26
2.5. SOURCES DE DONNEES « ACCESS »	26
2.6. STOCKAGE DE L'INFORMATION.....	26
2.7. ARBORESCENCE DE TRAVAIL	26
3. Données et ouvrages analysés.....	30
3.1. BSS – EXPORT DES OUVRAGES DE LA ZONE D'ETUDE.....	30
3.2. BSS EAU – EXPORT DES DONNEES DE LA ZONE D'ETUDE.....	33
3.3. ARS – RAPPORT D'HYDROGEOLOGUES AGREES	34
3.4. DDT 77	34
4. Résultats	35
4.1. REPARTITION DES OUVRAGES DU MASQUE DE SAISIE ET LEUR PROVENANCE.....	35
4.2. NAPPES CAPTEES.....	36
5. Synthèse des résultats.....	39
5.1. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES	39
5.1.1. Le calcaire de Brie	39
5.1.2. Le calcaire de Champigny.....	39
5.1.3. Le calcaire de Saint-Ouen.....	40
5.1.4. Le Lutétien.....	40
5.1.5. L'Yprésien.....	40
5.1.6. Le Sparnacien.....	40

6. Conclusion	43
7. Bibliographie	45

Liste des illustrations

Illustration 1 - Carte de la localisation de la zone d'étude (polygone rouge) (BRGM, 2017)	15
Illustration 2 – Hydrogéologie du Bassin Parisien (Mégrien, 1979)	16
Illustration 3 – Piézomètre dans lequel est installé un capteur de pression Diver suspendu par un câble connecté, ce capteur est interrogeable en temps réel	22
Illustration 4 – Débitmètre électromagnétique avec affichage digital en temps réel	23
Illustration 5 – Sonde piézométrique utilisée pour suivre le niveau dynamique dans le puits de pompage	24
Illustration 6 – Différents capteurs de pression Diver.....	24
Illustration 7 – Arborescence de l'espace de travail sur le projet PRODHYGE	27
Illustration 8 – Répartition des 2214 ouvrages recensés sous forme de diagrammes circulaires.30	
Illustration 9 – A gauche la répartition des 2214 ouvrages selon qu'ils disposent de documents numérisés ou non. A droite, répartition des captages AEP et des autres captages parmi les 2214 ouvrages.....	31
Illustration 10 – A gauche : Objet des documents numérisés, A droite : Critères de sélection des ouvrages provenant de l'export cercle (en bleu) et le nombre d'ouvrages correspondant aux critères dans la colonne attenante	32
Illustration 11 – En haut à gauche : répartition des ouvrages de l'export BSS, en haut à droite : nombre d'ouvrages ayant ou non des codes BD LISA. En bas à gauche : version des codes BD LISA. En bas à droite : nombre d'ouvrages à 1 ou plusieurs codes BD LISA	33
Illustration 12 – Répartition du nombres d'ouvrages selon le type d'essai réalisé	35
Illustration 13 – Répartition du nombre d'ouvrages en fonction de leur provenance	36
Illustration 14 – Répartition des ouvrages captant une ou plusieurs nappes.....	37
Illustration 15 – Histogramme du nombre de forages captant une nappe unique	37
Illustration 16 – Histogramme du nombre de forages captant plusieurs nappes	38
Illustration 17 – Statistiques sur les valeurs de transmissivités, de coefficients d'emmagasinement, de perméabilités et de débits d'exploitation sur les aquifères suivants : Champigny, Lutétien, Saint-Ouen, Yprésien, Sparnacien. Ces valeurs sont tirées de la feuille de calcul EDN. La moyenne calculée correspond à la moyenne géométrique	41
Illustration 18 – Statistiques sur les valeurs des débits d'exploitation sur les aquifères suivants : Champigny, Lutétien, Brie, Saint Ouen, Yprésien et Cuisien, Sparnacien et Sannoisien. Ces valeurs sont tirées de la feuille de calcul EDP. La moyenne calculée correspond à la moyenne géométrique	42
Illustration 19 – Répartition du nombre de pompages d'essai réalisés avant 1960, entre 1960 et 1980, et après 1980, ainsi que le nombre d'essais ayant au moins une propriété hydrodynamique associée	44

Liste des annexes

Annexe 1 : Carte de localisation des ouvrages de la BSS.....	46
Annexe 2 : Carte de localisation des ouvrages de la BDD ACCESS	48
Annexe 3 : Carte de localisation des ouvrages de l'ARS 77, 93, 94.....	51
Annexe 4 : Carte de localisation des ouvrages de la DDT 77.....	53
Annexe 5 : Carte de localisation des ouvrages de la zone d'étude (essais de nappe et essais de puits confondus).....	55
Annexe 6 : Carte de localisation des essais de nappe et essais de puits du secteur d'étude....	57
Annexe 7 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule nappe	59
Annexe 8 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule et plusieurs nappes.....	61
Annexe 9 : Carte des transmissivités des aquifères aux droits des ouvrages de captage	63
Annexe 10 : Carte des coefficients d'emménagement des aquifères au droits des ouvrages de captage	65
Annexe 11 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000PKYU	67
Annexe 12 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000PKYU.....	69
Annexe 13 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000UBAV	71
Annexe 14 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000UBAV.....	73

Glossaire

ARS : Agence Régionale de Santé.

BD Lisa : Le référentiel hydrogéologique BDLISA est un outil national qui permet de localiser les données relatives à l'eau souterraine.

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

BSS : Banque de données du Sous-Sol.

Coefficient d'emménagement (S sans unité) : rapport du volume d'eau libérée ou emmagasinée par unité de surface d'un aquifère à la variation de charge hydraulique correspondante sans référence au temps (ou en temps illimité). Dans un aquifère captif, ce paramètre est lié à la compressibilité et l'expansibilité de l'eau et du milieu aquifère, ainsi qu'à la puissance de la couche aquifère. Dans un aquifère libre, il équivaut en pratique à la porosité efficace et sa signification n'est pas indépendante du temps.

DDT : Direction Départementale des Territoires.

Débit critique (Q_c en m³/h en général) : débit maximal pouvant affluer d'un aquifère à un puits de pompage en écoulement laminaire, c'est-à-dire sans dépasser la vitesse critique.

Débit d'exploitation (Q_{max} en m³/h en général) : quantité d'eau produite par un captage, par l'exploitation d'un puits de pompage pendant une durée définie constituant une fourniture d'eau disponible.

EDN : abréviation employé dans ce rapport pour « **essai de nappe** ».

EDP : abréviation employé dans ce rapport pour « **essai de puits** ».

ID BSS : Identifiant national des ouvrages en BSS.

Masque de saisie : Mise en forme du fichier Excel par lequel la BSS reconnaît automatiquement où implanter les informations.

ND : niveau dynamique (m/repère ou m/sol).

NS : niveau statique (m/repère ou m/sol).

OUAIP : Outils d'Aide à l'Interprétation des Pompages d'essai, téléchargeable gratuitement à l'adresse : <http://ouaip.brgm.fr>

Ouvrage : En hydrogéologie, c'est un forage ou puits creusé par un procédé mécanique à moteur (foreuse) en terrain consolidé ou non, pour tous usages sauf pour les ouvrages de reconnaissance ou d'observation (on parle alors de sondage). La construction du puits sert à la construction de structures pour la promotion et la surveillance des eaux souterraines. Ces structures comprennent généralement des puits et des points de mesure des eaux souterraines.

PE : point d'eau, au sens de la BSS, correspond à un ouvrage captant une eau souterraine ou une eau de surface.

Puissance (d'un aquifère) : Hauteur, épaisseur mesurée verticalement, d'un aquifère saturé à surface libre, ou mesurée perpendiculairement à la couche s'il s'agit d'un aquifère captif.

Q (en m³/h en général) : débit de pompage.

RGF : Référentiel Géologique de la France.

Transmissivité (T en m²/s) : paramètre régissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de la zone saturée d'un aquifère continu et par unité de gradient hydraulique. Produit du coefficient de perméabilité K par la puissance de l'aquifère capté « e ».

1. Contexte de l'étude

1.1. CADRE ET OBJECTIFS DU PROJET ET DU STAGE

Dans le cadre de ma formation des sciences de la Terre en Licence 3 à l'Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC) préparée à Orléans, j'ai effectué un stage du 3 juin au 3 septembre 2019, au BRGM à Orléans. D'une durée de 3 mois, ce stage a été effectué au sein de la Direction Eau, Environnement & Écotechnologies (D3E), unité Gestion de la Ressource (GDR), dont les principales missions sont de :

- ❖ Caractériser les aquifères (géométries, propriétés hydrodynamiques) à l'échelle des bassins sédimentaires, des masses d'eau régionales et des aquifères transfrontaliers ;
- ❖ D'évaluer leurs ressources (volume, flux, entrées-sorties) ;
- ❖ Développer une modélisation prédictive des aquifères du point de vue de la quantité et de la qualité des eaux souterraines ;
- ❖ De caractériser les relations aux interfaces (eaux de surface/eaux souterraines, zones humides) ;
- ❖ De développer des méthodologies pour la définition des potentiels exploitables des ressources à l'échelle d'unités de gestion pour établir des plans de gestion durable et intégrée à l'échelle régionale, nationale et dans des contextes transfrontaliers ;
- ❖ D'évaluer les impacts et les risques liés aux conditions d'exploitation de la ressource (surexploitation, arrivées d'eaux salées ou contaminées) ;
- ❖ D'évaluer les risques et conséquences des événements extrêmes (crues, étiages, remontées de nappe et inondations, tarissements et assecs...), du changement climatique et du changement global sur la ressource en eau ;
- ❖ De formuler des mesures d'adaptation avec le développement d'outils de simulation globale et distribuée, et d'outils d'aide à la décision (offres/demandes).

L'unité GDR répond aux besoins de connaissance/reconnaissance des aquifères et des réserves exploitables, nécessaires à l'exploitation raisonnée de la ressource et à sa préservation.

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet Référentiel Géologique de la France (RGF, <http://rgf.brgm.fr/>), projet qui vise à fournir une information géologique 3D, numérique, homogène et cohérente sur l'ensemble du territoire national. Pour répondre aux besoins de la société, le RGF vise à passer d'une information scientifique en deux dimensions à une représentation multi-échelles de la connaissance géologique de la France, numérique, homogène, cohérente, et en trois dimensions.

Le sous-projet PRODHYGE (Construction d'un PROTOTYPE sédimentologique 3D issu des interprétations croisées HYdrogéologiques et GEologiques) permettra de réaliser un modèle géologique 3D adapté aux besoins d'un modèle hydrodynamique. Ce modèle intégré sera réalisé sur une zone test. La méthodologie de travail consistera à :

- ❖ Identifier les enveloppes 3D des aquifères (géométries et contact entre aquifères dans le cas d'aquifères multicouches) : ces informations seront utilisées pour effectuer une mise à jour des entités BDLISA ;
- ❖ Caractériser les propriétés réservoirs basées sur une approche couplée géologie et hydrogéologie.

L'objectif de ce stage était de collecter, bancariser, analyser et synthétiser les informations relatives aux propriétés hydrodynamiques des aquifères dans le secteur de la Brie (Seine-et-Marne, 77). A l'issue de ce stage, j'ai pu acquérir des connaissances techniques sur les pompages d'essais, les méthodes de caractérisation des aquifères, l'interprétation des données (essai de puits, essai de nappe) et acquérir une expérience de terrain (piézométrie, forage, réalisation et suivi de pompages d'essai). J'ai également pu améliorer mes méthodes de travail, mon sens du relationnel et du travail en équipe.

Ce stage s'est déroulé en plusieurs étapes :

- ❖ Collecte des données auprès de la BSS, de l'Agence Régionale de Santé de l'Île de France (ARS IDF) et la Direction Départementale des Territoires 77 (DDT 77) ;
- ❖ Analyse de ces données ;
- ❖ Bancarisation des données ;
- ❖ Synthèse et interprétation de ces données.

Le présent rapport rend compte de cette démarche.

1.2. STRUCTURE D'ACCUEIL : LE BRGM

Créé en 1959, le BRGM est un établissement public à caractère industriel et commercial. Il emploie plus de 1000 personnes dont plus de 700 chercheurs et ingénieurs (géologues, géotechniciens, hydrogéologues, géochimistes, modélisateurs, géophysiciens, informaticiens...) dans ses 29 implantations en France métropolitaine et en Outre-mer. Ses équipes interviennent dans une trentaine de pays.

Le BRGM est le service géologique national de référence dans les applications des Sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

L'activité du BRGM est organisée autour de 6 grands enjeux sociétaux :

- ❖ Géologie et connaissance du sous-sol ;
- ❖ Risques et aménagement du territoire ;
- ❖ Gestion des eaux souterraines ;
- ❖ Ressources minérales et économie circulaire ;
- ❖ Transition énergétique et espace souterrain ;
- ❖ Données, services et infrastructures numériques.

Son action est orientée vers la recherche scientifique, l'appui aux politiques publiques et la coopération internationale.

Le BRGM est l'un des instituts Carnot. Il mène des actions de recherche contractuelle avec des filières industrielles et des entreprises de toutes tailles.

1.3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.3.1. Situation géographique et contexte géologique

La zone d'étude se situe dans le département de la Seine et Marne (77) et représente une surface de 658km² dans le bassin Parisien. L'illustration 1 ci-après représente la carte géologique ainsi que le secteur d'étude en rouge.

1.3.2. Description stratigraphique des lithologies rencontrées

L'illustration ci-dessous présente une coupe géologique schématique au niveau de la Brie (Illustration 2).

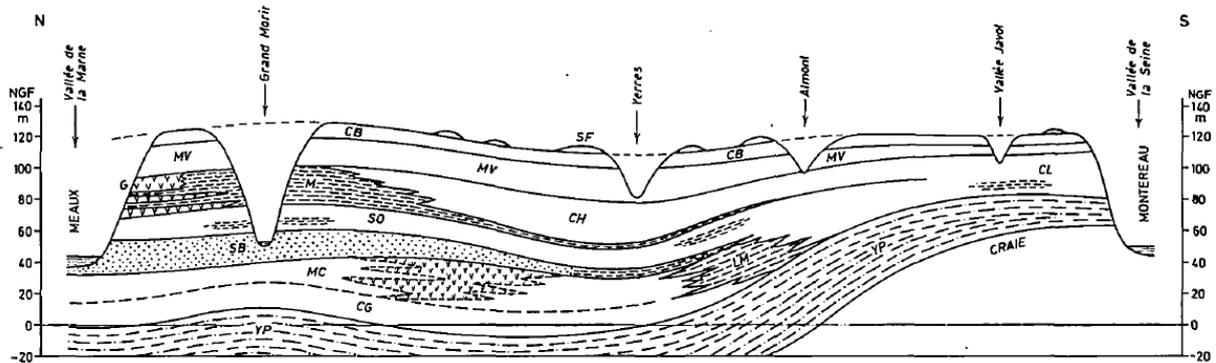


FIG. 4.6. — Coupe géologique schématique de la Brie selon un profil N-S.

SF : Sables de Fontainebleau - CB : Calcaires de Brie - MV : Marnes vertes et supragypseuses - G : Gypse ludien - M : Marnes ludiennes - CH : Calcaire de Champigny - SO : Calcaire de Saint-Ouen - SB : Sables de Beauchamp - MC : Marnes et caillasses - CG : Calcaire grossier - LM : Lutétien indifférencié marneux - CL : Calcaire lacustre indifférencié (CH + SO + Lutétien) - YP : Yprésien.

Illustration 2 – Hydrogéologie du Bassin Parisien (Mégnyen, 1979)

Au droit du secteur d'étude, les formations géologiques rencontrées sont d'âge Tertiaire avec, des plus anciennes aux plus récentes :

- ❖ Yprésien
 - Sparnacien – Sables et Argiles sparnaciens
 - Cuisien – Argiles de Laon
- ❖ Lutétien
 - Lutétien inférieur – Calcaire grossier inférieur
 - Lutétien moyen – Calcaire grossier moyen/supérieur
 - Lutétien supérieur – Marnes et caillasses
- ❖ Bartonien *sensu stricto* (s.s)
 - Auversien – Sables de Beauchamp
 - Marinésien – Calcaire de Saint Ouen et Sables verts
- ❖ Priabonien
 - Ludien inférieur – Marnes infragypseuses
 - Ludien moyen – Calcaire de Champigny
 - Ludien supérieur – Marnes supragypseuses
- ❖ Stampien ou Rupélien
 - Sannoisien – Calcaire de Brie et Argile verte *sensu lato* (s.l)
 - Stampien (s.s) – Sables et grès de Fontainebleau

Ces informations sont extraites de la « Synthèse géologique du Bassin de Paris, volume 1, mémoire BRGM n°101, Claude Mégnyen (1980) ».

a) Le Sparnacien

Ce niveau lithologique comprend, des formations les plus anciennes aux plus récentes :

- ❖ Conglomérat de Meudon : conglomérat fossilifère, discontinu, riche en vertébrés ;
- ❖ L'argile plastique : argile bariolée riche en kaolinite, parfois sableuse (10 à 20 m d'épaisseur en moyenne dans le secteur de la Brie). Sa base débute parfois par une argile brune noduleuse à empreintes charbonneuses.
- ❖ Les Sables d'Auteuil (2 à 4 m) ;
- ❖ Les Fausses glaises, argiles ligniteuses à faune saumâtre ;
- ❖ Les Sables supérieurs : sans fossiles parfois gréseux et ligniteux (10 à 40 m).

b) Le Cuisien

Formation type : les sables de Cuise ou du Soissonnais.

Les sédiments cuisien sont à prédominance détritique et sableuse. Ils sont glauconieux, micacés, assez fins et relativement bien classés. La série se termine par le dépôt d'argile lagunaire ou fluvatile (argile de Laon), ou la consolidation des dernières assises sableuses (Grès de Fosses et de Belleu).

c) Lutétien

D'une manière générale, les dépôts calcaires du Lutétien inférieur témoignent d'une mer calme avec localement des conditions de mer plus agitée, peu profonde.

