



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Fonctionnement de l'hydro-système de la craie dans la région des champs captants du sud de Lille - Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique

Rapport final

BRGM/RP-71378-FR

11 février 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Manceau J.C., Ben Dhiab N., Picot-Colbeaux G.

Vérificateur :	
Nom :	Thomas KLINKA
Fonction :	Hydrogéologue
Date :	07/04/2022
Signature :	

Approbateur :	
Nom :	Xavier DAUPLEY
Fonction :	Directeur régional
Date :	23/08/2022
Signature :	

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire mis à votre disposition.

Mots clés : Champs captant des Ansereuilles, Caractérisation hydrogéologique, Modèle hydrodynamique

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

Manceau J.C., Ben Dhiab N., Picot-Colbeaux G. (2022) – Fonctionnement de l'hydro-système de la craie dans la région des champs captants du sud de Lille - Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique. Rapport final. **BRGM/RP-71378-FR**, 72 p.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-01/04/2021

Synthèse

Ces dernières années, l'exploitation de l'eau souterraine via les forages à la nappe de la craie des champs captants du sud de Lille devient problématique. C'est particulièrement sur la zone dite « aux Ansereuilles » que la situation est critique et que la pérennité de l'exploitation du champ captant est questionnée. La capacité de production actuelle est réduite drastiquement par rapport à la période de mise en place des forages dans les années 1990 (baisse de capacité de production de ~550 m³/h à ~300 m³/h pour les 4 forages du secteur de la Vallée 2 par exemple).

Pour répondre aux enjeux majeurs liés à l'alimentation en eau potable d'une métropole de 1,4 M d'habitants, il est important de comprendre les raisons de cette baisse importante des niveaux d'eau dans les forages des champs captants du sud de Lille. Dans la zone d'étude, la nappe de la craie a souvent été considérée comme un milieu homogène, dont seuls les premiers mètres sont exploitables. Cependant la présence de grandes failles régionales perturbe notablement la géométrie des formations aquifères, en générant des blocs décalés, comme c'est le cas entre les Ansereuilles et Emmerin. Or, le rôle et les propriétés hydrodynamiques (transmissivité) des failles des champs captants du sud de Lille ne sont pas connues.

Le but de la présente étude est de mieux connaître la géologie structurale du site d'étude afin de comprendre le rôle des structures géologiques sur l'hydrodynamique de la nappe. C'est dans ce cadre qu'une investigation géophysique a été réalisée par la MEL afin d'identifier les différentes formations géologiques.

La première partie de ce travail est consacrée à la synthèse des informations et des données disponibles (étude bibliographique et analyse des données existantes sur le secteur du champ captant des Ansereuilles) puis, sur la base de ces informations et des résultats de l'étude géophysique et géologique réalisée en parallèle, différentes hypothèses de fonctionnement hydrodynamique de la nappe de la craie influencée par les accidents tectoniques sont émises.

À partir d'une première analyse des données disponibles sur le champ captant des Ansereuilles et de l'interprétation des résultats de différentes simulations réalisées à partir du modèle hydrogéologique de la craie du Nord-Pas de Calais (Stage de Master 2 de Nadia Ben Diaf, 2020), aucune tendance claire ne semble se dégager sur les évolutions des niveaux statiques et des débits de prélèvements globaux observés à l'échelle du champ captant. Par ailleurs le modèle hydrogéologique ne montre qu'une sensibilité modérée des niveaux statiques du secteur du champ captant aux scénarios mettant en jeu des failles imperméables dans le secteur d'étude.

Malgré ces constats, de réelles difficultés de production sont ressenties par les opérateurs du champ captant et une analyse plus locale du jeu de données disponible sur le champ captant des Ansereuilles est réalisée dans le but de mieux comprendre la situation de tension quantitative ressentie par les producteurs d'eau : c'est la seconde partie de cette étude. Au préalable de toute analyse, il est important de décrire les contraintes dictant les choix en matière de débits prélevés :

- La première contrainte est l'adaptation à la demande en eau afin de maintenir, en temps réel, la pression du réseau d'eau.
- La seconde contrainte est liée à la qualité des eaux prélevées qui diffèrent selon les secteurs du champ captant. Des mélanges sont ainsi nécessaires pour satisfaire les normes de qualité d'eau brute « eau potable », ce qui limite *de facto*, les débits prélevés dans les ouvrages où les normes de qualité des eaux ne sont pas atteintes (Walaszek et al., 2020 ; Cary et al., 2014 ; Caous, 2003).

- La troisième contrainte est la bonne atteinte des débits objectifs (ou optimum connu d'exploitation) pour chaque forage. Sur certains ouvrages, il apparaît que les débits atteignables depuis quelque temps sont à la baisse et sont bien en deçà des débits objectifs (ou maximum historiques).
- La quatrième contrainte est d'exploiter la nappe par groupes de forages.

La complexité des multiples contraintes expliquant les variations temporelles des débits prélevés a nécessité de focaliser l'analyse sur les ouvrages où des baisses de productivité ont été ressenties. En se basant sur une liste de forages aux problèmes quantitatifs les plus prégnants, trois secteurs différents ont été identifiés :

- Les 4 forages F25 à F28 (ou A25 à A28) situés dans le groupe de la vallée n°2.
- Les 2 forages F5 et F6 (ou A5 et A6) situés dans le groupe de la vallée n°1.
- Les 2 forages F14 et F15 (ou A14 et A15) situés dans le groupe du Marais.

Sur le secteur des 4 forages F25 à F28 :

- Une baisse globale des niveaux statiques est visible depuis le début des années 2000.
- À partir de 2010 environ (le peu d'observations entre 2008 et 2015 dans les chroniques disponibles ne permet pas d'être précis sur cette date) la baisse importante des niveaux statiques (associée à des prélèvements globaux relativement stables) n'est pas restituée par le modèle hydrodynamique et n'est pas non plus observée sur les ouvrages du secteur présentant une évolution « naturelle » de la piézométrie. L'explication proposée, et corroborée par les informations obtenues par pompage d'essai sur le secteur, est une baisse de la transmissivité (notamment par dénoyage de fissures productives) de ce secteur depuis la création des ouvrages, aboutissant à des débits théoriquement prélevables moindres que ceux estimés lors de la création du champ captant.
- S'ajoutent également un vieillissement logique des ouvrages : les débits prélevables sont plus faibles pour un même rabattement (augmentation des pertes de charge quadratiques).
- Devant ce double problème, la régénération des ouvrages existants, voire la création d'un nouveau forage dans ce secteur, à l'heure actuelle (c'est-à-dire aux niveaux statiques actuels) améliorerait le second problème mais n'aurait aucun effet sur le premier.

Sur le secteur des quatre forages F5/F6 et F14/F15 :

- La baisse de productivité ressentie sur ces ouvrages semble être principalement due à une dégradation des propriétés hydrauliques des forages (PDC quadratiques) et de leur environnement proche (colmatage) qui ne semble pas particulièrement récente et qui semble avoir été modulée vraisemblablement au gré des opérations de régénération.
- Les niveaux statiques ne suivent pas les niveaux piézométriques des piézomètres de référence ni les évolutions attendues par le modèle hydrodynamique, ce qui pourrait être une conséquence de la baisse de plus grande ampleur observée sur le secteur de la Vallée 2 (sans certitude).

Les analyses corrélatives ayant permis d'étudier les 3 secteurs d'intérêts ont également été appliquées sur un secteur plus large de sorte à fournir des éléments de compréhension sur une éventuelle sectorisation des écoulements souterrains. En outre, la base de données compilant niveaux statiques et niveaux piézométriques sur le secteur des champs captants du Sud de Lille a pu permettre d'interpoler la piézométrie du secteur au pas de temps mensuel pour différentes dates. Au final, ces deux types d'informations (corrélations entre chroniques et cartes interpolées récentes) semblent montrer une zone de transition à perméabilité plus faible entre l'est du secteur des Ansereuilles et le secteur d'Houplin-Ancoisne, ainsi qu'entre le sud du secteur de la Vallée 1 et le secteur de Don. Ces éléments d'hydrogéologie quantitative sont complémentaires aux résultats d'hydrogéologie qualitative et de géophysique acquis lors du projet GEO2020.

Sommaire

1. PROBLEMATIQUE ET ATTENDUS	9
2. AMELIORATION DU MODELE CONCEPTUEL DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAIE DES CHAMPS CAPTANTS DU SUD DE LILLE	13
2.1 ANALYSES DES DONNEES DE PIEZOMETRIE ET DE VOLUMETRIE	14
2.1.1 <i>Exploitation de la ressource en eau souterraine (MEL) – volumes prélevés.....</i>	<i>15</i>
2.1.2 <i>Exploitation de la ressource en eau souterraine (MEL) – piézométrie</i>	<i>17</i>
2.1.3 <i>Simulations des hypothèses d'écoulement.....</i>	<i>17</i>
2.1.4 <i>Scénario 1 – Faille A.....</i>	<i>18</i>
2.1.5 <i>Scénario 2 – Failles A et C</i>	<i>21</i>
2.1.6 <i>Scénario 3 – Faille A, C et faille de Seclin.....</i>	<i>23</i>
2.2 PREMIERES CONCLUSIONS	23
3. ELEMENTS DE COMPREHENSION DES DIFFICULTES OPERATIONNELLES RENCONTREES SUR LE CHAMP CAPTANT DES ANSEREUILLES	25
3.1 DONNEES ET INFORMATIONS UTILISEES.....	25
3.2 FORAGES F25 A F28 – LA VALLEE N°2	29
3.3 FORAGES F5 ET F6 – LA VALLEE N°1	45
3.4 FORAGES F14 ET F15 – GROUPE DU MARAIS	49
3.5 POUR ALLER PLUS LOIN : JUSQU'OU S'OBSERVE CETTE « BAISSÉ » DES NIVEAUX ? SECTORISATION DES ANSEREUILLES.....	54
4. CONCLUSIONS.....	61
5. BIBLIOGRAPHIE.....	63

Liste des figures

Figure 1 : Champ captant des Ansereuilles (forages A2 à A28) et de Houplin-Ancoisne (forages H1 à H11) et réseau hydrographique de la zone d'étude (extrait de la carte géologique à l'échelle 1/50 000 de Carvin n° 0020N).....	10
Figure 2 : Structures géologiques de la zone d'étude au regard des forages des Ansereuilles (A), des forages de Houplin-Ancoisne (H) et des piézomètres (PZ).....	14
Figure 3 : Prélèvements annuels au champ captant des Ansereuilles 1960 à 2019.....	15
Figure 4 : Somme des prélèvements pour chaque mois de 1982 à 2019 en Mm ³ au champ captant des Ansereuilles.....	16
Figure 5 : Somme des prélèvements de 1982 à 2019 en Mm ³ pour chaque forage des Ansereuilles.....	16
Figure 6 : Prélèvements annuels pour chaque forage des Ansereuilles de 1982 à 2019 (référence MEL).....	16

Figure 7 : Niveaux d'eau souterrain (statique) pour chaque forage des Ansereuilles de 1960 à 2019 (référence MEL).....	17
Figure 8 : Courbes des niveaux piézométriques observés des forages du Nord de la faille A...	18
Figure 9 : Courbes des niveaux piézométriques observés des forages du Sud de la faille A	18
Figure 10 : Prélèvements d'eau dans les forages de part et d'autre de la faille A (au nord : A12, A13, A14 et A15 ; au sud : A2, A3, A7, A8, A9, A10 et A11).....	19
Figure 11 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le modèle de référence aux forages localisés au Nord de la faille A.....	19
Figure 12 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le modèle de référence aux forages localisés au Sud de la faille A.....	20
Figure 13 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le Scénario 1 (Faille A « étanche ») aux forages localisés au nord de la faille A	20
Figure 14 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le Scénario 1 (Faille A « étanche ») aux forages localisés au sud de la faille A.....	21
Figure 15 : Niveaux piézométriques observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A).....	21
Figure 16 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le scénario de référence et observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A)	22
Figure 17 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le scénario 2 (Faille A et C « étanches ») et observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A)	22
Figure 18 : Nombres de mesures piézométriques par an sur le champ captant des Ansereuilles	26
Figure 19 : Position des ouvrages (forages, piézomètres) pour lesquels des mesures piézométriques ont été fournies (fond de carte : cartes géologiques au 1/50 000). Les cercles rouges présentent les secteurs étudiés et les rectangles bleus, les secteurs et ouvrages étudiés également dans ce chapitre.	27
Figure 20 : Niveaux statiques et dynamiques vs. prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A25 à A28.	30
Figure 21 : Prélèvements cumulés et niveaux statiques mesurés sur le secteur de la Vallée 2 (pas de temps mensuel)	31
Figure 22 : Évolution conjointe des chroniques piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09	32

Figure 23 : Corrélation entre les pluies efficaces du secteur et les niveaux piézométriques mesurés sur les ouvrages H08 et PzSdL09.....	33
Figure 24 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur le secteur de la Vallée2 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09.....	35
Figure 25 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique.....	36
Figure 26 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A25	40
Figure 27 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A26	41
Figure 28 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A27	42
Figure 29 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A28	43
Figure 30 : Diagraphies de micromoulinet de forage effectuées sur les 5 forages de reconnaissance lors de la création de ce champ captant (Denudt & Bailly, 1991a). Les niveaux statiques du début de l'année 2021 sur les forages actuels proches de ces forages de reconnaissance sont également indiqués (en bleu).....	44
Figure 31 : Niveaux statiques et dynamiques vs prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A05 et A06	45
Figure 32 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages de la Vallée 2 et sur les ouvrages A05 et A06 de la Vallée 1	46
Figure 33 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A05 et A06 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09.....	46
Figure 34 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique.....	47
Figure 35 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A5	48
Figure 36 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A6	49
Figure 37 : Niveaux statiques et dynamiques vs prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A05 et A06 du Marais.....	50
Figure 38 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages de la Vallée 2 et sur les ouvrages A14 et A15 du Marais	50
Figure 39 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A14 et A15 du Marais et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09.....	51
Figure 40 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique.....	51
Figure 41 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A14	53
Figure 42 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A15	54

Figure 43 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage SW01 (Sainghin-en-Weppes) et des niveaux piézométriques l'ouvrage PzSdL09.....	56
Figure 44 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage SW01 et les charges simulées par le modèle hydrodynamique	56
Figure 45 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A17 à A24 et des niveaux piézométriques sur l'ouvrage PzSdL09.....	57
Figure 46 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A17 à A24 et les charges simulées par le modèle hydrodynamique	58
Figure 47 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage PzSdL42 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09	59
Figure 48 : Corrélogramme croisé entre les chroniques piézométriques des piézomètres H08 et PzSdL09 (au pas de temps mensuel).....	59
Figure 49 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage PzSdL12 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09	59
Figure 50 : Niveaux statiques et niveaux piézométriques mensuels interpolés à différentes dates (méthode de pondération inverse à la distance).....	60

1. Problématique et attendus

Une grande partie des résultats a été obtenue dans le cadre du stage de Master 2 de Nadia Ben Dhiaf : *Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère crayeux dans le secteur des champs captants du sud de la métropole lilloise (Ben Dhiaf, 2020)* ». Ce chapitre 1 est constitué d'extrait du rapport de fin d'étude.

