



Bilan annuel du réseau piézométrique des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette. Année hydrologique 2017-2018

Rapport final

BRGM/RP-68375-FR
décembre 2018



Bilan annuel du réseau piézométrique des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette. Année hydrologique 2017-2018

Rapport final

BRGM/RP-68375-FR
Décembre 2018

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM AP16PIC081

M. Parmentier
Avec la collaboration de
A. Grandemange

Vérificateur :

Nom : Violaine Bault
Fonction : hydrogéologue
Date : 12/12/2018

Signature : 

Approbateur :

Nom : Pierre Pannet
Fonction : Directeur régional Hauts-de-France
Date : 13/12/2018

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 : réseau piézométrique, bassin de l'Automne, bassin de la Nonette, suivi quantitatif des eaux souterraines, Lutétien, Yprésien supérieur, Oise, Aisne, Picardie, Hauts-de-France.

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

Parmentier M. avec la collaboration de Grandemange A. (2017) – Bilan annuel du réseau piézométrique des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette. Année hydrologique 2017-2018. Rapport final. BRGM/RP-68375-FR, 50 p., 18 Fig, 4 Tabl., 1 CD.

Synthèse

Dans les bassins versants de l'Automne et de la Nonette (Oise et Aisne, Hauts-de-France), la totalité des besoins en eau destinés à l'alimentation en eau potable est assurée par les nappes d'eaux souterraines, notamment des aquifères du Lutétien et de l'Yprésien. Compte-tenu de l'importance de cette ressource et afin de mieux connaître et pouvoir anticiper le risque représenté par les remontées de nappe ou de sécheresse sur le territoire, quatre piézomètres sont équipés de moyens de mesure en continu des niveaux de la nappe afin de suivre l'évolution de ces ressources souterraines :

- 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 du bassin versant de l'Automne.

De plus, un ouvrage captant la nappe libre du Lutétien et situé à proximité du point d'eau 01288X0132/F_2009, a été équipé de matériel provenant du stock du BRGM, afin de comparer les fluctuations des deux nappes (Figure 1) :

- 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent – Nappe libre du Lutétien sur le plateau du bassin versant de l'Automne.

Le matériel équipant cet ouvrage, connu pour être vieillissant, est définitivement tombé en panne en juin 2018. Il a été décidé de ne pas le remplacer. Le suivi sur ce point est donc arrêté, les données acquises ayant permis de montrer la connectivité des deux nappes au droit de ce point.

De mai 2017 à avril 2018, des tournées de maintenance trimestrielles ont permis de récupérer les données mesurées, vérifier le bon fonctionnement des capteurs de mesure et de réaliser la maintenance et l'entretien du matériel équipant chaque piézomètre, l'entretien des ouvrages et des sites.

Le réseau piézométrique est déclaré dans la Banque nationale d'Accès Aux Données sur les Eaux Souterraine (ADES) sous le nom : « RRESOUPVALOIS - Réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines des bassins de l'Automne et de la Nonette (0300000276) ». Le chargement des données (profondeur minimale journalière) a été effectué suite à chaque visite sur site, après vérification, correction des dérives et validation des données. L'ensemble des mesures relatives au réseau piézométrique, aux ouvrages suivis et aux mesures journalières sont accessibles sur le site Internet public ADES (<http://www.adès.eaufrance.fr>).

Ce rapport annuel présente les chroniques de chaque piézomètre, un commentaire associé et l'interprétation des résultats obtenus ainsi que des recommandations d'optimisation du dispositif de suivi mis en œuvre. Les données brutes et validées ainsi que les fiches de vie des sites sont annexées au rapport sous format numérique (CD).

Les données collectées au cours des douze mois précédents ont été analysées en prenant en compte le contexte hydrogéologique, météorologique et les pressions anthropiques.

L'exploitation des données a consisté à réaliser les graphiques des chroniques piézométriques mesurées et à en tirer les conclusions utiles pour la connaissance des relations entre les niveaux des cours d'eau et les niveaux de la nappe. Ces informations sont en particulier exploitées dans le cadre d'un autre projet dont l'objectif est l'amélioration de la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du bassin versant de la Nonette. Les chroniques sont caractérisées par des cycles saisonniers, traduisant l'influence saisonnière de la pluviométrie lors des recharges hivernales, et par une inertie importante des nappes. Le décalage entre une forte pluviométrie et la remontée du niveau de la nappe est de quelques jours pour les ouvrages en vallées à 3 mois pour les piézomètres en plateaux. Enfin, les cours d'eau constituent probablement des niveaux de base, qui influencent les niveaux des nappes. Cette influence est d'autant plus visible que l'ouvrage suivi est proche d'un cours d'eau.

Ce travail de synthèse des données a enfin été l'occasion de conduire une analyse des connaissances et d'identifier les lacunes et besoins d'investigations complémentaires, en particulier pour permettre l'établissement avec précision de l'état quantitatif des eaux souterraines des bassins versants de l'Automne et de la Nonette. Ainsi, la poursuite du suivi de ces piézomètres permettra une meilleure interprétation des chroniques obtenues. Les chroniques piézométriques ne sont pas encore suffisamment longues pour pouvoir faire l'objet d'une corrélation avec des pluies locales, les débits des cours d'eau et les niveaux des piézomètres voisins. La connaissance des débits des cours d'eau, qui constituent probablement un niveau de base des nappes, ainsi que des volumes horaires pompés (notamment au champ captant d'Auger-Saint-Vincent) pourrait permettre d'approfondir les analyses de certaines chroniques.

Sommaire

1. Présentation du réseau piézométrique	9
1.1. CONTEXTE	9
1.2. GESTION DU RESEAU PIEZOMETRIQUE	10
1.2.1. Tournées de maintenance	13
1.3. PRODUCTION DE DONNEES ET CHARGEMENT DANS ADES	13
2. Contexte hydrogéologique des bassins de l'Automne et de la Nonette	15
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	15
2.1.1. Géographie et hydrographie	15
2.1.2. Géologie	16
2.1.3. Hydrogéologie et relation avec les cours d'eau	19
2.1.4. Cartes piézométriques	20
2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE DE L'ANNEE HYDROLOGIQUE 2017-2018	21
2.2.1. Pluviométrie	22
2.2.2. Evapotranspiration	22
2.2.3. Evaluation de la pluie efficace	23
2.2.4. Evaluation de la recharge des nappes	25
2.3. PRELEVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE DE 2008 A 2016	27
2.3.1. Bassin de l'Automne	27
2.3.2. Bassin de la Nonette	28
3. Evolution des niveaux piézométriques	31
3.1. RESEAU PIEZOMETRIQUE HAUTS-DE-FRANCE	31
3.1.1. 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat	32
3.1.2. 01282X0031/P remplacé par 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg et 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts	33
3.2. RESEAU PIEZOMETRIQUE DES BASSINS DE L'AUTOMNE ET DE LA NONETTE ...	34
3.2.1. 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) – Nappe libre du Lutétien	34
3.2.2. 01285X0058/P à Courteuil - Nappe libre du Lutétien	38
3.2.3. 01288X0128/FR2007 à Versigny - Nappe libre du Lutétien	41
3.2.4. 01288X0132/F_2009 à Auger-Saint-Vincent - Nappe captive de l'Yprésien supérieur	45
4. Conclusions et perspectives	47
5. Bibliographie	49

Liste des Figures

Figure 1 : Carte de répartition des stations des réseaux quantitatifs ADES sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette.	11
Figure 2 : Contexte géologique et hydrogéologique des bassins de l'Automne et de la Nonette. 17	
Figure 3 : Précipitation mensuelle normale (période de référence :1981-2010) à la station de Creil (données météoFrance).....	22
Figure 4 : Pluviométrie et évapotranspiration potentielle (ETP) selon les méthodes de Penman et Monteith durant les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 à la station de Creil (60175001). Source : Météo-France	23
Figure 5 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2008 à 2016 sur le bassin de l'Automne (Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et http://www.bnpe.eaufrance.fr).....	28
<i>Figure 6 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2008 à 2016 sur le bassin de la Nonette (Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et http://www.bnpe.eaufrance.fr).....</i>	<i>29</i>
Figure 7 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat et 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec.....	32
Figure 8 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts, 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg et 1282X0046/S1 à Villers-Saint-Frambourg	33
Figure 9 : Chronique piézométrique de 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) et pluie efficace à la station de Creil.....	36
Figure 10 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat	36
Figure 11 : Chronique piézométrique de 2018 de 01288X0031/P à Auger Saint Vincent (Parc au Dames) et comparaison avec la pluie efficace de la station de Creil. Zooms en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).	37
Figure 12 : Chronique piézométrique de 01285X0058/P à Courteuil et pluie efficace à Creil.	39
Figure 13 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01285X0058/P à Courteuil et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.....	39
Figure 14 : Chronique piézométrique de 01285X0058/P à Courteuil et chronique de la pluie efficace à Creil. Zooms en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).	40
Figure 15 : Chronique piézométrique de 01288X0128/FR2007 à Versigny et pluie efficace.	42
Figure 16 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0128/FR2007 à Versigny et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.....	43
Figure 17 : Chronique piézométrique de 01288X0128/FR_2007 à Versigny et chronique de la pluie efficace à Creil. Zooms en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).....	44
Figure 18 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.	46

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Pluie efficace sur les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 d'après les données Météo-France de la station de Creil (60175001), sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette (RFUmax = 186 mm)	24
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tableau 2 : Décomposition de la pluie efficace sur les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette selon 3 hypothèses (cf texte)	26
Tableau 3 : Prélèvements en eau souterraine référencés en 2016 à Auger-Saint-Vincent.....	35
Tableau 4 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2012 à 2016 en amont à proximité de Droizelles (Versigny) exprimés en millions de m ³ annuel.....	42

1. Présentation du réseau piézométrique

1.1. CONTEXTE

Dans le cadre du réseau piézométrique régional (Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la région Hauts-de-France - 0102400001 - RESOUPBRGMHDF), le BRGM assure actuellement pour l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB, ex-ONEMA), le suivi et la gestion de plusieurs ouvrages au droit des bassins versants de l'Automne et de la Nonette (Figure 1) :

- 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec - Nappes libre du Lutétien et de l'Yprésien supérieur en tête de bassin versant de la Nonette ;
- 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg – Nappe libre du Lutétien sur le bassin versant de la Nonette ;
- 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat – Nappe libre du Lutétien sur le plateau entre les bassins versants de l'Automne et de la Nonette ;
- 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts – Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de l'Automne.

Entre 2013 et 2015, une 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 permis la réalisation de deux cartes piézométriques des nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien en période de basses eaux (2013) et de hautes eaux (2014) sur le Bassin parisien (Bault V. et al, 2015).

Ce projet a également été l'occasion de mettre en place des capteurs de pression et enregistreurs numériques non télétransmis permettant le suivi des niveaux piézométriques sur des secteurs jugés à enjeux. Des conventions d'accès et d'utilisation de ces puits ont été signées avec les propriétaires concernés. Dans le cadre du programme d'actions concertées et d'amélioration de la connaissance de la ressource en eau souterraine, les structures porteuses des SAGEs de l'Automne (SAGEBA) et de la Nonette (SISN), co-financeurs du projet, ont bénéficié de 4 piézomètres équipés de moyens de mesure des niveaux de la nappe (cf. localisation sur la Figure 1) :

- [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 (suivi continu depuis le 29/07/2016) ;
- [01285X0058/P](#) à Courteuil - Nappe libre du Lutétien en partie avale du bassin versant de la Nonette (suivi continu depuis le 26/01/2016) ;
- [01288X0128/FR2007](#) à Versigny - Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de la Nonette (suivi continu depuis le 10/07/2014) ;
- [01288X0132/F_2009](#) à Auger-Saint-Vincent – Nappe captive de l'Yprésien supérieur sur le plateau du bassin versant de l'Automne (suivi continu depuis le 02/04/2015).

De plus, un ouvrage captant la nappe libre du Lutétien et situé à proximité du point d'eau 01288X0132/F_2009, a été équipé de matériel provenant du stock du BRGM, afin de comparer les fluctuations des deux nappes (Figure 1) :

- [01288X0141/F 2009](#) à Auger-Saint-Vincent – Nappe libre du Lutétien sur le plateau du bassin versant de l'Automne (suivi depuis le 10/07/2014).

Suite à cette étude, le SAGEBA et le SISN ont souhaité que le BRGM assure la gestion et la valorisation des données de ce réseau piézométrique complémentaire des bassins de l'Automne et de la Nonette (Oise et Aisne, Hauts-de-France). L'objectif de ce suivi est de capitaliser des connaissances et de valoriser les données acquises pour une meilleure compréhension du comportement des nappes du Lutétien (calcaire grossier) et de l'Yprésien supérieur (sables du Cuisien) et des relations entre les nappes et les cours d'eau sur ces secteurs jugés prioritaires.

Le suivi piézométrique est réalisé par le BRGM, est co-financé par l'Agence de l'Eau Seine Normandie, le BRGM, le SAGEBA et le SISN, et s'est concrétisé par le rapport de suivi de l'année hydrologique 2016-2017 (Bault et al., 2017, BRGM/RP-66894-FR). Dans la suite, nous présenterons le suivi de l'année hydrologique 2017-2018.

1.2. GESTION DU RESEAU PIEZOMETRIQUE

Depuis 2011, en application de la circulaire du 03 janvier 2011 relative à l'articulation entre les différents intervenants qui mettent en œuvre les réseaux de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines, chaque Direction Régionale du BRGM applique le DAQ national (Document d'Assurance Qualité) dans le cadre de la gestion de leur réseau unitaire (DAQ V1-2 du 25 janvier 2011¹). Dans ce cadre, les procédures appliquées pour la surveillance piézométrique sous maîtrise d'ouvrage du BRGM sont communes et homogènes à l'échelle du territoire national. Le réseau piézométrique complémentaire des bassins de l'Automne et de la Nonette est également géré en suivant les préconisations définies dans le DAQ.

¹ Nicolas J., Vernoux J-F., avec l'appui des Services Géologiques Régionaux (2011) - Document Assurance Qualité : Procédure de gestion du réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines - Application aux piézomètres. DAQ V01-2-2011. 40 p.



Contexte géologique et hydrogéologique - Bassins de l'Automne et de la Nonette

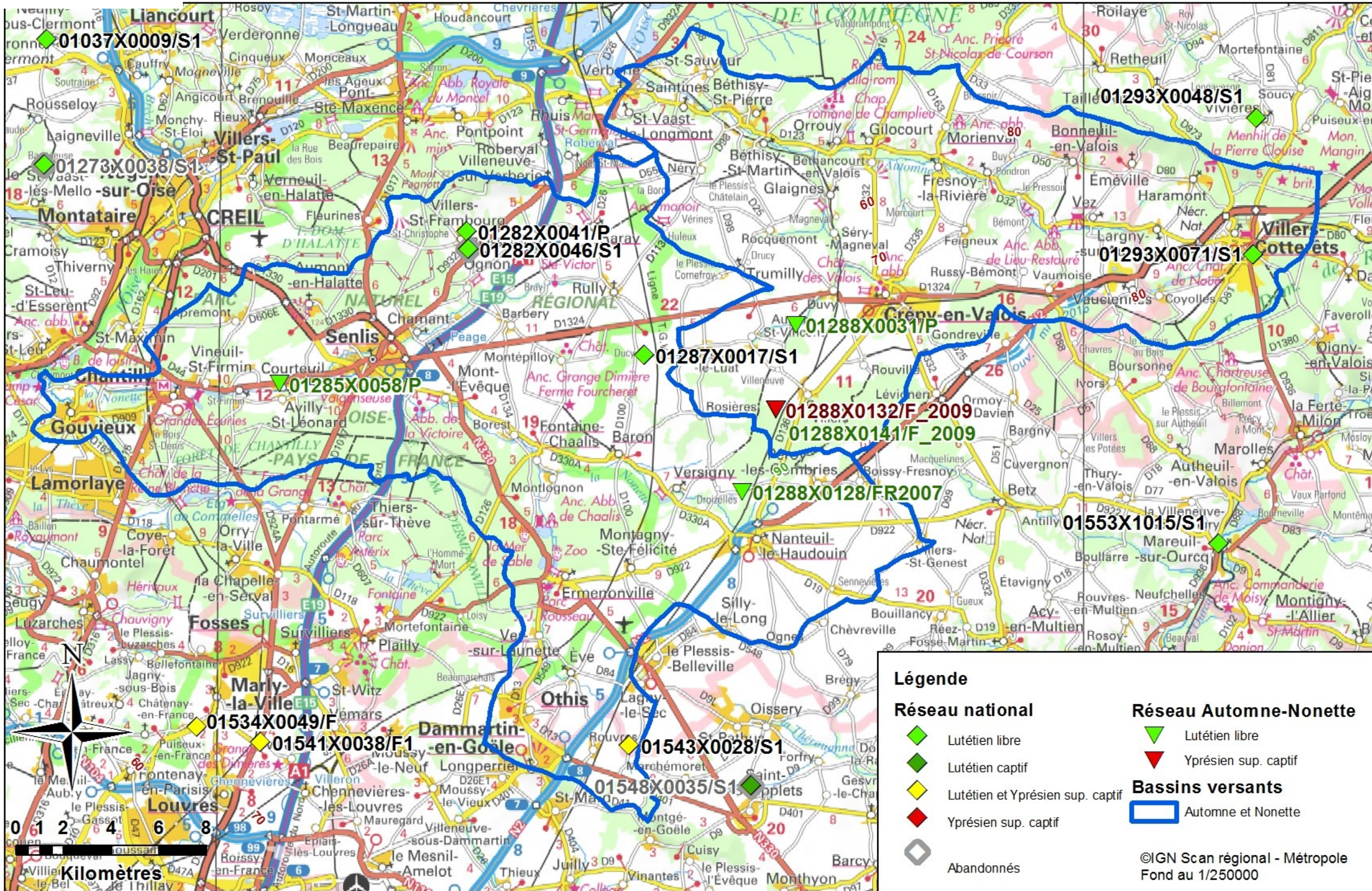


Figure 1 : Carte de répartition des stations des réseaux quantitatifs ADES sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette.