Le Lutétien moyen est caractérisé par la prédominance des dépôts carbonatés, le matériel détritique siliceux ne représentant que 4 à 5 % des dépôts. Il constitue le début de la phase de confinement, marquée par l'apparition massive de mollusques ainsi que par celle de milliolidés, d'alvéolines et d'orbitolites.

Le Lutétien supérieur est constitué par un ensemble de trois bancs : l'inférieur et le supérieur représentés par un calcaire à miliolites, sparitique, à cassure esquilleuse. Le banc intermédiaire argileux verdâtre et ligniteux contient des spores et pollens.

Le calcaire à Cérithes, les Marnes et Caillasses représentent le sommet du Lutétien supérieur et correspondent au stade de confinement maximum du bassin. L'épaisseur de l'ensemble du Lutétien est de 60 m environ sous la Brie.

d) L'Auversien

Le faciès Auversien est représenté par des sables quartzeux jaunes et blancs, parfois calcifiés ou grésifiés à stratifications obliques et entrecroisées fréquentes.

Le faciès Beauchamp est caractérisé par des sables blancs bien classés, très fins à stratification plane, à faune de mollusques caractérisée par l'abondance des Cerithidae.

L'épaisseur de l'Auversien environne 10 m à Coulommiers.

e) Marinésien

Des formations les plus anciennes aux plus récentes on retrouve :

- Les Sables d'Ézanville : couche épaisse de 0.4 m composée de sables quartzeux, blanchâtres surmontés de sables verdâtres très argileux et fossilifères ;
- Le Calcaire de Ducy : horizon laguno-lacustre représenté par un calcaire dur, à pâte fine, ou au contraire induré et argileux. Son épaisseur ne dépasse pas 2 m ;
- Les Sables de Mortefontaine : généralement constitués par des sables blancs à jaunâtres, avec ou non présence de grès subordonnés, cet horizon peut être représenté localement par des argiles vertes ou un calcaire plus ou moins gréseux. La puissance est très variable : quelques centimètres à 3 ou 4 m ;
- Le Calcaire de Saint Ouen : compris entre l'horizon de Mortefontaine à la base et les sables de Monceau au sommet, le calcaire de Saint Ouen constitue un ensemble homogène et indivisible ;
- Les Sables de Monceau : sables fins argileux verdâtres présentant des intercalations de grès, parfois de calcaire ou de gypse. Sous la Brie, le faciès devient nettement plus argileux et la couleur verte plus franche. L'épaisseur varie de quelques décimètres à 1 m en Brie.

f) Ludien

Des formations les plus anciennes aux plus récentes on retrouve :

Le Ludien inférieur (marnes infragypseuses) :

- ❖ Les Marnes à *Pholadomya ludensis*.

Le Ludien moyen (marnes et masses du gypse) :

- ❖ La Haute masse ou première masse du gypse ;
- ❖ Les Marnes d'entre deux masses ;
- ❖ La Deuxième masse du gypse ;
- ❖ Les Marnes à lucines ;
- ❖ La Troisième masse du gypse.

Le Ludien supérieur (marnes supragypseuses) est constitué par :

- ❖ Les Marnes blanches de Pantin ;
- ❖ Les Marnes bleues d'Argenteuil.

g) Stampien

Le Stampien est représenté, de bas en haut, par :

- Les Glaises à Cyrènes : argiles-calcaires à fines intercalations gypseuses.
- L'Argile verte de Romainville : 5 m d'épaisseur maximum, faciès argilo-calcaire sans gypse.
- La Caillasse d'Orgemont : 3 m d'épaisseur maximum à la base une masse de gypse (2 m d'épaisseur max.), au sommet une alternance de petits bancs et plaquettes de calcaire dur et d'argile grise ou verte.

- Le Calcaire de Sannois : dans la région de la Brie, le calcaire de Sannois fait place au calcaire de Brie à la base duquel on distingue encore la Caillasse d'Orgemont.

1.3.3. Contexte hydrogéologique

Cette partie présente les nappes et les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères rencontrés dans la zone d'étude. Ces informations bibliographiques sont extraites de « AQUIFERES & eaux souterraines Tome 1, BRGM Éditions, 2006 ».

a) Calcaire de Brie (Sannoisien)

Le substratum du calcaire de Brie est constitué par les marnes supragypseuses du Ludien supérieur. L'horizon supérieur est délimité par les marnes à huitres. Les calcaires résiduels de Brie contiennent des petites nappes libres et perchées en haut de collines isolées. Elles sont de bonne qualité et leur alimentation directe ont intéressé les petites communes du Valois, du Vexin et de la Brie.

b) Calcaire de Champigny (Ludien moyen)

Le substratum du calcaire de Champigny est constitué par les marnes infragypseuses (marnes à *Pholadomia Ludensis*) et l'horizon supérieur est constitué par les marnes supragypseuses.

Exploitée pour des besoins agricoles et industriels, la nappe du calcaire de Champigny est une source d'alimentation en eau potable pour les communes et est très sollicitée pour contribuer à l'alimentation de l'agglomération parisienne.

Un des problèmes observés concerne la baisse de ses réserves et la dégradation de sa qualité.

Les calcaires de Champigny s'étendent sur la totalité du plateau formé par la Brie. En rive droite de la Seine, la nappe est libre ; en rive gauche, à l'aval de l'Essonne la nappe est semi-captive par la présence des marnes supragypseuses.

Le réservoir aquifère est constitué d'un ensemble de couches de formations calcaires (faciès lacustre dominant) recoupées par des intercalations marneuses ou marno-sableuses. Il atteint jusqu'à 70 m d'épaisseur en Brie centrale et s'affine sur les bords, notamment vers la cuesta au Sud Est.

Dans l'Essonne, son extension est réduite sous la Beauce à la limite des marnes vertes et supragypseuses. Aux abords de la vallée de la Marne, le réservoir passe latéralement à des formations marneuses et gypseuses.

c) Sables de Beauchamp

Les sables de Beauchamp s./ regroupent le calcaire de Saint-Ouen s./ et les sables de Beauchamp s.s. Ce sont localement des aquifères qui contiennent de petites nappes plus ou moins cloisonnées qui ne sont pas exploitées. Les sables de Beauchamp ont une épaisseur mouillée supérieure à 10 m.

d) La nappe de l'Eocène inférieur et moyen

Sous le terme de nappe de l'Eocène inférieur et moyen, on regroupe deux nappes généralement confondues : le Lutétien et l'Yprésien supérieur. Le substratum de cette nappe est constitué par les sables et argiles sparnaciennes, et l'horizon supérieur par les Marnes et caillasses du Lutétien.

- **Lutétien (calcaires grossiers s./)**

A prédominance calcaire, le réservoir du Lutétien présente des faciès plus sableux à la base en continuité avec le réservoir inférieur, et plus marneux à la partie supérieure. Les transitions lithologiques aussi bien latérales que verticales ne sont pas progressives. On a donc une hétérogénéité structurale qui se répercute dans la transmissivité du réservoir qui peut atteindre les 10^{-2} m²/s dans les calcaires et 10^{-4} m²/s dans les bancs marneux lités et poreux. Le Lutétien calcaire a une perméabilité de fissures.

La nappe du Lutétien est le plus souvent libre. Elle n'est pas entièrement saturée même sous une couverture imperméable. L'alimentation est assurée par l'impluvium local direct sur les affleurements ou indirect à travers les formations diverses de couverture.

- **Yprésien**

Le sommet de l'Yprésien est en principe argileux (Argile de Laon) et devrait constituer un niveau imperméable entre les calcaires plus ou moins sableux du Lutétien et les Sables de Cuise. Mais le plus souvent, le sommet du Cuisien est argilo-sableux et les deux nappes forment un aquifère unique. Le substratum général de la nappe est constitué par les argiles Sarnaciennes. Le toit de la nappe est constitué des Marnes et caillasses du Lutétien supérieur et, pour l'aquifère du Cuisien par l'Argile de Laon quand elle est présente.

Le Cuisien est constitué de sables fins à perméabilité d'interstices comme pour les faciès sableux et dolomitiques du Lutétien.

2. Matériel et méthodes

Ce chapitre présente succinctement le principe des pompages d'essai ainsi que les sources de données qui ont été analysées pour extraire les informations relatives aux propriétés hydrodynamiques des aquifères.

2.1. PLAN DE TRAVAIL

La **première** phase de ce travail consistait à effectuer :

- Une étude bibliographique sur la géologie du bassin de Paris et des aquifères de la Brie ;
- Une formation sur les pompages d'essais ;
- Un inventaire de la base de données BSS ([Infoterre](#)) et des documents que l'on peut y retrouver ;
- Une formation avec C. Luquet, membre et administrateur de l'équipe BSS ;
- Des réunions avec les différents acteurs du projet pour déterminer les objectifs de l'étude et le support des données bancarisées.

La **seconde** phase a été consacrée :

- Au traitement des données des ouvrages de la BSS, des rapports d'hydrogéologues agréés de l'ARS Ile-de-France et des rapports de bureaux d'études de la DDT 77 ;
- Au traitement d'une nouvelle source de données BDD ACCESS (travail de compilation fait par J.-F. Vernoux qui a permis de compléter certaines transmissivités qui n'étaient pas renseignées.

Enfin, la **troisième** phase a permis de :

- Traiter les dossiers de l'ARS dans un secteur élargi autour de la zone d'étude ;
- D'étendre la zone d'étude sur un rayon d'environ 15 km en ne prenant en compte que les ouvrages traités par les rapports des hydrogéologues agréés de l'ARS 77 ;
- Digitaliser les données de pompages d'essai (courbes de rabattement, de débit en fonction du temps) et d'effectuer une réinterprétation des pompages d'essai (essai de puits et essai de nappe).

Un export de tous les ouvrages en BSS de la zone d'étude a été réalisé. Cet export correspond à un cercle d'environ 21 km centré sur le secteur de la Brie.

2.2. POMPAGES D'ESSAI

Les pompages d'essai sont des tests hydrauliques qui ont pour objectif de caractériser les ouvrages souterrains (*via* un « essai de puits » parfois abrégé dans ce rapport « EDP ») ou les propriétés hydrodynamiques des aquifères (*via* un « essai de nappe » parfois abrégé dans ce rapport « EDN »).

D'un point de vue pratique, un pompage d'essai est un pompage opéré dans un puits, un forage, avec contrôle de l'évolution du débit pompé et des rabattements déterminés dans l'aquifère, pendant et après le pompage, pour évaluer les paramètres de l'aquifère d'après l'analyse de ces données.

Parmi ces pompages, on distingue les essais de nappe et les essais de puits :

- Les essais de nappe sont destinés à évaluer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère,
- Les essais de puits quant eux évaluent la productivité de l'ouvrage.

Les **essais de nappe** sont des pompages d'essais de longue durée à débit constant (au moins 24 h) qui quantifient les deux propriétés fondamentales en hydrogéologie :

- Le coefficient d'emmagasinement S (rapport du volume d'eau emmagasinée ou libérée par unité de surface d'un aquifère). Dans le cas d'une nappe libre, $S =$ porosité du milieu. En revanche pour une nappe captive, l'eau provient de la décompression du milieu. Par conséquent : $S_{\text{nappe captive}} \lll S_{\text{nappe libre}}$;
- La transmissivité T : elle traduit la facilité qu'un aquifère a pour libérer de l'eau (produit du coefficient de perméabilité K et de la puissance de l'aquifère e).

L'essai de nappe permet de déterminer le débit maximal d'exploitation de l'ouvrage.

D'un point de vue expérimental, il s'agit de mesurer à une fréquence appropriée le temps (t), le niveau statique initial (NS) et le niveau dynamique (ND) dans l'ouvrage ainsi que le débit de pompage (Q). Les mesures se font au niveau du puits de pompage (pour quantifier les pertes de charges par exemple) et/ou au(x) piézomètre(s) (il est difficile de prévoir le rabattement mais cela permet de calculer de manière fiable S). Les suivis aux piézomètres permettent d'éviter les effets perturbateurs qui se produisent au puits de pompage (Illustration 3).



Illustration 3 – Piézomètre dans lequel est installé un capteur de pression Diver suspendu par un câble connecté, ce capteur est interrogeable en temps réel

Les mesures de débit se font en principe toutes les minutes ou à un pas de temps plus lâche selon la durée du pompage, à l'aide d'un débitmètre (Illustration 4)

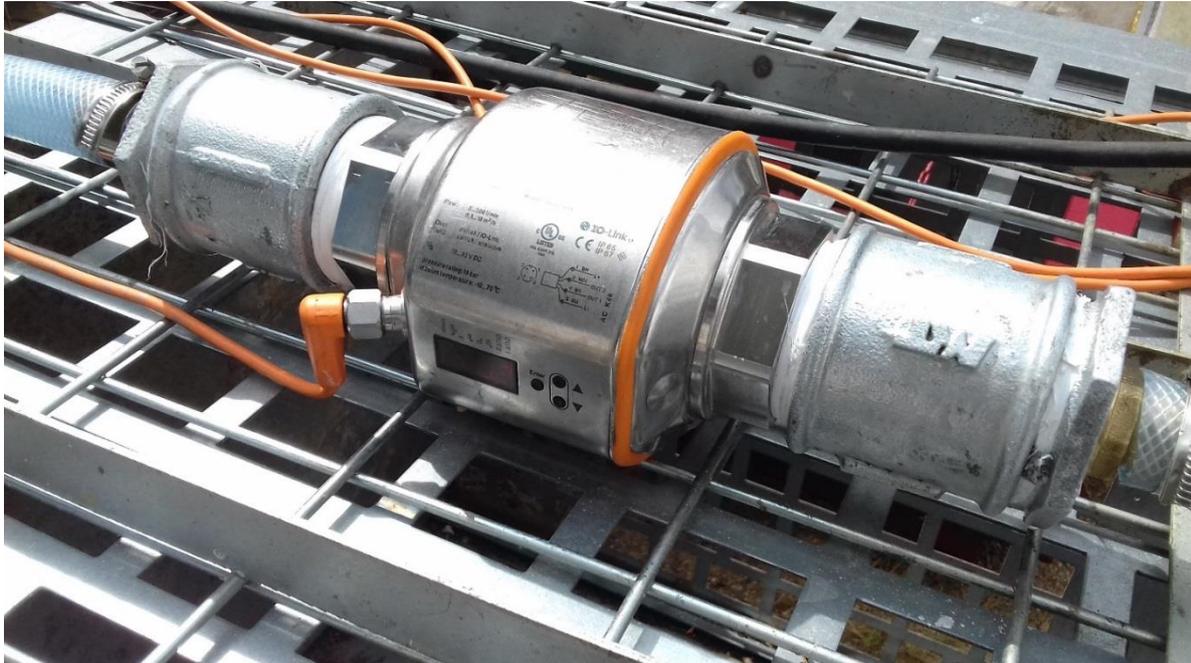


Illustration 4 – Débitmètre électromagnétique avec affichage digital en temps réel

Les mesures du niveau se font à l'aide de sondes piézométriques (Illustration 5) (il est préférable d'installer un tube guide-sonde à cet effet pour éviter le coincement du matériel) et de capteur de pression (Illustration 6) en parallèle.



Illustration 5 – Sonde piézométrique utilisée pour suivre le niveau dynamique dans le puits de pompage



Illustration 6 – Différents capteurs de pression Diver

Les mesures après la fin du pompage se poursuivent afin de suivre la remontée du niveau dynamique jusqu'à son niveau initial (en général). Les essais de nappe sont interprétés à l'aide de solutions analytiques, telle que la méthode de **Theis** (1935) pour une nappe en régime transitoire (le niveau dynamique de la nappe évolue au cours du temps de pompage). Avant les années 1990, l'interprétation était souvent conduite avec la méthode simplifiée de **Jacob** (1946) valable lorsque la distance puits-piézomètre est faible (par exemple de l'ordre 50 m) et lorsque le temps de pompage est long (par exemple de l'ordre de 24 h). D'après Jacob, on peut estimer T et S de la façon suivante, par résolution graphique :

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s} \quad \text{et} \quad S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Soit les termes suivants :

- T= transmissivité [m²/s] ;
- Q= Débit de pompage (ou d'injection) [m³/s] ;
- S= Coefficient d'emmagasinement [sans unité] ;
- t₀= Temps tel que s(t₀)=0 [s] ;
- r= Rayon d'observation du niveau dynamique, distance entre le puits de pompage et le piézomètre ou rayon de l'ouvrage de pompage [m] ;
- Δs= Différence de rabattement entre t₁ et t₂ [m].

Dans le cas d'une nappe captive où un régime permanent est atteint, ou pseudo-permanent (le niveau de la nappe tend à se stabiliser), la méthode **Thiem** (1906) peut être mise en œuvre :

$$T = \frac{2.3Q}{2\pi(s_2 - s_1)} \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

Soit les termes suivants :

- T= Transmissivité [m²/s] ;
- Q= Débit [m³/s] ;
- s₂= Rabattement mesuré au piézomètre 2 [m] ;
- s₁= Rabattement mesuré au piézomètre 1 [m] ;
- r₂= Distance séparant le piézomètre 2 du puits de pompage [m] ;
- r₁= Distance séparant le piézomètre 1 du puits de pompage [m].

Les **essais de puits** sont des pompages d'essais de courte durée (1 heure) par paliers, de préférence non enchainés, à débit constant pendant la durée de pompage mais différents à chaque palier. Ces essais sont à réaliser avant les essais de nappe. Ils permettent de déterminer le débit critique et préciser la valeur des termes B et C qui permettent de calculer pour un débit donné, la part des rabattements liée aux pertes de charges linéaires et celle liée aux pertes de charges quadratiques.

Dans un puits en pompage, on mesure s(t) = BQ+CQ²

- s(t) : Rabattement total à l'instant t (m) ;
- B : Coefficient de pertes de charges linéaires (inverse d'une transmissivité, (s/m²) ;
- C : Coefficient de pertes de charges quadratiques déterminé pendant les essais de puits (s²/m⁵). Pour les débits de pompages faibles, les pertes de charges liées à l'écoulement dans l'ouvrage sont généralement faibles et on a s(t) = BQ.