L'alimentation en eau potable dans le Nord de la France se fait principalement par les prélèvements d'eau souterraine. On dénombre 7 aquifères principaux (Picot et al., 2010 ; Picot et al., 2012) :

- Les calcaires du Carbonifère dans la région de Lille (nappe captive) ;
- Les calcaires du Carbonifère dans les Ardennes (nappe libre) ;
- Les formations du Paléozoïque et Jurassique du Boulonnais ;
- La craie du Séno-Turonien, localement du Cénomaniens ;
- Les sables du Tertiaire des Flandres ;
- Les sables du Tertiaire du bassin d'Orchies ;
- Les sables du Quaternaire de la plaine maritime.

La craie recouvre 90 % de la région Nord-Pas-de-Calais et 85% des prélèvements souterrains de la région s'effectue dans la nappe de la craie. La craie du Séno-Turonien présente des hétérogénéités pouvant influencer les écoulements souterrains de la nappe. La nappe de la craie est très poreuse mais peu perméable en l'absence des fissurations, ces fissurations sont responsables du caractère productif de la nappe, en profondeur, la craie devient compacte et inexploitable (Bessière et al., 2015 ; Buscarlet et al, 2012 ; Buscarlet et al. 2011 ; Denudt et al 1991a, 1991b, 1993). La nappe de la craie est dans sa majorité libre et est alimentée par les pluies efficaces transitant via la couverture sédimentaire alluvionnaire et/ou limoneuse. Les moyennes annuelles des précipitations varient entre 1982 et 2019 allant de 550 mm/an à 896 mm/an à la station de Lille, avec des périodes plus humides de 1998 à 2002 et des périodes plus sèches 1995-1997 et 2017-2019. La couverture sédimentaire étant peu épaisse, la nappe de la craie est vulnérable aux pollutions présentes en surface. Au niveau du bassin d'Orchies et du bassin des Flandres, la nappe de la craie devient captive sous les argiles de Louvil et ainsi moins vulnérable aux pollutions de surface.

La nappe de la craie et la nappe des calcaires carbonifères sont les principales ressources en eau souterraine exploitées par la métropole lilloise. Le champ captant des Ansereuilles (localisé à proximité du canal de la Deûle à une 10^{aine} de km au sud du centre de Lille) comporte 26 forages captant l'eau de la nappe de la craie Séno-turonienne (Figure 1).

Le réseau hydrographique de la région Nord-Pas de Calais associe des voies d'eau naturelles, des canaux artificiels et des rivières canalisées. Les cours d'eau se caractérisent par une pente et un débit faible. Les débits moyens interannuels sont estimés à 75 m³/s, le débit le plus important est celui de la Lys 12.1 m³/s. Sur le secteur du champ captant des Ansereuilles, le réseau hydrographique du secteur d'étude comporte : la Deûle canalisée, la Naviette, et le canal d'Aire à la Bassée. La nappe souterraine de la craie intervient dans la régulation des écoulements des rivières et d'une manière générale, la nappe de la craie est drainée par la majorité des cours d'eau supérieurs des rivières au nord-ouest et nord-est de la région (La Lys en amont d'Aire-sur-la-Lys draine la craie à environ 32 L/s par km). En moyenne, la partie libre de la nappe de la craie alimente de 56 % les cours d'eau. Ces échanges sont inversés à d'autres endroits et les cours d'eau réalimentent la craie particulièrement la Deûle dans les champs captants du Sud de Lille (Emmerin, Houplin-Ancoisne, Seclin, Sainghin-en-Weppes et les Ansereuilles) avec 256 L/s soit 14 % des prélèvements.

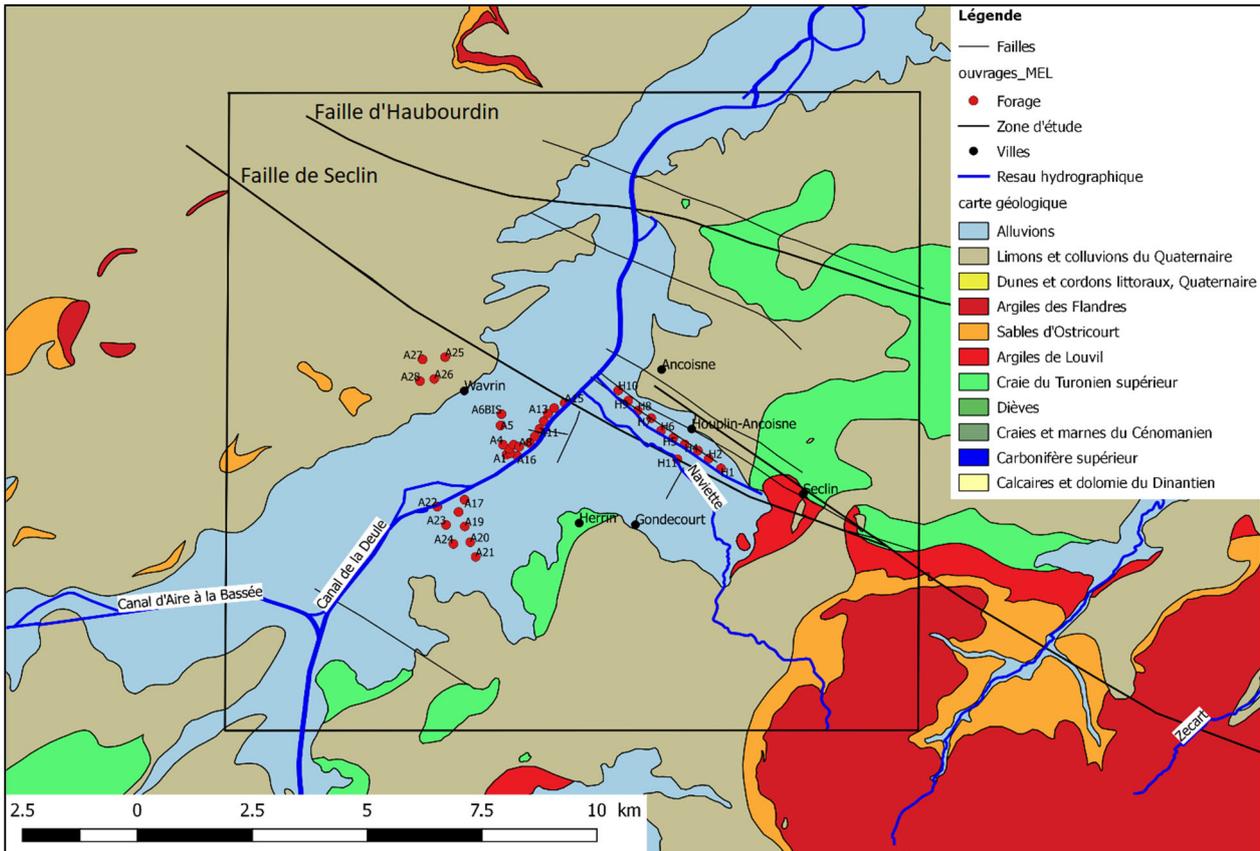


Figure 1 : Champ captant des Anseueilles (forages A2 à A28) et d'Houplin-Ancoisne (forages H1 à H11) et réseau hydrographique de la zone d'étude (extrait de la carte géologique à l'échelle 1/50 000 de Carvin n° 0020N)

Chaque année la Métropole Européenne de Lille (MEL) produit près de 60 Mm³ d'eau potable, dont 32 % est issu de la nappe de la craie au droit des champs du sud de Lille. Dans la zone d'étude, la nappe de la craie est souvent considérée comme un milieu homogène. Cependant, la présence de grandes failles régionales perturbe notablement la géométrie des formations aquifères et a des conséquences sur les écoulements souterrains et la chimie de l'eau de la nappe, notamment sur la présence d'éléments indésirables. Par ailleurs, ces dernières années, l'exploitation de la nappe de la craie via les forages aux Anseueilles devient problématique et la pérennité de l'exploitation est questionnée. Il est donc important de comprendre les raisons de cette baisse d'exploitation.

Les tensions sur la ressource en eau et les risques de dégradation de sa qualité sont des enjeux majeurs pour la MEL (Walaszek et al., 2020 ; Cary et al., 2014 ; Caous, 2003). La diminution de recharge prévue dans les prochaines décennies associées aux baisses actuelles des niveaux d'eau dans les forages des champs captants nécessite une analyse hydrodynamique poussée afin d'en évaluer les raisons notamment sur le secteur des Anseueilles. Les raisons peuvent être multiples et il s'agira de limiter le champ des hypothèses quant à la raréfaction de l'eau souterraine afin de préparer le travail de mise à jour du modèle hydrodynamique actuel (Bessière et al., 2015) dont la dernière actualisation est établie par la MEL.

Afin de comprendre le fonctionnement hydrogéologique et géochimique de l'aquifère, la MEL fait appel au BRGM en collaboration avec l'Université de Lille *via* des projets de recherche dont le présent projet GEO2020 faisant suite au précédent projet COHMET.

Le projet GEO2020 se propose de contribuer à l'amélioration de la gestion durable des ressources en eaux souterraines (action 2.3 du contrat état-BRGM). L'objectif global est d'évaluer la pérennité de l'exploitation du champ captant des Ansereuilles. Il est demandé de mieux comprendre le rôle hydrodynamique des accidents tectoniques et leur impact sur la nappe de la craie, en combinant investigation géophysique et bilan hydrodynamique.

Le rôle des structures géologiques sur l'hydrodynamique de la nappe étant inconnu, des campagnes de géophysique ont été réalisées récemment et les résultats indiquent que la géologie des champs captants est très complexe. Ainsi, il est important de mieux connaître la géologie structurale du site d'étude afin de comprendre le rôle des structures géologiques sur l'hydrodynamique de la nappe afin d'améliorer le modèle hydrogéologique de gestion de la ressource existant.

Les travaux à finalité « hydrogéologique » regroupés au sein de la tâche 2 du projet GEO2020 (*Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique à l'aide d'interprétation de données et de simulations hydrogéologiques*) ont pour objectif d'évaluer les raisons possibles à la baisse de productivité du champ captant des Ansereuilles : est-ce une problématique proche puits (colmatage, maintenance, ...) ou est-ce une problématique au niveau de l'équilibre de l'hydrosystème (disponibilité de la ressource en eau souterraine en quantité suffisante face à la recharge naturelle, aux prélèvements, ...) ?

L'approche menée pour y répondre a nécessité :

- L'analyse des données disponibles pour une meilleure description du fonctionnement hydrologique du secteur et des changements éventuels ayant eu lieu (Volumes prélevés et piézométrie) - obtenue dans le cadre du stage de Master 2 de Nadia Ben Dhiaf : « *Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère crayeux dans le secteur des champs captants du sud de la métropole lilloise (Ben Dhiaf, 2020)* ».
- La simulation de différentes hypothèses de fonctionnement à l'aide du modèle existant sous le code de calcul hydrodynamique MARTHE (Thiéry, 2021), en lien avec les résultats des étapes précédentes et à la lumière des travaux de géophysique et de modélisation géologique menés dans le cadre du projet GEO2020 - obtenue dans le cadre du stage de Master 2 de Nadia Ben Dhiaf : « *Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère crayeux dans le secteur des champs captants du sud de la métropole lilloise (Ben Dhiaf, 2020)* ».
- L'analyse proche puits de la productivité des forages et du mode opératoire de leur mise en exploitation.

2. Amélioration du modèle conceptuel du fonctionnement hydrogéologique de la nappe de la craie des champs captants du sud de Lille

Une grande partie des résultats a été obtenue dans le cadre du stage de Master 2 de Nadia Ben Dhiaf : « Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère crayeux dans le secteur des champs captants du sud de la métropole lilloise (Ben Dhiaf, 2020) ». Ce chapitre 2 est constitué d'extrait du rapport de fin d'étude.

Ce travail est réalisé afin de mieux comprendre le rôle hydrodynamique des accidents tectoniques et leurs impacts sur la nappe de la craie, en combinant investigations géophysiques et bilan hydrodynamique. À cet effet, la première partie de ce travail est consacrée à la synthèse des informations et des données disponibles (étude bibliographique et analyse des données existantes sur le secteur du champ captant des Ansereuilles) puis, sur la base de ces informations et des résultats de l'étude géophysique et géologique réalisée (analyses préliminaires des travaux de master II de Bonnière, 2020), la seconde partie de ce travail consiste à évaluer différentes hypothèses de fonctionnement hydrodynamique de la nappe de la craie influencée par les accidents tectoniques. Les hypothèses sont simulées à l'aide du modèle hydrogéologique existant sous le code de calcul MARTHE (Thiéry, 2021) (dont la dernière mise à jour est fournie par la MEL) en calculant l'évolution des bilans hydrodynamiques et des niveaux piézométriques pour chaque simulation. Il est alors tenté de voir l'effet des failles sur les variations piézométriques et les quantités d'eau échangées et stockées dans l'aquifère crayeux.

L'investigation géophysique initiale a identifié des failles au niveau du champ captant des Ansereuilles (Bonnière, 2020) n'existant pas sur la carte géologique (Figure 2). Ces résultats préliminaires ont montré dans la zone d'intérêt que :

- Les failles A, C et faille de Seclin qui affectent la craie séno-turonienne (d'après l'analyse des logs géologiques de la base de données du sous-sol (BSS), la résistivité et la gravimétrie) sont situées dans le socle (d'après les écorchés géologiques, les forages, la sismique et la gravimétrie).
- Les fractures B et D n'affectent pas les terrains sus-jacents, c'est-à-dire pas de décalage du toit de la craie (d'après la résistivité et la carte géologique).
- La faille de Seclin est constituée de plusieurs failles affectant la craie et le socle, d'orientation N110, et fait remonter localement celui-ci sous forme de horst.
- Un segment de la faille de Seclin passe au nord du forage A15 qui, couplé à une petite faille entre le A11 et A12, forme un graben.