1.2.1. Tournées de maintenance

Conformément au DAQ et tel que défini dans le programme d'intervention du cahier des charges de ce projet, l'ensemble des stations non-télétransmises a fait l'objet d'une visite trimestrielle. Ces interventions ont eu lieu les :

- 7 août 2017
- 9 novembre 2017
- 21 mars 2018
- 14 juin 2018

Chaque visite a été l'occasion de collecter les données mesurées, vérifier le bon fonctionnement des capteurs de mesure (calage du capteur via une mesure piézométrique manuelle, contrôle des enregistrements, etc.), et de, si besoin, remplacer des piles usagées et les dessiccants, réaliser la maintenance du matériel ainsi que le nettoyage et l'entretien des centrales de mesure, des ouvrages et des sites.

Les mesures du site de Courteuil (01285X0058/P) montrent une brusque variation de -8 cm le 07/04/2018, entre deux tournées du BRGM. Une telle variation, trop brutale pour être une variation de niveau piézométrique, semble plutôt provenir d'un déplacement du capteur. A la tournée suivante, le 14/06/2018, un écart de +8cm est effectivement constaté entre la mesure capteur et la mesure manuelle. L'ensemble des mesures acquises entre ces deux dates est corrigé de 8 cm.

Lors de la tournée du 21/03/2018 à la station d'Auger-Saint-Vincent, captant la nappe libre du Lutétien (01288X0141/F_2009), il a été constaté que le capteur, en fin de vie, avait consommé ses piles prématurément. Néanmoins, les données ont pu être récupérées jusqu'au 18/02/2018 et l'acquisition relancée. A la tournée du 14/06/2018 le matériel de mesure était définitivement hors service. Les données ont pu être récupérées jusqu'au 10/05/2018. Il est décidé de ne pas poursuivre l'acquisition sur ce point, qui ne fait pas partie de la convention et dont la chronique est similaire à celle mesurée au point 01288X0132/F_2009 également à Auger-Saint-Vincent.

Les données ont été validées, après chaque intervention. Elles ont été bancarisées dans la Banque nationale d'Accès Aux Données sur les Eaux Souterraine (ADES) où elles sont caractérisées comme mesures « correctes » (qualification) et « contrôlées de niveau 2 » (statut).

Suite à la vérification, la correction de dérives et la validation des mesures, les données ont également été envoyées aux co-financeurs, sous format Excel. Les données brutes et validées ainsi que les fiches de vie des sites sont annexées au rapport sous format numérique (CD).

1.3. PRODUCTION DE DONNEES ET CHARGEMENT DANS ADES

Le réseau piézométrique est déclaré depuis 2016 dans la Banque nationale d'Accès Aux Données sur les Eaux Souterraine (ADES) sous le nom : « RRESOUPVALOIS - Réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines des bassins de l'Automne et de la Nonette (0300000276) ». Les 5 piézomètres sont associés à ce réseau.

Le chargement des données (profondeur minimale journalière) a été effectué suite à chaque visite sur site, après vérification, correction des éventuelles dérives et validation des données.

L'ensemble des données relatives au réseau piézométrique, aux ouvrages suivis et aux mesures journalières sont accessibles sur le site Internet public ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr>).

2. Contexte hydrogéologique des bassins de l'Automne et de la Nonette

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les bassins de l'Automne et de la Nonette se situent dans le Valois (Figure 2), pays 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'Aisne au nord et de l'Ourcq à l'est et est entaillé par de nombreuses vallées (Nonette, Thève, Gergogne, Grivette, ...).

2.1.1. Géographie et hydrographie

Le bassin hydrographique de l'Automne, de 287 km², est globalement orienté est-ouest, à cheval sur les départements de l'Aisne et de l'Oise. L'altitude du bassin s'échelonne de 242 à 36 m NGF, avec une moyenne de 116 m. Les terrains les plus élevés se situent sur les buttes du nord-est du bassin.

L'Automne prend sa source entre Villers-Cotterêts et Pisseleux, et rejoint l'Oise après un parcours de 34 km. Elle reçoit en rive gauche les apports de son principal affluent, la Sainte-Marie qui prend vraisemblablement sa source au gouffre de Bouville sur la commune de Duvy. Le cours d'eau, s'écoulant depuis le bourg d'Auger-Saint-Vincent et au niveau du Parc aux Dames et désigné Sainte-Marie sur les cartes IGN, est appelé ru Saint-Mard.

Le cours de l'Automne a subi de nombreuses transformations par l'homme depuis le XII^{ème} siècle. De nombreux tronçons de la rivière ont été suspendus afin d'alimenter 50 moulins aujourd'hui arrêtés. Le lit a été étanchéifié à l'argile, entraînant parfois une déconnection de la rivière et des nappes qu'elle drainait.

Le bassin hydrographique de la Nonette se situe au sud-est du département de l'Oise et en rive gauche de la rivière Oise. Il s'étend sur une surface de 415 km² avec Creil au nord-ouest et Crépy-en-Valois à l'est.

La Nonette prend sa source à Nanteuil-le-Haudoin et s'écoule sur 41 km pour se jeter dans l'Oise à Gouvieux. Entre sa source, située à 97 m d'altitude et sa confluence avec l'Oise, située à 25 m d'altitude, la pente moyenne du cours d'eau est de 1,8‰. Ce cours d'eau possède deux affluents principaux : l'Aunette en rive droite et la Launette en rive gauche. L'Aunette prend sa source à Rully et rejoint la Nonette à l'ouest de Senlis après un parcours de 14 km. La Launette, longue de 16 km, naît à Marchémoret en Seine-et-Marne et rattrape la Nonette à Fontaine-Chaalis.

Le bassin se caractérise par des plateaux calcaires tertiaires traversés par de petites vallées ouvertes aux versants doux. Les cours d'eau ont fait l'objet de nombreux aménagements hydrauliques. En effet, ils traversent de nombreux parcs, comme ceux du château de Chantilly et du parc d'Ermenonville, où ont été creusés des étangs, canaux et pièces d'eau.

2.1.2. Géologie

Les bassins versant de l'Automne et de la Nonette s'établissent sur le plateau tertiaire du Valois formé par les calcaires du Lutétien et dominé par des buttes de formations du Bartonien et de l'Oligocène (Stampien), alignées selon une direction nord-ouest/sud-est.

La série stratigraphique rencontrée se résume, des terrains les plus anciens aux plus récents :

- la craie du Sénonien forme le substratum, recouverte de formations tertiaires sauf ponctuellement en vallée de l'Oise ;
- les sables et argiles du Thanétien (sables de Bracheux) et de l'Yprésien inférieur (argiles du Sparnacien) ne sont pas présents à l'affleurement sauf en extrême aval des vallées de l'Automne et de la Nonette ;
- les sables de l'Yprésien supérieur (sables de Cuise) forment le fond des vallées de l'Automne et de ses affluents, sous les alluvions, et sont visibles en bas des coteaux ;
- les argiles de Laon de l'Yprésien supérieur sont constituées dans ce secteur de sables grossiers ou fins avec des lits d'argiles décimétriques. L'ensemble, de 2 à 3 m maximum, est discontinu et a été localement érodé ;
- les calcaires du Lutétien inférieur ainsi que les calcaires à miliolites et marnes et caillasses du Lutétien supérieur affleurent dans la basse vallée de la Nonette, forment le soubassement des plateaux et sont responsables des versants abrupts des vallées ;
- les sables grossiers d'Auvers, les argiles de Villeuneuve-sur-Verberie ainsi que les sables et grès de Beauchamp, datant de l'Auversien (Bartonien inférieur) forment les versants des buttes qui s'établissent sur les crêtes topographiques des bassins versants ;
- les calcaires de Ducy, les sables de Mortefontaine et les calcaires de Saint-Ouen du Bartonien moyen et supérieur, sont présents dans la haute vallée de la Nonette et de l'Automne sur la Montagne de Rosière, au Pont Pagnotte, au Mont Alta, à la Haute Pommeraie et sur la forêt de Retz ;
- les formations du Ludien (Bartonien supérieur) couronnent ces collines ;
- les terrains du Stampien, se limitent au Mont Pagnotte, à la Montagne Saint-Christophe, au bois d'Haramont.

Les limons des plateaux recouvrent les plateaux calcaires. Leur puissance est très variable et leur composition dépend du substratum. Des colluvions de versants et de fonds de vallons sont circonscrites sur les hautes vallées.

Des sables dunaires et fluviéo-éoliens constituent de petites dunes stabilisées par la forêt, notamment sur la butte de la Haute Pommeraie, dans la forêt de Chantilly et de Coye. Ces dunes ont été formées par des sables auversiens du Bartonien inférieur remontés par le vent.

Enfin, les alluvions, constituées de sables éocènes et plus particulièrement cuisien (Yprésien inférieur), de colluvions remaniées et de tourbe, remplissent les fonds de vallées humides. Les alluvions modernes peuvent atteindre 6 à 10 m d'épaisseur et les tourbes ont été retrouvées jusqu'à 10 m d'épaisseur à Senlis.

Contexte géologique et hydrogéologique - Bassins de l'Automne et de la Nonette

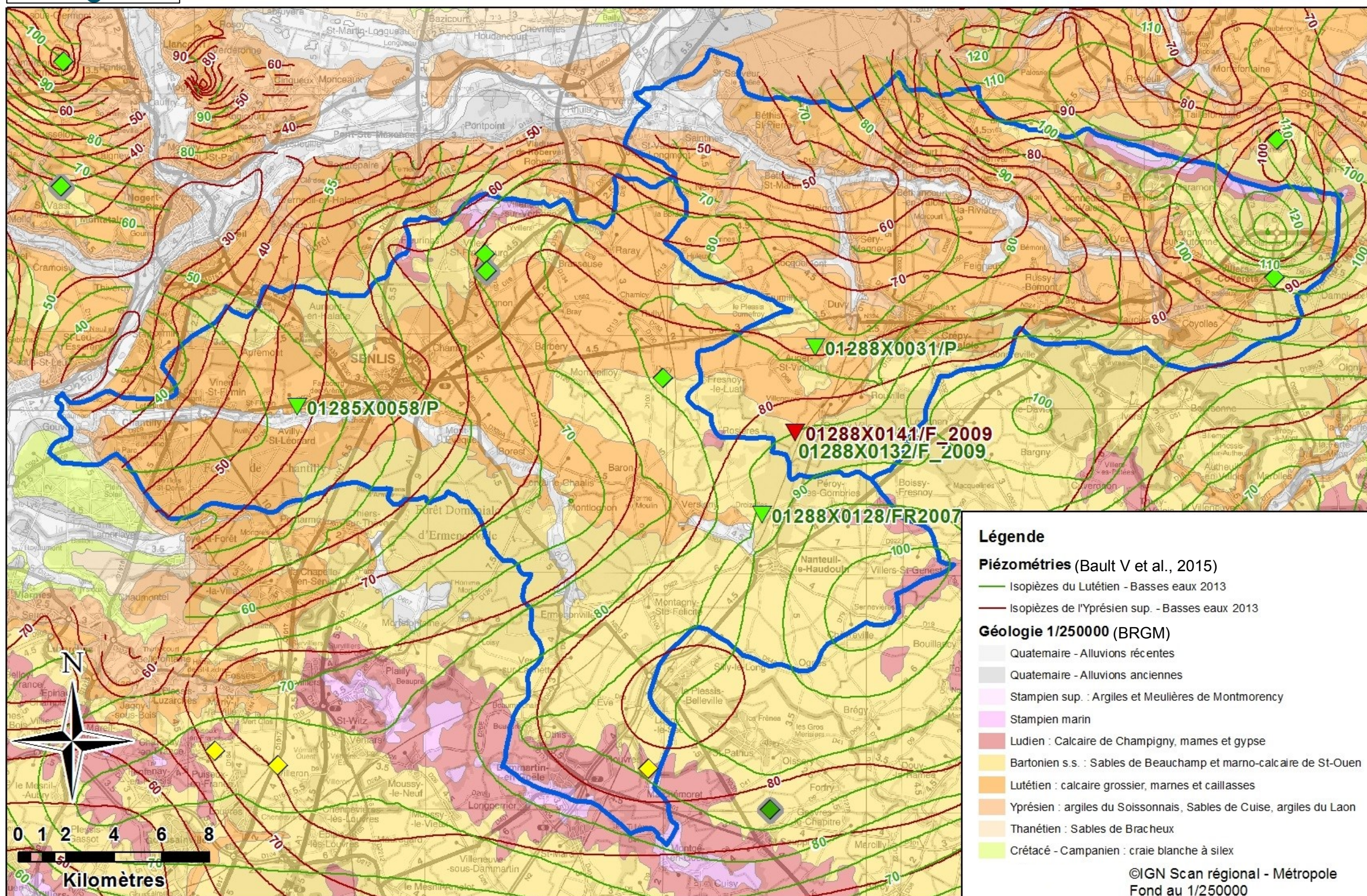


Figure 2 : Contexte géologique et hydrogéologique des bassins de l'Automne et de la Nonette.

2.1.3. Hydrogéologie et relation avec les cours d'eau

Les bassins de l'Automne et de la Nonette sont caractérisés par plusieurs aquifères superposés, séparés par des niveaux argileux plus ou moins imperméables et continus. Ces niveaux aquifères étagés topographiquement renferment des nappes perchées sur les hauteurs des collines, des nappes libres sous celles-ci et sous les plateaux, des nappes captives sous les vallées ou en profondeur sous des couches imperméables, des nappes semi-captives à la périphérie des plateaux. Du plus profond au plus superficiel, se distinguent plusieurs nappes :

- la nappe captive de la craie et des sables du Thanétien est exploitée dans la vallée de l'Oise et sous le plateau à Chamant pour l'alimentation en eau potable. Cette nappe n'est pas en liaison avec les vallées humides et ne participerait donc pas à l'alimentation de l'Automne, de la Nonette et de leurs affluents ;
- de par leur nature, leur faible épaisseur et leur extension discontinue, les argiles de Laon ne constituent probablement pas dans le Valois un niveau imperméable à proprement parler. Des connexions hydrauliques existent donc entre l'aquifère des sables de Cuise (Yprésien supérieur) et celui des calcaires du Lutétien sus-jacents. Les sables et les calcaires contiendraient alors une seule et même nappe, reposant sur les argiles du Sparnacien (Yprésien inférieur). Sauf au cœur du plateau du Valois où elle est captive, la nappe présente un régime libre et est drainée par les vallées qui la recoupent ;
- les nappes des formations du Bartonien alimentent quelques puits individuels et quelques sources et déterminent un horizon humide, ainsi que quelques mares à l'ouest et au sud-ouest de la butte de la Haute Pommeraie ;
- la nappe des sables de Fontainebleau (Stampien supérieur), perchée dans les buttes témoins, alimente des sources et des fontaines à la périphérie du Mont Pagnotte qui fournissent de faibles débits.