2.3. BANQUE DE DONNEES DU SOUS-SOL (BSS)

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) répertorie tous les ouvrages déclarés supérieurs à 10 mètres de profondeur (Déclaration au titre du Code Minier). Il est possible d'exporter les données de cette banque de données d'ouvrages souterrains ainsi que leurs documents scannés depuis l'outil BSS-MENU (outil interne au BRGM).

La BSS est reliée à la BSS eau, qui est une variante de la BSS concernant les données hydrogéologiques. Ces données publiques sont visibles, accessibles et téléchargeables sur le site BRGM « [Infoterre](#) ».

2.4. EXPLORATION DES DONNEES DE L'ARS

Les données de l'ARS récupérées sont des rapports d'hydrogéologues agréés traitant de la détermination des périmètres de protection des captages AEP et industriels. Souvent plus complets, ils constituent une source de données solide et appuient ou complètent les informations de la BSS.

2.5. SOURCES DE DONNEES « ACCESS »

La base ACCESS (BRGM, J.-F. Vernoux, 2005), est une base de données créée à partir de la BSS et de l'ATLAS géothermie 2005 afin de compiler les données des propriétés hydrodynamiques des aquifères en Ile-de-France.

2.6. STOCKAGE DE L'INFORMATION

Les données de pompages d'essai (transmissivités, coefficient d'emmagasinement, débit d'exploitation, débit critique, temps de pompage), coupes géologiques, coupes techniques acquises lors de ce travail d'analyse sont saisies dans un fichier Excel sous un « masque de saisie » compatible avec la BSS Menu. Dans ce fichier il existe plusieurs feuilles dont celles concernant les essais de puits et les essais de nappe. Ces données sont ensuite stockées sur un serveur.

2.7. ARBORESCENCE DE TRAVAIL

Les informations capitalisées au cours de ce stage (tableaux, cartographies, rapport) sont regroupées sous une arborescence de dossiers comme suit (Illustration 7) :

Nom	Modifié le	Type	Taille
associations codes bsd lisa (oumar)	07/08/2019 11:24	Dossier de fichiers	
BSS scannés DDT	12/07/2019 10:54	Dossier de fichiers	
BSS scannés export cercle	23/07/2019 10:14	Dossier de fichiers	
BSS scannés_SIG	28/06/2019 09:03	Dossier de fichiers	
Corrections masque de saisie TK	07/08/2019 11:26	Dossier de fichiers	
DDT+POMPAGES_Oumar	12/07/2019 08:55	Dossier de fichiers	
dossiers ARS	07/08/2019 11:20	Dossier de fichiers	
Export BSS cercle 20km	07/08/2019 14:14	Dossier de fichiers	
fichiers à mettre dans qgis	01/08/2019 16:49	Dossier de fichiers	
GetData2.26	29/07/2019 16:37	Dossier de fichiers	
interprétation pompages d'essais	07/08/2019 11:12	Dossier de fichiers	
PE sans codes BD LISA	05/07/2019 09:05	Dossier de fichiers	
PL a explorer plus tard	12/07/2019 15:27	Dossier de fichiers	
problemes DISN	07/08/2019 11:22	Dossier de fichiers	
sig	09/07/2019 16:17	Dossier de fichiers	
SIG_v2_EH	01/08/2019 16:24	Dossier de fichiers	
convertisseur anciens_nouveaux codes.zip	12/06/2019 15:12	Dossier compressé	9 320 Ko
Masque_saisie_PE_export_cercle.xlsx	13/08/2019 14:06	Feuille de calcul M...	1 574 Ko
ouvrages_masque_saisie_sans scans_petr...	23/07/2019 11:14	Feuille de calcul M...	53 Ko
verification bss sans point d'eau.xlsx	07/08/2019 11:50	Feuille de calcul M...	25 Ko
verification ouvrages BSS eau dans expor...	04/07/2019 15:35	Feuille de calcul M...	48 Ko

Illustration 7 – Arborescence de l'espace de travail sur le projet PRODHYGE

Le descriptif des dossiers est indiqué ci-après :

associations codes bsd lisa (oumar) 07/08/2019 11:24 Dossier de fichiers

Le référentiel hydrogéologique BD LISA est un outil national qui permet de localiser les données relatives à l'eau souterraine. Les ouvrages n'ayant pas de codes BD LISA, ont été triés selon que l'aquifère capté était clairement défini dans les documents scannés.

Une liste de ces ouvrages a été envoyée à Oumar Condé, stagiaire hydrogéologue au BRGM IDF et Timothée Dupaigne, hydrogéologue BRGM IDF, afin qu'ils la vérifient, valident, et associent les codes BD LISA à ces ouvrages.

BSS scannés DDT 12/07/2019 10:54 Dossier de fichiers

Ce dossier regroupe les documents scannés, à partir de la BSS, des ouvrages disponibles *via* la DDT 77.

 BSS scannés export cercle 23/07/2019 10:14 Dossier de fichiers

Tous les documents numérisés des ouvrages avec données relatives aux pompages d'essai provenant de l'export d'un cercle de rayon 21 km centré sur le secteur de la Brie sont regroupés sous ce dossier.

 BSS scannés_SIG 28/06/2019 09:03 Dossier de fichiers

Ce sont tous les documents numérisés provenant des ouvrages répertoriés dans les couches BSS_docs_scannes, captages_AEP et hydrodyn4 de la première version du fichier SIG.

 Corrections masque de saisie TK 07/08/2019 11:26 Dossier de fichiers

Ce sont les corrections du masque de saisie que Thomas Klinka a appliqué.

 DDT+POMPAGES_Oumar 12/07/2019 08:55 Dossier de fichiers

Documents numérisés des pompages d'essais trouvés dans les fichiers de la DDT.

 dossiers ARS 07/08/2019 11:20 Dossier de fichiers

Fichiers PDF de l'ARS fournis par Timothée Dupaigne et Oumar Condé.

 Export BSS cercle 20km 07/08/2019 14:14 Dossier de fichiers

Ce dossier contient plusieurs fichiers Excel qui sont :

 export cercle eau	12/07/2019 09:05	Dossier de fichiers	
 export cercle shp	09/07/2019 14:21	Dossier de fichiers	
 export_cercle_20_km_v2.csv	09/07/2019 14:36	Fichier CSV Micros...	1 458 Ko
 export_cercle_20_km_v2.xlsx	07/08/2019 10:01	Feuille de calcul M...	931 Ko

Le fichier « export cercle shp » contient un fichier zip « exportV3_shape_cercle » dont le fichier .shp est importé dans la version final du fichier SIG.

Le fichier « export_cercle_20km_v2.xlsx » est le fichier à partir duquel les ouvrages aux informations pertinentes ont été sélectionnées.

Le fichier « export cercle eau » regroupe les données de la BSS eau concernant les ouvrages « points d'eau » contenus dans le cercle de rayon 20 km avec une zone tampon de 1km, soit un rayon de 21 km.

 interprétation pompages d'essais 07/08/2019 11:12 Dossier de fichiers

Ce dossier contient les ouvrages du masque de saisie dont les informations ont été digitalisées et interprétées avec OUAIP (relevés de débits/courbes de rabattement).

 PE sans codes BD LISA 05/07/2019 09:05 Dossier de fichiers

Points d'eau de l'export cercle qui n'ont pas encore de codes BD LISA attribués.

 PL a explorer plus tard 12/07/2019 15:27 Dossier de fichiers

Source de données supplémentaires fourni par Stéphane Ollagnier, hydrogéologue au BRGM (fichier ACCESS).

 sig 09/07/2019 16:17 Dossier de fichiers

Premier fichier SIG représentant la zone d'étude et le nombre d'ouvrages qu'il y avait, *a priori*, à traiter.

 SIG_v2_EH 01/08/2019 16:24 Dossier de fichiers

Fichier SIG provisoire permettant la réalisation de carte et de synthèse des données.

 Masque_saisie_PE_export_cercle.xlsx 13/08/2019 14:06 Feuille de calcul M... 1 574 Ko

Masque de saisie dans lequel toutes les données concernant les ouvrages aux informations relatives aux pompages d'essai sont bancarisées.

 ouvrages_masque_saisie_sans_scans_petr... 23/07/2019 11:14 Feuille de calcul M... 53 Ko

Ouvrages du masque de saisie qui concernent des forages pétroliers et les ouvrages qui n'ont pas de documents scannés.

 verification_bss_sans_point_d'eau.xlsx 07/08/2019 11:50 Feuille de calcul M... 25 Ko

Dans la BSS, certains ouvrages ne sont pas considérés comme points d'eau alors que leurs documents scannés sont le plus souvent des coupes techniques qui illustrent un piézomètre dont le niveau statique est renseigné.

Suite à ces observations, des propositions d'améliorations de l'outil BSS Menu ont été soumises.

 verification_ouvrages_BSS_eau_dans_expor... 04/07/2019 15:35 Feuille de calcul M... 48 Ko

Cette feuille Excel a servi à vérifier que les ouvrages de la BSS eau, provenant de la table attributaire de la couche BSS_eau de la première version du fichier SIG, existent bien dans l'export du cercle.

3. Données et ouvrages analysés

3.1. BSS – EXPORT DES OUVRAGES DE LA ZONE D’ETUDE

Un export depuis la BSS a été réalisé au droit de la zone d’étude le 14/06/2019. Il s’agissait d’exporter tous les ouvrages de la BSS contenus selon un cercle de rayon 21 km, les coordonnées du centre sont : X=684 420 m; Y=6 850 330 m (système de projection Lambert 93). L’[Annexe 1 : Carte de localisation des ouvrages de la BSS](#) illustre la distribution géographique de ces ouvrages.

L’export réalisé correspond à une « diffusion externe », c’est-à-dire n’intégrant pas les ouvrages soumis à clause de confidentialité.

Il en est ressorti 2214 ouvrages dont 810 sont des points d’eau (PE) et 1404 ne sont pas des PE (Illustration 8).

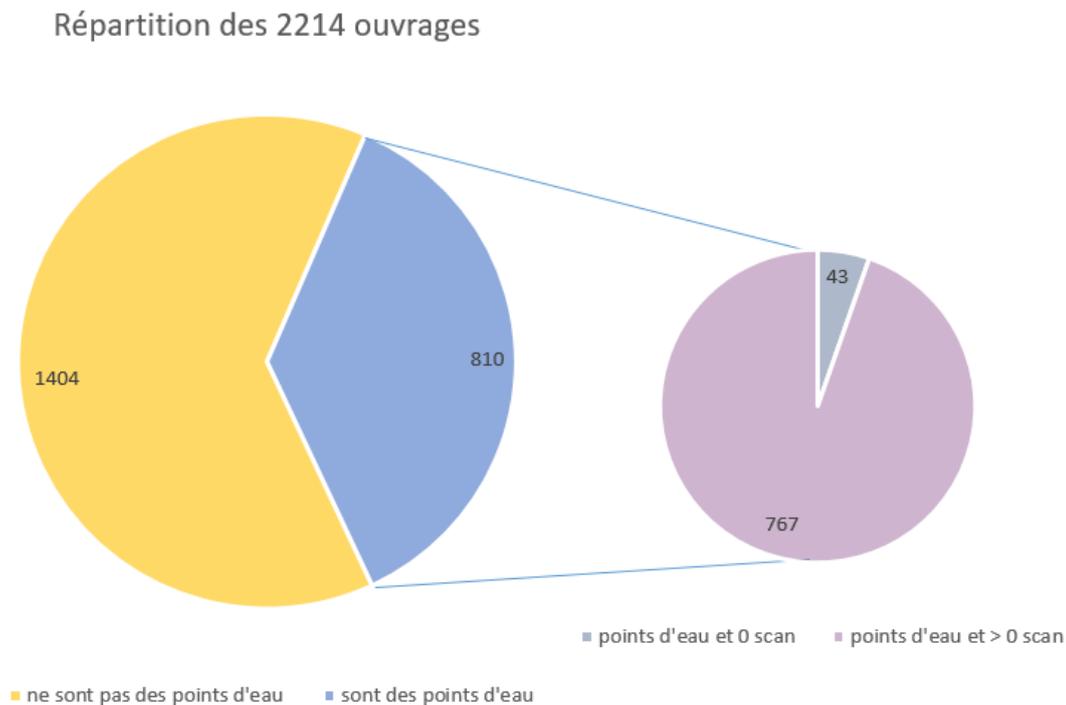
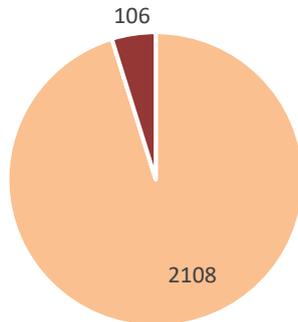


Illustration 8 – Répartition des 2214 ouvrages recensés sous forme de diagrammes circulaires.

Sur 2214 ouvrages :

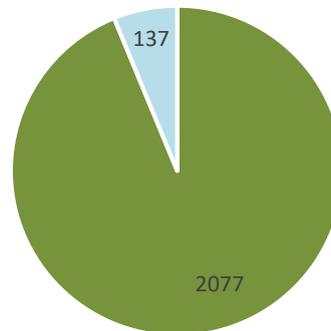
- 2108 ont au moins un document numérisé.
- 43 sont des PE et n’ont pas de documents numérisés associés, 767 sont des points d’eau et disposent d’au moins un document numérisé (Illustration 8) ;
- 137 sont des captages AEP (Illustration 9).

Répartition des 2214 ouvrages



■ Disposent de documents numérisés
■ Pas de document

Répartition des 2214 ouvrages



■ Autres ■ Captages AEP

Illustration 9 – A gauche la répartition des 2214 ouvrages selon qu'ils disposent de documents numérisés ou non. A droite, répartition des captages AEP et des autres captages parmi les 2214 ouvrages.

Afin de cibler les ouvrages étant des points d'eau et possédant potentiellement des données sur les pompages d'essai, il a été appliqué à cette liste des 2214 ouvrages des critères relatifs aux captages AEP :

- EAU ALIMENTATION-COLLECTIVE ;
- EAU ALIMENTATION ;
- EAU COLLECTIVE ;
- QUALITE EAU AEP ;
- QUALITE EAU ;
- QUALITE EAU-PIEZO.

Afin d'affiner la recherche des ouvrages possédant des informations sur les propriétés hydrodynamiques des aquifères, des critères relatifs aux pompages d'essais ont été appliqués (Illustration 10) :

ACIDIFICATION	
ANALYSE-CHIMIQUE-EAU	
ANALYSE-CHIMIQUE-EAU.	
ANALYSE-PHYSIQUE-EAU	
ANALYSE-PHYSIQUE-EAU.	
AQ-PROF	
AUTORISATION	
AVANCEMENT	
BACTERIOLOGIE	
BACTERIOLOGIE.	
BIBLIOGRAPHIE	
CARACTERISTIQUES-CREPINE	
CHIMIE-EAU	
CORRESPONDANCE	
COUPE-EXPLOITATION	
COUPE-FOREUR	
COUPE-FOREUR.	
COUPE-GEOLOGIQUE	
COUPE-GEOLOGIQUE.	
COUPE-INTERPRETATIVE	
COUPE-TECHNIQUE	
COUPE-TECHNIQUE.	
DECLARATION-CODE-MINIER	
DECLARATION-CODE-MINIER.	
DEVELOPPEMENT-OUVRAGE	
DIAGRAPHIE	
DIAGRAPHIE.	
DOCUMENTATION-GENERALE	
DOCUMENTATION-GENERALE.	
DOCUMENTATION-GEOLOGIQUE	
DOCUMENTATION-GEOLOGIQUE.	
DOCUMENTATION-HYDROGEOLOGIQUE	
DOCUMENTATION-HYDROGEOLOGIQUE.	
ESSAIS-DIVERS	
EXPLOITABILITE-GISEMENT	
GRANULO-FRACTION-GRENU.	
GRANULOMETRIE	
LIMITES-CONSISTANCE	
MATERIEL-POMPAGE	2
PERIMETRE-PROTECTION	
PERIMETRE-PROTECTION.	
PIEZO.	1
PIEZO-OCCASIONNELLE	
PIEZO-OCCASIONNELLE.	
PLAN-EXPLOITATION	
PLAN-POSITION	
PLAN-POSITION.	
PLAN-SITUATION	
PLAN-SITUATION.	
POMPAGE-ESSAI	33
POMPAGE-ESSAI.	15
POMPAGE-ESSAI-PIEZO	1
PRESSIOMETRIE.	
PRODUCTION	21
PRODUCTION.	4
PRODUCTIVITE	83
PRODUCTIVITE.	67
PROFIL-GEOPHYSIQUE.	
RAPPORT-GEOLOGUE-OFFICIEL.	
RAPPORT-MISE-EN-OEUVRE.	
STAT-PRELEV.	
TENEUR-EAU.	
TEST-PETROLE.	
VITESSE-SONIQUE.	

Illustration 10 – A gauche : Objet des documents numérisés, A droite : Critères de sélection des ouvrages provenant de l'export cercle (en bleu) et le nombre d'ouvrages correspondant aux critères dans la colonne attenante

En appliquant tous les critères de sélection énumérés plus haut, 110 ouvrages parmi les 2214 sont :

- Des points d'eau,
- Ont des documents scannés,
- Sont des captages AEP,
- Ont des données relatives aux pompages d'essais.

Nous avons remarqué des Identifiants BSS (ID BSS) dans les fichiers ARS qui ne figurent pas dans le filtre de recherche appliqué dans l'export cercle 21km, il a donc été précisé dans la bancarisation via un code couleur que ces ouvrages n'apparaissent pas dans l'export en date du 14 juin 2019.

Nous avons donc élargi nos recherches en sélectionnant les ouvrages **contenant au moins les termes** : PRODUCTIVITE, PRODUCTION, POMPAGE, PERIMETRE-PROTECTION.

Cet élargissement n'a pas été concluant car les informations tirées des ouvrages n'étaient pas relatives aux pompages d'essai.

3.2. BSS EAU – EXPORT DES DONNEES DE LA ZONE D'ETUDE

Les données EAU de la BSS ont été exportées à partir des mêmes coordonnées du centre du cercle et d'un rayon de 21 km.

Il en ressort 4910 ouvrages dont seulement 1093 se retrouvent dans l'export EAU.