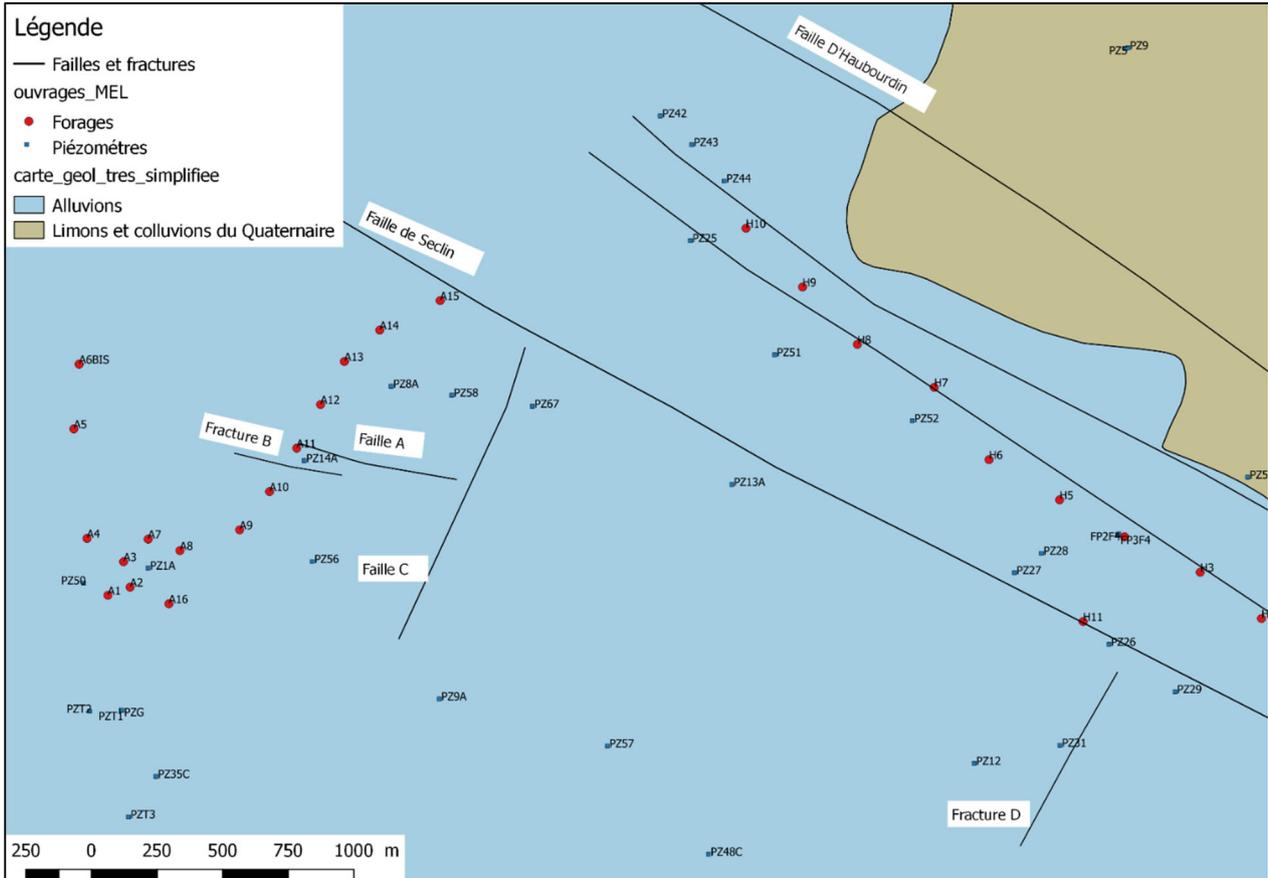


Figure 2 : Structures géologiques de la zone d'étude au regard des forages des Anseruilles (A), des forages d'Houplin-Ancoisne (H) et des piézomètres (PZ)

L'influence de ces structures géologiques sur l'écoulement de l'eau est méconnue. À la suite des résultats de la campagne géophysique, différentes hypothèses sont émises et discutées dans la suite du rapport. Les failles A et C seront particulièrement étudiées à l'aide de l'analyse des données piézométriques et des volumes prélevés. Une hypothèse plus théorique consistera à considérer dans le modèle toutes les failles imperméables puis d'analyser la piézométrie et les bilans calculés. Les hypothèses émises ne concernent pas spécifiquement les fractures B et D car d'un point de vue hydrodynamique, la fracture B est associée à la faille A, et la fracture D est éloignée de la zone d'intérêt, les forages des Anseruilles.

2.1 ANALYSES DES DONNEES DE PIEZOMETRIE ET DE VOLUMETRIE

Lors de cette étape, il s'agit de synthétiser les informations et données relatives au fonctionnement hydrogéologique environnant les champs captants à son état actuel et passé. La synthèse bibliographique des documents disponibles (rapports, publications, cartes) et l'analyse des données hydrologiques disponibles sur le secteur des champs captants (les chroniques des débits prélevés, niveaux piézométriques au niveau des puits et des piézomètres de surveillance de la nappe, pluies, ETP, débits et niveau des rivières, la maintenance des forages de prélèvements, ...) mènent à :

- Faire une ébauche du modèle conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du secteur des champs captants ;
- Lister les différentes hypothèses de fonctionnements hydrodynamiques ;
- Identifier les secteurs aux fonctionnements incertains ou méconnus.

Une estimation grossière des volumes d'eau transitant dans l'hydrosystème (entrant, sortant et stockés) sera réalisée et accompagnée des données permettant cette estimation organisées sous forme d'une base de données (tables Excel et Shape files).

Cette première étape bibliographique permet de préciser si la baisse des niveaux d'eau observés dans les puits des champs captants est liée aux volumes prélevés, aux réductions des pluies ou au positionnement des structures géologiques identifiées par l'étude d'Antoine Bonnière (2020).

2.1.1 Exploitation de la ressource en eau souterraine (MEL) – volumes prélevés

Le champ captant des Ansereuilles compte 26 forages, le forage A1 est à l'arrêt depuis 1992, A9 depuis 2003 et tous les deux sont rebouchés. Les volumes annuels prélevés sont de l'ordre de 20 Mm³/an (Figure 3) et ils représentent un total prélevé de l'ordre de 760 Mm³ entre 1982 et 2019 sans variations mensuelles majeures (Figure 4). Les débits annuels exploités varient peu depuis les années 90, période à laquelle s'est observée une baisse d'exploitation passant de 30 Mm³/an à 20 Mm³/an même si une baisse est constatée pour 2019. De 1982 à 2019, les prélèvements maximaux sont réalisés au forage A19 de l'ordre de 60 Mm³ et les prélèvements minimaux dans le forage A25 de l'ordre de 10 Mm³ (Figure 5). On remarque que les prélèvements sont différents d'un forage à l'autre et d'une année sur l'autre indiquant une sollicitation non constante des forages du champ captant (Figure 6).

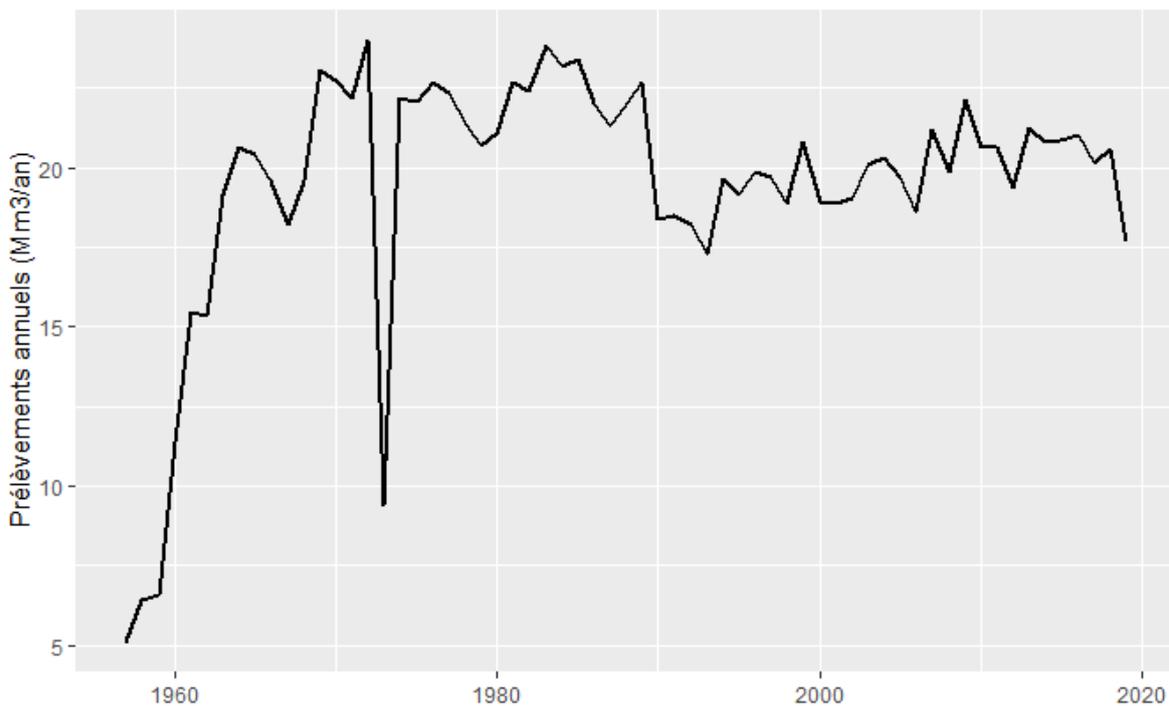


Figure 3 : Prélèvements annuels au champ captant des Ansereuilles 1960 à 2019

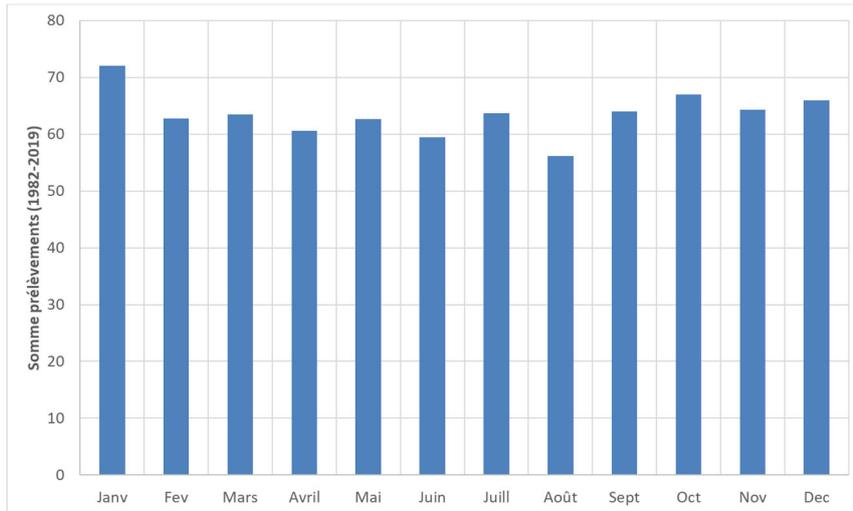


Figure 4 : Somme des prélèvements pour chaque mois de 1982 à 2019 en Mm³ au champ captant des Anseveilles

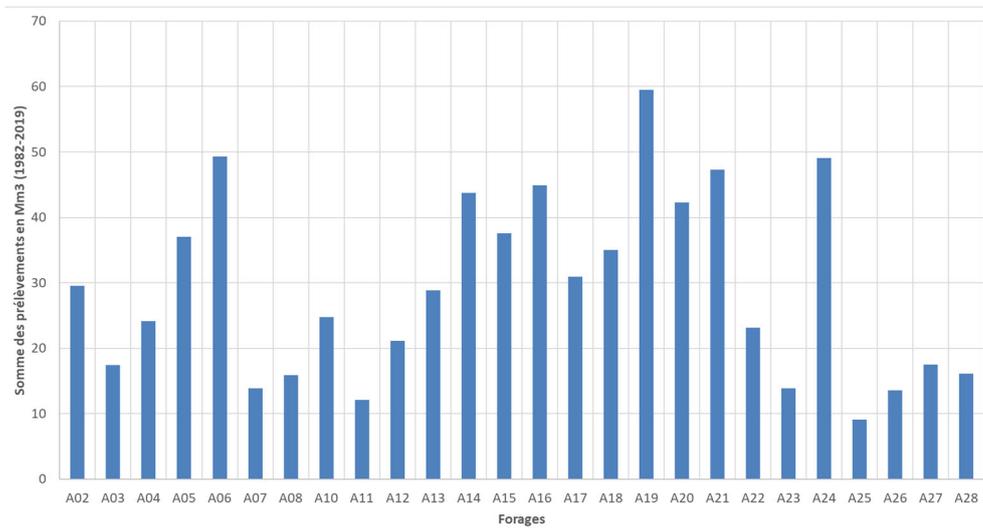


Figure 5 : Somme des prélèvements de 1982 à 2019 en Mm³ pour chaque forage des Anseveilles

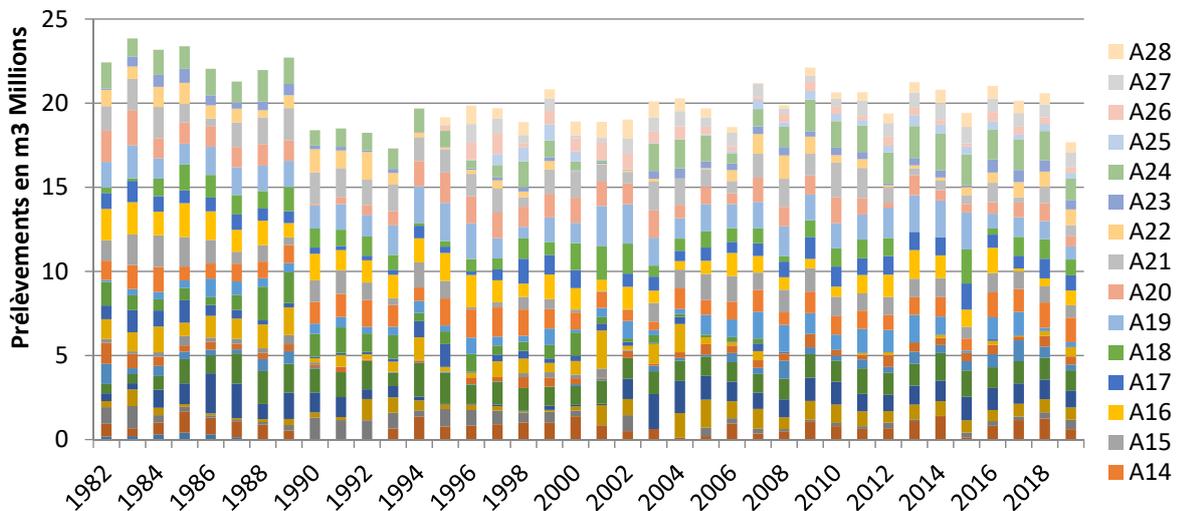


Figure 6 : Prélèvements annuels pour chaque forage des Anseveilles de 1982 à 2019 (référence MEL)

2.1.2 Exploitation de la ressource en eau souterraine (MEL) – piézométrie

Les niveaux piézométriques observés depuis 1960 (niveaux statiques des forages des Ansereuilles) indiquent des variations cycliques pluriannuelles caractéristiques des nappes inertielles crayeuses (Figure 7) allant, tous forages confondus, des extrêmes de +17 mNGF à -15 mNGF. Des baisses importantes de niveaux d'eau sont constatées dans les années 1970 (20 à 25 m) et de moindre mesure dans les années 1990 (baisse de 10 m) tandis que des hausses de niveaux importantes ont eu lieu dans les années 2000 (20 m, période des inondations de 2001). Ces dernières années correspondant à 3 années consécutives de fortes sécheresses, les niveaux semblent être à la baisse sans être pour autant inférieurs aux mesures passées (hormis pour un des forages complètement décrochant, le A02).