L'Automne et la Sainte-Marie se sont encaissés profondément, les pentes étant supérieures à 20% autour des vallées. Cet encaissement des vallées par rapport aux zones d'infiltration vers l'aquifère, qui est en lien avec les cours d'eau, est susceptible d'engendrer un écart de charge piézométrique élevé entre le niveau de la nappe sous les plateaux et le niveau de la nappe en fond de vallée. L'Automne draine principalement la nappe des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien). La régularité du débit du cours d'eau s'explique par le rôle régulateur, en particulier en période d'étiage, des eaux souterraines.

La Nonette draine la nappe de l'aquifère des calcaires du Lutétien en partie amont sur les plateaux et des sables de l'Yprésien supérieur dans les vallées en aval de Courteuil. Au sud, la Launette draine la nappe des sables d'Auvers et de Beauchamp (Bartonien). La régularité du débit de la Nonette s'explique par la présence à l'affleurement de l'aquifère des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien, favorisant ainsi l'infiltration. La nappe joue donc un rôle régulateur, en particulier par un apport soutenu en période d'étiage.

2.1.4. Cartes piézométriques

Les cartes piézométriques basses eaux de 2013 et hautes eaux de 2014 représentent les niveaux d'eau de la nappe des calcaires du Lutétien et de la nappe des sables de l'Yprésien supérieur (Bault V. et al., 2015). Elles ont été produites à une échelle dite régionale au 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.

Dans le Valois, 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, ...), les rivières drainant les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. 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 ne sont pas connectées ou à l'inverse sont en équilibre hydrostatique.

Au nord de l'Automne, les niveaux d'eau mesurés dans les sables de l'Yprésien supérieur se trouvent généralement à une trentaine de mètres sous ceux des calcaires du Lutétien. 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.

Piézométrie des calcaires du Lutétien

Dans le Valois, 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 versants 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.

Piézométrie des sables de l'Yprésien supérieur

Dans le Valois, 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, la nappe peut être localement artésienne (c'est-à-dire que 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 faibles : inférieures à 0,1 m en vallées de l'Automne et de l'Oise et inférieures à 0,50 m en plateaux.

2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE DE L'ANNEE HYDROLOGIQUE 2017-2018

Les bassins de l'Automne et de la Nonette sont caractérisés par un climat tempéré océanique à influences continentales. Les vents à prédominance ouest à sud-ouest apportent des masses d'air humide et frais de l'Atlantique nord, réchauffées toutefois par les eaux tièdes de la dérive nord-atlantique. Ces masses d'air amènent des précipitations assez élevées toute l'année et entraînent une amplitude thermique plutôt faible.

Les saisons ne sont que peu marquées et les précipitations ne permettent pas de les différencier. Ce sont plutôt les variations de températures, de vent, la durée et l'intensité des précipitations qui marquent les changements entre les saisons.

Les hivers sont marqués par des périodes de froid vif et sec alternant avec des périodes plus tempérées et humides. Au printemps, le radoucissement est très progressif mais les conditions restent très variables d'une année sur l'autre, ce qui influence fortement la végétation. L'été, l'influence océanique domine, maintenant une certaine humidité et modérant les températures et l'ensoleillement, mais provoquant également de violents orages. En automne, les températures chutent rapidement et la pluviométrie est très importante.

2.2.1. Pluviométrie

Les cumuls mensuels des hauteurs de précipitations relevés sur la station de Creil (60175001) ont été récupérés auprès de Météo-France, sur la période de mai 2016 à juin 2018 (Figure 3).

Les bassins de l'Automne et de la Nonette sont soumis à des précipitations fréquentes, mais d'intensité variable. A Creil la pluviométrie est souvent moins élevée, du fait de la protection qu'offrent les collines du Clermontois et du Valois. Les normales des précipitations sur la période 1981-2010 restent globalement constantes tout au long de l'année, de 47 mm en février à 71 mm en octobre.

Les précipitations annuelles de mai 2017 à avril 2018 sont proches des normales (période de référence 1981-2010), puisque l'écart moyen sur la période est de +4%. Les hauteurs mensuelles révèlent cependant des disparités saisonnières. Ainsi, le mois d'octobre 2017 a été particulièrement déficitaire et les mois de décembre 2017, janvier et mai 2018 particulièrement excédentaires. Pendant la période favorable à la réalimentation des nappes (novembre à mars), les pluies ont été en moyenne plutôt excédentaires, notamment de décembre 2017 à janvier 2018. La figure 4 montre également les précipitations mensuelles sur l'année hydrologique précédente (de mai 2016 à avril 2017) déjà présentée dans le précédent rapport (Bault et al., 2017) et montrant les précipitations déficitaires durant la période favorable à la réalimentation des nappes.

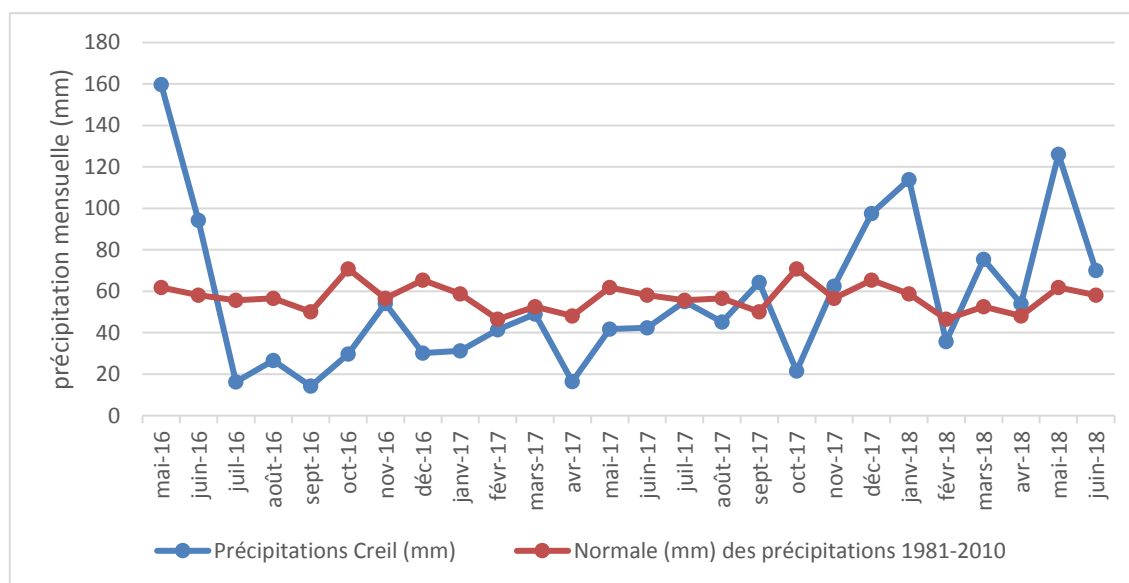


Figure 3 : Précipitation mensuelle normale (période de référence : 1981-2010) à la station de Creil (données météoFrance).

2.2.2. Evapotranspiration

Une partie des eaux météoriques s'évapore soit directement sous l'effet des variations de température et de l'ensoleillement, soit indirectement sous l'action des plantes (transpiration spécifique à la photosynthèse). La notion d'évapotranspiration distingue :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP), qui définit la quantité d'eau évaporée si la quantité d'eau précipitée disponible pour l'évapotranspiration en surface est toujours supérieure à la quantité évaporée ;

- L'évapotranspiration réelle (ETR), qui définit la quantité réellement évaporée (tenant compte des déficits ponctuels en eau du sol).

L'évapotranspiration potentielle (ETP) sur la station de Creil (60175001), calculée selon la formule de Monteith ou selon la formule de Penman, a été récupérée auprès de Météo-France, sur la période de mai 2016 à avril 2018 (Figure 4).

L'évapotranspiration reprend une grande partie des précipitations s'abattant sur le territoire. Elle est plus élevée pendant les mois les plus chauds où la végétation est active. Ainsi, elle a été particulièrement importante en juillet-août 2016 et de mai à août 2017. A l'inverse, elle a été presque inexistante en décembre 2016 et janvier 2017, ainsi que de décembre 2017 à février 2018.

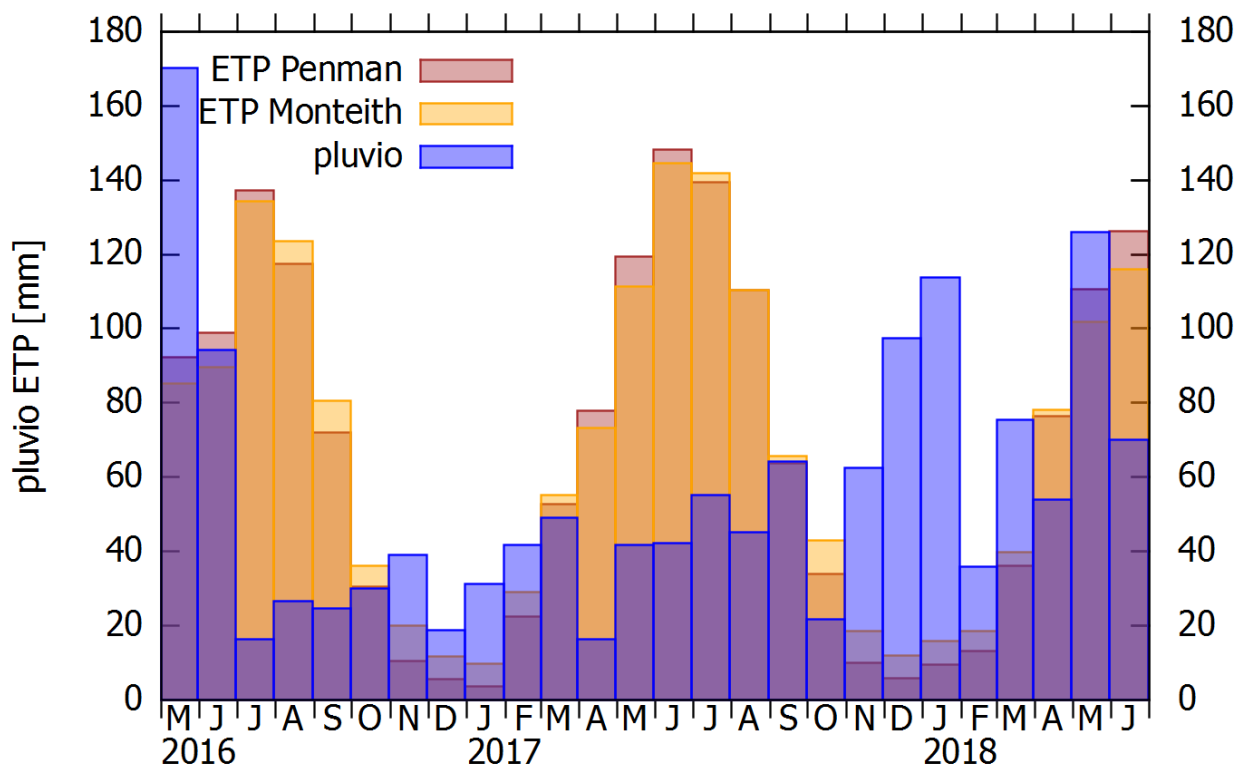


Figure 4 : Pluviométrie et évapotranspiration potentielle (ETP) selon les méthodes de Penman et Monteith durant les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 à la station de Creil (60175001).
Source : Météo-France

2.2.3. Evaluation de la pluie efficace

La pluie efficace correspond à la part des eaux de pluie qui participe à la fois au ruissellement, c'est-à-dire à l'alimentation des cours d'eau, et à l'infiltration, c'est-à-dire au passage de l'eau dans les sols. En Picardie, compte tenu de la cohérence entre les bassins versants topographiques et souterrains, la lame d'eau annuelle écoulée au droit d'une station hydrométrique est souvent considérée comme voisine de la pluie efficace sur le bassin versant de cette station.

Un bilan mensuel (bilan simplifiée selon Thornthwaite) des pluies efficaces (Pe_{eff}) a été calculé avec la formule :

$$P_{\text{eff}} = Q_R + Q_{\text{inf}} = P - \text{ETR} = \Delta(\text{RFU})$$

Où : Q_R est l'alimentation en eau de surface par ruissellement

Q_{inf} est l'alimentation en eau de surface par infiltration

P est les précipitations

ETR est l'évapotranspiration réelle

RFU est la réserve en eau facilement utilisable, c'est-à-dire la quantité d'eau que le sol est capable de stocker.

A partir des valeurs de précipitations et de l'ETP selon le modèle de Monteith, il est possible de calculer l'ETR, moyennant un troisième paramètre, la Réserve Facilement Utile du sol (RFU) :

$$\text{ETR} = \text{MIN}(\text{ETP}, P + \text{RFU})$$

Où : MIN (A, B) : valeur minimale entre A et B

RFU est la réserve en eau facilement utilisable, c'est-à-dire la quantité d'eau que le sol est capable de stocker.

avec $\text{RFU}_{\text{min}} = 0$ mm (sol totalement sec)

50 mm < $\text{RFU}_{\text{max}} < 200$ mm

ETP est l'évapotranspiration potentielle.

Dans le cadre de l'atlas hydrogéologique de l'Oise (Bault V. et al, 2012), une réserve utile de 186 mm a été attribuée au bassin versant de la Nonette, à partir des données concernant la pédologie du bassin. L'hypothèse posée est que la réserve utile des sols est identique sur l'ensemble des bassins de l'Automne et de la Nonette et qu'elle est à son maximum à chaque fin de période de recharge hivernale, soit fin avril ($\text{RFU} = \text{RFU}_{\text{max}} = 186$ mm). Ces hypothèses sont celles utilisées

La pluie efficace de mai 2016 à juin 2018 a été calculée au pas de temps journalier, d'après les données journalières de Météo-France sur la station de Creil (60175001), puis rapportée au mois pour plus de lisibilité (Tableau 1). Elle est comprise entre 144,0 mm en mai 2016 et 2,6 mm en juillet 2016.

Date	mai-16	juin-16	juil-16	août-16	sept-16	oct-16	nov-16	déc-16	janv-17	févr-17	mars-17	avr-17	TOTAL
ETP Monteith (mm) Creil	85.2	89.7	134.4	123.6	80.6	36	20	11.6	9.8	29	55.1	73.2	748.2
Pluie (mm) Creil	170.3	94.2	16.2	26.7	24.7	29.9	38.9	18.7	31.2	41.7	49	16.4	557.9
Pluie efficace (mm)	144	59.6	2.6	10.5	8.5	19.3	29.6	17.4	27.4	31.6	38	8	396.5
Date	mai-17	juin-17	juil-17	août-17	sept-17	oct-17	nov-17	déc-17	janv-18	févr-18	mars-18	avr-18	TOTAL
ETP Monteith (mm) Creil	111.4	144.6	141.8	110.4	65.6	43	18.5	11.9	15.9	18.6	39.7	78.1	799.5
Pluie (mm) Creil	41.8	42.3	55.1	45.2	64.3	21.6	62.4	97.5	113.9	35.8	75.4	54	709.3
Pluie efficace (mm)	22.3	13.5	24.2	15.6	40.8	8.6	54	88.4	102.1	31.1	56.4	41.7	498.7
Date	mai-18	juin-18											TOTAL
ETP Monteith (mm) Creil	101.8	116											217.8
Pluie (mm) Creil	126	70											196
Pluie efficace (mm)	99.4	53.7											153.1

Tableau 1 : Pluie efficace sur les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 d'après les données Météo-France de la station de Creil (60175001), sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette ($\text{RFU}_{\text{max}} = 186$ mm)

2.2.4. Evaluation de la recharge des nappes

La pluie efficace se répartit en deux composantes, l'une correspondant au ruissellement, l'autre à l'infiltration. Le ratio entre le ruissellement et l'infiltration dépend de l'aptitude des formations du sous-sol à laisser s'écouler l'eau et varie en fonction de la perméabilité de la zone non saturée. Ainsi, l'eau qui s'infiltré dans le sol s'emmagasine temporairement sous forme d'humidité dans le sol, pour recharger la réserve utile des sols (estimée à 186 mm sur les bassins de l'Automne et de la Nonette). Une fois les sols saturés d'eau (RFU maximum atteinte), les eaux infiltrées percolent à travers la zone non saturée vers les zones plus profondes pour contribuer au renouvellement des réserves de la nappe souterraine.