Dans ces 1093, 1058 ont un code BD LISA. Plusieurs codes BD LISA peuvent être attribués à un forage, ainsi il se peut qu'il y ait des doublons. En ne préservant qu'un code BD LISA par ID BSS, c'est-à-dire en supprimant les doublons dans la colonne ID_BSS, on retrouve seulement 356 ouvrages. Parmi eux, 109 ont une V2 BD LISA et 247 ont une V1 BD LISA (Illustration 11)

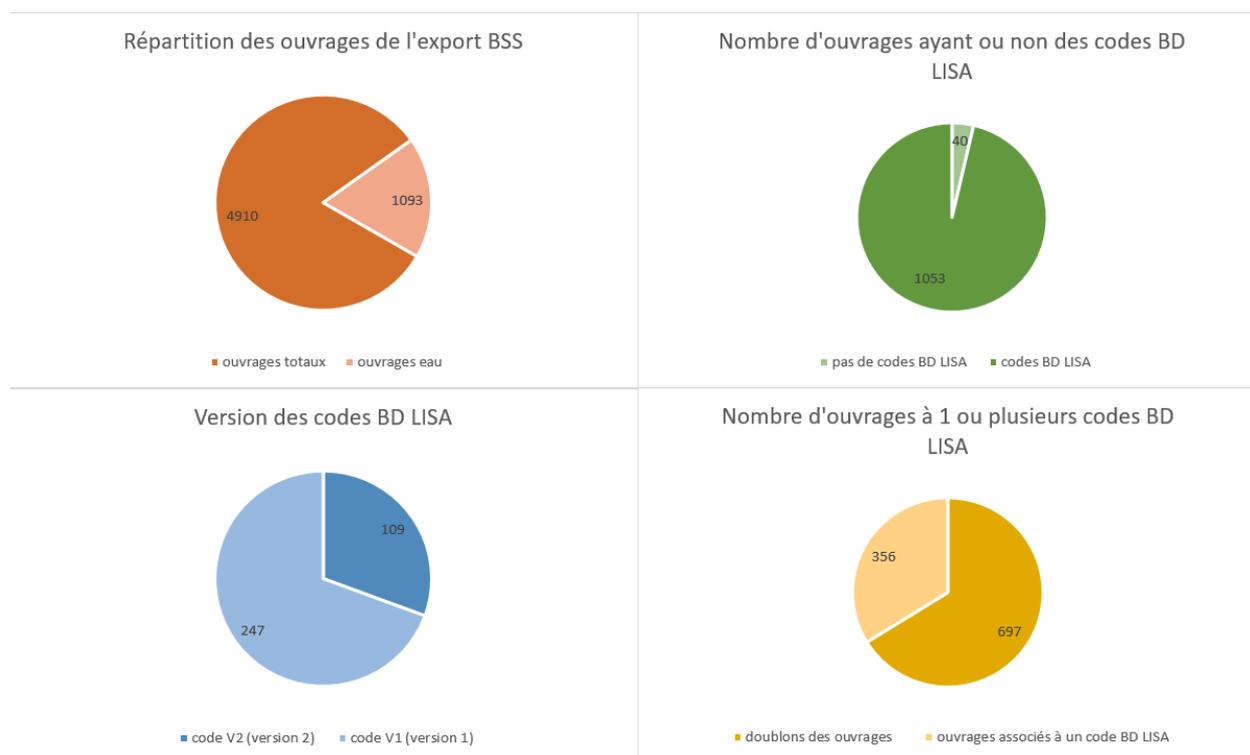


Illustration 11 – En haut à gauche : répartition des ouvrages de l'export BSS, en haut à droite : nombre d'ouvrages ayant ou non des codes BD LISA. En bas à gauche : version des codes BD LISA. En bas à droite : nombre d'ouvrages à 1 ou plusieurs codes BD LISA

3.3. ARS – RAPPORT D’HYDROGEOLOGUES AGREES

A l'[Annexe 3 : Carte de localisation des ouvrages de l'ARS 77, 93, 94](#), la répartition géographique des 110 ouvrages traités dans 58 dossiers ARS est représentée.

Les dossiers de l'ARS ont été parcourus comme suit :

- Une première sélection des dossiers de l'ARS 77 : par commune (si la commune se trouve dans la zone d'étude). Ces dossiers sont classés dans le dossier « dans zone d'étude ».
- Une seconde sélection des dossiers de l'ARS 77 : en associant les coordonnées de chaque ouvrage traité dans les 240 dossiers ARS se trouvant dans le dossier « hors zone d'étude », le fichier Excel recensant ces données a été importé dans Qgis en tant que vecteur. Ainsi une sélection par polygone a été effectuée afin de choisir les ouvrages proches de la zone d'étude. Cette dernière est présentée en [Annexe 3 : Carte de localisation des ouvrages de l'ARS 77, 93, 94](#)). Il en est ressorti 45 ouvrages.

Tous les ouvrages de l'ARS 93 (x5) et l'ARS 94 (x8) ont été traités de par leur faible nombre et leur proximité à la zone d'étude.

3.4. DDT 77

6 ouvrages concernés par les pompages d'essais provenant de la DDT 77 ont été traités. Ces derniers sont présentés en [Annexe 4 : Carte de localisation des ouvrages de la DDT 77](#).

Pour information, la Direction Départementale des Territoires met en œuvre dans le département les politiques relatives à la promotion du développement durable, au développement et à l'équilibre des territoires urbains et ruraux grâce aux politiques agricole, d'urbanisme, de logement, de construction et de transports, à la prévention des risques naturels, aux déplacements et aux transports.

Elle est la correspondante principale du Service Territorial de l'Architecture et du Patrimoine (unité départementale des DRAC (Directions Régionales des Affaires Culturelles)) et un interlocuteur important des subdivisions départementales des DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement).

Au final ces sources d'informations ont permis de bancariser 309 ouvrages qui ont fait l'objet de pompages d'essais et sont analysés dans le paragraphe suivant.

4. Résultats

4.1. REPARTITION DES OUVRAGES DU MASQUE DE SAISIE ET LEUR PROVENANCE

Sur 309 ouvrages traités, 275 font objet d'un essai de nappe, 92 d'un essai de puits dont 58 qui sont à la fois un essai de nappe et un essai de puits (Illustration 12). L'illustration 13 représente la répartition des ouvrages selon leur provenance.

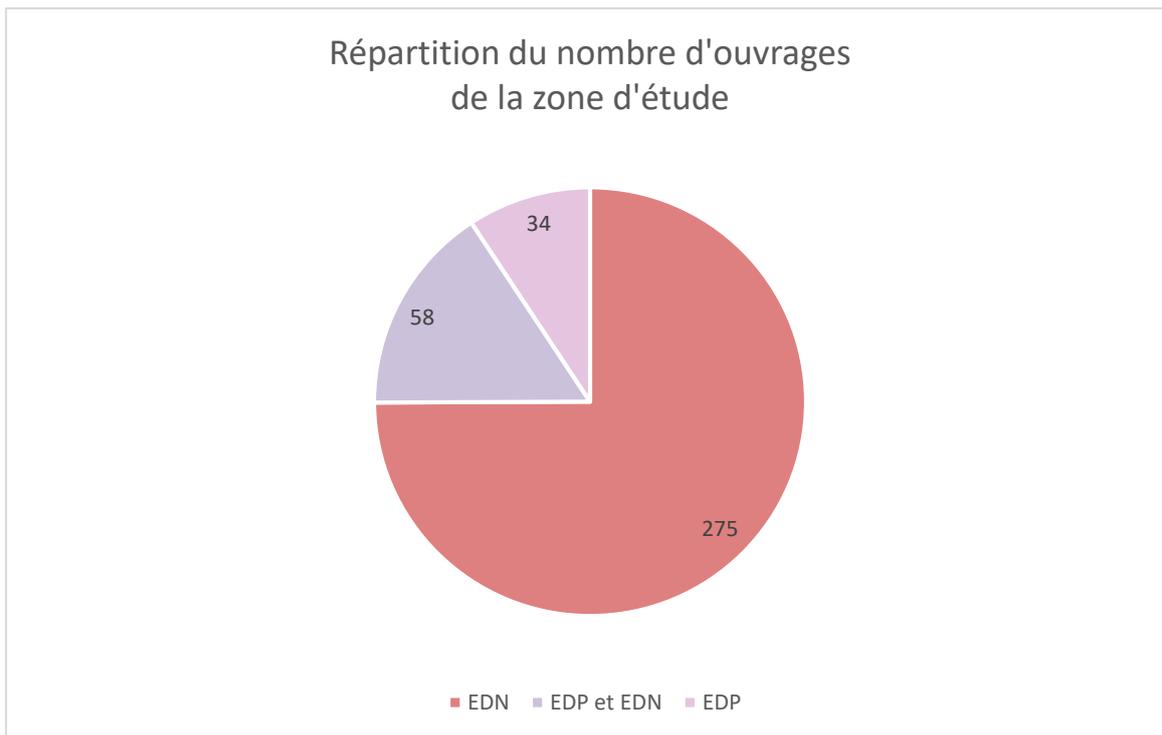


Illustration 12 – Répartition du nombres d'ouvrages selon le type d'essai réalisé

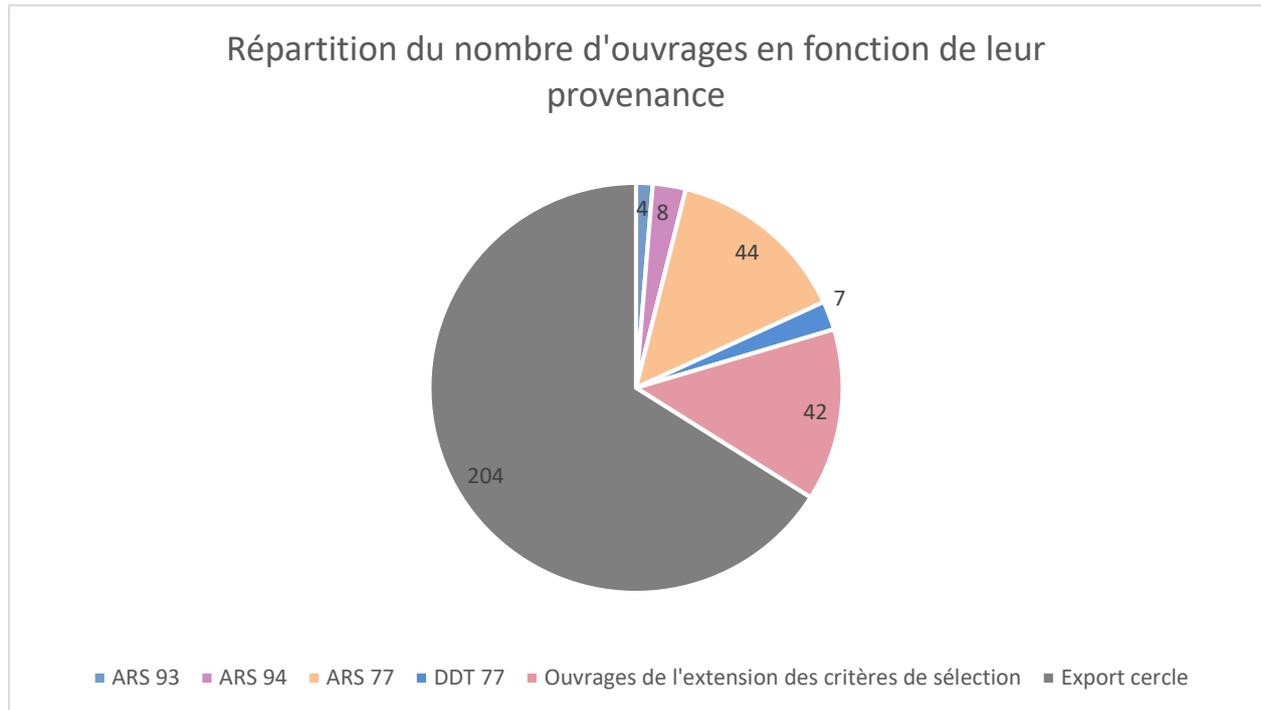


Illustration 13 – Répartition du nombre d'ouvrages en fonction de leur provenance

4.2. NAPPES CAPTEES

Sur les 309 ouvrages analysés, 199 ont une ou plusieurs nappes captées définies. Les Illustration 15 et Illustration 16 présentent la distribution des 199 ouvrages, selon que ces derniers captent une seule nappe (voir [Annexe 7 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule nappe](#)), tel que prévu par la loi sur l'eau, ou plusieurs nappes (Illustration 14). Voir [Annexe 8 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule et plusieurs nappes](#).

Les nappes supposées captées ou les lithologies non interprétées comme « calcaire fracturé » ne sont pas intégrées dans ces 199 ouvrages.

Dans le cas des forages précisant qu'ils captent un aquifère en faisant référence à un étage stratigraphique comme le Sannoisien, le Sénonien et le Bartonien, il n'est pas possible de les associer aux aquifères définis au chapitre ([1.3.3 Contexte hydrogéologique](#)). Il ne vaut mieux pas interpréter une information sur les coupes techniques ou géologiques à la place d'un opérateur car, malgré la description des niveaux lithologiques, l'information pourrait être mal interprétée.

Dans le cadre du projet, les ouvrages captant les alluvions et l'Albien ne sont pas compris dans la synthèse.