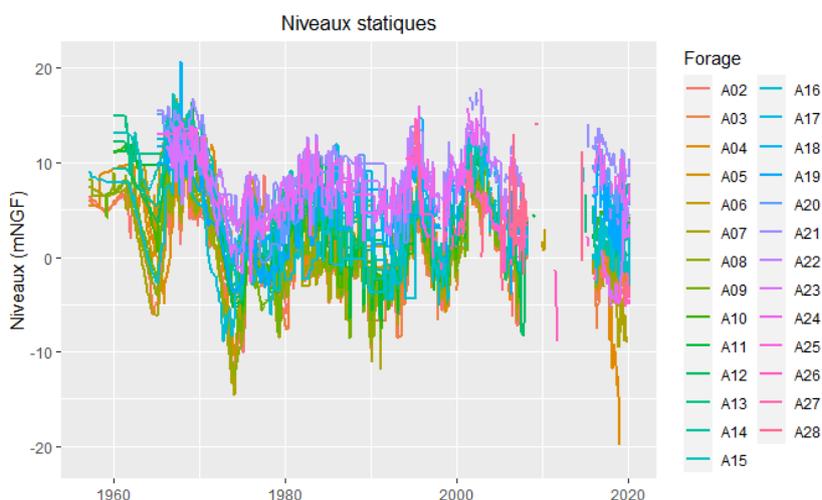


Figure 7 : Niveaux d'eau souterrain (statique) pour chaque forage des Ansereuilles de 1960 à 2019 (référence MEL)

À l'échelle du champ captant, aucune tendance durable à la baisse des niveaux de nappe ne se dégage. Par ailleurs les niveaux des forages semblent suivre les mêmes évolutions sans se démarquer (sensiblement les mêmes pentes lors des augmentations et des baisses piézométriques) ne présentant pas de ruptures pouvant être assimilées à des failles faisant écran aux écoulements (faille imperméable). Une tentative de compartimentation en fonction des failles identifiées est réalisée par la suite afin d'y déceler des différences de comportement hydrodynamique.

2.1.3 Simulations des hypothèses d'écoulement

Il s'agit dans cette étape de préciser le modèle conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du secteur des champs captants et d'identifier les processus non négligeables régissant les écoulements dans l'aquifère crayeux particulièrement vis-à-vis des structures géologiques identifiées (failles). Sur la base du modèle actuel, les bilans hydrodynamiques et les niveaux piézométriques seront calculés avec une attention particulière sur les périodes passées de sécheresse afin d'évaluer la capacité du modèle existant à reproduire des événements semblables à la période actuelle de faible recharge et de forte sécheresse (2017-2018-2019). Les caractérisations géologiques non négligeables déterminées préalablement (Faille de Seclin, Faille A, et Faille C) sont introduites dans le modèle numérique existant afin d'évaluer leur rôle hydrodynamique particulier (imperméable ou drain) et leur effet localement.

En comparant les résultats de simulation des hypothèses faites sur les failles à ceux obtenus par le modèle de référence (modèle MEL aux failles sans rôle hydrodynamique défini), la pertinence du rôle hydraulique des failles simulées est discutée.

2.1.4 Scénario 1 – Faille A

On s'intéresse à la faille A et aux niveaux statiques des 4 forages A12, A13, A14 et A15 qui se trouvent au nord de la faille (Figure 8) et à ceux des 7 forages A2, A3, A7, A8, A9, A10 et A11 situés au sud de la faille (Figure 9). Les niveaux d'eau dans le bloc au nord de la faille A sont plus hauts que dans les forages du bloc situés au sud de la Faille d'environ 3 m en moyenne. En effet, la moyenne mensuelle du niveau piézométrique est de 3.22 m NGF pour les forages situés au nord de la faille et de 0.32 m NGF pour le compartiment sud ce qui suggérerait une différence hydrodynamique entre les deux compartiments géologiques.

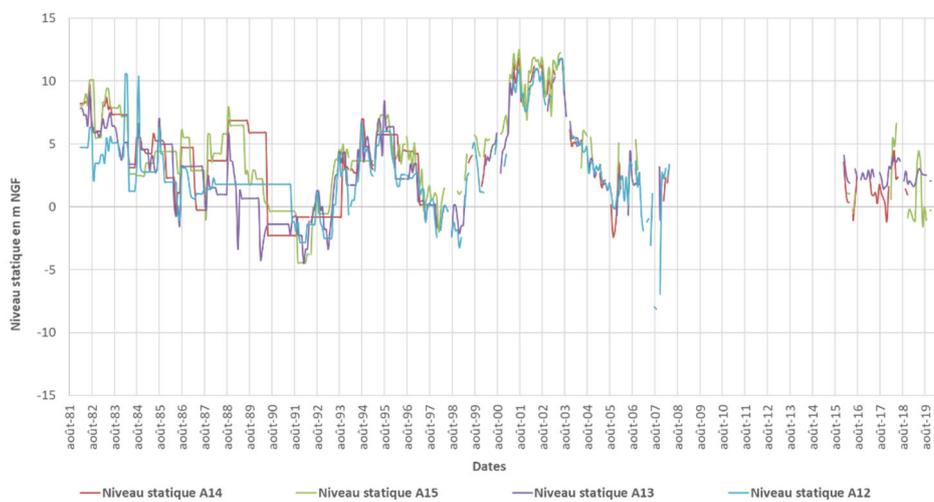


Figure 8 : Courbes des niveaux piézométriques observés des forages du Nord de la faille A



Figure 9 : Courbes des niveaux piézométriques observés des forages du Sud de la faille A

Par ailleurs les prélèvements sont en moyenne plus importants dans le compartiment au nord de la faille (3.5 Mm³/an au nord et 3.1 Mm³/an au sud) avec une tendance à la baisse depuis 1982 pour les volumes annuels prélevés au sud de la faille.

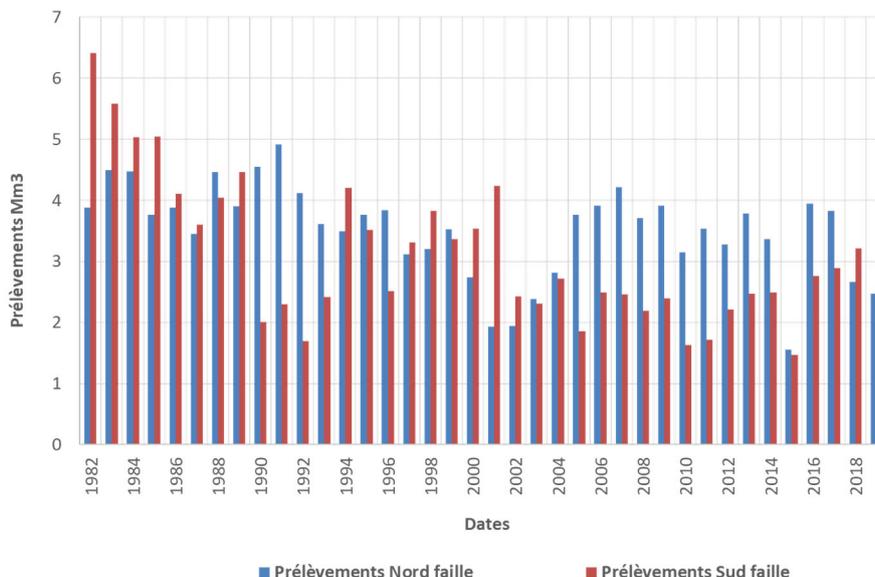


Figure 10 : Prélèvements d'eau dans les forages de part et d'autre de la faille A (au nord : A12, A13, A14 et A15 ; au sud : A2, A3, A7, A8, A9, A10 et A11)

Au nord de la faille A, la piézométrie observée est plus haute avec des prélèvements plus importants ce qui indique une différence des caractéristiques hydrodynamiques entre les deux compartiments comme par exemple la perméabilité de l'aquifère crayeux et/ou d'alimentation en eau (recharge, écoulement latéral, échange nappe-Deûle, jeu de failles perméables et imperméables...).

Les résultats de simulation du modèle de référence qui ne considère pas de rôle hydraulique particulier de la faille A présentent les mêmes différences relatives de piézométrie entre le bloc nord et le bloc sud de la faille A (Figure 11 et Figure 12) même si les chroniques simulées ne sont pas aussi représentatives des amplitudes piézométriques observées (Annexe 1).

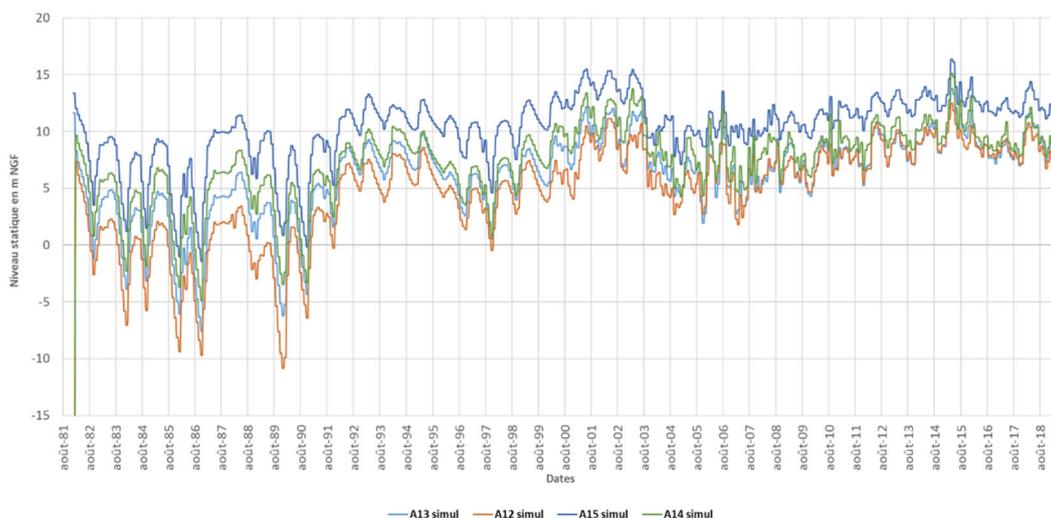


Figure 11 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le modèle de référence aux forages localisés au Nord de la faille A



Figure 12 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le modèle de référence aux forages localisés au Sud de la faille A

En simulant l'hypothèse de la faille A comme étant « étanche » ou jouant le rôle de barrière hydraulique (Scénario 1), et en comparant les résultats de simulation à ceux du modèle de référence, on remarque une variation très faible du bilan global. Les entrées d'eau (recharge, limites) et les sorties d'eau (prélèvements, échanges nappe vers rivière, débordement depuis la surface) sont en moyenne pour ce scénario 1 de 2731 Mm³/an (Simulation de référence à 2731 Mm³/an) et de -2754 Mm³/an (Simulation de référence à -2693 Mm³/an). Cette légère différence entre l'état de référence et l'hypothèse 1 est due au changement de volume échangé entre la nappe et la rivière. La présence de cette faille A « étanche » accentuerait donc le transfert d'eau de la nappe vers la rivière en moyenne de 53 Mm³/an s'exerçant principalement sur les couches superficielles alluvionnaires en contact avec les mailles rivières définies dans le modèle.

La piézométrie simulée aux forages se trouvant de part et d'autre de la faille A est représentée sur les Figure 13 et Figure 14. Aucune différence de niveaux piézométriques entre les simulations de référence et du scénario 1 n'est observée.

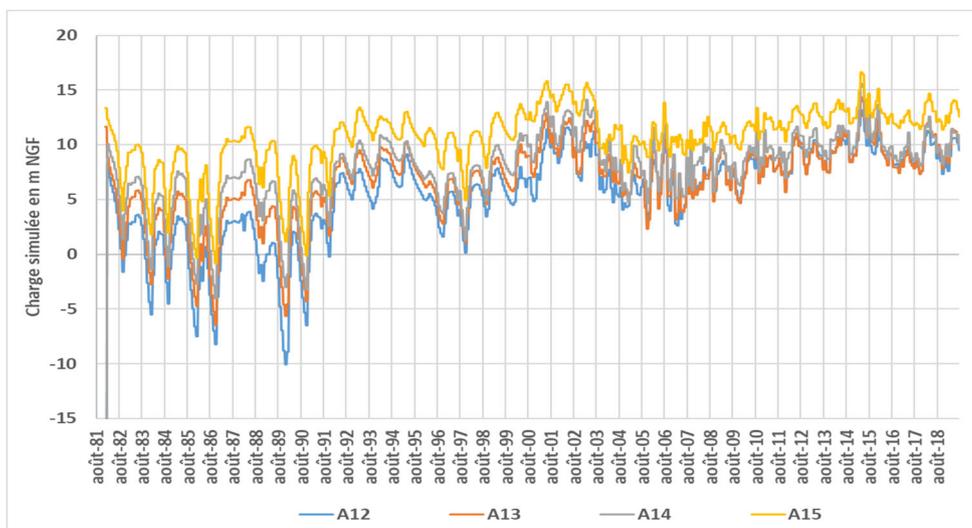


Figure 13 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le Scénario 1 (Faille A « étanche ») aux forages localisés au nord de la faille A

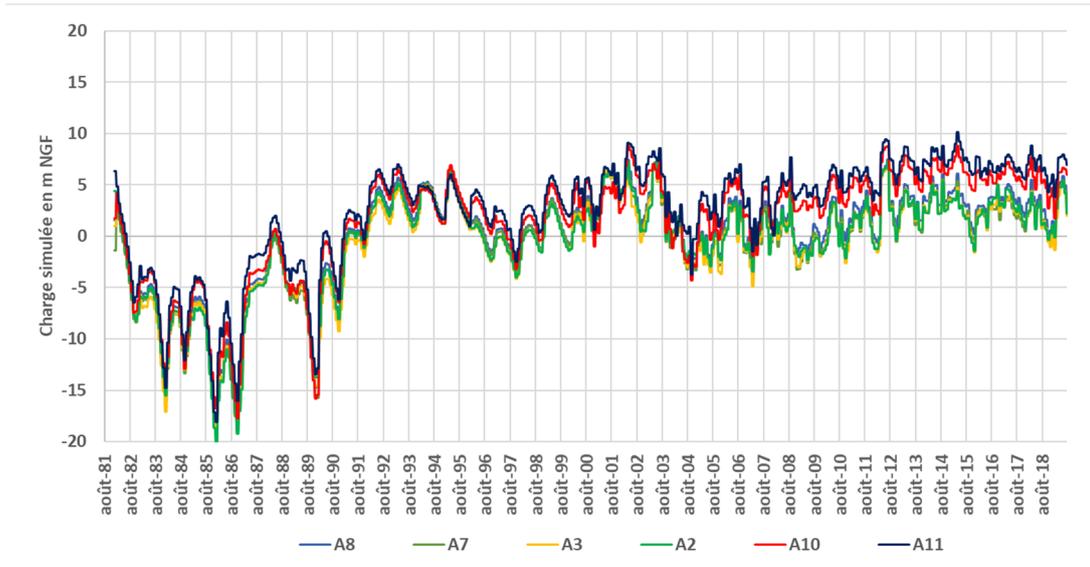


Figure 14 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le Scénario 1 (Faille A « étanche ») aux forages localisés au sud de la faille A

2.1.5 Scénario 2 – Failles A et C

On s'intéresse à la faille C en s'appuyant sur les niveaux du piézomètre Pz67 situé à l'est de la faille C (Figure 2) par rapport aux niveaux piézométriques à l'ouest de la faille C *via* le Pz58 (au nord de la faille A) et le Pz56 (au sud de la faille A). Aucun prélèvement n'est réalisé à l'est de la faille C ce qui sous-entend que l'analyse des volumes prélevés répartis de part et d'autre de la faille A reste valable pour l'interprétation de ce scénario 2 (cf. Figure 10).