Dans les bassins de l'Automne et de la Nonette, la part de la pluie efficace participant à la recharge est très variable selon les perméabilités des formations rencontrées. Les plateaux calcaires du Lutétien, qui se rencontrent dans le Valois, correspondent à des terrains assez fortement infiltrant. A titre d'exemple, l'IDPR (indice de développement et persistance des réseaux) est de 353 en moyenne sur le bassin versant de l'Automne (échelle de 0 = forte infiltration à 2000 = refus d'infiltration) (Bault V. et al., 2012). Cette valeur traduit des terrains majoritairement infiltrants par rapport au ruissellement. Selon les modélisations effectuées avec le logiciel TEMPO en 2008 et en 2012 sur l'Automne, la composante de la pluie efficace participant à la recharge de la nappe serait de 60 à 75% (Bault V. et al., 2012). La recharge de la nappe est généralement pratiquement nulle de mai à septembre et ce sont les précipitations de l'automne et surtout de l'hiver qui contribuent à la réalimentation naturelle des nappes.

La recharge des nappes se traduit par une élévation naturelle des niveaux piézométriques, souvent en décalage avec les pluies efficaces qui s'infiltrent. En effet, les eaux d'infiltration peuvent transiter rapidement par les fissures ou plus lentement par les pores de la roche dans la zone non saturée. Ainsi, la différence des temps de réaction entre la nappe à Fresnoy-Le-Luat et le débit de la Nonette à Courteuil ou de l'Automne à Saintines suite à des épisodes pluvieux a été déterminée à environ 3 à 4 mois (Allier D. et al, 2012).

Le précédent rapport (Bault et al., 2017) montrait que la pluviométrie exceptionnelle de fin mai 2016 avait pu engendrer une recharge des nappes qui a perduré jusqu'en juin 2016 : de 31 à 59 mm sur ces deux mois selon l'hypothèse de la part de pluie efficace infiltrée (75% ou 60%). Les pluies n'auraient pas été suffisamment abondantes durant le reste de l'année et notamment pendant la période hivernale 2016-2017 pour impacter durablement les niveaux des nappes.

La part participant à l'alimentation des nappes a pu être déterminée de mai 2016 à juin 2019 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) en posant les mêmes hypothèses que celles du précédent rapport (Bault et al., 2017), à savoir :

- Une RFUmax de 186mm ;
- Une RFU fixée à son niveau maximal à fin avril de chaque année ;
- une infiltration homogène des pluies efficaces de 75% ou de 60%.

Avec l'analyse des données actuellement acquises, ces hypothèses montrent que la pluie n'aurait pas été suffisante pour recharger les nappes entre juillet 2016 et avril 2018. Une faible recharge en mai et juin 2018 est estimée de 1 à 22 mm selon l'hypothèse de la part de pluie efficace infiltrée. Cette absence de recharge théorique entre juillet 2016 et avril 2018 devrait se confirmer par l'observation d'une baisse continue du niveau sur les ouvrages suivis, ce qui, on le verra, n'est pas le cas. Les hypothèses faites sont donc remises en cause.

Date	mai-16	juin-16	juil-16	août-16	sept-16	oct-16	nov-16	déc-16	janv-17	févr-17	mars-17	avr-17	TOTAL
Ruisellement (mm) 25% Peff	36.0	14.9	0.7	2.6	2.1	4.8	7.4	4.4	6.9	7.9	9.5	2.0	99.6
Infiltration (mm) 75% Peff	108.0	44.7	2.0	7.9	6.4	14.5	22.2	13.1	20.6	23.7	28.5	6.0	298.7
Alimentation nappe (mm)	49.1	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.9
Ruisellement (mm) 40% Peff	57.6	23.8	1.0	4.2	3.4	7.7	11.8	7.0	11.0	12.6	15.2	3.2	159.3
Infiltration (mm) 60% Peff	86.4	35.8	1.6	6.3	5.1	11.6	17.8	10.4	16.4	19.0	22.8	4.8	239.0
Alimentation nappe (mm)	27.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.5
Ruisellement (mm) 25% Peff	36.0	14.9	0.7	2.6	2.1	4.8	7.4	4.4	6.9	7.9	9.5	2.0	99.1
Infiltration (mm) 75% Peff	108.0	44.7	2.0	7.9	6.4	14.5	22.2	13.1	20.6	23.7	28.5	6.0	297.4
Alimentation nappe (mm)	49.1	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	10.3	0.0	69.8
Date	mai-17	juin-17	juil-17	août-17	sept-17	oct-17	nov-17	déc-17	janv-18	févr-18	mars-18	avr-18	TOTAL
Ruisellement (mm) 25% Peff	5.6	3.4	6.1	3.9	10.2	2.2	13.5	22.1	25.5	7.8	14.1	10.4	124.7
Infiltration (mm) 75% Peff	16.7	10.1	18.2	11.7	30.6	6.5	40.5	66.3	76.6	23.3	42.3	31.3	374.0
Alimentation nappe (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ruisellement (mm) 40% Peff	8.9	5.4	9.7	6.2	16.3	3.4	21.6	35.4	40.8	12.4	22.6	16.7	199.5
Infiltration (mm) 60% Peff	13.4	8.1	14.5	9.4	24.5	5.2	32.4	53.0	61.3	18.7	33.8	25.0	299.2
Alimentation nappe (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ruisellement (mm) 25% Peff	5.6	3.4	6.1	3.9	10.2	2.2	13.5	22.1	25.5	7.8	14.1	10.4	124.7
Infiltration (mm) 75% Peff	16.7	10.1	18.2	11.7	30.6	6.5	40.5	66.3	76.6	23.3	42.3	31.3	374.0
Alimentation nappe (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.3	71.5	19.5	14.8	0.0	153.1
Date	mai-18	juin-18											TOTAL
Ruisellement (mm) 25% Peff	24.9	13.4											38.3
Infiltration (mm) 75% Peff	74.6	40.3											114.8
Alimentation nappe (mm)	2.4	19.7											22.1
Ruisellement (mm) 40% Peff	39.8	21.5											61.2
Infiltration (mm) 60% Peff	59.6	32.2											91.9
Alimentation nappe (mm)	0.0	0.9											0.9
Ruisellement (mm) 25% Peff	24.9	13.4											38.3
Infiltration (mm) 75% Peff	74.6	40.3											114.8
Alimentation nappe (mm)	10.3	19.7											30.0

Tableau 2 : Décomposition de la pluie efficace sur les années hydrologiques 2016-2017 et 2017-2018 sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette selon 3 hypothèses (cf texte).

Afin d'approcher la réalité des périodes de recharge, de nouvelles hypothèses ont été testées (Tableau 2). Elles ont été choisies afin de maximiser la recharge et d'exploiter la continuité du suivi climatique sur plusieurs années :

- Une RFU_{max} de 50mm (valeur parmi les plus faibles utilisés) ;
- Une RFU fixée à son niveau maximal uniquement le 30 avril 2016 ;
- une infiltration homogène des pluies efficaces de 75%.

2.3. PRELEVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE DE 2008 A 2016

Les prélèvements sur les bassins de l'Automne et de la Nonette sont essentiellement destinés à l'eau potable. Des usages agricoles et industriels sont également présents. Cette diversité d'usages crée une certaine tension sur la ressource en eau, en particulier les années de sécheresses telles que 2017 et 2018.

Les forages déclarés captent essentiellement la nappe des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien) et des calcaires du Lutétien. Seul, le Polo club d'Apremont exploiterait également la nappe des sables du Thanétien sous-jacente.

Les données de prélèvements annuels en eaux souterraines ont été récupérés de 2008 à 2016 sur les bassins de l'Automne et de la Nonette (source : <http://www.bnpe.eaufrance.fr>). Les données de l'année 2016 représente la dernière année complète disponible en 2018. Ainsi, il n'est pas encore possible d'analyser les chroniques piézométriques acquises au regard des prélèvements annuels.

2.3.1. Bassin de l'Automne

Les prélèvements en eau souterraine sur le bassin de l'Automne sont essentiellement destinés à l'eau potable, entre 74 et 91% de 2008 à 2016 (Figure 5). Pour cet usage, entre 2012 et 2016, environ 1,7Mm³/an sont répartis sur 10 captages. Le champ captant d'Auger-Saint-Vincent est le plus gros consommateur.

Des prélèvements agricoles représentent 5 à 11% du volume prélevé entre 2008 et 2016 avec 3 captages actifs en moyenne.

Entre 2008 et 2016, les prélèvements industriels représentent 11 à 21 % du volume annuel prélevé selon les années avec en moyenne 2 captages actifs.

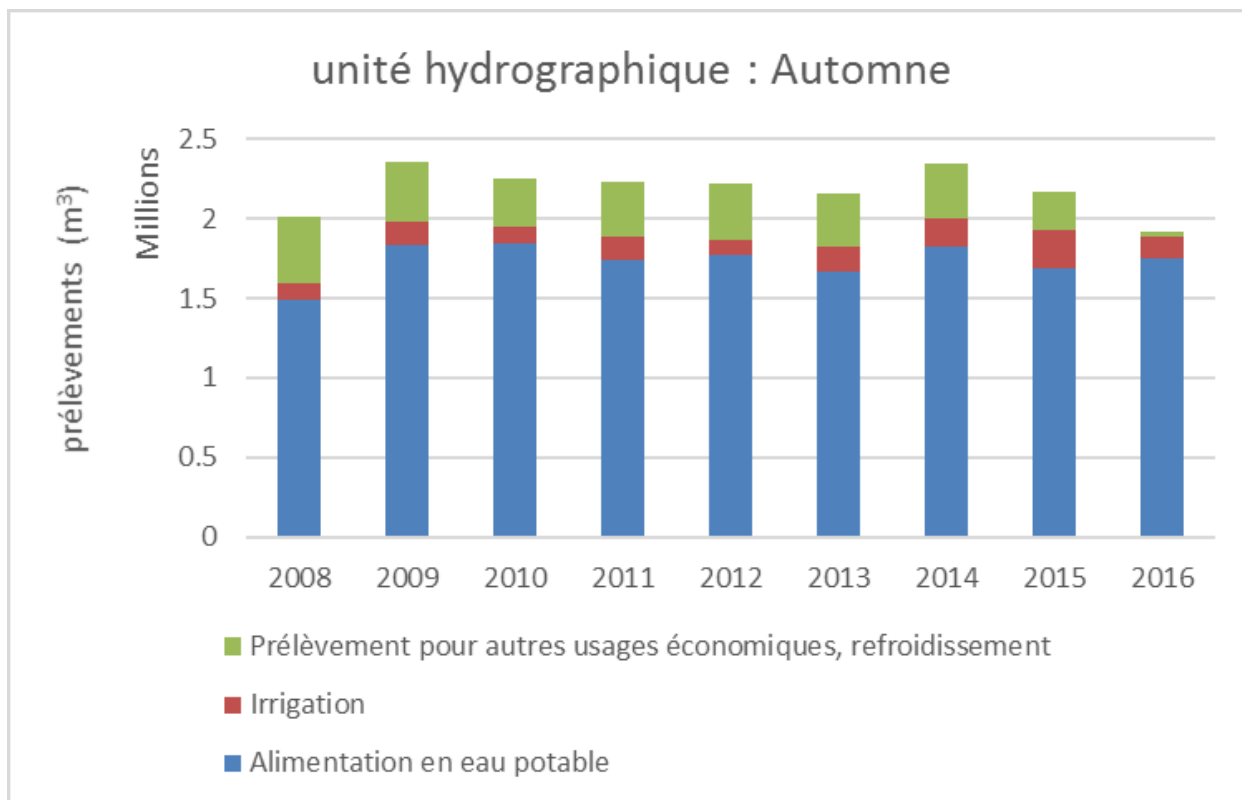


Figure 5 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2008 à 2016 sur le bassin de l'Automne (Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>).

2.3.2. Bassin de la Nonette

Les prélèvements en eau souterraine sur le bassin de la Nonette sont essentiellement destinés à l'eau potable, entre 76 et 85% de 2008 à 2016 (source : <http://www.bnpe.eaufrance.fr>). Pour cet usage, entre 2012 et 2016, environ 1,6 Mm³/an sont répartis sur 25 captages (Figure 6). Le forage de Senlis est le plus gros consommateur.

Des prélèvements agricoles représentent 4 à 21% du volume prélevé selon les années, entre 2008 et 2016 avec une vingtaine de captages actifs en moyenne. A noter que seulement 8 forages sont actifs en 2016.

Entre 2008 et 2016, les prélèvements industriels représentent 10 à 14% du volume annuel prélevé selon les années avec en moyenne 7 captages actifs.

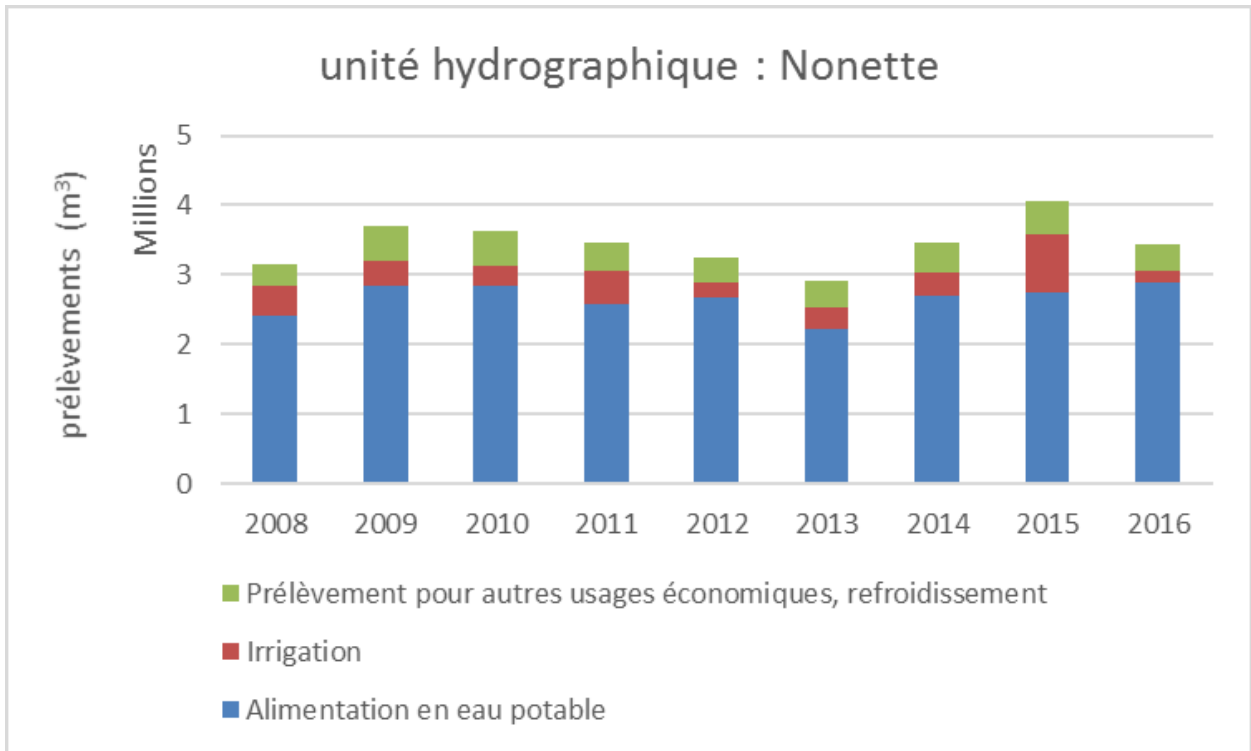


Figure 6 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2008 à 2016 sur le bassin de la Nonette (Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>).

3. Evolution des niveaux piézométriques

3.1. RESEAU PIEZOMETRIQUE HAUTS-DE-FRANCE

Dans le cadre du réseau piézométrique régional (Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la région Hauts-de-France - 0102400001 - RESOUPBRGMHDF), le BRGM assure actuellement pour l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB, ex-ONEMA), le suivi et la gestion de quatre ouvrages au droit des bassins versants de l'Automne et de la Nonette :

- 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec - Nappes libre du Lutétien et de l'Yprésien supérieur en tête de bassin versant de la Nonette ;
- 01282X0031/P remplacé par 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg – Nappe libre du Lutétien sur le bassin de la Nonette ;
- 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat – Nappe libre du Lutétien sur le plateau entre les bassins versants de l'Automne et de la Nonette ;
- 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts – Nappe libre du Lutétien en tête de bassin versant de l'Automne.

Lors d'études hydrogéologiques et notamment de modélisations TEMPO© (Bault V. et al, 2012 et Bault V. et Castillo C., 2014), des comportements différents ont été mis en évidence sur ces piézomètres. Le logiciel TEMPO©, développé par le BRGM, est utilisé depuis plusieurs années dans le domaine de l'hydro(géo)logie pour modéliser de façon globale (non spatialisée) le fonctionnement d'un hydrosystème et pour prévoir des niveaux de nappes ou des débits à l'exutoire d'un bassin versant.