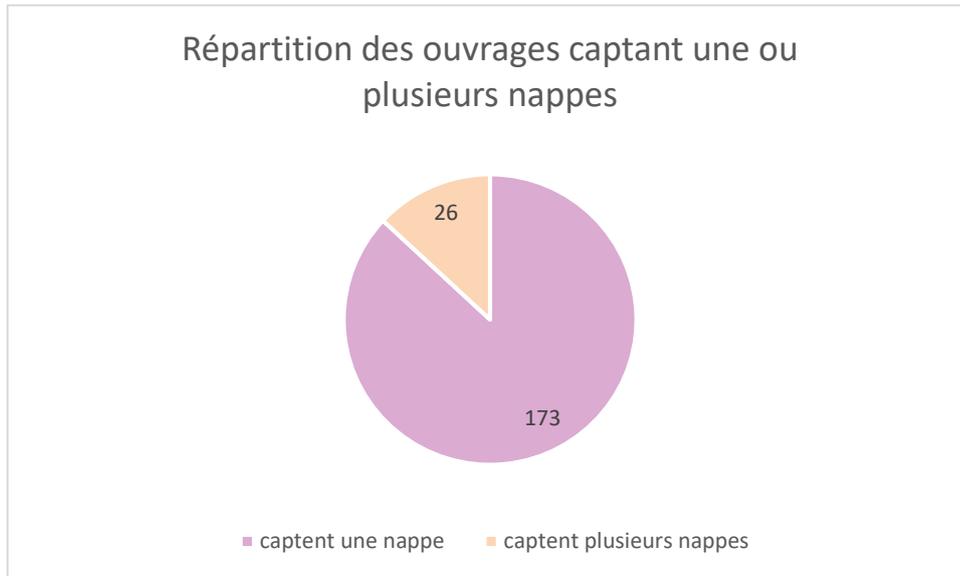


Illustration 14 – Répartition des ouvrages captant une ou plusieurs nappes

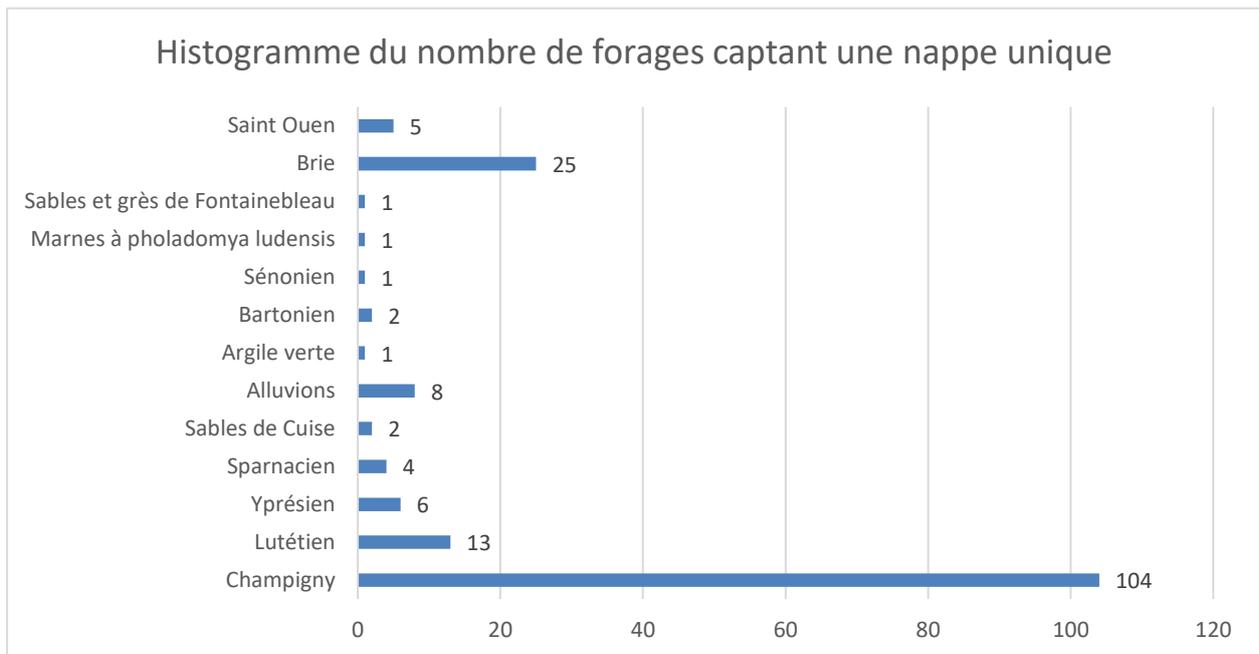


Illustration 15 – Histogramme du nombre de forages captant une nappe unique

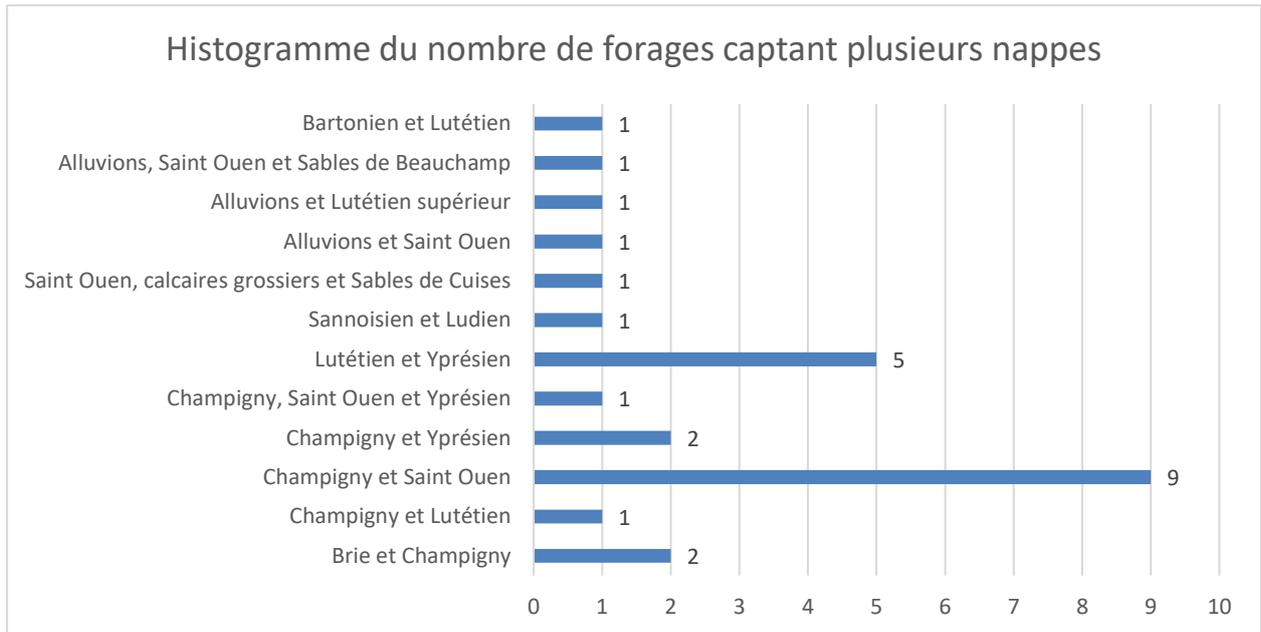


Illustration 16 – Histogramme du nombre de forages captant plusieurs nappes

5. Synthèse des résultats

5.1. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES

Afin de rendre compte des multiples informations déduites des documents analysés, la moyenne des débits d'exploitations, des transmissivités, des coefficients d'emmagasinement et des perméabilités a été calculée. Pour la quantité d'ouvrages étudiés, très peu disposent d'informations concernant les paramètres hydrodynamiques des aquifères. En effet, sur 275 essais de nappe, seulement 18 (6.5%) ont des coefficients d'emmagasinement renseignés et 88 transmissivités (32 %) contre 9 perméabilités (3.3 %).

Ces informations sous regroupées sous les feuilles de calcul Excel (Illustration 17 et Illustration 18)

5.1.1. Le calcaire de Brie

Sur 30 ouvrages qui captent le calcaire de Brie (11 en essai de puits et 19 en essai de nappe) :

- 9 ont un débit d'exploitation variant de 6 à 50 m³/h ;
- 2 ont un coefficient d'emmagasinement variant de 4% à 5 % ;
- 5 ont des transmissivités variant de 1.1x10⁻³ m²/s à 1.9x10⁻¹ m²/s ;
- Aucun n'a des valeurs de perméabilité.

En moyenne géométrique, le calcaire de Brie a une transmissivité de l'ordre de 5x10⁻³ m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 4%.

Il est exploité en moyenne à 20 m³/h sachant que ce sont pour le plus souvent des captages d'irrigation. La nappe du calcaire de Brie est libre et proche de la surface et de ce fait très vulnérable aux pollutions de surface

5.1.2. Le calcaire de Champigny

Sur 121 ouvrages qui captent le calcaire de Champigny (26 en essai de puits et 95 en essai de nappe) :

- 43 ont un débit d'exploitation variant de 3 à 200 m³/h ;
- 6 ont un coefficient d'emmagasinement variant de 4 à 6 % ;
- 46 ont des transmissivités variant de 2x10⁻⁵ m²/s à 1.6x10⁻¹ m²/s ;
- 1 a une perméabilité de 2.1x10⁻⁴ m/s.

C'est l'aquifère le plus capté et sur lequel on dispose le plus d'informations sur les paramètres hydrodynamiques. Le coefficient d'emmagasinement est en moyenne égal à 5 % donc comparable à une nappe libre alors que le calcaire de Champigny est protégé par les marnes supragypseuses sus-jacentes. Cependant c'est une nappe de très bonne qualité exploitée majoritairement par les captages AEP.

En moyenne le calcaire de Champigny est exploité à 30 m³/h en prenant en compte l'hétérogénéité des valeurs des débits d'exploitation.

5.1.3. Le calcaire de Saint-Ouen

Nous ne disposons que d'une seule valeur de transmissivité : 7×10^{-4} m²/s. Ce calcaire est exploité à 77 m³/h environ (de 75 à 80 m³/h).

5.1.4. Le Lutétien

Sur 18 ouvrages captant le Lutétien (6 en essai de puits et 12 en essai de nappe) :

- 8 ont un débit d'exploitation variant de 11 à 120 m³/h ;
- Aucun n'a de valeurs du coefficient d'emmagasinement ;
- 3 ont des valeurs de transmissivité variant de 1.7×10^{-4} m²/s à 9.6×10^{-4} m²/s ;
- Aucun n'a des valeurs de perméabilité.

Souvent, le Lutétien et l'Yprésien ne sont pas séparés par la couche de l'Argile de Laon qui est discontinue, ainsi on retrouve plusieurs forages crépinés dans le Lutétien et l'Yprésien et qui captent une seule nappe. Cette nappe est souvent dénommée la nappe de l'Eocène inférieur.

En moyenne, le Lutétien est exploité à 40 m³/h et sa transmissivité est de l'ordre de 3×10^{-4} m²/s.

5.1.5. L'Yprésien

Dans le niveau lithologique de l'Yprésien, on distingue les Sables de Cuise et le Sables et Argiles Sparnaciens. Les ouvrages captant le Cuisien ont donc été regroupés sous l'Yprésien.

Le Sparnacien est dissocié de l'Yprésien car les sables et les argiles n'ont pas les mêmes perméabilités et par conséquent les mêmes paramètres hydrodynamiques.

Sur 10 ouvrages qui captent l'Yprésien (2 en essai de puits, 8 en essai de nappe) :

- 7 ont des débits d'exploitation variant de 49.5 à 300 m³/h ;
- 5 ont des coefficients d'emmagasinement variant de 2.6×10^{-4} à 2.9×10^{-3} ;
- 5 ont des transmissivités variant de 5.3×10^{-3} m²/s à 5.9×10^{-3} m²/s ;
- 5 ont des perméabilités variant de 1.2×10^{-4} m/s à 2.5×10^{-4} m/s.

En moyenne, l'Yprésien est exploité à 110 m³/h, la transmissivité de l'aquifère est de l'ordre de 5.5×10^{-3} m²/s et la perméabilité environne 1.2×10^{-4} m/s.

5.1.6. Le Sparnacien

Sur 4 ouvrages captant le Sparnacien (1 en essai de puits et 3 en essai de nappe) :

- 2 ont un débit d'exploitation renseigné variant de 20 à 70 m³/h
- Aucun n'a de coefficient d'emmagasinement
- 3 ont une valeur de transmissivité variant de 6×10^{-4} m²/s à 3×10^{-3} m²/s
- 1 a une perméabilité de 1×10^{-5} m/s

Type de valeurs	Débit d'exploitation [m3/h]	S [sans unité]	T [m ² /s]	K [m/s]
Moyenne Champigny	36	4,97E-02	5,47E-03	2,10E-04
Minimum	5	4,00E-02	1,80E-05	2,10E-04
Maximum	190	6,00E-02	1,60E-01	2,10E-04
Variance	3847	4,00E-05	9,00E-04	0,00E+00
Ecartype	62	6,32E-03	3,00E-02	0,00E+00
Nombre de valeurs	29	6	46	1
Moyenne Lutétien	35		3,20E-04	
Minimum	11		1,70E-04	
Maximum	70		9,60E-04	
Variance	604		2,00E-07	
Ecartype	25		4,48E-04	
Nombre de valeurs	4	pas de valeurs	3	pas de valeurs
Moyenne Brie	19	4,47E-02	5,38E-03	
Minimum	10	4,00E-02	1,10E-03	
Maximum	30	5,00E-02	1,90E-01	
Variance	67	5,00E-05	7,03E-03	
Ecartype	8	7,07E-03	8,38E-02	
Nombre de valeurs	4	2	5	pas de valeurs
Moyenne Saint-Ouen	77		7,00E-04	
Minimum	75		7,00E-04	
Maximum	80		7,00E-04	
Variance	13		0,00E+00	
Ecartype	4		0,00E+00	
Nombre de valeurs	2	pas de valeurs	1	pas de valeurs
Moyenne Yprésien	116	1,18E-03	5,46E-03	1,74E-04
Minimum	70	2,57E-04	5,30E-03	1,15E-04
Maximum	300	2,90E-03	5,90E-03	2,50E-04
Ecartype	105	1,42E-03	6,80E-08	4,78E-05
Variance	10970	2,01E-06	2,61E-04	2,29E-09
Nombre de valeurs	5	5	5	5
Moyenne Sparnacien	70		1,22E-03	6,70E-06
Minimum	70		6,00E-04	6,70E-06
Maximum	70		3,00E-03	6,70E-06
Variance	0		1,65E-06	0,00E+00
Ecartype	0		1,29E-03	0,00E+00
Nombre de valeurs	1	pas de valeurs	3	1

Illustration 17 – Statistiques sur les valeurs de transmissivités, de coefficients d'emmagasinement, de perméabilités et de débits d'exploitation sur les aquifères suivants : Champigny, Lutétien, Saint-Ouen, Yprésien, Sparnacien. Ces valeurs sont tirées de la feuille de calcul EDN. La moyenne calculée correspond à la moyenne géométrique

Type de valeurs	Débit d'exploitation [m3/h]
Moyenne Champigny	26
Minimum	3
Maximum	200
Variance	4088
Ecart-type	64
Nombre de valeurs	14
Moyenne Lutétien	64
Minimum	40
Maximum	120
Variance	1267
Ecart-type	36
Nombre de valeurs	4
Moyenne Brie	20
Minimum	6
Maximum	50
Variance	268
Ecart-type	16
Nombre de valeurs	5
Moyenne Saint-Ouen	
Minimum	
Maximum	
Variance	
Ecart-type	
Nombre de valeurs	
Moyenne Yprésien et Cuisien	99
Minimum	50
Maximum	200
Variance	11325
Ecart-type	106
Nombre de valeurs	2
Moyenne Sparnacien	20
Minimum	20
Maximum	20
Variance	0
Ecart-type	0
Nombre de valeurs	1
Moyenne Sannoisien	30
Minimum	30
Maximum	30
Variance	0
Ecart-type	0
Nombre de valeurs	1

Illustration 18 – Statistiques sur les valeurs des débits d'exploitation sur les aquifères suivants : Champigny, Lutétien, Brie, Saint Ouen, Yprésien et Cuisien, Sparnacien et Sannoisien. Ces valeurs sont tirées de la feuille de calcul EDP. La moyenne calculée correspond à la moyenne géométrique

6. Conclusion

Au cours de ces 3 mois de stage au sein du BRGM Orléans, j'ai pris connaissance des différentes contraintes qui s'appliquent tant au niveau de la collecte de données, de leur contenu scientifique et technique et de leur bancarisation dans les systèmes informatiques.

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) répertorie toutes les données relatives au sous-sol et transmises par les organismes et différents producteurs de données. Il est estimé que la moitié des ouvrages existants sont bancarisés (déclarés) en BSS. La phase de collecte de données m'a permis d'apprécier ce constat en région Parisienne.

La politique de diffusion des données des établissements publics administratifs de l'État tels que l'ARS ou les services déconcentrés de l'État tel que la DDT 77 ont rendu la collecte de données efficace et rapide. Cette collecte n'a toutefois pas toujours été rendue possible dans d'autres cas (associations, bureau d'études) qui n'ont pas systématiquement donné suite à nos demandes au cours de ce stage.

L'hétérogénéité des informations recueillies dans les banques de données ont rendu la bancarisation plus ou moins difficile. En effet, dans certains cas, les documents numérisés disponibles en BSS sont très complets (rapports intégraux, document historique parfois datant de la fin du 19^{ème} siècle). Dans d'autres cas, certains documents peuvent être peu lisibles (qualité du document original) ou même certains ouvrages ne disposent d'aucun document communiqué.

Les documents provenant de l'ARS et de la DDT 77 sont des rapports d'hydrogéologues agréés ou de bureaux d'études. Le plus souvent ces derniers sont plus complets que les documents numérisés de la BSS (la plupart du temps en BSS, il s'agit de relevés de débits, des courbes de rabattement, de coupes techniques/géologiques et du formulaire de déclaration de l'ouvrage). Cependant, certains rapports hydrogéologiques sont inégaux selon les auteurs.

Les propriétés hydrodynamiques des aquifères de la Brie synthétisées à la fin de ce rapport sont plus ou moins valorisables en fonction du nombre de valeurs (T, S) et d'interprétations disponibles. Par exemple, le Calcaire de Saint-Ouen n'est représenté que par une valeur de transmissivité, et ne peut donc pas être représentative.

Nous avons comparé le nombre de propriétés hydrodynamiques mentionnées dans les pompages d'essai par rapport à leur date d'exécution (Illustration 19), leur proportion semble demeurer constante au cours du temps. Toutefois nous avons pu observer une grande diversité des protocoles de pompages d'essai, même après 1990. Il est à noter que la première édition de la norme NF X 10-999 sur le « Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages » préconisant des protocoles de pompages d'essai a été éditée en avril 2007.

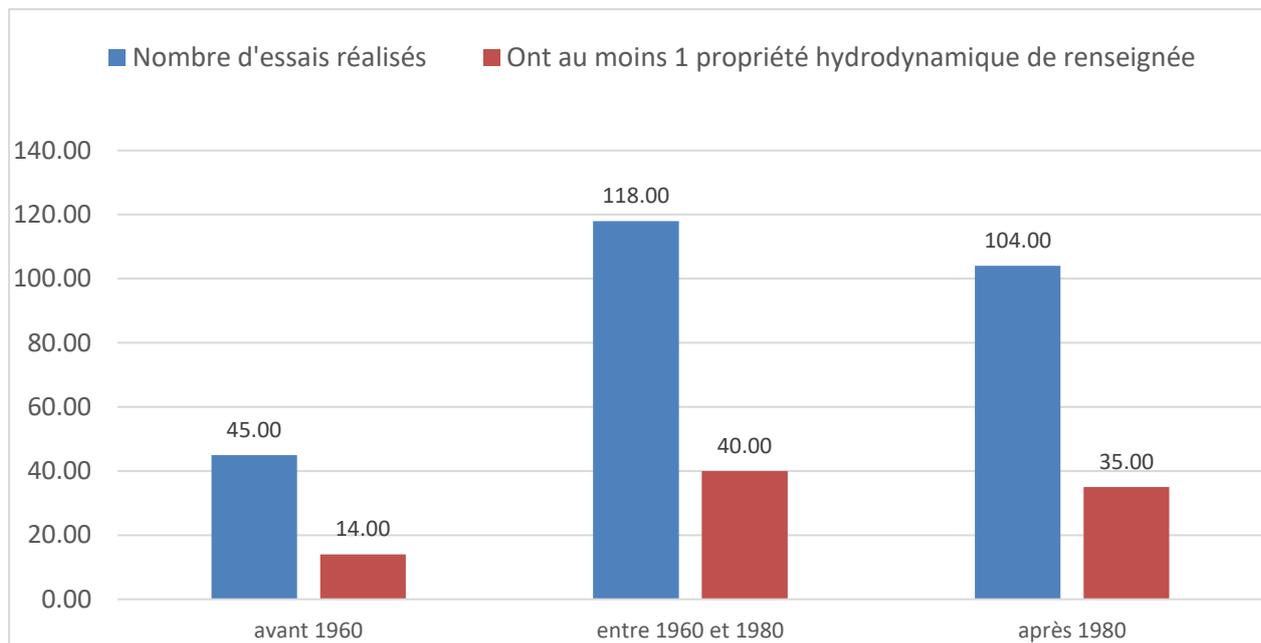


Illustration 19 – Répartition du nombre de pompages d'essai réalisés avant 1960, entre 1960 et 1980, et après 1980, ainsi que le nombre d'essais ayant au moins une propriété hydrodynamique associée

Bien que la bancarisation de données scientifiques et techniques sur une vaste zone présente un caractère répétitif, il s'agit là d'une étape essentielle et nécessaire à l'étude des données telle que l'interprétation de pompages d'essai lorsque ces derniers n'ont pas été valorisés ou la réinterprétation (que j'ai pu achever) des pompages d'essais avec des méthodes plus fines/des outils informatiques modernes.

7. Bibliographie

Castany G., Margat J. (1977). Dictionnaire Français d'Hydrogéologie, éditions du BRGM.

COLLECTIF. AQUIFERES & eaux souterraines Tome 1, BRGM Éditions, 2006.

Cooper. H.H. and **Jacob.** C.E (1946) .A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. American Geophysical Union.

Klinka T., Gutierrez A., BRGM (2015). OUAIP – Outil d'Aide à l'Interprétation des Pompages d'essai – Manuel utilisateur de OUAIP – Version 1.9.3 du 01/05/2015, téléchargeable gratuitement sur <http://ouaip.brgm.fr>.

Mégnien C. (1979). Hydrogéologie du Bassin Parisien.