Les chroniques piézométriques existantes de 2014 à 2019 (Figure 15) indiquent comme précédemment une différence de niveau de part et d'autre de la faille A mais également, et de moindre importance, une différence d'amplitude dans le niveau observé à l'est de la faille C.

Les résultats de simulation du modèle de référence qui ne considèrent pas de rôle hydraulique particulier ni de la faille A ni de la faille C présentent des niveaux simulés beaucoup plus élevés que ceux observés aux piézomètres notamment à l'est de la faille C (Figure 16).

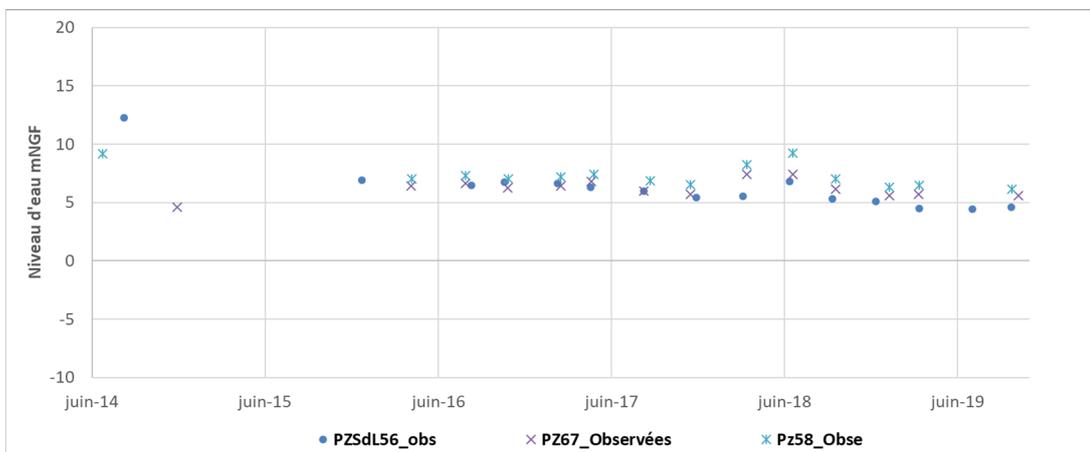


Figure 15 : Niveaux piézométriques observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A).

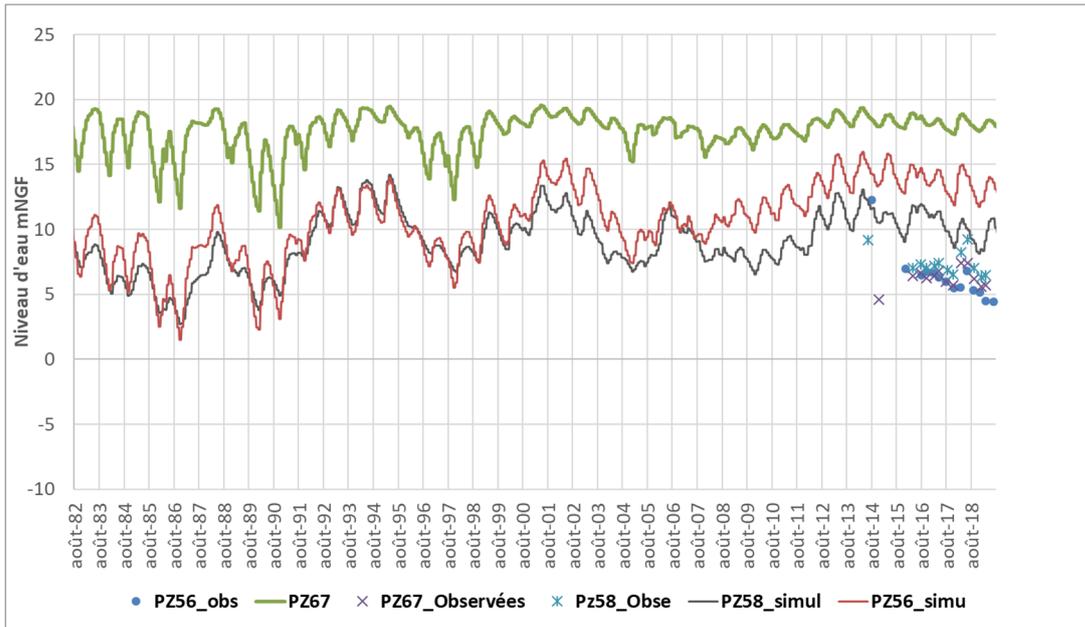


Figure 16 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le scénario de référence et observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A)

Dans ce scénario 2, on teste si les deux failles A et C ont une influence sur l'écoulement souterrain dans cette zone, on supposera les failles A et C « étanches ». En simulant cette hypothèse et en comparant les résultats de simulation à ceux du modèle de référence, on remarque une variation très faible du bilan global identique à celle identifiée pour le scénario 1 (Faille A « étanche »).

La piézométrie simulée aux piézomètres se trouvant de part et d'autre de la faille C et de la faille A est représentée sur la Figure 17. Comme pour le scénario 1, aucune différence de niveaux piézométriques entre les simulations de référence et du scénario 2 ne s'observe ainsi qu'au niveau des forages (Annexes 3).

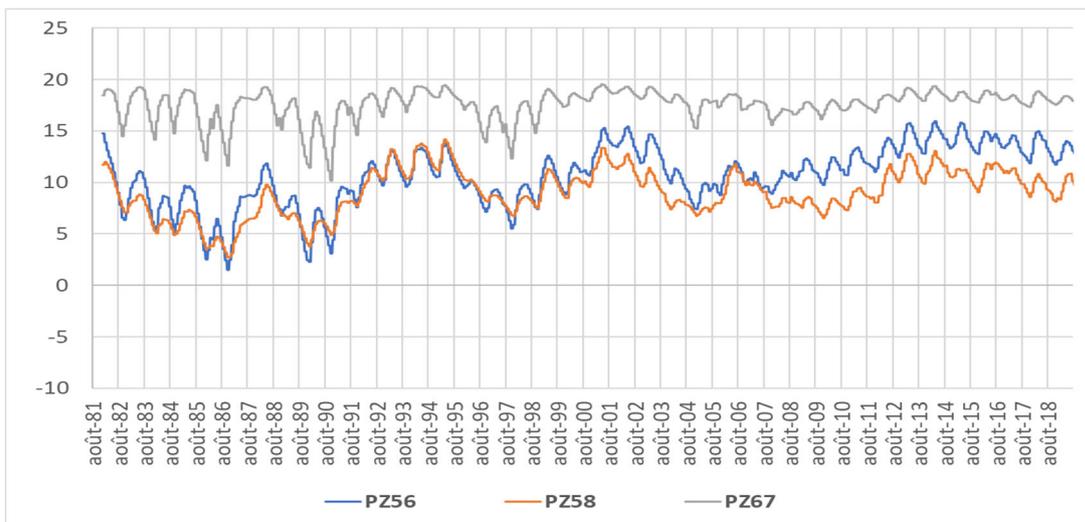


Figure 17 : Courbes des niveaux piézométriques simulés par le scénario 2 (Faille A et C « étanches ») et observés au niveau des piézomètres PZ67 (à l'est de la faille C), PZ58 (à l'ouest de la faille C et au nord de la faille A) et PZ56 (à l'ouest de la faille C et au sud de la faille A)

On remarque que pour les deux scénarios 1 et 2, la différence concerne uniquement le débit échangé de la nappe vers la rivière, l'existence des failles étanches favorise le passage de l'eau de la nappe vers la rivière.

2.1.6 Scénario 3 – Faille A, C et faille de Seclin

On s'intéresse au rôle hydraulique de la faille de Seclin en la considérant imperméable en plus des failles A et C dans ce scénario 3 afin d'évaluer son impact sur les niveaux piézométriques du champ captant des Ansereuilles.

En comparant les résultats de la simulation de l'hypothèse 3 et l'état de référence, on remarque une variation au niveau du bilan global du modèle entre les deux simulations, les entrées et les sorties d'eau, sont en moyenne de 2730 Mm³/an (simulation de référence à 2731 Mm³/an) et de -2739 Mm³/an (simulation de référence à -2693 Mm³/an). La différence du niveau d'eau de sortie entre l'état de référence et l'hypothèse 3 est due au changement de volume échangé entre la nappe et la rivière. Par rapport au modèle de référence, le caractère imperméable des failles de Seclin, A et C accentuerait donc le transfert d'eau de la nappe vers la rivière en moyenne de 35 Mm³/an s'exerçant principalement sur les couches superficielles alluvionnaires en contact avec les mailles rivières définies dans le modèle.

La piézométrie calculée par ce scénario 3 est légèrement moins élevée et réduit les écarts avec celle observée (Annexe 4) par rapport aux résultats fournis par le modèle de référence (différences simulées jusqu'à 7 m au forage A8).

2.2 PREMIERES CONCLUSIONS

Les niveaux d'eau statiques des forages sur l'ensemble du champ captant des Ansereuilles semblent suivre les mêmes évolutions sans se démarquer (sensiblement les mêmes pentes lors des augmentations et des baisses piézométriques) ne présentant pas de ruptures pouvant être assimilées à des failles (imperméable) faisant écran aux écoulements.

Cependant, associée aux investigations préliminaires géophysiques, l'analyse des données hydrodynamiques (niveaux statiques et volumes prélevés) a mené à émettre des hypothèses sur le rôle hydraulique de certaines failles. Les résultats de calculs considérant les différentes hypothèses sur le rôle hydraulique des failles (perméable dans le modèle de référence à imperméable dans les scénarios 1 à 3) sont comparés à la piézométrie observée et également à la piézométrie simulée par le modèle de référence.

Les résultats des simulations des scénarios 1 à 3 montrent des baisses de la piézométrie simulée et de légères modifications du bilan hydrodynamique calculé, particulièrement une augmentation des volumes transitant de la nappe vers les cours d'eau par rapport au modèle de référence. L'hypothèse considérant le rôle imperméable d'un segment de la faille de Seclin (au nord du forage A15, Scénario 3) met en évidence un meilleur ajustement des charges calculées et observées par rapport à l'état de référence. Les niveaux d'eau simulés sont abaissés pour tous les forages (différence jusqu'à 7 m dans le forage A8).

Afin d'améliorer la compréhension hydrogéologique et de préciser les résultats de simulation, l'acquisition de données plus précises sur le secteur d'étude serait utile via des investigations complémentaires sur la durée, il s'agit notamment :

- Des niveaux piézométriques de part et d'autre des failles identifiées suite à l'interprétation des investigations géophysiques ;

- Des niveaux et débits des cours d'eau sur le secteur d'étude afin de vérifier les transferts d'eau entre la nappe et les cours d'eau simulés par les différentes hypothèses ;
- Pompages d'essai (essai de puits et essai de nappe) afin d'identifier les changements de productivité des ouvrages et des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

Malgré une exploitation globalement constante du champ captant des Ansereuilles et une piézométrie constatée globalement stable sur plusieurs décennies, la situation d'exploitation des forages reste cependant critique pour l'opérateur ces dernières années avec une capacité de production en baisse estimée à 360 m³/h (Sourcéo, exploitant pour la MEL). La pérennité de l'exploitation des forages est questionnée.

À l'échelle du champ captant, aucune tendance claire ne se dégage sur les évolutions des niveaux statiques et des débits globaux prélevés qui pourrait expliquer cette baisse de production. Le modèle hydrogéologique semble montrer un impact modéré des failles sur les niveaux statiques du secteur du champ captant sans tendre vers une explication quant au rôle hydraulique des failles. Il est apparu alors nécessaire de mieux appréhender la problématique de production et de préciser les difficultés opérationnelles qui mettent en doute la pérennité du champ captant.

Des discussions avec la MEL et Sourcéo ont permis de mettre en évidence les contraintes opérationnelles de production et d'exploitation du champ captant. Même si les volumes prélevés sont relativement stables dans l'ensemble du champ captant des Ansereuilles, les débits individuels des forages varient parfois fortement pour répondre à plusieurs contraintes majeures corrélées :

- Répondre à la demande de volume (avec la pression du réseau comme indicateur).
- Assurer la qualité requise pour la distribution d'eau (avec la possibilité de mélanges d'eau dont l'ajustement est réalisé en fonction des analyses mensuelles).
- Atteindre les débits maximum historiques : Potentielle perte de productivité connue pour certains forages (maintenance, historique de production, etc.).
- Exploiter la nappe par groupes de forages.

À la lumière de ces contraintes opérationnelles, la problématique initialement décelée d'une baisse importante des niveaux d'eau dans les puits des champs captants du sud de Lille amenant à une baisse de productivité est remise en question. Les investigations hydrogéologiques initialement proposées sont réajustées de la façon suivante :

- ⇒ Réinterprétation des données existantes (puits et piézométrie) à la lumière des nouvelles informations de gestion de la part de Sourcéo (selon contraintes qualitative et potentielle perte de productivité connue).
- ⇒ Analyse particulière des groupes de forage: F25-F28 / F5-6 / F14-F15 de bonne qualité mais ayant une perte de productivité.
- ⇒ Exploration plus fines des données des forages ciblés (maintenance, pompage d'essai, recharge, captivité, etc.).
- ⇒ Objectiver la baisse de production des forages qui sont ressentis en tension quantitative (trouver un indicateur clé à partir de la masse de données mise à disposition).
- ⇒ Expliquer les baisses de production quantitative identifiées: problématique proche puits ou plus large ?

3. Eléments de compréhension des difficultés opérationnelles rencontrées sur le champ captant des Ansereuilles

Le chapitre précédent a permis de dresser des conclusions intermédiaires à partir d'une première analyse des données disponibles sur le champ captant des Ansereuilles et de l'interprétation des résultats de différentes simulations réalisées à partir du modèle hydrogéologique de la craie du Nord-Pas de Calais : à l'échelle du champ captant, aucune tendance claire ne semble se dégager sur les évolutions des niveaux statiques et des débits globaux observés et le modèle hydrogéologique ne montre qu'une sensibilité modérée des niveaux statiques du secteur du champ captant aux scénarios mettant en jeu des failles imperméables dans le secteur d'étude. Malgré ces constats, de réelles difficultés de production sont ressenties par les opérateurs du champ captant et une analyse plus locale du jeu de données disponible sur le champ captant des Ansereuilles est proposée dans ce chapitre dans le but de mieux comprendre la situation de tension quantitative ressentie par les producteurs d'eau.