Alors que les ouvrages 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat présentent un fonctionnement à doubles cycles, les puits 01282X0031/P et 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg ainsi que 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts ne sont que peu réactifs aux pluviométries saisonnières. Ces différences de temps de réaction pourraient être mises en relation avec la profondeur de la nappe plus importante et le fonctionnement complexe d'un système multicouche (nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur séparées par les argiles de Laon) dans le nord du Valois.

Les essais de corrélations et de modélisations entre les débits de l'Automne ou de la Nonette et les niveaux piézométriques se sont avérés très peu satisfaisants pour les piézomètres très inertiels de Villers-Saint-Frambourg et de Villers-Cotterêts.

Les corrélations entre les débits de l'Automne ou de la Nonette et du niveau piézométrique à Fresnoy-Le-Luat sont globalement satisfaisantes. Cet ouvrage a donc été désigné comme un ouvrage de référence sur le bassin de la Nonette, notamment pour les arrêtés cadre sécheresse départementaux. Les modélisations pluie-niveau-débit sont toutefois restées très incertaines, malgré des tests portant sur les données en entrée et sur les paramètres de calage. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce constat : une mauvaise connaissance des prélèvements sur le bassin, la présence d'aquifères multicouches alimentant les cours d'eau, voire la présence de zones karstiques en amont du bassin mais c'est très probablement avant tout dans la très forte anthropisation du cours d'eau qu'il faut rechercher les raisons des difficultés de calage rencontrées.

A noter que les niveaux à Lagny-le-Sec comporte des anomalies révélatrices d'actions anthropiques (pompage d'irrigation dans le puits) et que l'ouvrage n'a pas été retenu lors des différentes études comme point de référence.

3.1.1. 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat

L'ouvrage 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat capte la nappe libre des calcaires du Lutétien sur le plateau entre les bassins de l'Automne et de la Nonette (Figure 7). Le forage 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec capte la nappe captive des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur, sur le bassin amont de la Launette. Ce puits est exploité pour l'irrigation et est fortement influencé par les pompages associés. L'analyse de la chronique fera abstraction des baisses de niveaux dues aux pompages saisonniers.

Les chroniques de Fresnoy-le-Luat et Lagny-le-Sec sont caractérisées par des cycles annuels hautes-eaux/basses-eaux assez faiblement marqués, qui se superposent à des cycles plus longs (5 à 9 ans). Ce fonctionnement à double cycle traduit l'influence saisonnière de la pluviométrie (recharge hivernale) mais également du caractère inertiel des deux nappes captées.

Les fluctuations saisonnières dépendent fortement de la pluviométrie. Elles peuvent être nulles lors des années où la recharge est absente, comme durant les années sèches de 2004 et 2005. Elles atteignent un maximum de 2,5 m à Fresnoy-le-Luat et de 3,5 m à Lagny-le-Sec lors des pluies exceptionnelles de 2001-2002.

Les battements pluriannuels sont de l'ordre de l'ordre de 2 à 4,5 m à Fresnoy-le-Luat et de 2,5 à 5,5 m à Lagny-le-Sec.

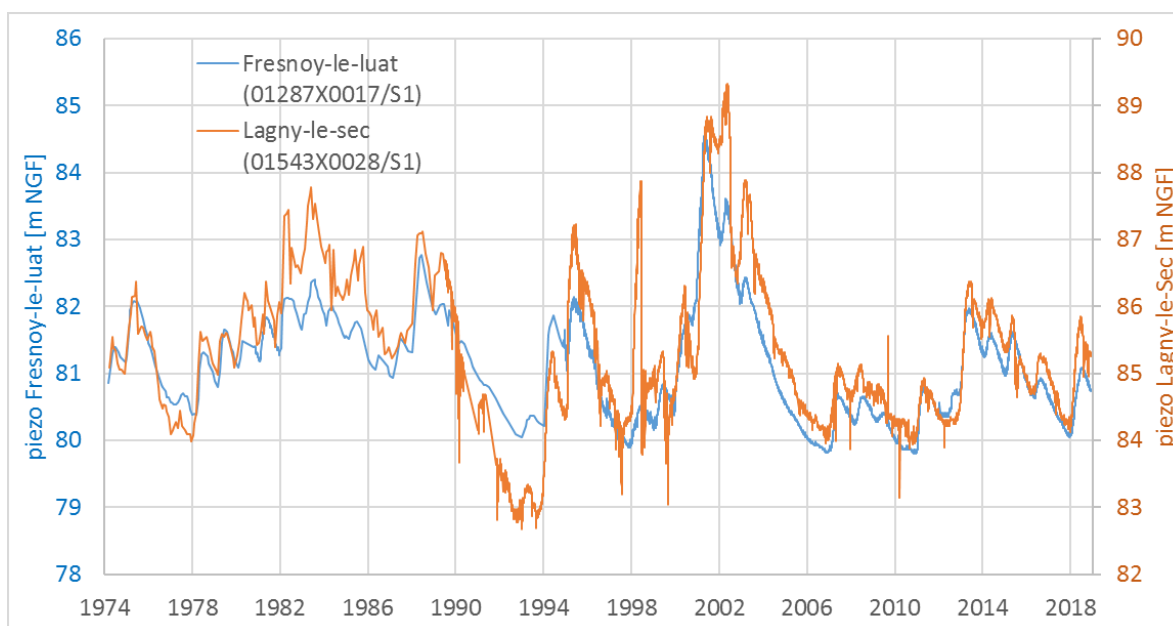


Figure 7 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat et 01543X0028/S1 à Lagny-le-Sec.

3.1.2. 01282X0031/P remplacé par 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg et 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts

Les ouvrages 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts, 01282X0031/P puis 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg captent la nappe libre des calcaires du Lutétien respectivement en amont du bassin de l'Automne et au droit du plateau nord du bassin de la Nonette (Figure 8).

Les variations saisonnières de la nappe ne sont que peu visibles sur les chroniques des trois ouvrages suivis et il ne semble pas exister de corrélation évidente entre la pluviométrie et les niveaux piézométriques, ces derniers réagissant peu à l'influence saisonnière de la pluie efficace. L'analyse des chroniques piézométriques démontre que la nappe du Lutétien est caractérisée par de grands cycles pluriannuels de 8 à 12 ans et par une forte inertie. Ce phénomène est probablement à relier à la localisation, sur des plateaux, des puits suivis ainsi qu'au fonctionnement complexe du système multicouche (nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur séparées par les argiles de Laon).

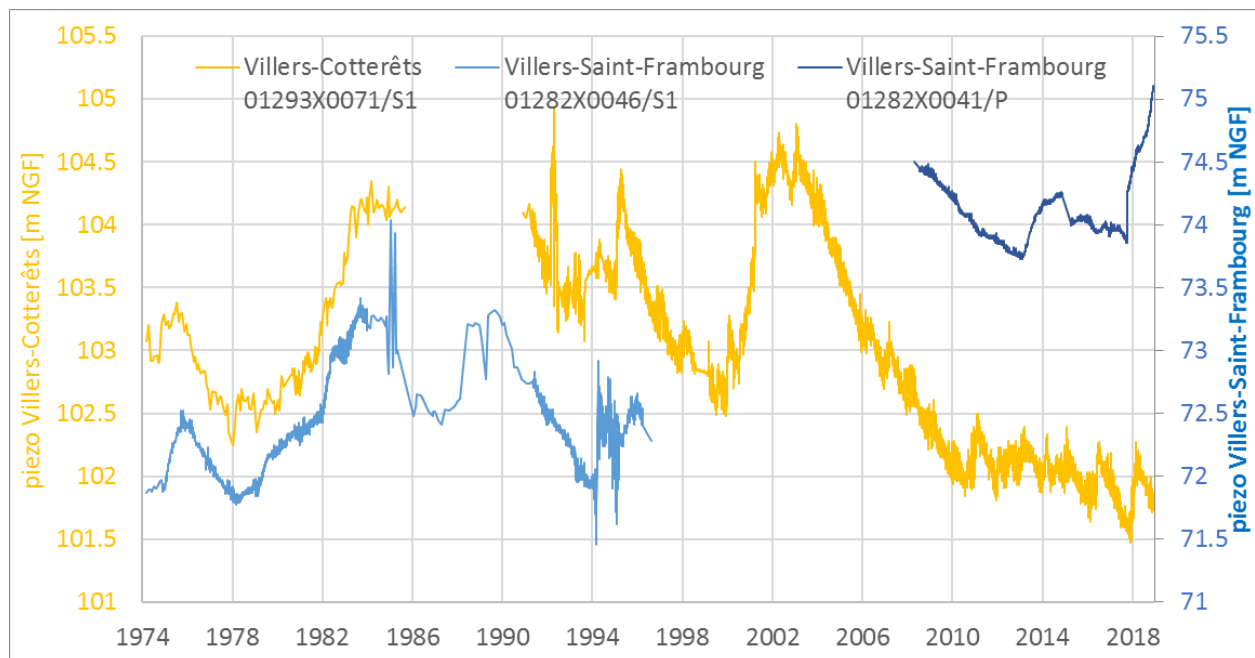


Figure 8 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01293X0071/S1 à Villers-Cotterêts, 01282X0041/P à Villers-Saint-Frambourg et 1282X0046/S1 à Villers-Saint-Frambourg

Le caractère inertiel de la nappe des calcaires du Lutétien se traduit par une réaction différée aux épisodes climatiques (secs et pluvieux) expliquant en particulier les longues séquences de décroissance des niveaux (1976-1978, 1983-1987, 1989-1993, 1995-2000 et 2003-2011 ou 2013), séquences suivies d'une lente remontée des niveaux. Ainsi, ce comportement inertiel est bien visible, avec une baisse progressive du niveau piézométrique depuis fin 2004 sur la chronique de Villers-Cotterêts (01293X007/S1) due à une réaction différée de la nappe aux épisodes pluvieux exceptionnels de 2001-2002 et l'impact persistant des années de recharge déficitaire (2005) jusqu'en 2011 à Villers-Cotterêts et 2013 à Villers-Saint-Frambourg (01282X0041/P).

Depuis 2010, le point d'eau de Villers-Cotterêt est en baisse légère avec des variations saisonnières faibles (moins de 50cm d'amplitude). De telles variations saisonnières sont en particulier observées lors de l'années hydrologique 2017-2018. L'ouvrage de Villers-Saint-Frambourg est en augmentation relativement rapide depuis octobre 2017.

Une mesure possible du degré d'inertie d'une nappe peut être fournie par le coefficient d'autocorrélation (qui caractérise la corrélation entre valeurs successives d'une série temporelle que l'on décale par exemple de 1 an, 2 ans, 3 ans, ...). Une autocorrélation qui persiste encore au bout de 3 ans témoigne de l'inertie du système. Pour le piézomètre 01293X0082/S1 de Villers-Cotterêts, le coefficient d'autocorrélation a été déterminé sur les moyennes annuelles à 0,84 à 1 an, 0,58 à 2 ans et 0,29 à 3 ans (Bault V., 2014). Ces coefficients montrent l'inertie importante de la nappe captée par le piézomètre de Villers-Cotterêts.

3.2. RESEAU PIEZOMETRIQUE DES BASSINS DE L'AUTOMNE ET DE LA NONETTE

Les niveaux de l'ouvrage de Fresnoy-le-Luat (01287X0017/S1), considéré comme un point de référence sur les bassins de l'Automne et de la Nonette, se rapprochent généralement de ceux des piézomètres suivis dans cette étude. Les chroniques des ouvrages suivis dans le cadre de cette étude ont donc été comparées à la chronique de Fresnoy-le-Luat (01287X0017/S1). Cependant, il s'avère prématuré de tirer des conclusions sur les corrélations entre les chroniques piézométriques, compte tenu des temps de suivi relativement courts.

3.2.1. 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) – Nappe libre du Lutétien

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 et son affluent le ru Saint-Mard s'écoule sur les calcaires du Lutétien. Ces cours d'eau seraient alors alimentés uniquement par la nappe des calcaires du Lutétien.

Prélèvements en eau souterraine

En amont du puits suivi, en tête de bassin de la Sainte-Marie, des prélèvements existent dans la vallée du ru Saint-Mard en aval immédiat d'Auger-Saint-Vincent.

Le forage d'irrigation 01288X0123/F, captant les calcaires du Lutétien et les sables de l'Yprésien supérieur semble inactif depuis plusieurs années d'après les déclarations auprès de la DDT60 et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie.

Le champ captant d'eau potable, en amont immédiat du bourg d'Auger-Saint-Vincent et à 1 km du puits 01288X0031/P suivi, est actif toute l'année (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) : 1,08 à 1,21 Mm³/an entre 2009 et 2016 d'après la banque nationale des prélèvements en eau (<http://www.bnpe.eaufrance.fr>).

Indice BSS	Utilisation	Nappe captée	Volume prélevé
01288X0099/P2	Eau potable	Lutétien et Yprésien supérieur	0,09 Mm ³ /an
01288X0103/F2BIS	Eau potable	Lutétien	0,22 Mm ³ /an
01288X0018/P	Eau potable	Lutétien	0,44 Mm ³ /an
01288X0104/F4	Eau potable	Yprésien supérieur	0,36 Mm ³ /an
01288X0101/F	Eau potable	Lutétien et Yprésien supérieur	0,33 Mm ³ /an

Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>

Tableau 3 : Prélèvements en eau souterraine référencés en 2016 à Auger-Saint-Vincent.

Objectif du suivi

La tête du bassin versant de la Sainte-Marie comporte plusieurs captages d'eau potable et connaît des périodes durant lesquelles la Sainte-Marie et le ru Saint-Mard se retrouvent à sec.

L'objectif étant de caractériser les relations nappe-rivière et de comprendre les périodes d'assec du cours d'eau, l'ouvrage 01288X0031/P capte l'aquifère du Lutétien et se situe à proximité du ru Saint-Mard mais hors de la zone d'influence directe des captages d'eau potable d'Auger-Saint-Vincent.

Chronique piézométrique

La chronique piézométrique de l'ouvrage 01288X0031/P (Parc aux Dames) à Auger-Saint-Vincent (Figure 9) semble très réactive à un phénomène pouvant être la pluviométrie du bassin versant, le niveau du ru Saint-Mard et de son étang, situés à 90 m en aval du puits et, indirectement, les prélèvements des captages d'eau potable situés à 1 km en amont dans la vallée. Le fond de la vallée est à une altitude d'environ 79,5 m NGF, d'après la carte IGN au 1/25000. Le niveau piézométrique (74,88 à 77,26 m NGF) serait alors probablement déconnecté du cours d'eau. La question d'un rejet des eaux de ruissellement directement dans le puits a été soulevée dans le précédent rapport sans pouvoir y répondre avec certitude. La chronique supplémentaire acquise depuis un an montre une réactivité du niveau piézométrique encore plus importante avec des brusques montées de 40 cm à 2 m sur environ 24h. Celle –ci semble grossièrement corrélée à la pluviométrie, même si cette corrélation est de qualité variable selon l'événement (Figure 11). Une chronique plus longue, une comparaison avec des pluies locales, les hauteurs d'eau de la Sainte-Marie et du ru Saint-Mard et la connaissance des volumes horaires pompés pourraient permettre d'approfondir l'analyse.

Entre l'équipement du puits en juillet 2016 et octobre 2017, la tendance générale est à la baisse. Une tendance à la hausse est observée entre octobre 2017 et avril 2018. Depuis avril 2018, la tendance est de nouveau à la baisse. Cette tendance et ce battement sont comparables à ceux observés au puits 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat avec toutefois un facteur retard plus important à Fresnoy-le-Luat dont la hausse s'étale de janvier à juillet 2018 (Figure 10).