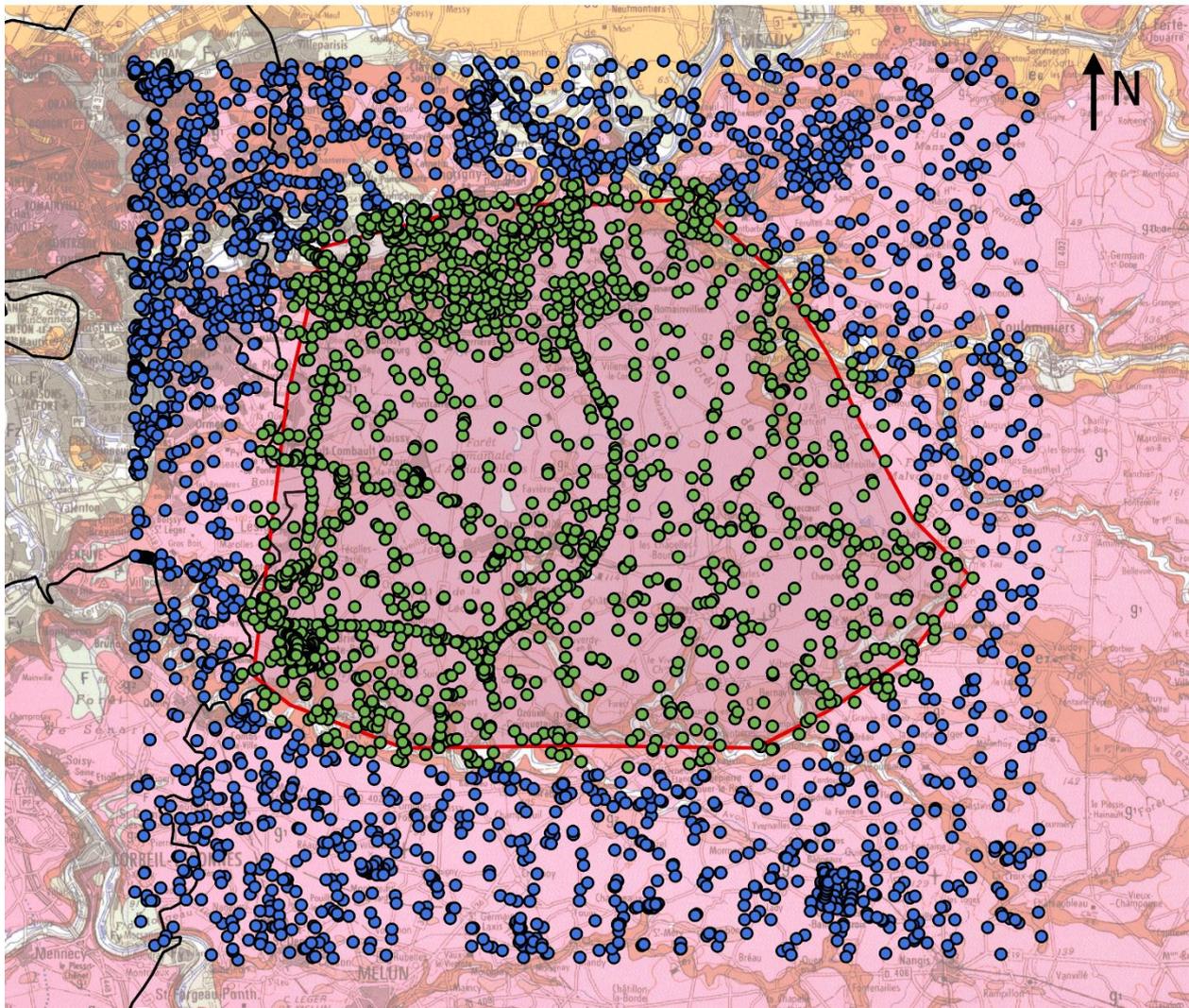
Mégnien C. (1980). Synthèse géologique du Bassin de Paris, volume 1, mémoire BRGM n°101.

Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.

Thiem, G., Hydrologische Methoden; Gebhardt, Leipzig, 1906.

Annexe 1 : Carte de localisation des ouvrages de la BSS

Localisation des ouvrages de l'export depuis la BSS



Légende

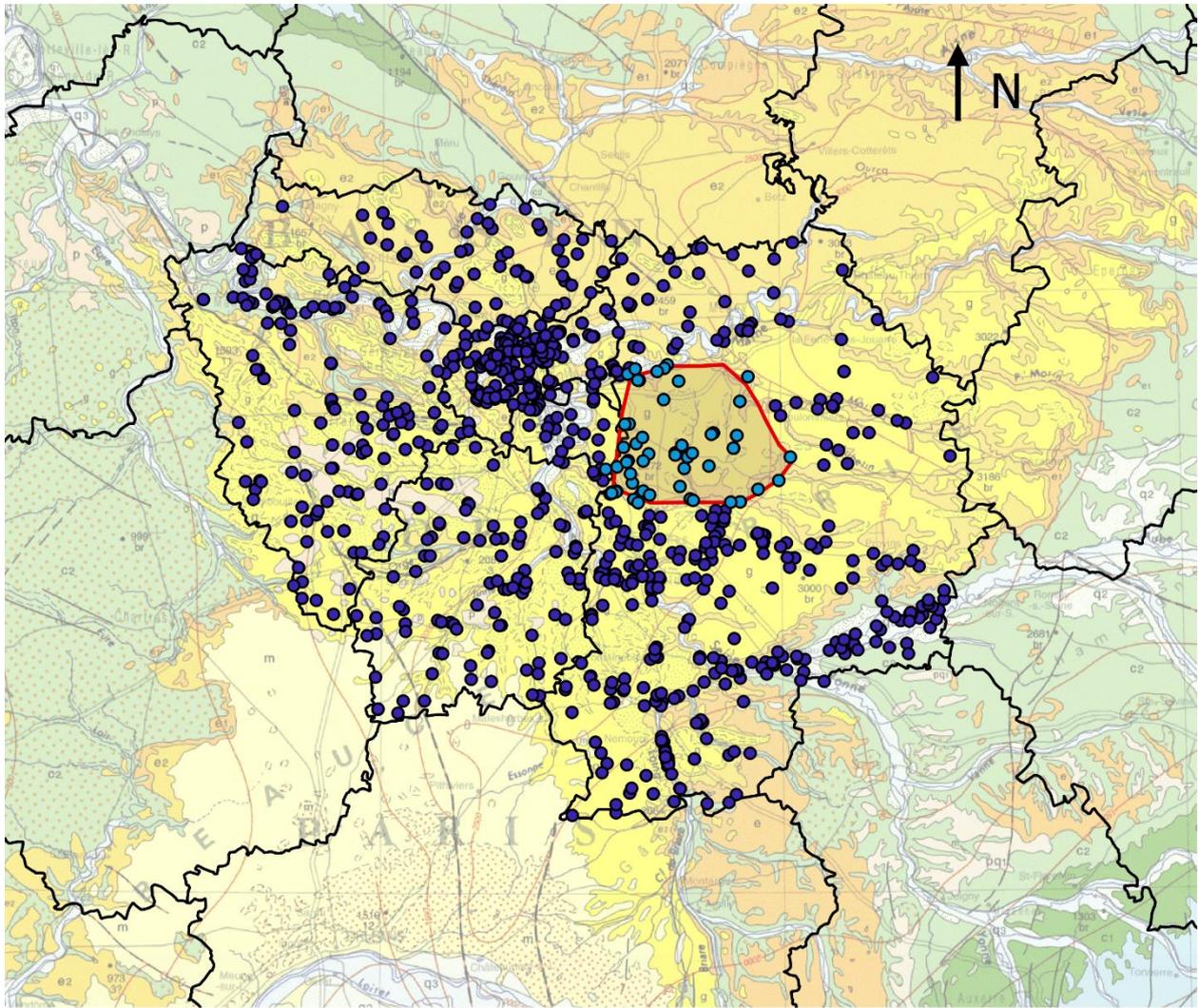
- Export des ouvrages depuis la BSS avec un tampon du secteur d'étude appliqué [2214]
- Export des ouvrages depuis la BSS à partir du centre de la zone d'étude et d'un rayon de 21km [4910]
- ▭ Secteur d'étude
- ▭ Départements

Carte géologique image de la France au 1/250000

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 2 : Carte de localisation des ouvrages de la BDD ACCESS

Localisation des ouvrages de la base de données ACCESS



0 10 20 30 40 50 km



Légende

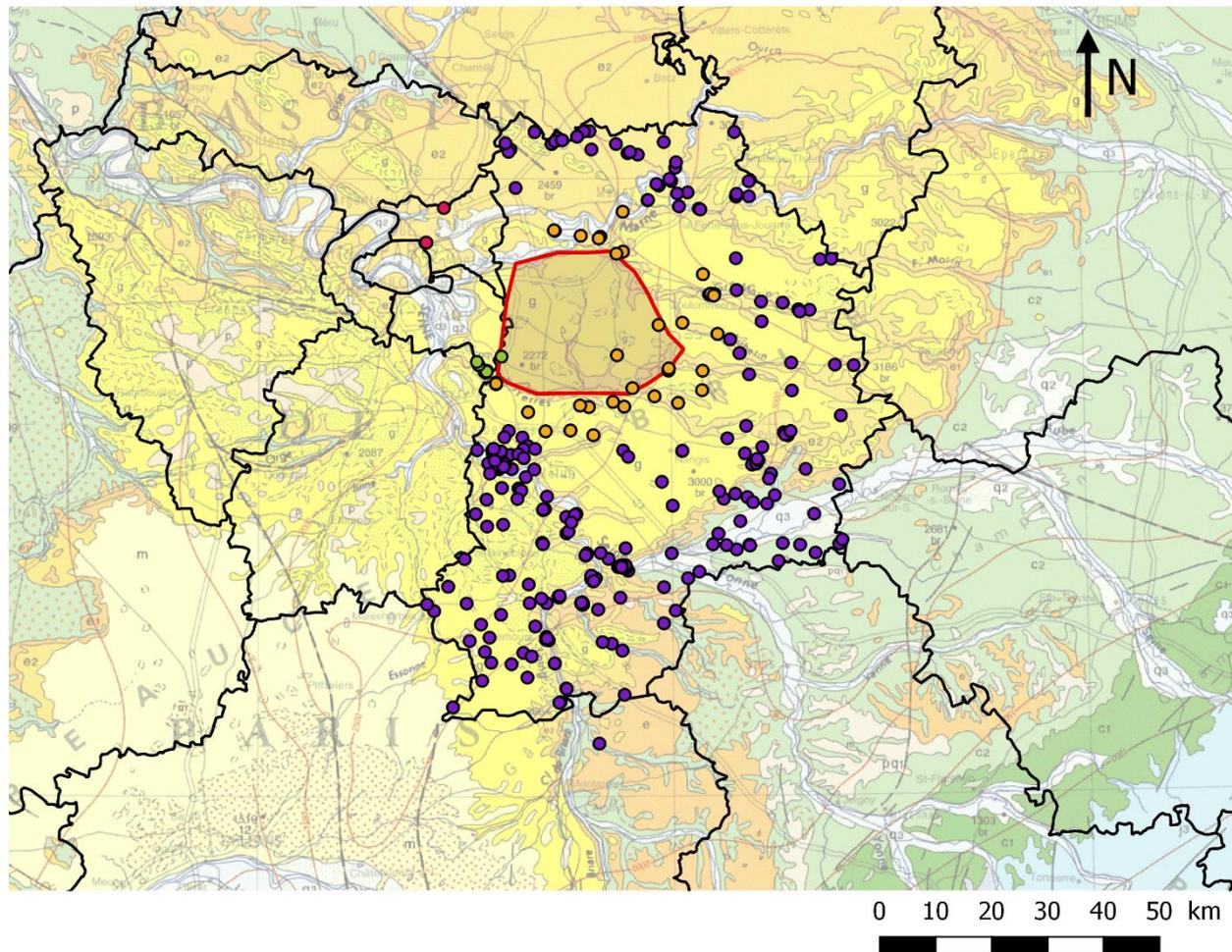
- Ouvrages de la base de données ACCESS contenus dans la zone d'étude [58]
- Ouvrages de la base de données ACCESS Ile-de-France [972]
- ▭ Zone d'étude
- ▭ Départements

Carte géologique image de la France au million

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 3 : Carte de localisation des ouvrages de l'ARS 77, 93, 94

Localisation des ouvrages de l'ARS 77 et des ouvrages traités de l'ARS 93 et 94 autour du secteur d'étude



Légende

- Ouvrages de l'ARS 77 sélectionnés et traités pour agrandir le périmètre de l'étude [45]
- Ouvrages de l'ARS 94 traités dans le masque de saisie [8]
- Ouvrages totaux de l'ARS 77 [409]
- Ouvrages de l'ARS 93 traités dans le masque de saisie [5]

■ Zone de l'étude

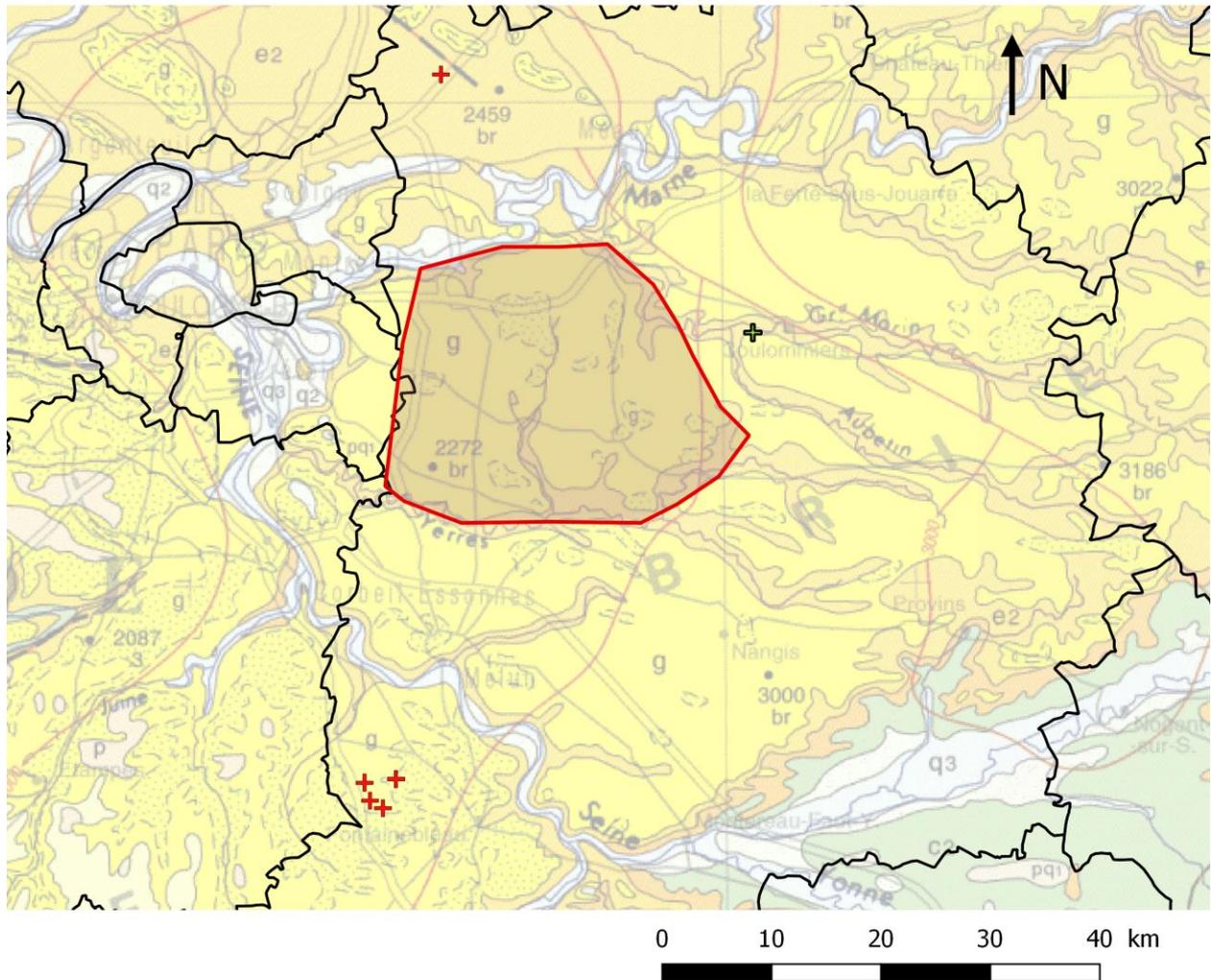
□ Départements

Carte géologique image de la France au million

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 4 : Carte de localisation des ouvrages de la DDT 77

Localisation des ouvrages de la DDT ayant des données relatives aux pompages d'essais