En préalable à toute analyse, il est important de décrire les contraintes dictant les choix en matière de débits prélevés :

- 1- La première contrainte est l'adaptation à la demande en eau afin de maintenir, en temps réel, la pression du réseau d'eau.
- 2- La seconde contrainte est liée à la qualité des eaux prélevées qui diffèrent selon les secteurs du champ captant. Des mélanges sont ainsi nécessaires pour satisfaire les normes de qualité d'eau brute « eau potable », ce qui limite *de facto*, les débits prélevés dans les ouvrages où les normes de qualité des eaux ne sont pas atteintes.
- 3- La troisième contrainte est la bonne atteinte des débits objectifs (ou optimum connu d'exploitation) pour chaque forage. Sur certains ouvrages, il apparaît que les débits atteignables depuis quelque temps sont à la baisse et sont bien en deçà des débits objectifs (ou maximum historiques).
- 4- La quatrième contrainte est d'exploiter la nappe par groupes de forages.

La question d'intérêt dans le projet Geo2020 est liée à la disponibilité de la ressource en eau et c'est le troisième point qu'il s'agit de discuter dans ce chapitre. Toutefois, la complexité des multiples contraintes expliquant les variations temporelles des débits prélevés nécessite une analyse *ad-hoc* des données à disposition. En particulier, il est important de focaliser cette analyse sur les ouvrages où des baisses de productivité ont été ressenties. Pour cela, nous nous basons sur une liste de forages pour lesquels les problèmes quantitatifs sont les plus prégnants, liste fournie par les exploitants. Il s'agit de 8 ouvrages localisés dans trois secteurs différents :

- 1- Les 4 forages *F25 à F28* (ou *A25 à A28*) situés dans le groupe de la vallée n°2
- 2- Les 2 forages *F5 et F6* (ou *A5 et A6*) situés dans le groupe de la vallée n°1
- 3- Les 2 forages *F14 et F15* (ou *A14 et A15*) situés dans le groupe du Marais

3.1 DONNEES ET INFORMATIONS UTILISEES

Pour chaque groupe d'ouvrages du champ captant des Ansereuilles, les données suivantes sont disponibles :

- Les volumes prélevés au pas de temps mensuel depuis janvier 1957.
- Les niveaux piézométriques mesurés au niveau des forages au pas de temps généralement mensuel depuis janvier 1957. Deux types de niveaux d'eau sont fournis :

les niveaux dynamiques (lorsque les forages sont en fonctionnement) et les niveaux statiques (mesurés après arrêt du pompage). À noter que ni les débits précédents les mesures de niveaux dynamiques, ni les durées d'arrêt des pompages avant mesure des niveaux statiques ne sont connues, ce qui peut poser quelques difficultés d'interprétation.

À noter que la période 2008-2015 est caractérisée par de nombreuses lacunes dans les données piézométriques sur le champ captant des Ansereuilles, comme le montre la Figure 18.

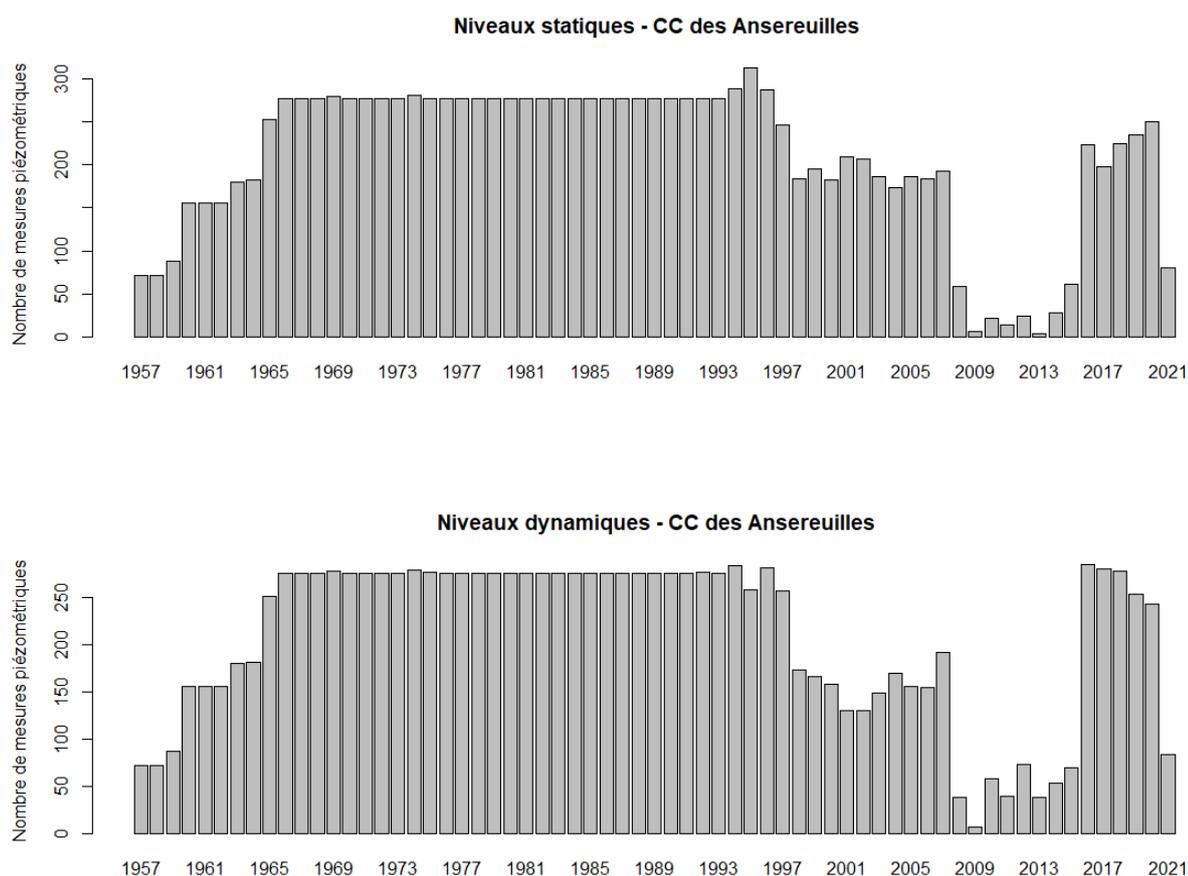


Figure 18 : Nombres de mesures piézométriques par an sur le champ captant des Ansereuilles

À noter aussi que les mêmes données sur les champs captant voisins (Sainghin-en-Weppes, Houplin-Ancoisne, Seclin et Emmerin) sont également disponibles.

En plus de ces données, des informations de différents types ont été fournies pour chaque forage. Outre des rapports dédiés à la création ou à la maintenance de tel ou tel forage, les résultats des pompages d'essai ayant été menés sont renseignés pour chacun des forages du champ captant.

Enfin une partie des données de niveaux mesurés sur 97 piézomètres du secteur a été utilisée par la suite. Ce jeu de données a été complété par des données de la base ADES lorsque ces dernières étaient disponibles.

La position des ouvrages (forages, piézomètres) pour lesquels des données de niveaux d'eau ont été fournies est donnée à la Figure 19.

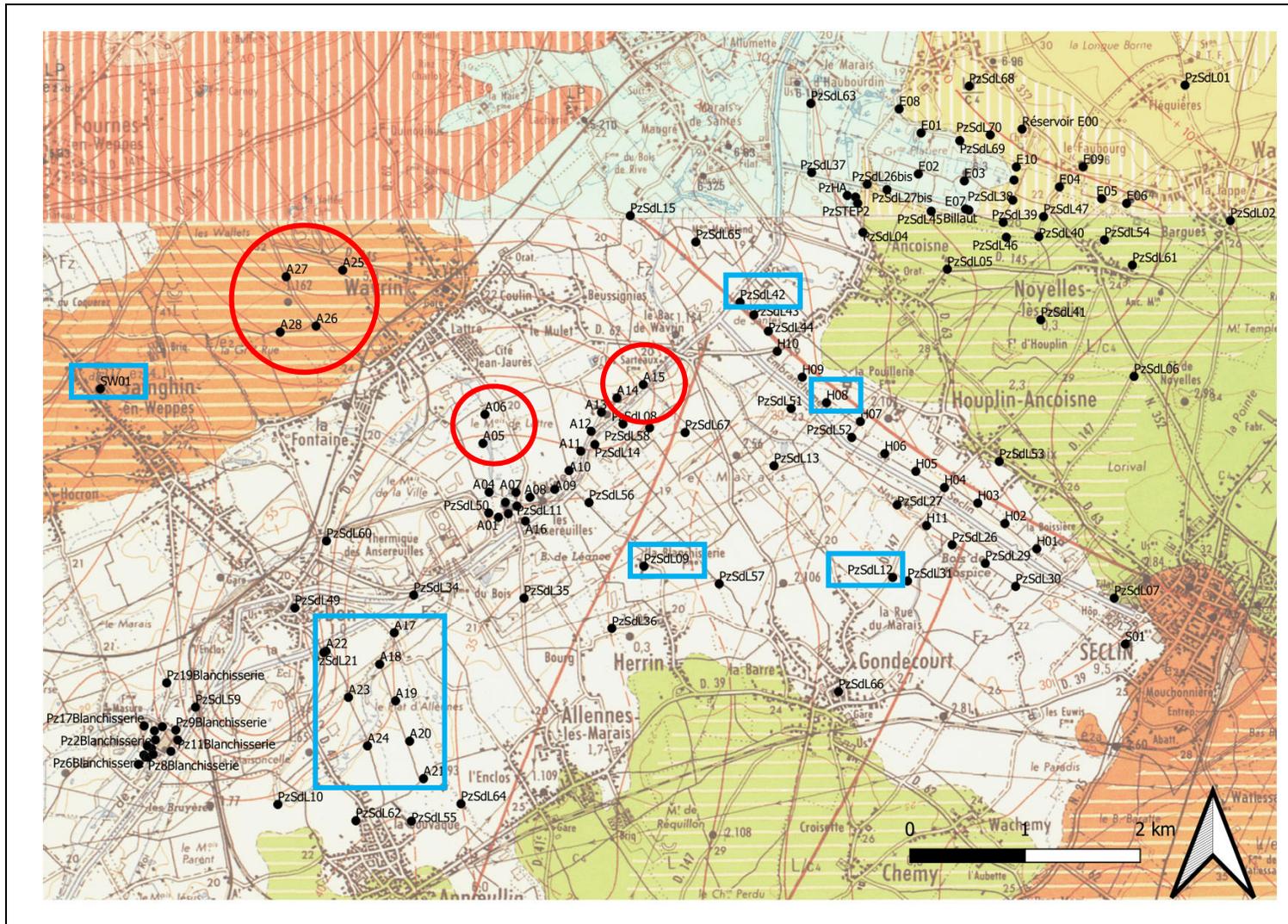


Figure 19 : Position des ouvrages (forages, piézomètres) pour lesquels des mesures piézométriques ont été fournies (fond de carte : cartes géologiques au 1/50 000). Les cercles rouges présentent les secteurs étudiés et les rectangles bleus, les secteurs et ouvrages étudiés également dans ce chapitre.

3.2 FORAGES F25 A F28 – LA VALLEE N°2

Le groupe de forage F25 à F28 est le plus récent du champ captant des Ansereuilles ; les forages ont été créés entre 1991 et 1993 à l'ouest de l'agglomération de Wavrin suite à des besoins de restructuration du champ captant. Ces besoins étaient d'ordre quantitatif, la sécheresse de 1990 ayant entraîné une diminution de 30 % de la capacité de production de l'usine, et d'ordre qualitatif, ce secteur plus éloigné de la Deûle étant protégé contre les pollutions de surface grâce à l'épaisseur de recouvrement argileux sus-jacent.

Dans les conditions hydrogéologiques qui prévalaient à l'époque de leur construction, les débits conseillés en régime d'exploitation continu (débits objectifs initiaux) étaient respectivement de 130 m³/h, 120 m³/h, 160 m³/h et 140 m³/h pour le forage F25, F26, F27 et F28 (Denudt & Bailly, 1991b, 1993).

Aujourd'hui, plus précisément en mai 2021, les débits théoriques (débits de consignes, pas forcément atteints, fixés par les exploitants étant données les propriétés actuelles de l'ouvrage) indiqués pour les prévisions mensuelles de prélèvements sur le champ captant sont de 47 m³/h, 94 m³/h, 94 m³/h et 73 m³/h, très loin des débits objectifs initiaux.

Pour mieux comprendre cette baisse, la première étape a consisté à évaluer l'évolution des niveaux piézométriques du secteur, à la fois en statique et en dynamique.

La Figure 20 montre sur le même graphique, les niveaux statiques, dynamiques et les prélèvements à l'échelle mensuelle. Il se dégage une baisse des niveaux d'eau en parallèle d'une baisse des débits prélevés au cours du temps sauf sur l'ouvrage A27 où la baisse de débit est moins nette. En outre, les différences entre les niveaux statiques et dynamiques semblent de plus en plus importantes et cela sur tous les ouvrages, ce qui viendrait confirmer la baisse de productivité des ouvrages ressentie par les opérateurs : c'est ce que confirme les graphiques à droite de la Figure 20 affichant pour les mois le permettant ces différences de niveaux d'eau en regard des débits prélevés. On remarque notamment une baisse importante et rapide aux alentours du début des années 2010 (le peu d'observations disponibles entre 2008 et 2015 dans les chroniques piézométriques empêche d'être plus précis sur cette date).

Attention toutefois à une surinterprétation de ces données (par exemple une analyse quantitative des rabattements vs. débits), les valeurs de rabattement ne peuvent directement être associées aux prélèvements puisque les quantités prélevées sont mensuelles et que les niveaux piézométriques ont été mesurés un jour donné où les débits étaient vraisemblablement différents du débit moyen mensuel. Seule une analyse qualitative basée sur l'observation visuelle des différences entre niveaux statiques et dynamiques est possible. En outre, l'augmentation importante et rapide de cette différence en particulier pour A25 / A27 et A28 amène à s'interroger sur l'homogénéité du protocole de mesure des niveaux dynamiques dans les ouvrages au cours du temps (sans autre information, ce protocole est supposé être le même).