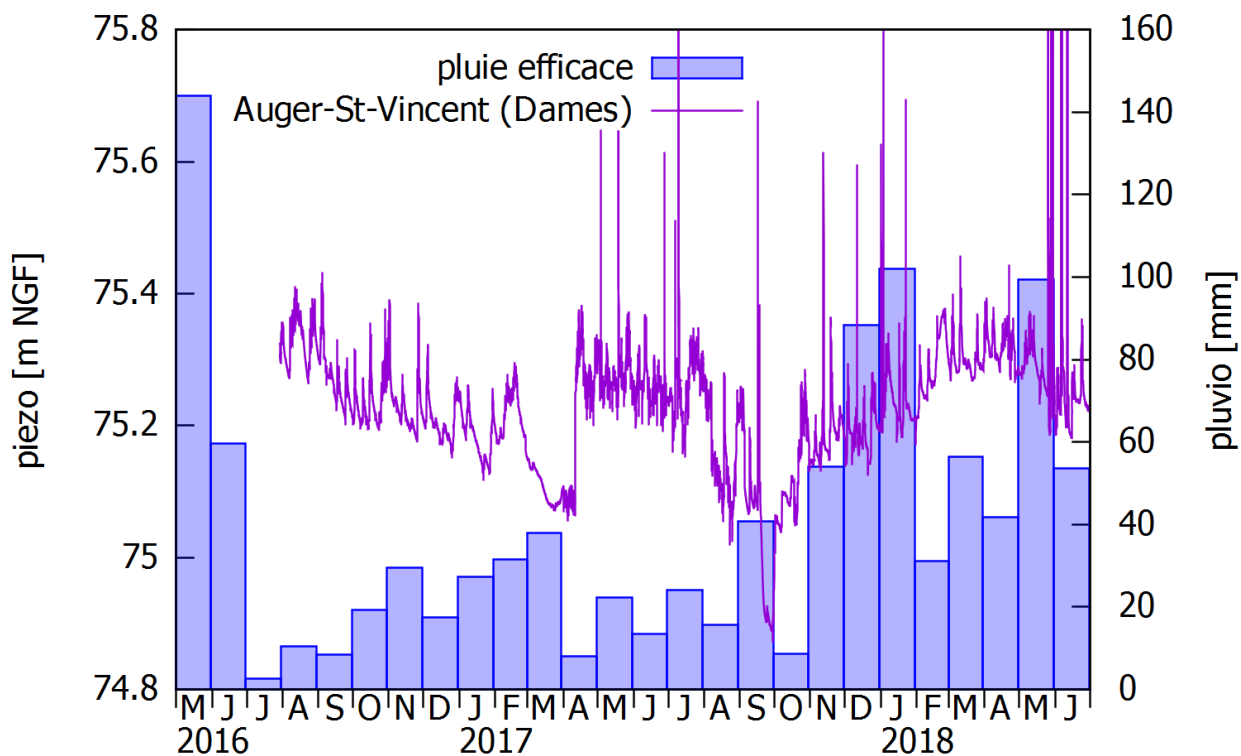


Figure 9 : Chronique piézométrique de 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) et pluie efficace à la station de Creil.

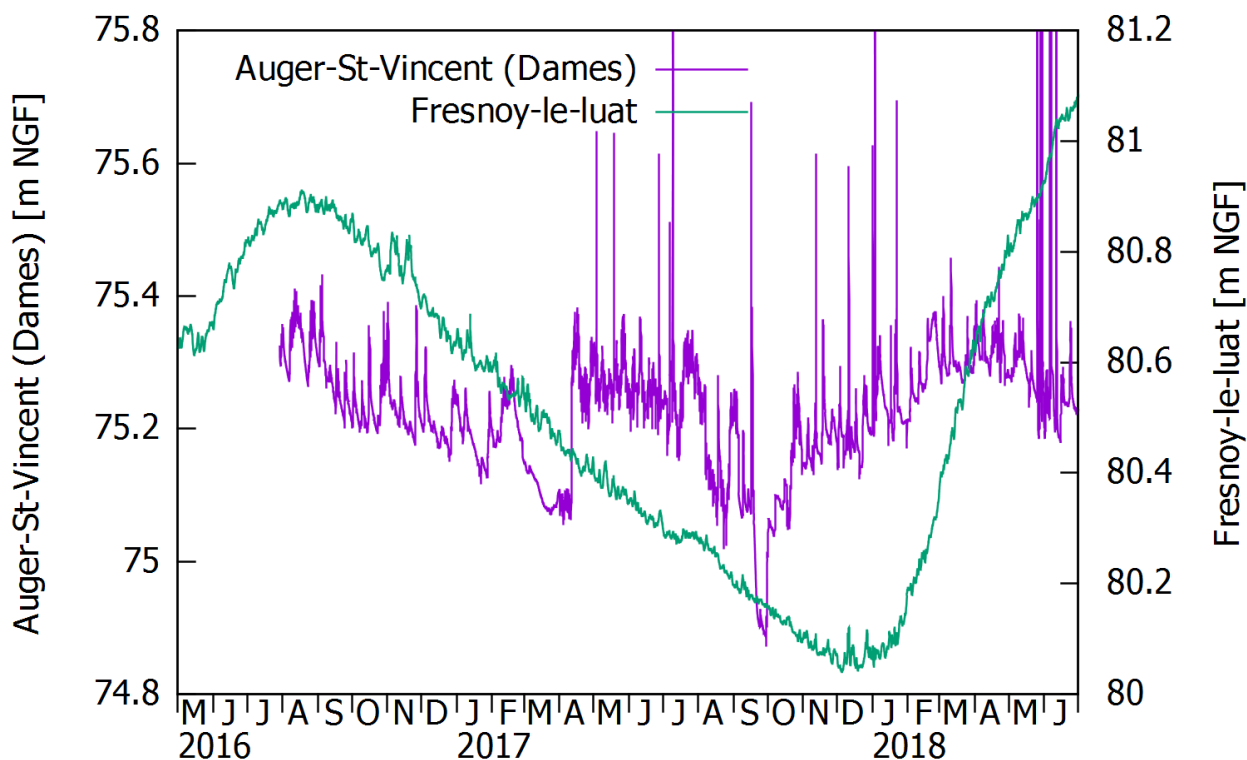


Figure 10 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames) et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat

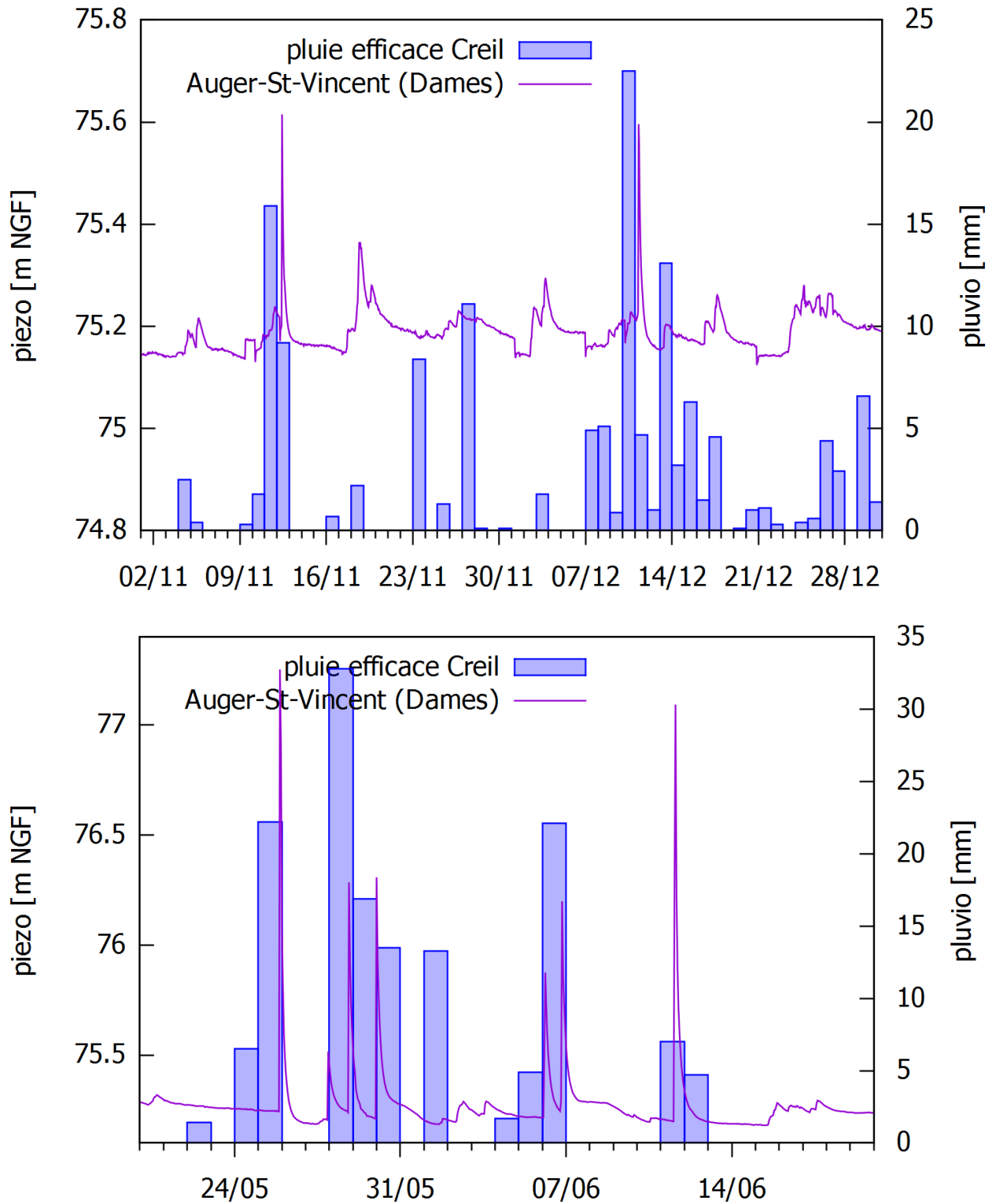


Figure 11 : Chronique piézométrique de 2018 de 01288X0031/P à Auger Saint Vincent (Parc au Dames) et comparaison avec la pluie efficace de la station de Creil. Zooms en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).

3.2.2. 01285X0058/P à Courteuil - Nappe libre du Lutétien

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.

Prélèvements en eau souterraine

Aucun prélèvement d'eau souterraine n'est référencé sur la commune de Courteuil, d'après les bases consultées (DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>). 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).

Objectif du suivi

En partie aval de la Nonette, plusieurs prélèvements agricoles existent, associés à une baisse significative de la Nonette.

Le suivi de 01285X0058/P à Courteuil a notamment pour objectif de mieux comprendre les relations entre la nappe du Lutétien et la rivière. L'ouvrage suivi capte l'aquifère du Lutétien et se situe à proximité du cours d'eau de la Nonette, sans subir directement les variations du niveau de la rivière.

Chronique piézométrique

La chronique piézométrique du puits 01285X0058/P à Courteuil (Figure 12) a une tendance générale à la baisse entre juin 2016 et novembre 2017 puis à la hausse entre novembre 2017 et juin 2018. Le battement annuel de la nappe est relativement faible (~0,2 m) et probablement influencé par le niveau de la Nonette, qui constitue l'exutoire de la nappe. Les décrues rapides, visibles en fin d'été 2016, sont probablement à mettre en relation avec le niveau du cours d'eau de la Nonette et avec les prélèvements agricoles. La faible pluviométrie de l'hiver 2016-2017 n'a pas permis de recharger la nappe. Entre novembre 2017 et juin 2018, la hausse piézométrique

observée traduit une recharge de la nappe en lien avec la pluviométrie importante de fin 2017 et mai 2018. Par comparaison, la chronique de 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-luat n'entame sa remontée qu'en février 2018, avec un décalage temporel de l'ordre de 2 à 3 mois (Figure 13).

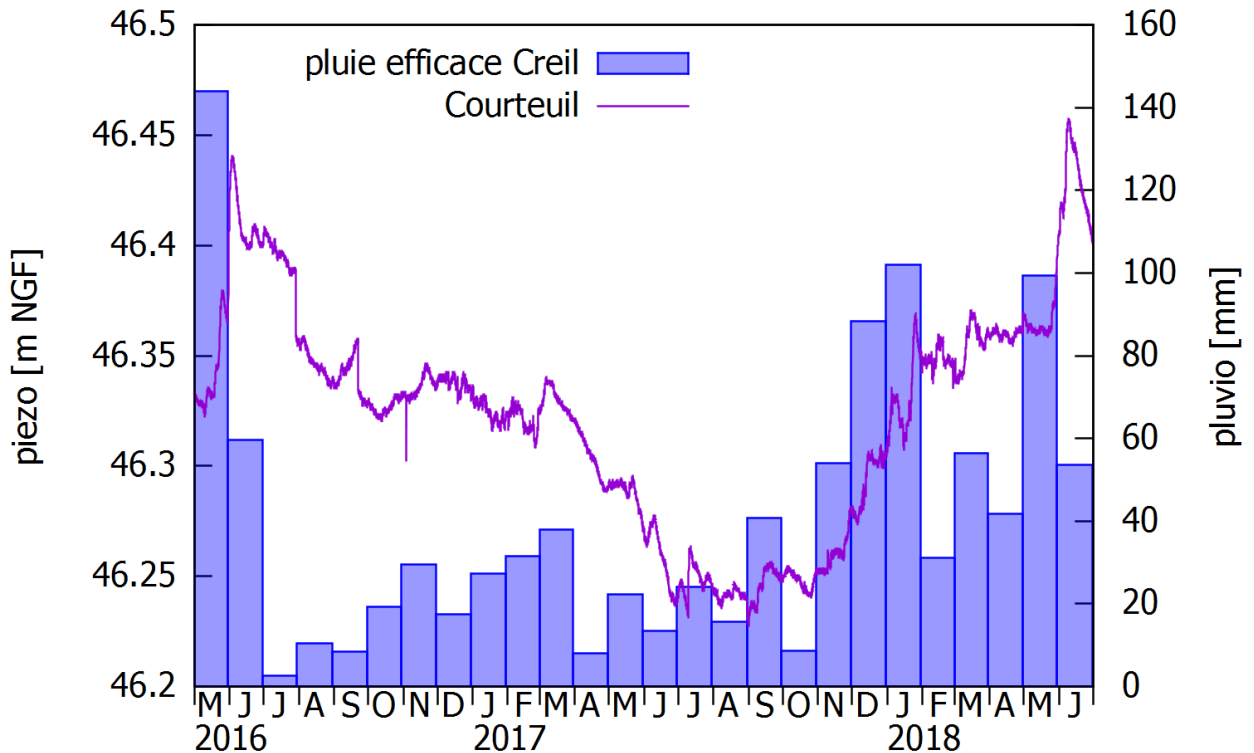


Figure 12 : Chronique piézométrique de 01285X0058/P à Courteuil et pluie efficace à Creil.

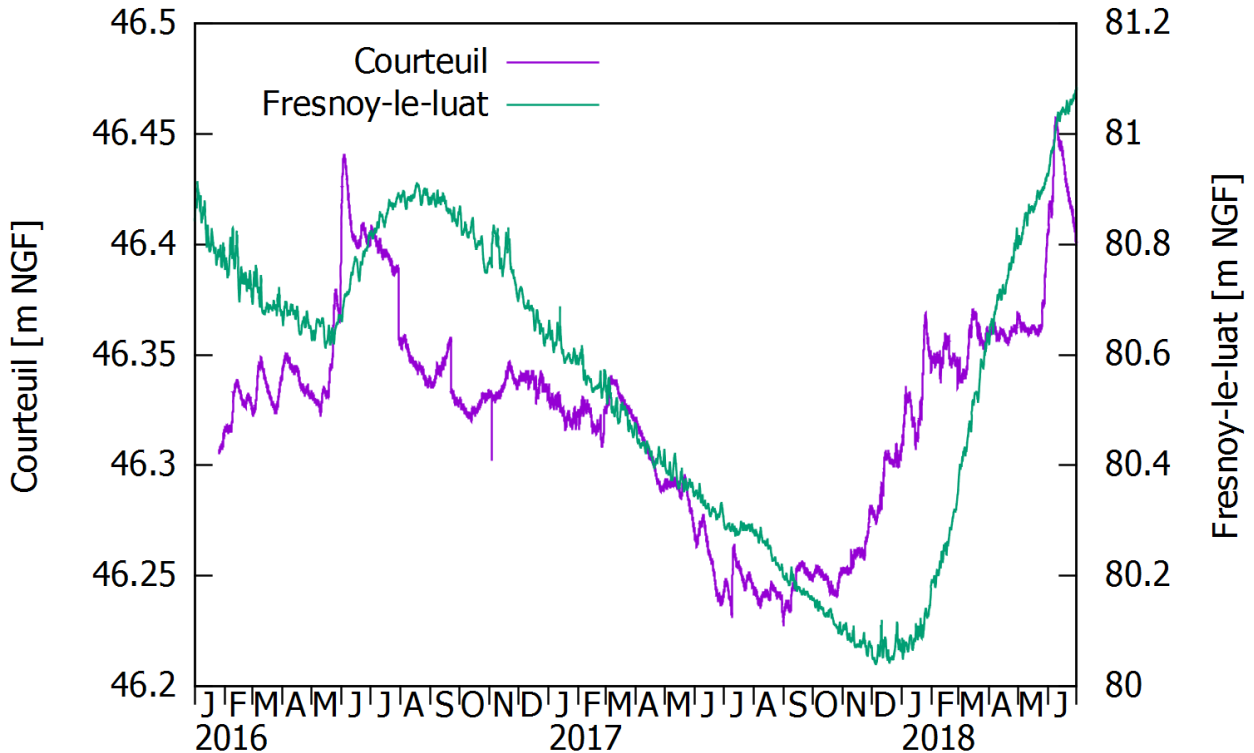


Figure 13 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01285X0058/P à Courteuil et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.