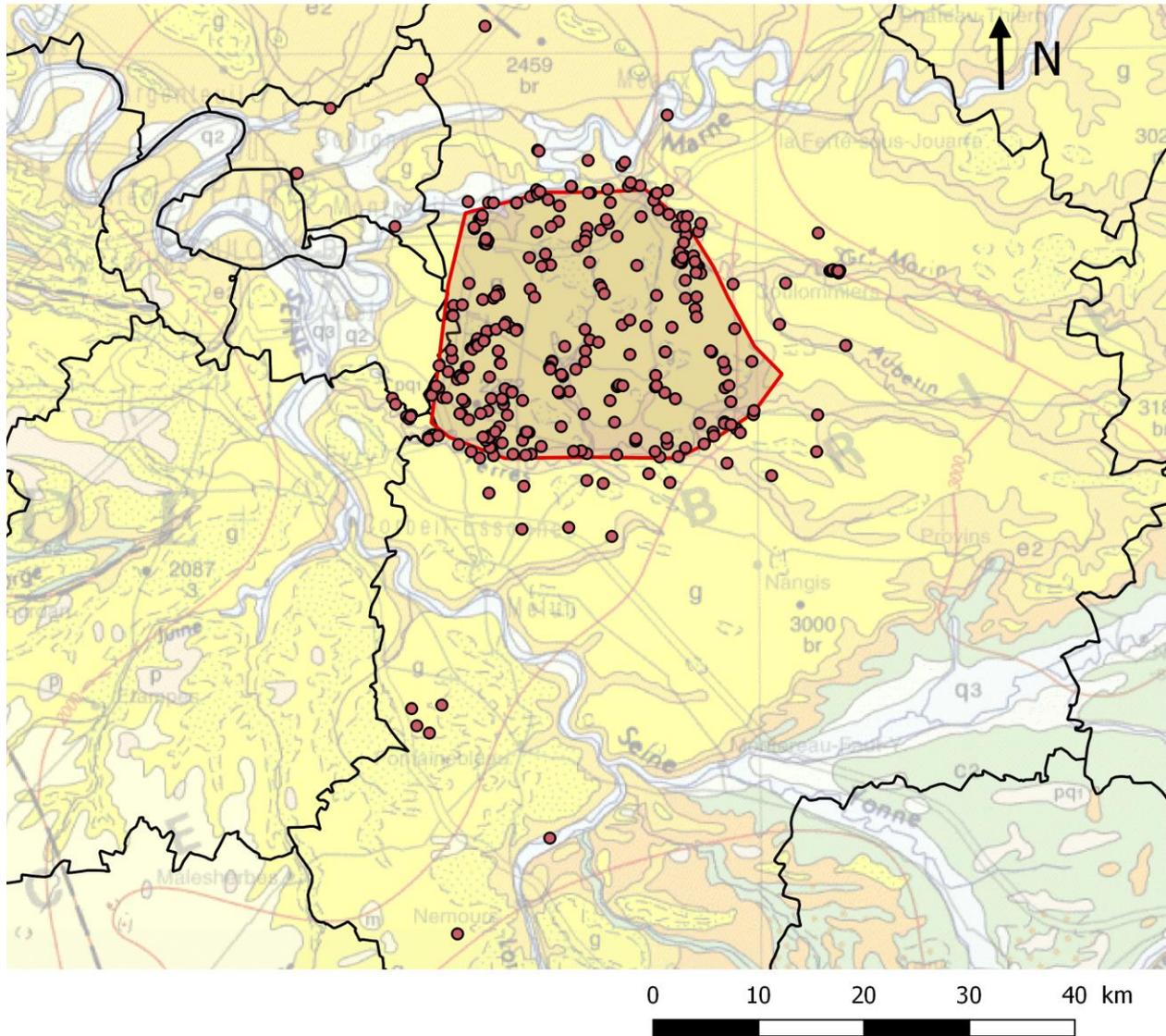
Légende

- + Ouvrages de la DDT faisant partie de la base de données ACCESS [5]
 - + Ouvrage de la DDT faisant partie de l'export cercle [1]
 - Zone d'étude
 - Départements
- Carte géologique image de la France au million

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 5 : Carte de localisation des ouvrages de la zone d'étude (essais de nappe et essais de puits confondus)

Localisation des ouvrages de la zone d'étude (Essais de nappe et essais de puits confondus)



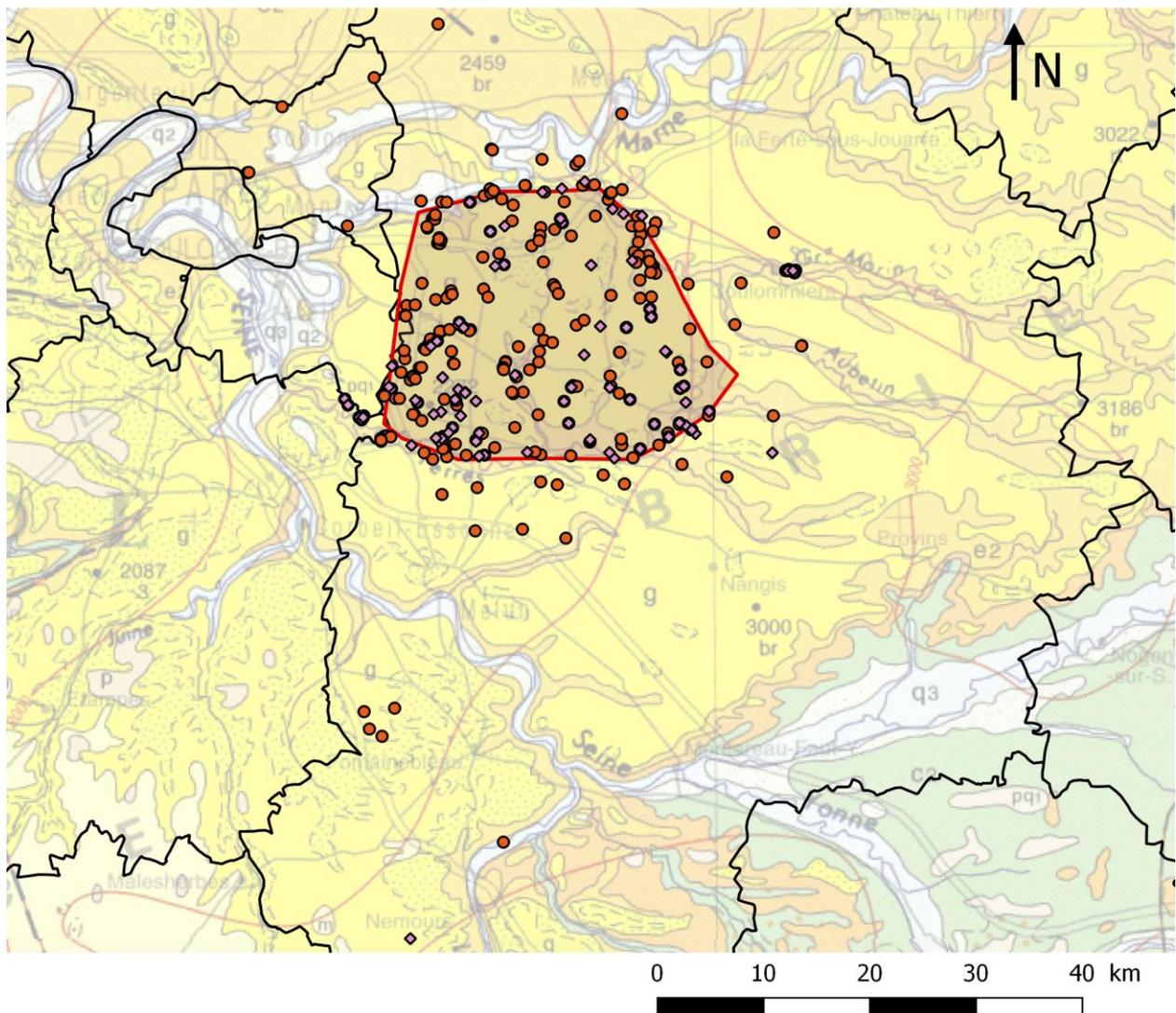
Légende

- Ouvrages du masque de saisie (Essais de nappe et essais de puits confondus) [309]
 - ▭ Zone de l'étude
 - ▭ Départements
- Carte géologique image de la France au million

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 6 : Carte de localisation des essais de nappe et essais de puits du secteur d'étude

Localisation des essais de puits et des essais de nappe de la zone d'étude



Légende

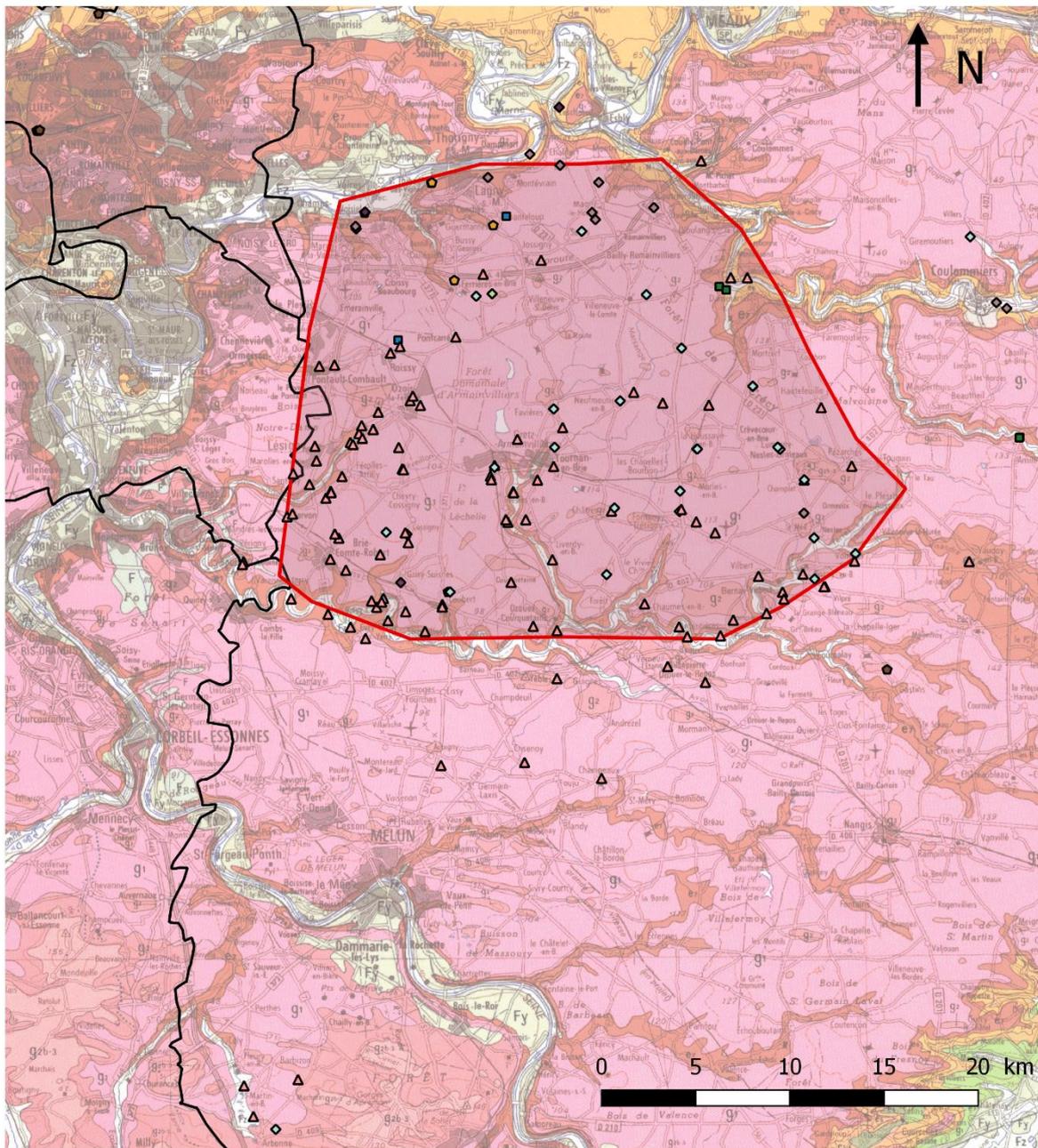
- ◇ Essais de puits [92]
- Essais de nappe [275]
- ▭ Secteur d'étude
- ▭ Départements

Carte géologique image de la France au million

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 7 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule nappe

Localisation des ouvrages captant une seule nappe



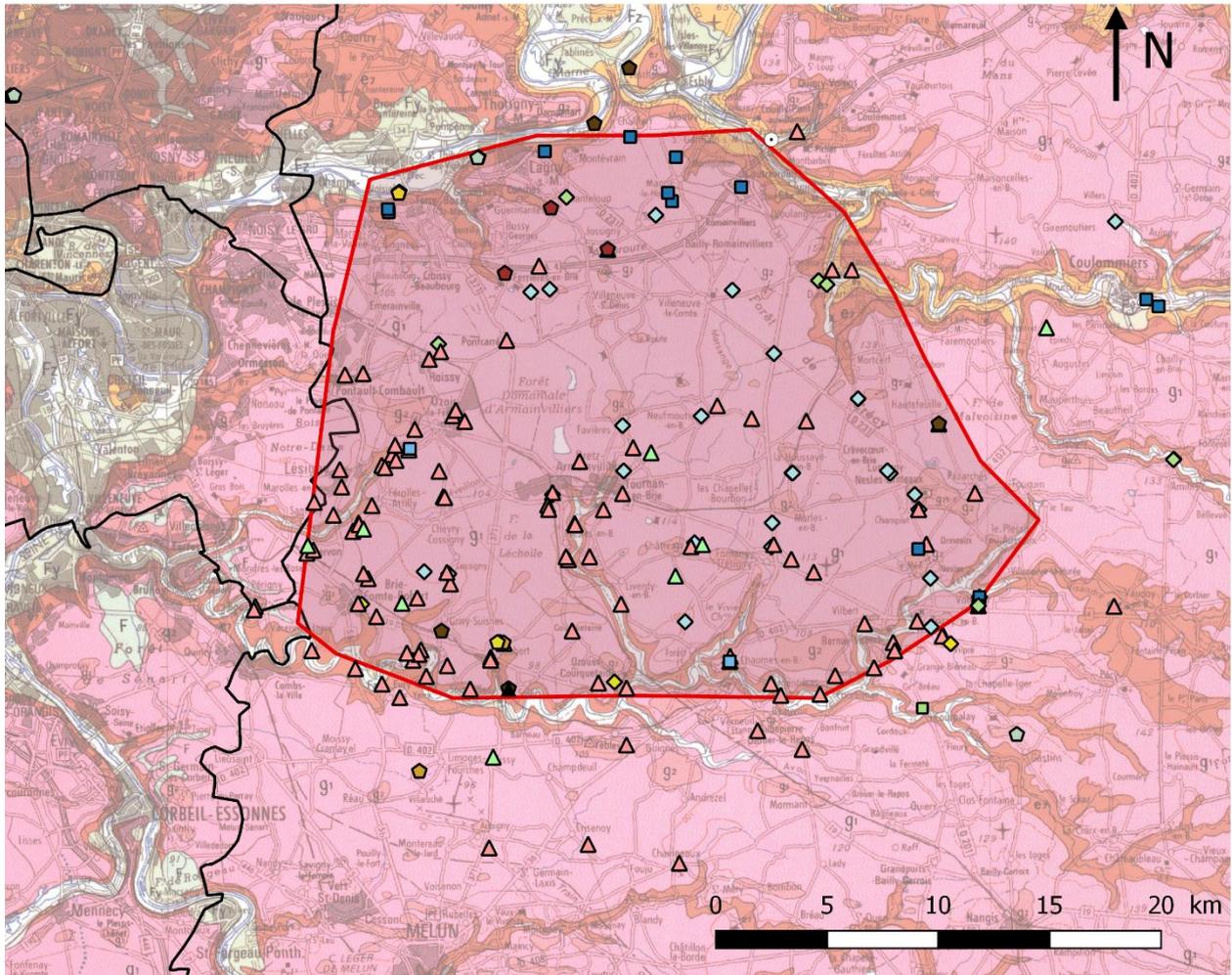
Légende

- | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Nappes uniques captées [165] | ◆ Lutétien basal et sables de l'Yprésien [1] | Système de coordonnées : Lambert 93 |
| ◆ Sannoisien [1] | ◆ Lutétien et Yprésien [2] | |
| ◆ Brie [27] | ◆ Sables Cuisiens [2] | |
| ▲ Champigny [105] | ◆ Sparnacien [3] | |
| ■ Bartonien [2] | ◆ Yprésien [6] | |
| ■ Saint Ouen [4] | □ Départements | |
| ◆ Lutétien [12] | □ Zone de l'étude | |

Carte géologique image de la France au 1/250000

Annexe 8 : Carte de localisation des ouvrages captant une seule et plusieurs nappes

Localisation des ouvrages captant une seule nappe et plusieurs nappes



Légende

Nappes captées [197]

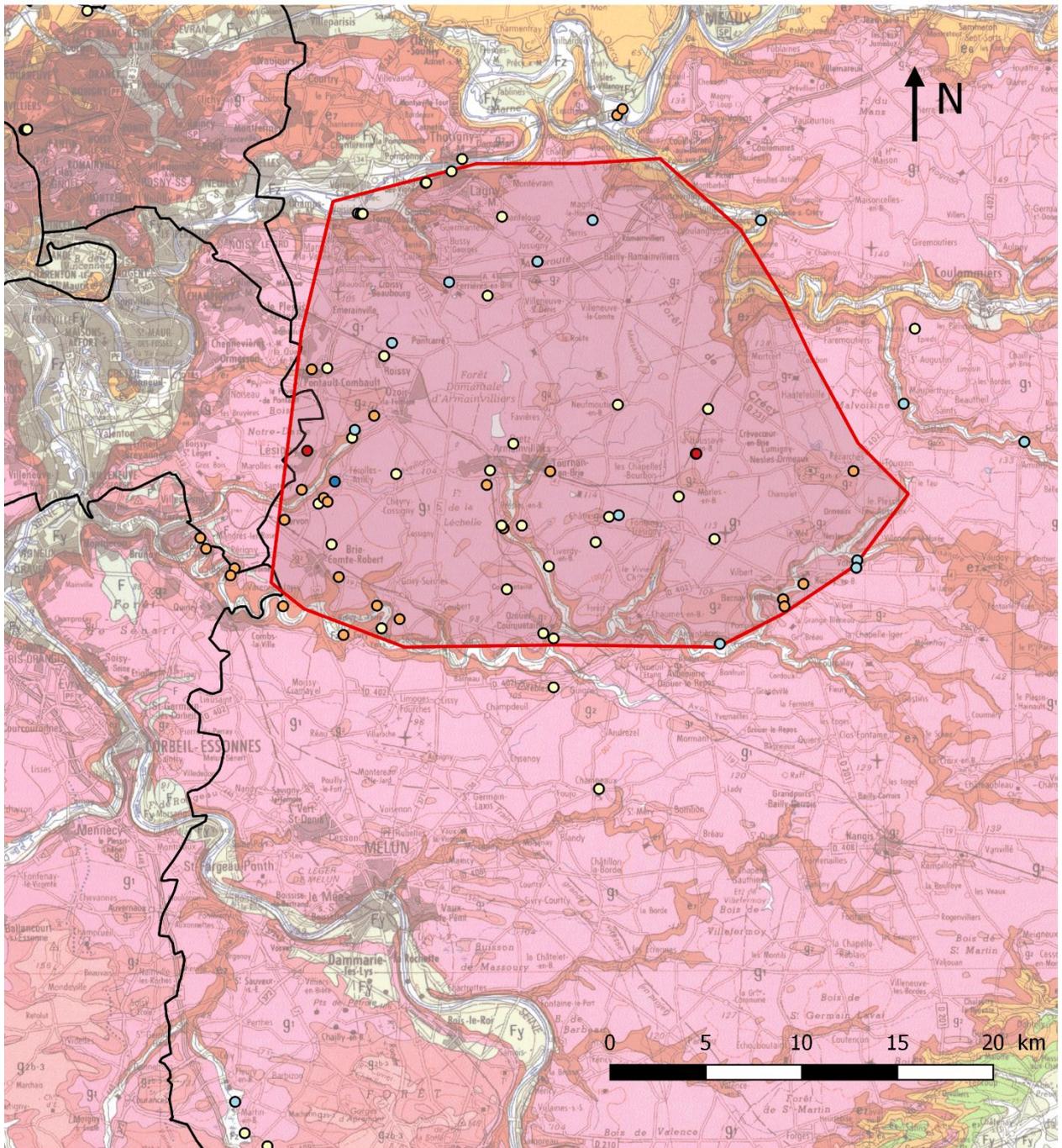
- Alluvions et Lutétien supérieur [1]
- Alluvions et Saint Ouen [1]
- ★ Sables et grès de Fontainebleau [1]
- ◇ Brie [28]
- ◇ Sannoisien [1]
- ◇ Argile verte [1]
- ◇ Brie et Champigny [2]
- ◇ Sannoisien et Ludien [1]
- ◇ Saint Ouen [5]
- ◇ Bartonien [2]
- ◇ Bartonien et Lutétien [1]
- △ Champigny [107]
- ▲ Marnes à pholadomya ludensis [1]
- △ Champigny et St Ouen [9]
- Champigny et Lutétien [2]
- Lutétien [13]
- ◆ Champigny et Yprésien [2]
- ◆ Lutétien basal et sables de l'Yprésien [2]
- ◆ Lutétien et Yprésien [4]
- ◆ Yprésien [6]
- ◆ Sables cuisien [1]
- ◆ Cuisien [1]
- ◆ Sparnacien [4]
- Zone d'étude
- Départements