Fonctionnement de l'hydro-système de la craie dans la région des champs captants du sud de Lille - Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique

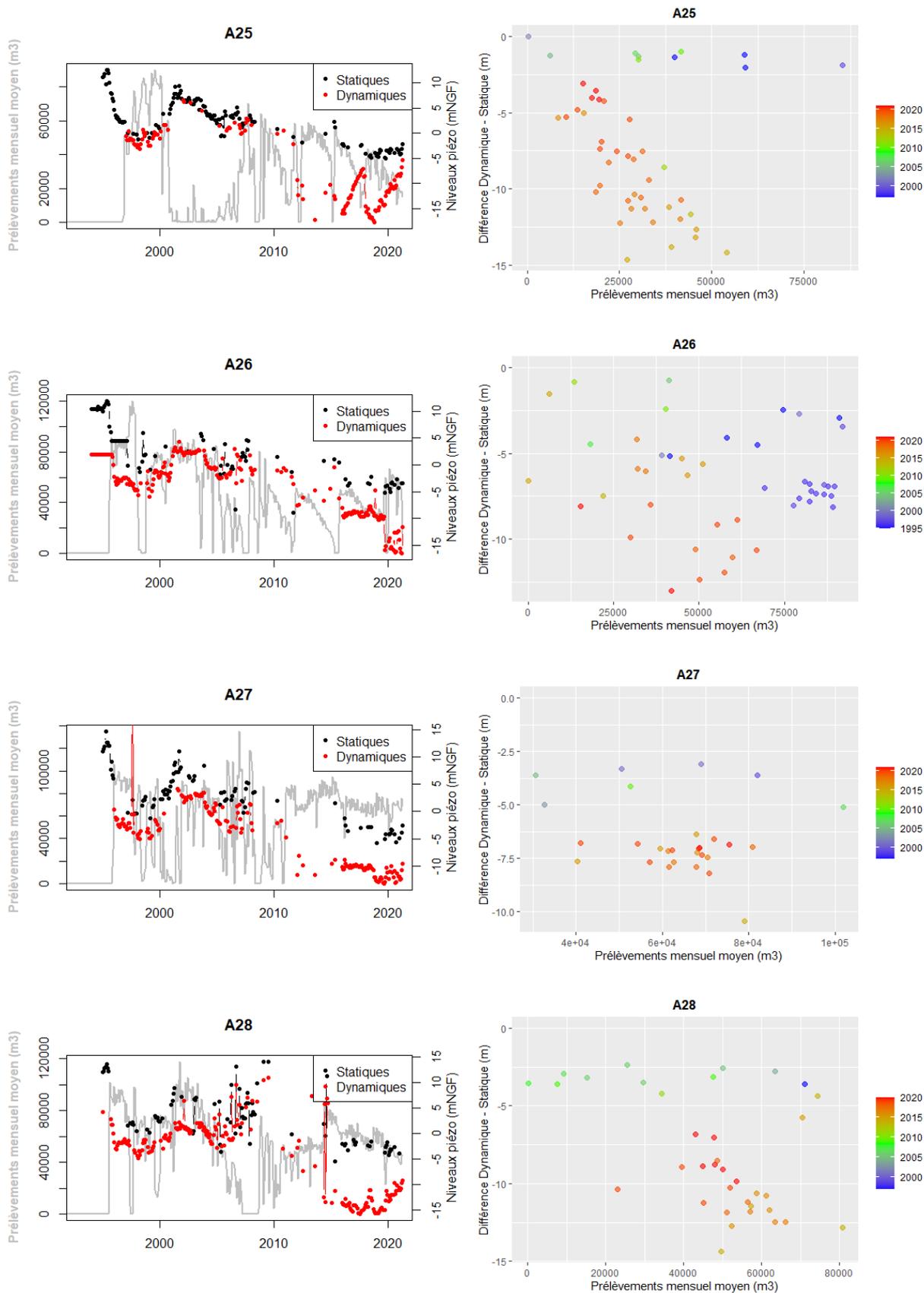


Figure 20 : Niveaux statiques et dynamiques vs. prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A25 à A28.

Une observation intéressante peut également être faite sur les chroniques des niveaux statiques seuls. Ces niveaux sont à la baisse. Cette baisse est clairement visible lorsqu'on superpose toutes les mesures piézométriques du secteur vallée 2 (les valeurs mesurées sont d'ailleurs pour la plupart très cohérentes entre forages de ce secteur, ce qui semble montrer que les niveaux décrits comme statiques le sont bel et bien) et n'est pas corrélée à une augmentation des prélèvements puisque les prélèvements cumulés sur le secteur sont relativement constants depuis les années 2000 (voir Figure 21).

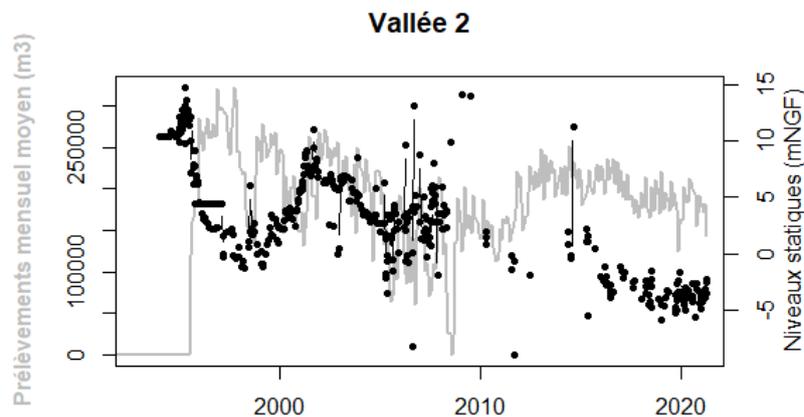


Figure 21 : Prélèvements cumulés et niveaux statiques mesurés sur le secteur de la Vallée 2 (pas de temps mensuel)

Une dégradation des propriétés des forages comme un colmatage joue sur la productivité de ces derniers en augmentant les rabattements pour un même débit pompé mais ne semble pas pouvoir expliquer la baisse des niveaux statiques. Les prélèvements étant plutôt constants, cette baisse pourrait être reliée à la pluviométrie (efficace) et à une baisse de la recharge des nappes sur les dernières années. Deux solutions semblent possibles pour étudier cette hypothèse :

- La première solution consiste à évaluer l'évolution des niveaux mesurés dans des piézomètres alentours où l'influence des captages serait moindre, et ainsi vérifier si, dans un régime « plus naturel » les niveaux piézométriques montrent une telle baisse (sous des conditions hydrogéologiques relativement similaires), ce qui permettrait d'envisager une cause météorologique à cette dernière (puisque les prélèvements sont plutôt constants) ;
- La seconde solution consiste à utiliser les résultats du modèle hydrodynamique, qui intègre, en plus des chroniques de prélèvements, un bilan hydro-climatique explicite et qui peut donc fournir des éléments sur les origines de la baisse des niveaux observés. Le modèle permettant le calcul de charges hydrauliques qui se rapprochent des niveaux statiques mesurés, il est alors possible de vérifier l'évolution piézométrique en fonction des causes météorologiques.

Concernant **la première solution**, la tâche n'est pas aisée puisque le secteur est très influencé et marqué par des conditions hydrogéologiques qui peuvent varier, notamment le caractère libre ou captif de la nappe de la Craie. Afin d'identifier les piézomètres pertinents, la base de données « piézomètres » fournie par la MEL ainsi que la base de données ADES ont été utilisées. Les piézomètres les plus proches du secteur bénéficiant à la fois d'un historique important, et de données récentes sont le piézomètre 00202A0129/F8 (c'est le forage H8 du champ captant d'Houplin-Ancoisne qui n'est pas utilisé pour les prélèvements depuis 1975) et le piézomètre 00201B0529/PZ9 (ou PzSdL09). Le forage H08 situé au sein du champ captant d'Houplin-Ancoisne est plus proche de captages que le piézomètre PzSdL09 et il est donc éventuellement plus sujet aux influences.

Toutefois, le forage H08 bénéficie de données depuis 1975 alors que les mesures commencent en 1998 sur l'ouvrage PzSdL09. Dans la suite, nous conservons donc les deux.

La Figure 22 montre les évolutions conjointes des deux chroniques sur la période de mesure commune. On voit que les évolutions sont assez similaires, mais pas identiques : en particulier si on ajuste ces deux chroniques sur la période 2000-2008, on voit que les niveaux observés sur H08 sont « relativement plus hauts » (attention, ce ne sont pas les valeurs absolues des deux ouvrages qui sont comparées mais leurs évolutions relatives) que ceux de PzSdL09 après 2008. Afin de valider le fait que ces évolutions sont principalement dues au forçage météorologique, un essai de corrélation entre les pluies efficaces du secteur et ces chroniques a été mené. Les pluies efficaces ont été calculées à partir des données de pluviométrie et d'évapotranspiration autour du secteur. L'analyse de la corrélation a été faite à partir d'un outil en développement appelé indice de sensibilité aux pluies. Il est théoriquement plus adapté à un contexte de nappe libre mais peut être utile même dans un contexte de semi-captivité où les niveaux dépendent des précipitations comme sur le secteur des Ansereuilles. La Figure 23 montre une assez bonne corrélation entre les pluies efficaces et les variations piézométriques observées ; toutefois, elle semble légèrement meilleure pour le piézomètre PzSdL09 que pour le piézomètre H08. En particulier, les chroniques météorologiques ne semblent pas expliquer à elles seules les niveaux plus « hauts » observés sur H08 après 2008 ; la baisse régulière des prélèvements sur le champ d'Houplin-Ancoisne depuis 2007 pourrait expliquer cette moins bonne corrélation avec les pluies efficaces. Dans la suite nous conservons quand même la chronique H08 du fait de son historique mais il faudra garder en mémoire que les niveaux postérieurs à 2008 surestiment légèrement un comportement « naturel » de la nappe.

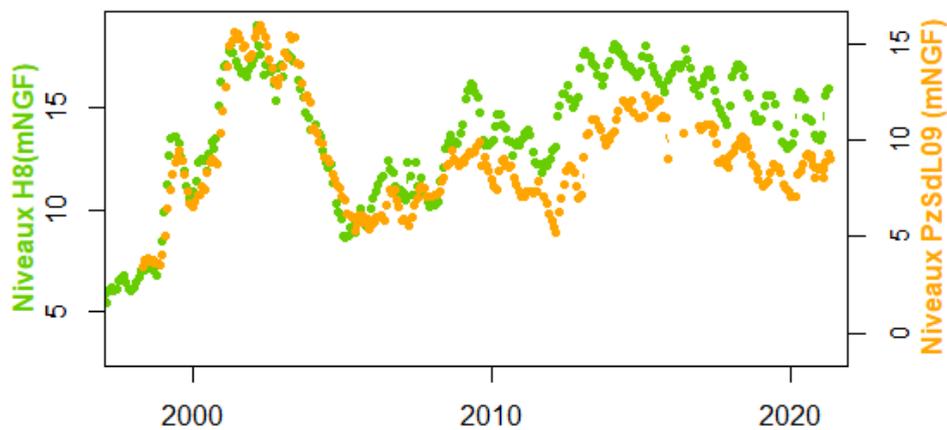


Figure 22 : Évolution conjointe des chroniques piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

Analyse automatique des chroniques piézométriques à l'ouvrage n° H08

Analyse automatique des chroniques piézométriques à l'ouvrage n° PzSdL09

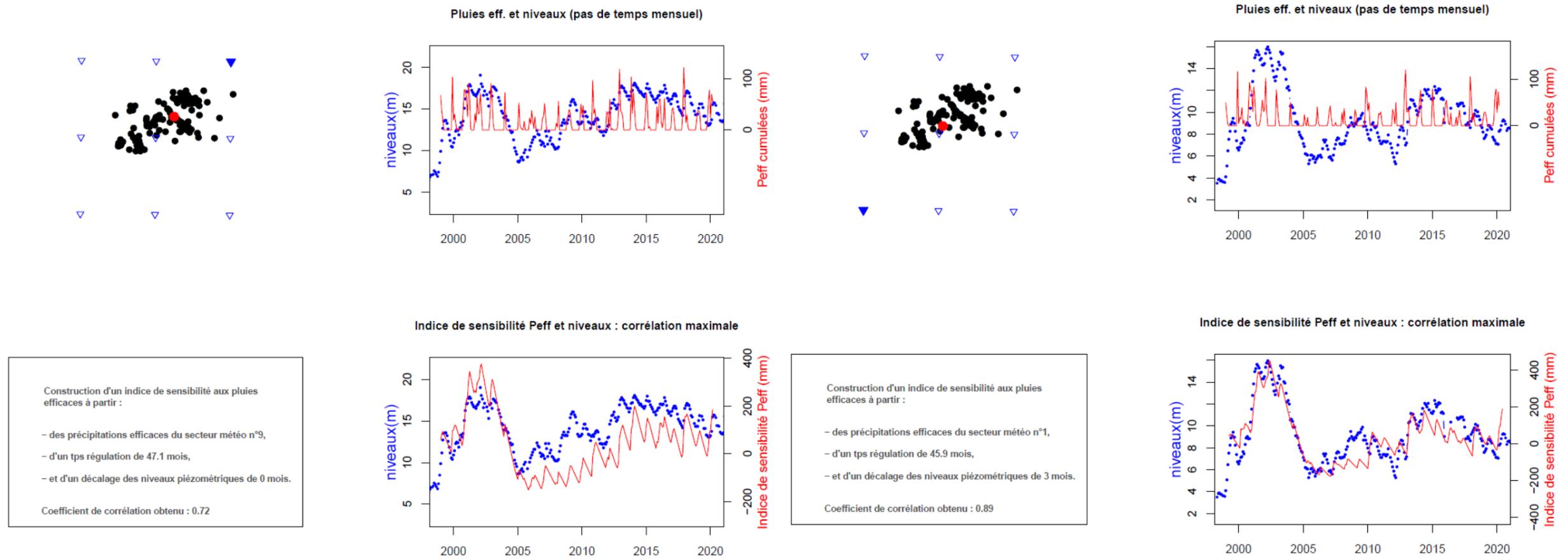


Figure 23 : Corrélation entre les pluies efficaces du secteur et les niveaux piézométriques mesurés sur les ouvrages H08 et PzSdL09

L'évolution des niveaux statiques mesurés sur le secteur de la Vallée 2 est ensuite comparée aux évolutions de ces « deux piézomètres de références » (voir Figure 24) : cette comparaison est seulement visuelle étant donnée les variations intempêtes observées parfois sur les chroniques de la vallée n°2 (ceci est d'ailleurs vrai pour toutes les analyses corrélatives entre chroniques de niveaux statiques proposées dans la suite de ce rapport). À noter, lors de la mise en place des prélèvements sur les forages A25 à A28 (Août 1995 pour A26 et A28, décembre 1995 pour A27 et novembre 1996 pour A25), une baisse des niveaux s'est logiquement produite, la superposition des chroniques a donc été faite après cette baisse. Cette comparaison, même si elle doit être faite avec précaution, montre que la baisse des niveaux statiques observée sur le secteur de la Vallée 2 ne se retrouve pas sur les piézomètres de références H08 et PzSdL09. La divergence entre les variations des niveaux statiques du secteur et des niveaux des piézomètres de référence semble se produire autour des années 2010 (le peu d'observations entre 2008 et 2015 dans les chroniques disponibles empêche d'être précis sur cette date) : il semblerait donc que cette baisse des niveaux soit locale sur le secteur de la Vallée 2, et que cette baisse ne soit pas causée par des modifications d'ordre plus globale, climatiques par exemple.