Le puits 01285X0058/P à Courteuil est fortement réactif aux pluies efficaces (Figure 14). Par exemple, en novembre et décembre 2017, la chronique entame de brusques remontées à chaque épisode pluvieux important avec un temps de retard de l'ordre de la journée (Figure 14). De même, la pluviométrie importante de fin mai à début juin 2018 est corrélée à la hausse du niveau piézométrique avec un temps de retard équivalent.

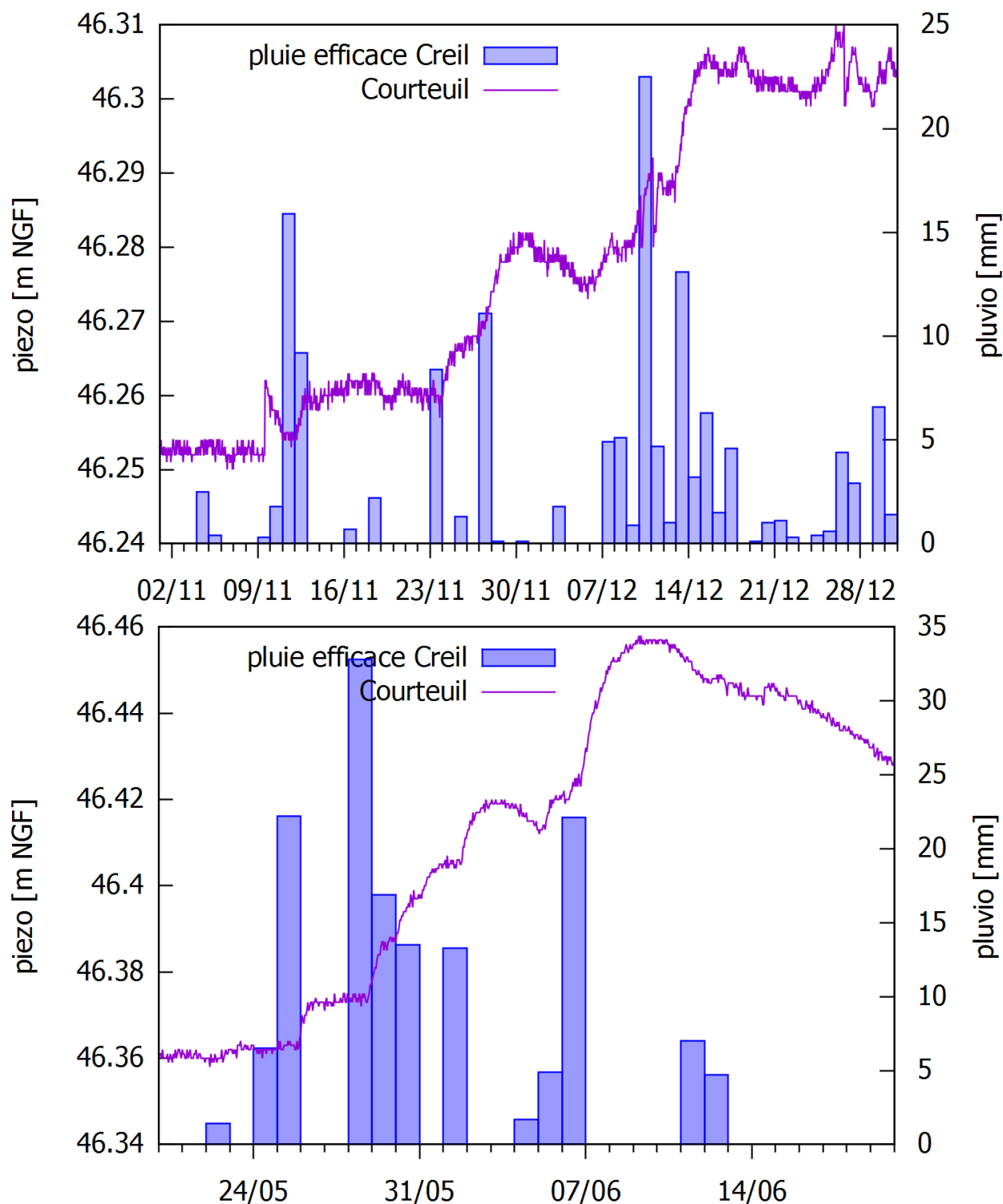


Figure 14 : Chronique piézométrique de 01285X0058/P à Courteuil et chronique de la pluie efficace à Creil. Zooms en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).

3.2.3. 01288X0128/FR2007 à Versigny - Nappe libre du Lutétien

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 lœssique. 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 miliolites 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 ainsi que les argiles de Laon et les sables de Cuise de l'Yprésien supérieur uniquement reconnus par sondages.

L'Automne prend sa source à Nanteuil-le-Haudoin 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 (Bartonien inférieur).

A 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.

Prélèvements en eau souterraine

De nombreux prélèvements sont présents sur la partie amont du bassin (Tableau 4). 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. Un forage d'irrigation est notamment implanté à Versigny à 1,2 km en aval du forage suivi et un captage d'eau potable est situé à 2,8 km en amont.

Indice BSS	Utilisation	Commune	Nappe captée	Volume 2012	Volume 2013	Volume 2014	Volume 2015	Volume 2016
???	Irrigation	Versigny (Droizelles)	???	0	0,007	0,012	0,033	0,003
01288X0095/F	Eau potable	Nanteuil-le-Haudouin	Lutétien	0,18	0,17	0,18	0,21	0,21
01288X0098/P	Eau potable	Péroy-Les-Gombries	Lutétien	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

Sources : DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>

Tableau 4 : Prélèvements en eau souterraine référencés de 2012 à 2016 en amont à proximité de Droizelles (Versigny) exprimés en millions de m³ annuel.

Objectif du suivi

L'ouvrage 01288X0128/FR2007 à Versigny (Droizelles) a été installé en tête de bassin de la Nonette, afin d'acquérir de la connaissance sur le comportement de la nappe libre du Lutétien au droit du plateau.

Chronique piézométrique

La chronique piézométrique de 01288X0128/FR2007 à Versigny présente des fluctuations saisonnières hautes eaux/basses eaux (Figure 15). L'amplitude du battement de la nappe est de l'ordre du mètre. Cette faible amplitude s'explique par des recharges hivernales faibles et par la proximité d'une vallée humide, à 1 km en aval, qui constitue un niveau de base de la nappe.

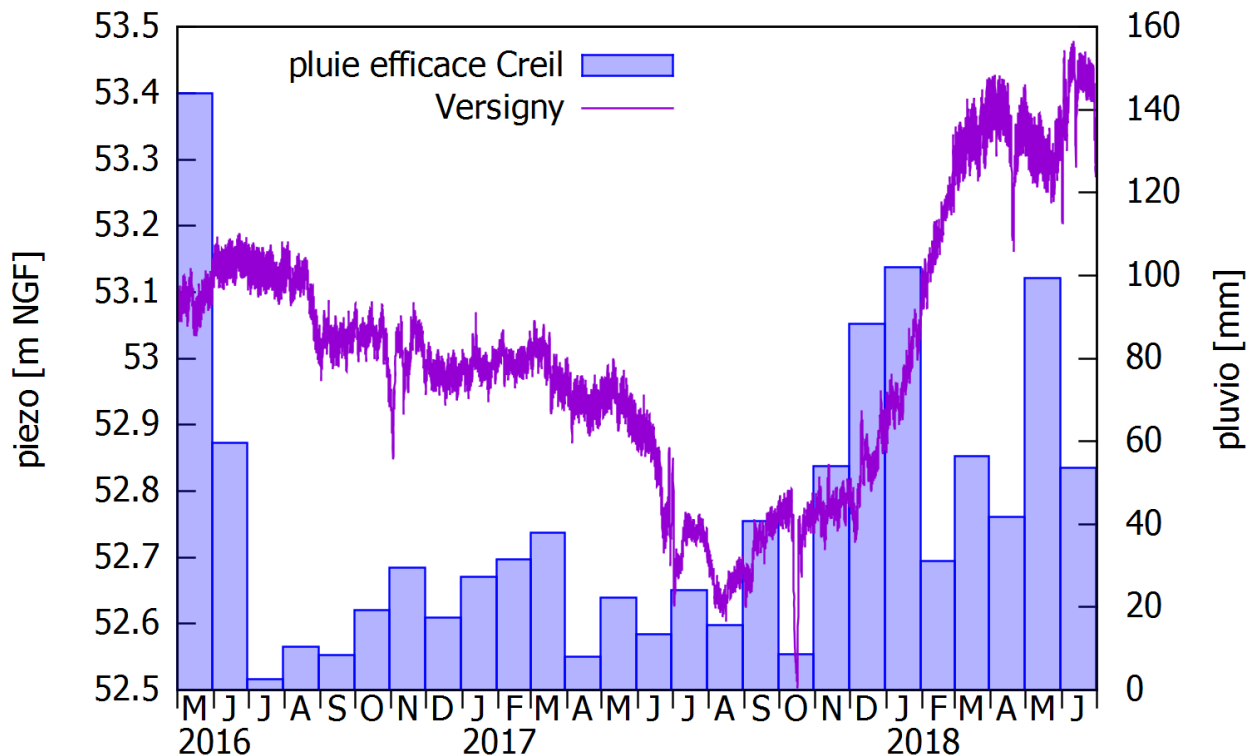


Figure 15 : Chronique piézométrique de 01288X0128/FR2007 à Versigny et pluie efficace.

La chronique piézométrique de l'ouvrage 01288X0128/FR2007 à Versigny présentait de juillet 2014 à mai 2015 des caractéristiques identiques à celles du puits 01287X0017/S1 de Fresnoy-le-Luat (Figure 16). A partir de fin 2015, alors que la chronique 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-

Luat poursuit sa décharge jusqu'aux fortes pluies de fin mai 2016, l'ouvrage 01288X0128/FR2007 à Versigny entame sa recharge dès février 2016. De la même façon, alors que l'ouvrage de Fresnoy-le-luat poursuit sa décharge jusque février 2018, l'ouvrage de Versigny (01288X0128/FR2007) entame sa recharge dès septembre 2017. L'ouvrage de Versigny semblerait donc plus réactif aux pluviométries. Enfin, des variations atypiques en février 2015, octobre 2016 et octobre 2017 ont été mesurées au droit du forage de Versigny (baisse rapide du niveau de nappe puis retour à son état initial). De telles variations pourraient être dues à des pompages.

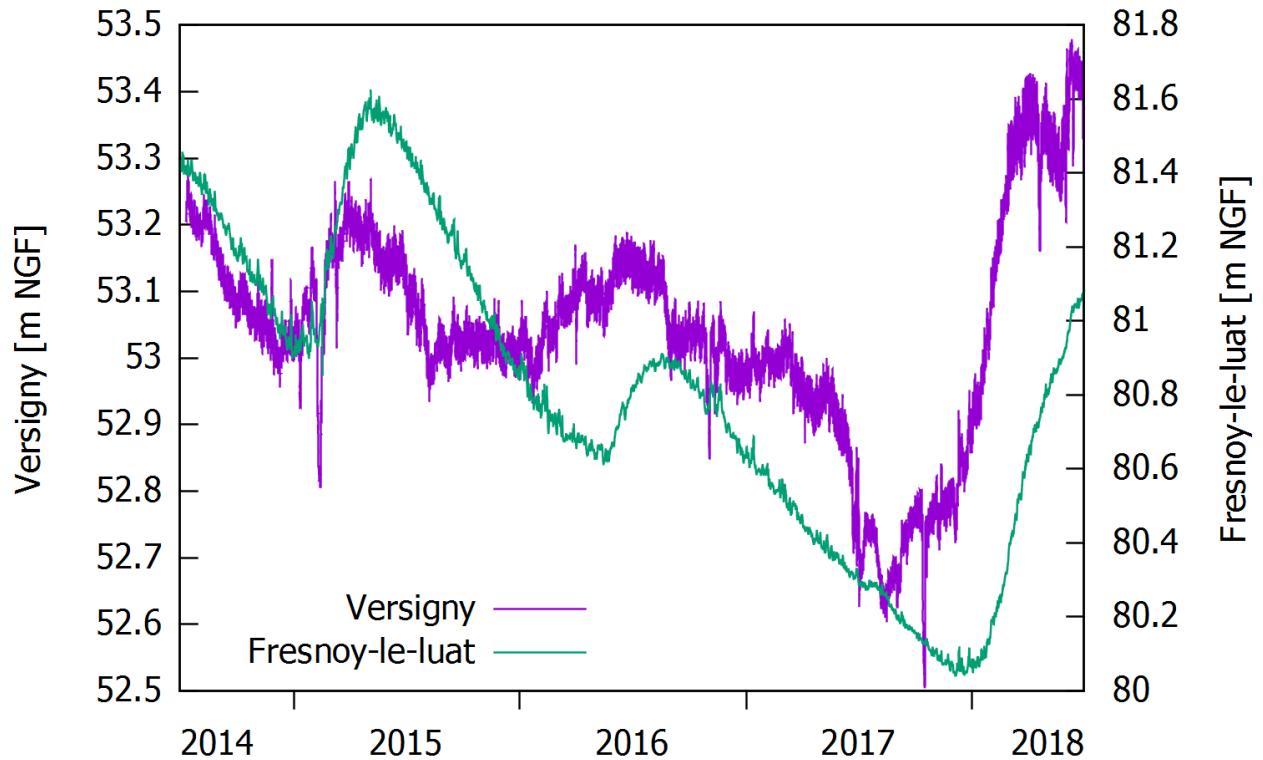


Figure 16 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0128/FR2007 à Versigny et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.

La chronique piézométrique de l'ouvrage 01288X0128/FR2007 à Versigny présente tout au long de l'année des variations journalières probablement dues aux fréquences journalières de pompages destinés à l'alimentation en eau potable (Figure 17). Au-delà de ces variations saisonnières, les pluies importantes de fin décembre 2017 semblent montrer que la réactivité de la nappe est de l'ordre de la journée.