Carte géologique de la France au 1/250000

Système de coordonnées : Lambert
93

Annexe 9 : Carte des transmissivités des aquifères aux droits des ouvrages de captage

Localisation des ouvrages et transmissivité des aquifères captés



Légende

Transmissivité en m^2/s [88] Départements

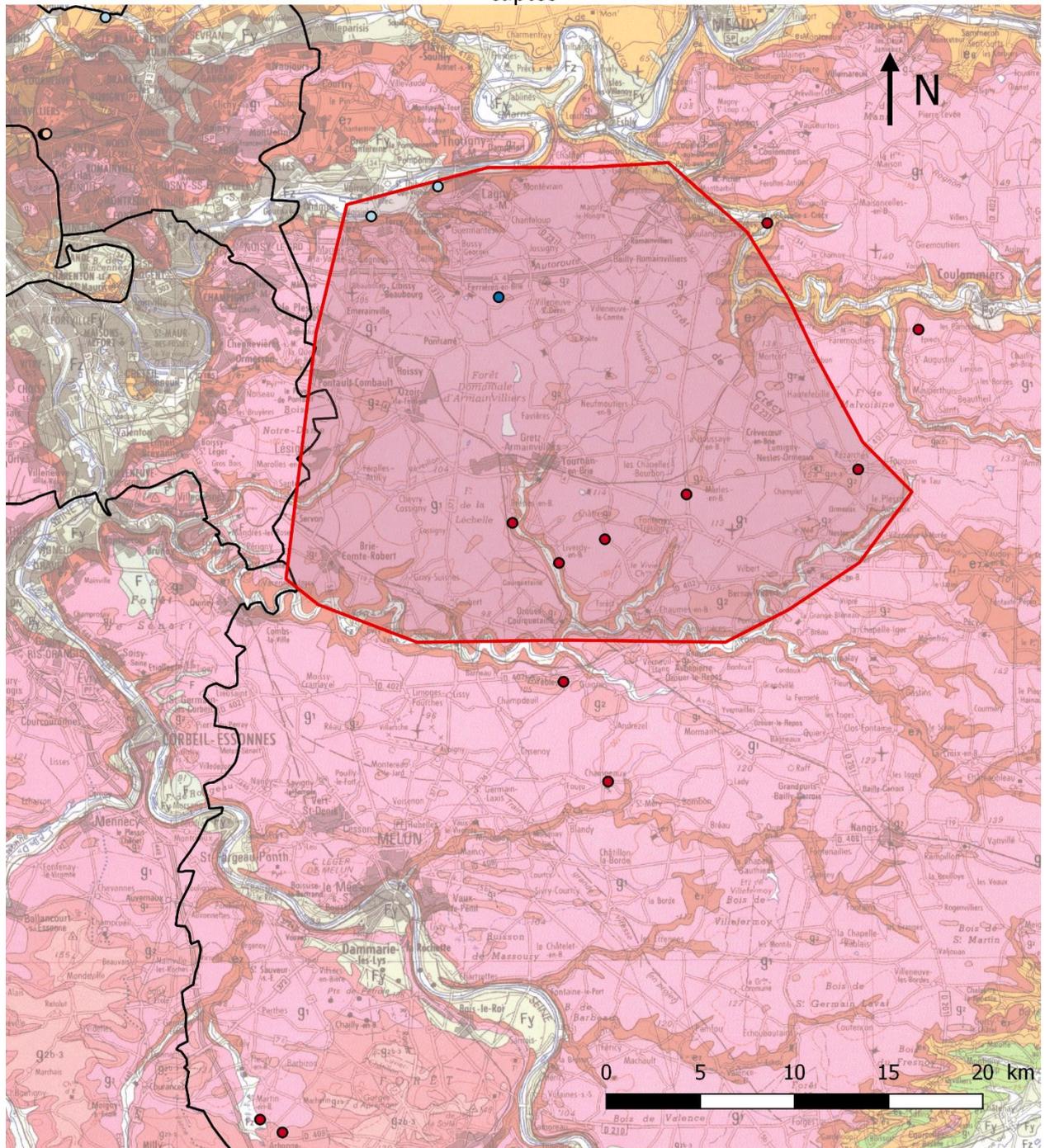
- $10E-5 - 10E-4$ [1]
- $10E-4 - 10E-3$ [16]
- $10E-3 - 10E-2$ [43]
- $10E-2 - 10E-1$ [26]
- $10E-1 - 10E0$ [2]
- Secteur d'étude

Carte géologique image de la France au 1/250000

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 10 : Carte des coefficients d'emmagasinement des aquifères au droits des ouvrages de captage

Localisation des ouvrages et coefficients d'emmagasinement des aquifères captés



Légende

Coefficient d'emmagasinement sans unité [18] Départements

- 10E-5 - 10E-4 [1]
- 10E-4 - 10E-3 [3]
- 10E-3 - 10E-2 [3]
- 10E-2 - 10E-1 [11]

Zone d'étude

Carte géologique image de la France au 1/250000

Système de coordonnées : Lambert 93

Annexe 11 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000PKYU



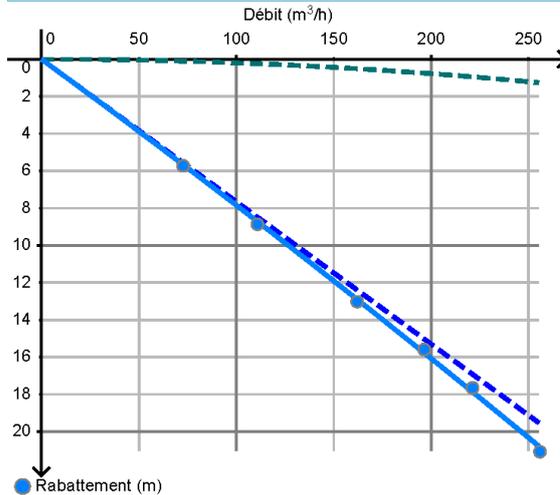
BSS000PKYU



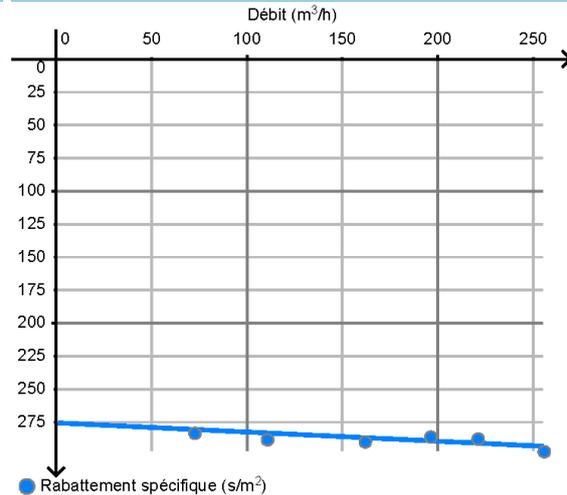
Aquifère capté	Yprésien
Type d'ouvrage	Puits

Type de pompage	Paliers de débits non enchainés
------------------------	---------------------------------

Courbe caractéristique



Droite des rabattements spécifiques



Légende	
●	Points expérimentaux
- - -	PDC linéaires
- - -	PDC quadratiques
—	Courbe caractéristique du puits

Légende	
●	Points expérimentaux
—	Rabattement spécifique

Pompage par palier	Débit (m³/h)	Rabattement mesuré (m)	Temps de pompage (min)	Temps de remontée (min)	Rabattement linéaire calculé (m)	Rabattement quadratique calculé (m)	Rabattement spécifique mesuré (s/m²)	Rabattement spécifique calculé (s/m²)	Écart (sim-obs) (m)
Palier 1	72,21	5,67	-	-	5,5	0,1	283	281	-4,32×10 ⁻²
Palier 2	110,28	8,81	-	-	8,4	0,23	288	283	-0,136
Palier 3	161,48	12,97	-	-	12	0,5	289	287	-0,108
Palier 4	195,92	15,54	-	-	15	0,74	286	289	0,195
Palier 5	220,68	17,6	-	-	17	0,94	287	291	0,229
Palier 6	255,28	21,03	-	-	20	1,3	297	293	-0,235

Résultats de l'ajustement		
Coef. de pertes de charge linéaires (B)	0,0765 h/m ²	276 s/m²
Coef. de pertes de charge quadratiques (C)	1,93×10 ⁻⁵ h ² /m ⁵	250 s²/m⁵
Exposant (n)	2,00	

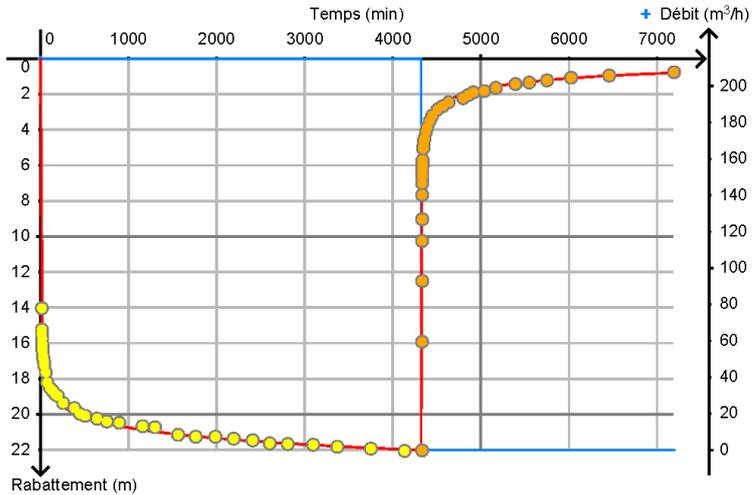
Annexe 12 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000PKYU



BSS000PKYU



Aquifère capté	Yprésien	Rayon d'observation	0,215 m
Type d'ouvrage	Puits		



Légende	
●	Rabatement mesuré
●	Remontée mesurée
+	Débit
—	Courbe théorique
Interprétation à l'aide de la solution	
	Theis
Type aquifère de la solution	
	Captif
Transmissivité	
	$5,50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficient d'emmagasinement	
	$1,61 \times 10^{-6} (-)$
Coefficient d'ajustement de Nash-Sutcliffe	
	0,98 (-∞..1)

→ Pertes de charge quadratiques	
Coefficient de pertes de charge quadratiques	$239 \text{ s}^2/\text{m}^5$

Annexe 13 : Digitalisation et interprétation de l'essai de puits de l'ouvrage BSS000UBAV



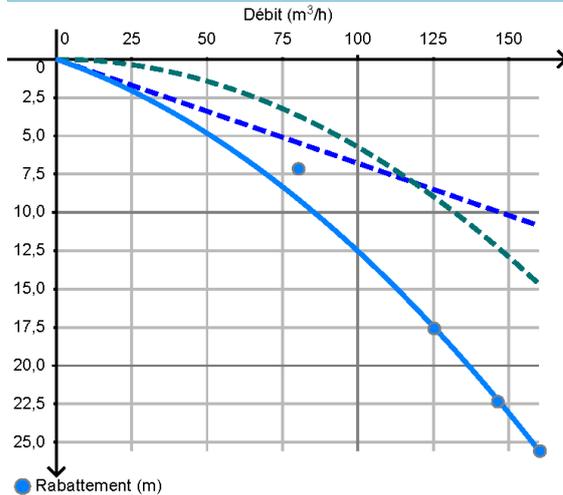
BSS000UBAV



Aquifère capté	Calcaire de Champigny
Type d'ouvrage	Puits

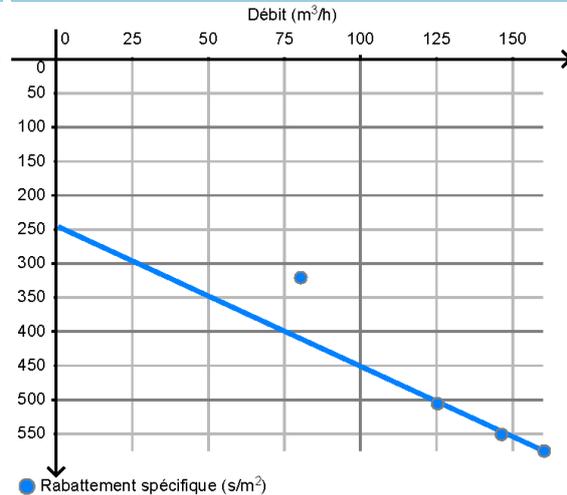
Type de pompage	Paliers de débits enchainés
------------------------	-----------------------------

Courbe caractéristique



Légende	
●	Points expérimentaux
---	PDC linéaires
---	PDC quadratiques
—	Courbe caractéristique du puits

Droite des rabattements spécifiques



Légende	
●	Points expérimentaux
—	Rabattement spécifique

Pompage par palier	Débit (m³/h)	Rabattement mesuré (m)	Temps de pompage (min)	Temps de remontée (min)	Rabattement linéaire calculé (m)	Rabattement quadratique calculé (m)	Rabattement spécifique mesuré (s/m²)	Rabattement spécifique calculé (s/m²)	Écart (sim-obs) (m)
Palier 1	80	7,09	-	-	5,4	3,7	319	410	2,01
Palier 2	125	17,51	-	-	8,5	9	504	502	-6,26×10 ⁻²
Palier 3	146	22,28	-	-	9,9	12	549	546	-0,144
Palier 4	160	25,5	-	-	11	15	574	575	4,32×10 ⁻²

Résultats de l'ajustement		
Coef. de pertes de charge linéaires (B)	0,0679 h/m ²	245 s/m²
Coef. de pertes de charge quadratiques (C)	5,73×10 ⁻⁴ h ² /m ⁵	7,43×10³ s²/m⁵
Exposant (n)	2,00	

Annexe 14 : Digitalisation et interprétation de l'essai de nappe de l'ouvrage BSS000UBAV

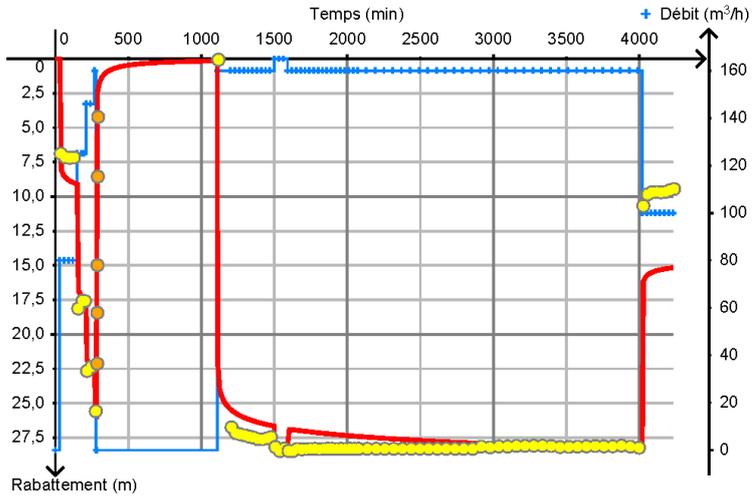


BSS000UBAV



Aquifère capté	Calcaire de Champigny
Type d'ouvrage	Puits

Rayon d'observation	0,390 m
----------------------------	---------



Légende	
●	Rabattement mesuré
●	Remontée mesurée
+	Débit
—	Courbe théorique
Interprétation à l'aide de la solution	
Type aquifère de la solution	Theis
Transmissivité	$4,13 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficient d'emmagasinement	$1,34 \times 10^{-3} (-)$
Coefficient d'ajustement de Nash-Sutcliffe	0,805 (-∞..1)

→ Pertes de charge quadratiques	
Coefficient de pertes de charge quadratiques	$7,43 \text{E}3 \text{ s}^2/\text{m}^5$



Centre scientifique et technique
Direction : Eau, Environnement & Écotechnologies (D3E)
Unité : Gestion de la Ressource (GDR)
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34