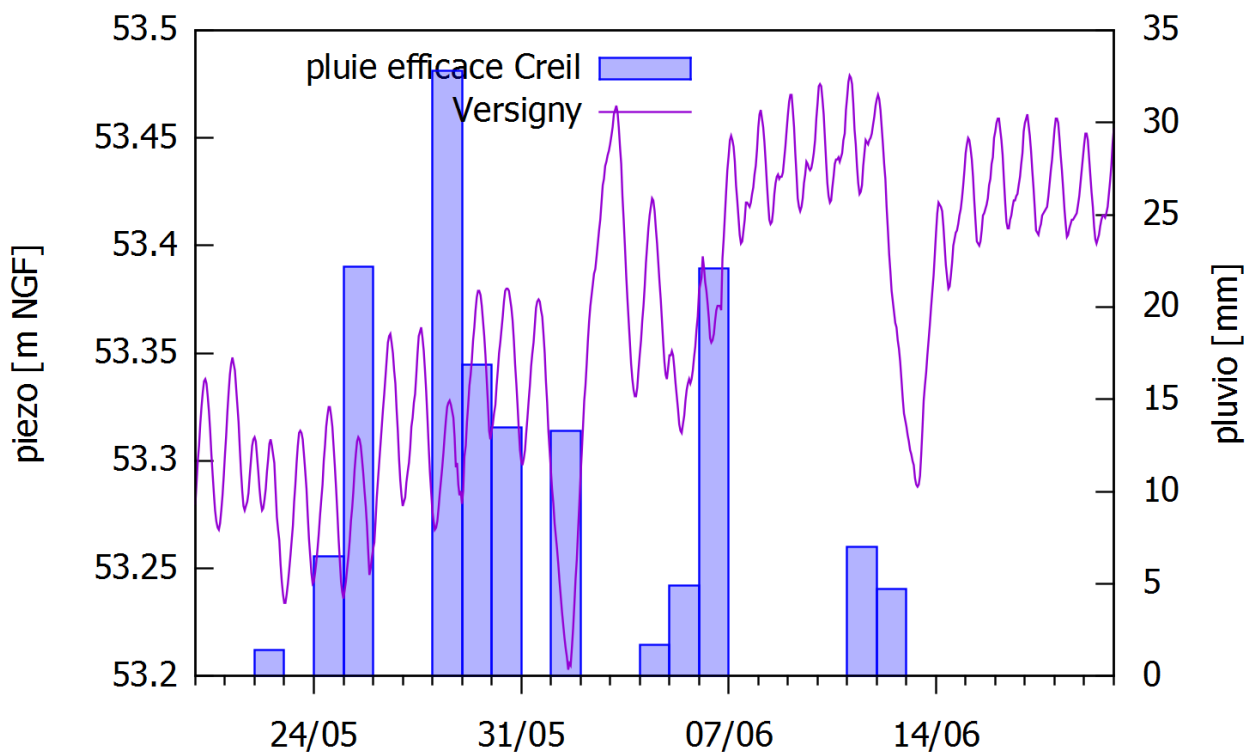
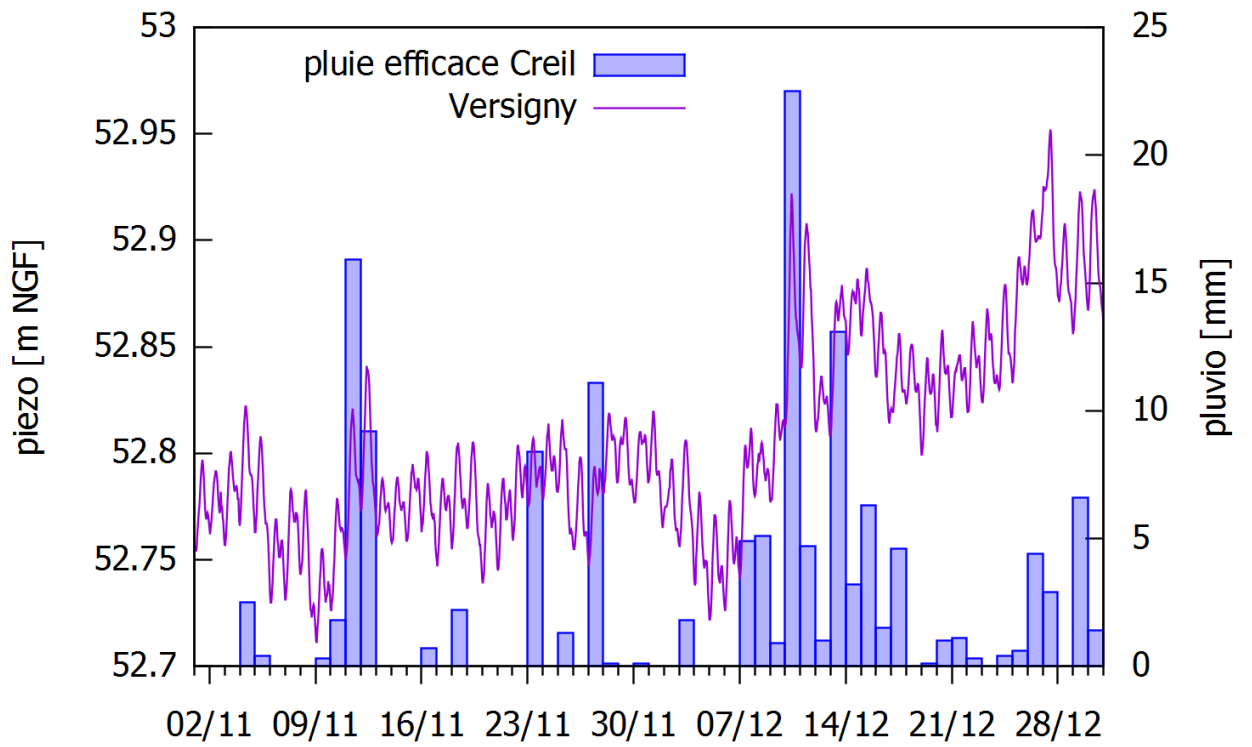


Figure 17 : Chronique piézométrique de 01288X0128/FR_2007 à Versigny et chronique de la pluie efficace à Creil. ZOOMS en novembre-décembre 2017 (en haut) et en mai-juin 2018 (en bas).

3.2.4. 01288X0132/F_2009 à Auger-Saint-Vincent - Nappe captive de l'Yprésien supérieur

Contexte géologique et hydrogéologique

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.

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 sud d'Auger-Saint-Vincent, la nappe de Lutétien et Yprésien supérieur se retrouve sous recouvrement des formations du Bartonien.

Prélèvements en eau souterraine

Il n'existe aucun prélèvement en amont des ouvrages suivis d'après les bases consultées (DDT60, Agence de l'eau Seine-Normandie et <http://www.bnpe.eaufrance.fr>).

Objectif du suivi

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, est également posée, afin de vérifier si les aquifères sont ou pas en continuité hydraulique.

Chronique piézométrique

L'équipement des forages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent, situés à une vingtaine de mètres l'un de l'autre, ont permis le suivi en parallèle des nappes des sables de l'Yprésien supérieur d'une part et des calcaires du Lutétien d'autre part. La coupe géologique du forage 01288X0132/F_2009 mentionne la présence des argiles de Laon de l'Yprésien supérieur, de 40,50 à 41,50 mètres de profondeur, soit à une cote NGF de 60,95 à 59,95 m.

Le suivi de l'ouvrage au Lutétien (01282X0141/F_2009) s'est arrêté en mai 2018 suite à la fin de vie du matériel l'équipant. Les niveaux statiques des deux forages demeurent identiques sur toute la période de suivis en parallèle, soit d'avril 2015 à mai 2018, celle-ci incluant les niveaux particulièrement bas de fin 2017 (Figure 18). Cette observation laisse supposer que les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont bien en continuité, au moins localement au droit des 2 piézomètres. Les argiles de Laon ne forment donc pas un écran imperméable entre les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien supérieur. Le décalage de 0,20-0,30 m des chroniques est probablement dû à l'incertitude du nivellement, les ouvrages étant implanté en forêt dense.

Les chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 d'Auger-Saint-Vincent sont très semblables à celle du puits 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat (Figure 18). Pour rappel, 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. Le décalage entre les épisodes pluvieux et une remontée du niveau à Fresnoy-Le-Luat a été déterminé à environ 3 à 4 mois.

Les chroniques sont caractérisées par des cycles saisonniers, traduisant l'influence saisonnière de la pluviométrie lors des recharges hivernales, et aussi par une inertie importante des nappes. Les ouvrages d'Auger-Saint-Vincent semblent un peu plus réactifs aux conditions climatiques, puisqu'ils démarrent leur recharge et la décrue environ 1 mois avant celui de Fresnoy-le-Luat. Les battements sont de l'ordre de 0,40 m à Auger-Saint-Vincent et de 0,50 m à Fresnoy-le-Luat jusque fin 2017. En juin 2017, une baisse importante des niveaux est enregistrée sur les deux ouvrages d'Augers-Saint-Vincent alors qu'un tel comportement n'est pas observé à Fresnoy-le-luat. Ce phénomène pourrait être lié à des pompages dans la nappe ou éventuellement à des caractéristiques particulières de l'aquifère à partir de cette profondeur.

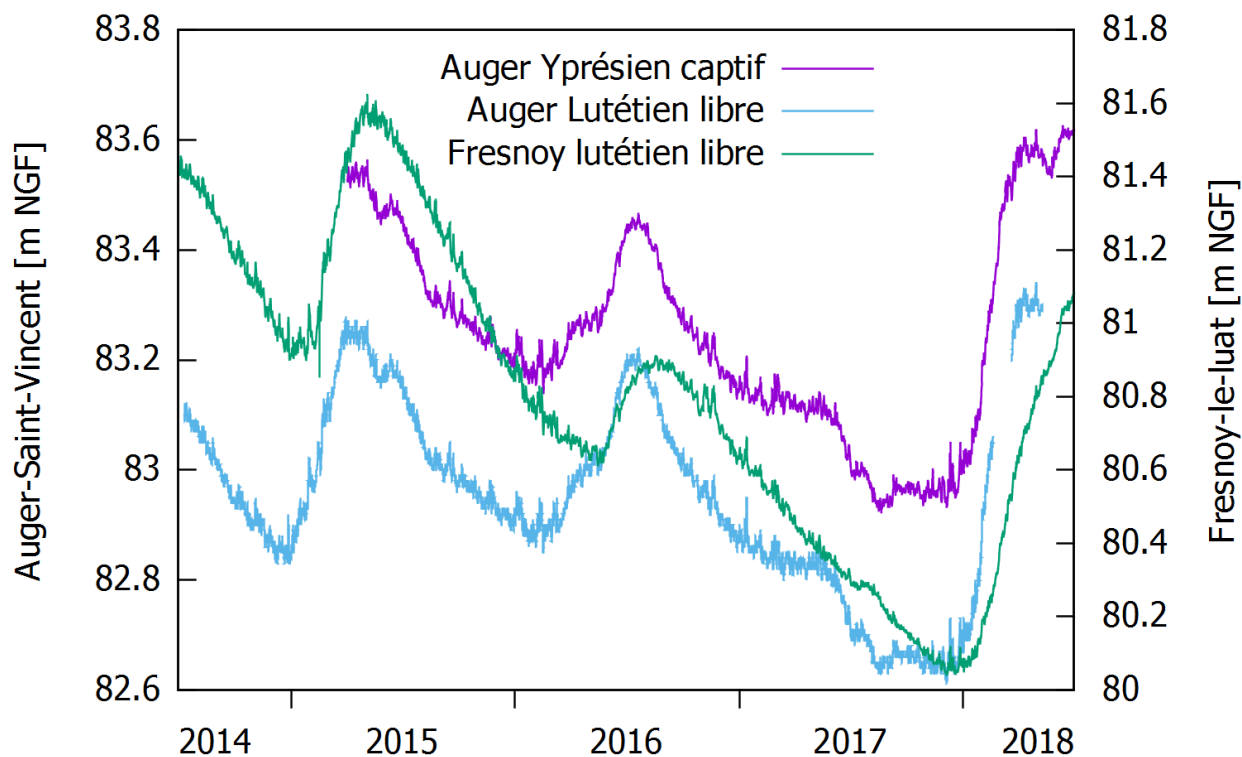


Figure 18 : Chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent et 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat.

4. Conclusions et perspectives

Le rapport fait le bilan quantitatif des aquifères des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien supérieur (Cuisien), au droit des bassins de l'Automne et de la Nonette, sur la période de mai 2017 à juin 2018. L'observation des niveaux piézométriques (données du réseau piézométrique régional et du réseau local des deux bassins) et des données climatiques a mis en évidence :

- Une recharge très faible voire nulle durant l'hiver 2016-2017,
- Des niveaux particulièrement bas durant l'été 2017,
- Une recharge satisfaisante durant l'hiver 2017-2018,
- Des événements pluvieux importants en mai-juin 2018 ayant permis une petite recharge des nappes.

Les comportements des nappes, au droit des piézomètres suivis, ont également été analysés et comparés aux fluctuations d'ouvrages suivis dans le cadre du réseau piézométrique régional.

La chronique piézométrique de l'ouvrage 01288X0031/P à Auger-Saint-Vincent (Parc aux Dames), captant la nappe libre du Lutétien, est très réactive à un phénomène, pouvant probablement être la pluviométrie du bassin versant. Ce piézomètre est probablement également sensible au niveau de la Sainte-Marie et, indirectement, aux prélèvements des captages d'eau potable. La poursuite du suivi permettra de comparer une chronique plus longue avec des pluies locales et la connaissance des débits de la Sainte-Marie ainsi que des volumes horaires pompés au champ captant d'Auger-Saint-Vincent ; données qui pourraient permettre d'approfondir l'analyse.

Le puits 01285X0058/P à Courteuil, captant la nappe libre du Lutétien, est fortement réactif et influencé par les pluies efficaces. Le décalage entre une forte pluviométrie et la remontée du niveau de la nappe a été estimé de l'ordre de la journée. La chronique piézométrique n'est pas encore suffisamment longue pour pouvoir faire l'objet d'une corrélation avec les débits de la Nonette, qui constitue probablement un niveau de base de la nappe.

La chronique piézométrique de 01288X0128/FR2007 à Versigny, captant la nappe libre du Lutétien, présente des fluctuations saisonnières hautes eaux / basses eaux avec un étiage marqué en 2017. Les fluctuations observées en 2017-2018 semblent plus réactives aux pluviométries que celles observées au puits 01287X0017/S1 de Fresnoy-le-Luat. Pourtant un comportement similaire été observé en 2015. La poursuite du suivi de 01288X0128/FR2007 à Versigny permettrait de poursuivre l'analyse des données, en comparaison avec les niveaux de 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat mais également avec les débits de la Nonette.

L'équipement en parallèle des forages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 à Auger-Saint-Vincent, situés à une vingtaine de mètres l'un de l'autre, ont permis le suivi simultané des nappes des sables de l'Yprésien supérieur d'une part et des calcaires du Lutétien d'autre part. Les niveaux statiques des deux forages demeurent identiques sur l'ensemble du suivi, y compris pour les niveaux très bas observés en fin d'année 2017. Ceci laisse supposer que les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sont en continuité, au moins localement. Les argiles de Laon, présentes sur un mètre d'épaisseur d'après la coupe géologique des piézomètres, ne forment

donc pas dans ce cas un écran imperméable entre les deux aquifères. Le suivi du forage 01288X0141/F_2009 a été stoppé en juin 2018 suite à l'arrêt technique du matériel en place.

Les chroniques piézométriques des ouvrages 01288X0132/F_2009 et 01288X0141/F_2009 d'Auger-Saint-Vincent sont très semblables à celle du puits 01287X0017/S1 à Fresnoy-le-Luat. Les chroniques sont caractérisées par des cycles saisonniers, traduisant l'influence saisonnière de la pluviométrie lors des recharges hivernales, avec un décalage de 2 à 3 mois, et par une inertie importante des nappes. La décrue semble cependant débiter un mois plus tôt sur les ouvrages d'Auger-Saint-Vincent.

La poursuite du suivi de ces piézomètres permettra une meilleure interprétation des chroniques obtenues. Des comparaisons pourront être réalisées avec les chroniques d'ouvrages situés en dehors des bassins versants de l'Automne et de la Nonette, afin de définir d'éventuels secteurs où les nappes ont des caractéristiques identiques. Des corrélations pourront également être effectuées avec des pluies locales et les débits des cours d'eau. Enfin, la connaissance des volumes pompés horaires ou journaliers pourraient permettre d'approfondir l'analyse de certaines chroniques.

Ces données alimenteront la base de connaissance sur les bassins versant de l'Automne et la Nonette. En particulier, sur le bassin versant de la Nonette, ces chroniques piézométriques seront utilisés dans le cadre d'un projet visant à améliorer la compréhension du fonctionnement hydrogéologique. Dans ce cadre, une comparaison avec les débits des cours d'eau sera réalisée.

5. Bibliographie

Accès aux données sur les eaux souterraines (ADES), disponible sur <http://www.adeseaufrance.fr/>

Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) – Données sur les prélèvements en eau, disponible sur <http://www.bnpe.eaufrance.fr/>

Allier D., Amraoui N., Bault V., Bessière H. et Stollsteiner Ph. (2012) – Prévion des niveaux piézométriques et des débits d'étiage de 2012 sur 11 bassins versants en Picardie. Rapport final. BRGM/RP-61164-FR, 234 p., 210 ill., 22 tabl., 2 ann., 1 CD.

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.

Bault V., Bourguin B., Loiselet C. et Anquetil E. avec la collaboration de Bel A., Chabart M., Braibant G., Gallais Q., Joubin F., Koch F., Leconte S., Lefevre Y., Legendre S., Merlin E., Neveux A., Nicolas J., Rousseaux E., Vieville A. (2015) - 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.

Bault V. et Castillo C. (2014) – Commune de Moulin-sous-Touvent (Oise). Observations et avis du BRGM suite à l'assèchement du sous-sol. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-63677-FR. 63 p., 46 ill, 1 ann.

Bault V. avec la collaboration d'Adam V. (2017) – Bilan annuel du réseau piézométrique des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur sur les bassins versants de l'Automne et de la Nonette. Année hydrologique 2016-2017. Rapport final. BRGM/RP-66894-FR, 41 p., 19 ill., 1 CD.



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

Direction régionale Hauts-de-France
Arteparc Bâtiment A
2 Rue des Peupliers
59810 – Lesquin – France
Tél. : 03 20 19 15 40