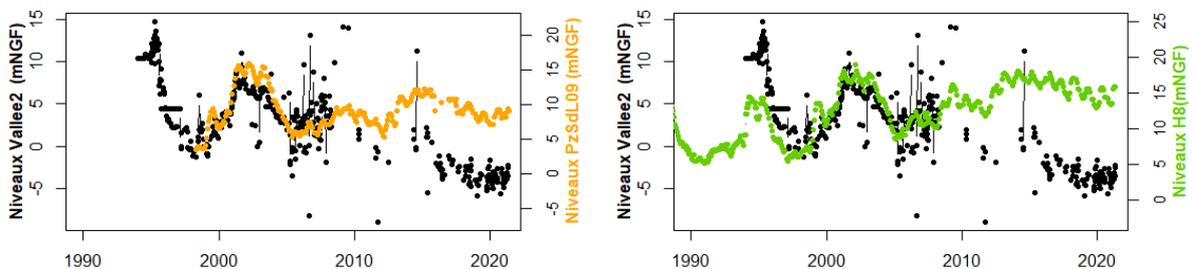


Figure 24 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur le secteur de la Vallée 2 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

La seconde solution consiste à utiliser les résultats du modèle hydrodynamique. Celui-ci intègre, en plus des chroniques de prélèvements, un bilan hydro-climatique explicite et peut donc fournir des éléments sur les origines de la baisse des niveaux observés. Le modèle permet le calcul de charge hydraulique qui se rapproche des niveaux statiques mesurés. Toutefois, comme précisé précédemment, les conditions de mesure des niveaux statiques ne sont pas très bien connues ; de plus les charges calculées sont dépendantes de la discrétisation temporelle du modèle (mensuelle) et de sa discrétisation spatiale (100 m x 100 m dans ce secteur). Par conséquent, il n'est pas illogique que les charges calculées et les niveaux statiques mesurés diffèrent quelque peu. Mais, ce qui nous intéresse ici, c'est surtout l'évolution de ces charges qui devrait, en toute logique, être similaire que l'on s'intéresse aux charges simulées ou observées. Ces évolutions sont affichées pour tous les ouvrages F25 à F28 à la Figure 25. Même si des difficultés existent pour bien superposer les chroniques, la baisse observée en deuxième moitié de chronique (à partir de 2010 environ) ne paraît pas être reproduite par le modèle, ce qui apporte des éléments supplémentaires pour écarter l'évolution de la recharge ou des pompages comme cause de cette baisse.

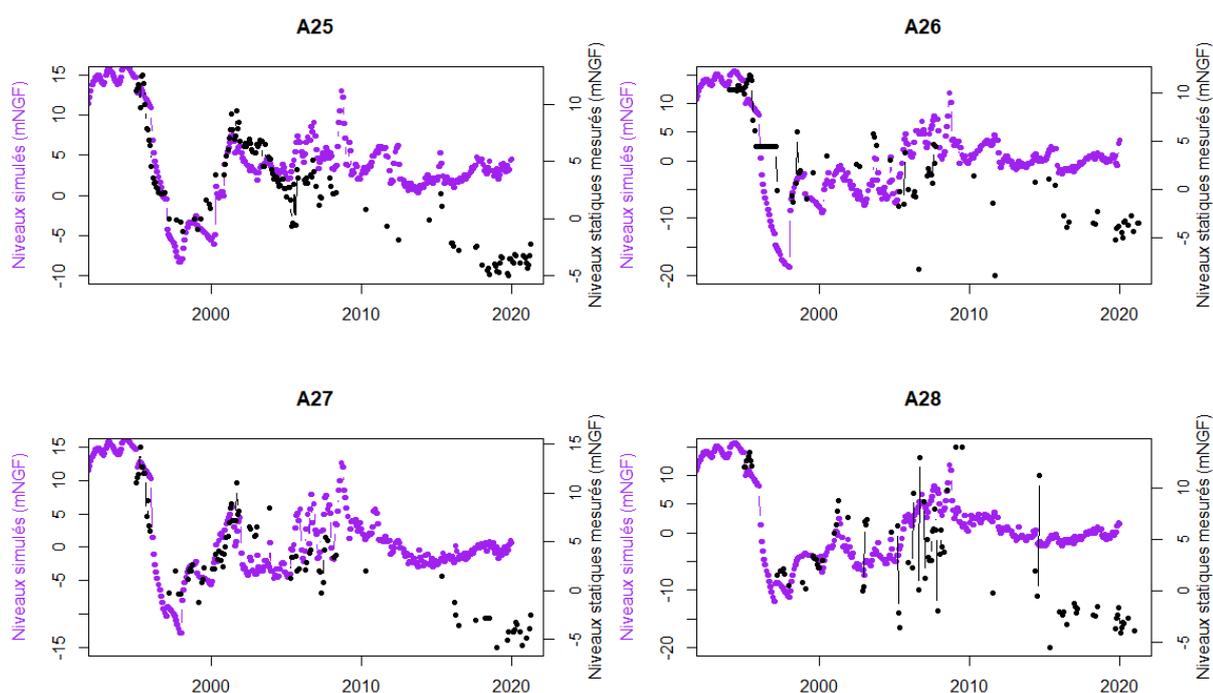


Figure 25 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique

Dès lors, puisque ni les variations d'apports météorologiques, ni les variations d'exports par prélèvements sont à même, à eux seuls, d'expliquer la baisse des niveaux observées de A25 à A28, la question d'une modification des propriétés hydrodynamiques dans le secteur de la Vallée n°2 se pose : à prélèvements constants dans le temps, une baisse des transmissivités du milieu aboutirait en effet à une baisse des niveaux statiques.

Dès la création de ce champ captant (Denudt & Bailly, 1991a), et plus particulièrement lors de la réalisation des 5 forages de reconnaissance, des profils de productivité par diagraphie de micro-moulinet ont été tracés. Certaines ont montré des arrivées d'eau importantes en tête de section crépinée (notamment Pz3 et Pz5). Ensuite, dans les rapports de réalisation des forages A25 à A28 (Denudt & Bailly, 1991b, 1993), il est précisé que les essais de puits ont montré, aux conditions de niveaux statiques de l'époque, un « dénoyage de fissures productives en tête d'aquifère » à partir de certains débits d'exploitation (130 m³/h pour A25, 110 m³/h pour A26, et 110 m³/h pour F28 ; ce n'a pas été le cas sur F27). À la lumière de ces premiers éléments, il nous est donc paru intéressant de ré-analyser les essais de puits par paliers réalisés sur les forages A25 à A28 lors de leur création puis au cours du temps : ces essais peuvent en effet informer sur une éventuelle évolution des propriétés hydrauliques du forage dans l'environnement proche puits et des transmissivités (essais de nappe). Tous les essais de puits ont consisté en la réalisation de quatre paliers de débits croissants d'une durée d'une heure, séparés par des intervalles de temps égaux. Les méthodes d'interprétations utilisées (pour ces essais de puits et pour les essais de nappe présentés plus tard dans ce rapport) sont dimensionnées pour des milieux homogènes et isotrope et sont applicables jusqu'au moment où le milieu étudié ne répond plus à ces conditions.

Ces interprétations ont été réalisées à l'aide du logiciel OUAIP¹ (Klinka et al. 2020) et aboutissent aux conclusions suivantes :

- **Forage A25 (Figure 26) :**
 - Seuls les deux premiers paliers de l'essai initial datant de 1991 sont considérés dans la mesure où les deux suivants montrent une chute des rabattements assimilée à l'époque plus au dénoyage de fissures productives qu'à une prédominance des écoulements turbulents.
 - Ensuite, une comparaison est faite avec les deux autres essais de puits réalisés en avril 2007 et en juillet 2014 : on y voit une augmentation progressive des pertes de charge quadratique associées à une diminution des performances de l'ouvrage au cours du temps. On y observe également des pertes de charge linéaires assez similaires entre les essais de 2007 et de 2014 alors que celles de 1991 sont bien moindres. Cela pourrait traduire un colmatage de l'environnement proche puits mais également, en lien avec les observations faites lors du premier essai de puits de 1991, une dégradation des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère au voisinage de l'ouvrage par dénoyage de fissures productives.
- **Forage A26 (Figure 27) :**
 - Comme pour le forage A25, seuls les deux premiers paliers de l'essai initial sont considérés.
 - La comparaison est faite avec le pompage d'essai réalisé le 24/09/2015 juste après sa régénération. On observe également une augmentation des pertes de charge quadratiques mais également des pertes de charge linéaires (qui étaient toutes deux encore bien plus importantes avant les opérations de régénération, cf. essai de puits du 16/09/2015.).
- **Forage A27 (Figure 28) :**
 - Sur cet ouvrage, le débit critique n'a pas été atteint lors de l'essai initial de sorte à ce que les 4 paliers effectués ont pu être utilisés pour établir la courbe caractéristique du puits.
 - La comparaison avec l'essai de puits daté du 13/04/2007 montre une augmentation des pertes de charge quadratique mais également des pertes de charge linéaire pouvant indiquer une diminution de la transmissivité de l'aquifère aux abords du puits (par colmatage et ou dénoyage de fissures productives). Attention, un autre essai semble disponible (il aurait été réalisé le 25/07/2007) ; toutefois les résultats sont surprenants avec des propriétés meilleures que lors des essais initiaux. Il faudrait s'assurer des modalités de réalisation de cet essai avant d'aller plus loin dans son interprétation.
- **Forage A28 (Figure 29) :**
 - Sur cet ouvrage, la droite des rabattements spécifiques associée à l'essai initial n'est pas linéaire, ce qui semble indiquer un changement de comportement hydraulique entre le deuxième et le troisième palier, même s'il semble moins prononcé que le changement observé sur A25 et A26 : seuls les deux premiers paliers sont donc considérés.
 - La comparaison de cet essai de puits initial à un essai plus récent datant du 17/07/2014, qui lui aussi semble montrer un débit critique atteint après les deux premiers paliers (le troisième palier n'est donc pas considéré), montre encore une augmentation des pertes de charge quadratiques entre les deux essais mais également une augmentation des pertes de charge linéaires, qui est toutefois de moins grande ampleur que pour les autres forages.

¹ Disponible sur : <https://www.brgm.fr/fr/logiciel/ouaip-outil-aide-interpretation-pompages-essais>

Au final, l'interprétation des essais de puits associés aux forages A25 à A28 a permis de mettre en évidence une dégradation progressive de ces ouvrages de captage avec une augmentation des pertes de charge quadratiques. Mais elle a également permis de mettre en évidence une augmentation des pertes de charge linéaires entre les premiers essais qui datent tous du début des années 1990 et des essais ultérieurs qui ont tous eu lieu après 2007. Cette augmentation de pertes de charge linéaires pourrait alors être due à un changement dans la transmissivité effective (ou équivalente) de l'aquifère au cours du temps du fait d'un colmatage de l'environnement proche puits et/ou d'un dénoyage de fissures productives : ce phénomène est en effet suspecté suite aux résultats des essais initiaux de puits sur A25, A26 et A28, (cf. Denudt & Bailly, 1991b, 1993) pour lesquels une rupture des droites des rabattements spécifiques est observée à partir de certains débits. Dans la mesure où les essais initiaux ont été réalisés dans des conditions où les niveaux statiques initiaux étaient hauts en comparaison avec les niveaux observés pour les tests ultérieurs, il semble cohérent d'attribuer l'augmentation des pertes de charge linéaire (au moins en partie) à une évolution de la transmissivité équivalente de l'aquifère du fait de ces dénoyages. En effet, dans un milieu poreux, si la hauteur saturée n'évolue pas dans des proportions considérables, l'hypothèse d'une transmissivité quasi-constante peut être acceptable. En revanche ici, dans un contexte où les écoulements se font préférentiellement à travers un réseau hétérogène de fractures, une baisse de niveaux peut jouer considérablement sur la transmissivité de l'aquifère si des fractures transmissives sont localisées au toit de l'aquifère ou dans la zone de battement de la nappe.

Pour aller plus loin, des données supplémentaires récoltées dans les rapports de réalisation du champ captant (Denudt & Bailly, 1991a, 1991b, 1993) ont été exploitées.

Tout d'abord, les niveaux statiques observés aujourd'hui sur les forages A25 à A28 ont été reportés (Figure 30) sur les diagraphies de micromoulinet effectuées sur des forages de reconnaissances qui leur sont proches (tenant compte de la différence d'altitude entre les ouvrages) : on voit clairement qu'aux niveaux statiques d'aujourd'hui, la même productivité du champ captant ne peut être attendue.

Ensuite, des essais de nappes ont été réalisés en 1991 et 1993 dans le secteur de la vallée 2, mais seuls les graphiques numérisés d'évolutions des niveaux piézométriques étaient disponibles (les chroniques de suivi du débit n'étaient pas disponibles). Ces graphiques ont été digitalisés puis ces essais de nappe réinterprétés à l'aide du logiciel OUAIP. Les principales conclusions en lien avec la problématique de notre étude sont les suivantes :

- **Essai de nappe de novembre 1991 (pompage sur A25)** : le principal enseignement est la difficulté de reproduire, en utilisant des paramètres hydrogéologiques homogènes, la baisse des niveaux piézométriques mesurés sur A25 en début d'essai. Cette baisse présente en effet une rupture de pente qui pourrait être le signe d'un dénoyage de fracture (le coefficient d'emmagasinement nécessaire au calage est très important). L'interprétation de l'évolution des niveaux dans un piézomètre proche (Pz2) semble également indiquer un fort coefficient d'emmagasinement une fois les premiers temps de l'essai passés (ce qui viendrait donc confirmer l'hypothèse d'un dénoyage), mais des incertitudes sur les débits pompés ainsi que des interférences liées à des pompages à proximité (dont A26) empêche la confirmation de ce dernier point.
- **Essai de nappe de janvier 1993 (pompage sur A28)** : cet essai de nappe a en fait été combiné avec l'essai de puits sur cet ouvrage A28 (4 paliers d'1h à débit croissants, le dernier palier étant poursuivi sur 24h de pompage). L'interprétation des évolutions piézométriques observées sur l'ouvrage Pz5 à proximité, en particulier celles liées à l'impact des différents paliers de l'essai de puits, montre que la considération d'une transmissivité homogène ne permet pas de reproduire les observations.

Une diminution progressive de la transmissivité est nécessaire pour reproduire les évolutions au cours de chacun des paliers. À noter que l'évolution des niveaux piézométriques sur le forage A28 ne montre pas de rupture nette comme on a pu le voir sur A25 mais on rappelle que l'essai de puits montrait lui une rupture de la droite des rabattements spécifiques à partir de certains débits. Toutes ces observations plaident pour des fractures moins productives lors du pompage (d'une intensité moindre que sur l'ouvrage A25).

Cette baisse de transmissivité, si elle est bien effective permettrait d'expliquer la baisse des niveaux statiques par une surexploitation du secteur, les débits d'exploitation initiaux ayant été prévus pour des propriétés hydrodynamiques plus favorables. Elle expliquerait également pourquoi le modèle qui considère l'aquifère crayeux aux propriétés constantes et homogènes sur toute la couche, ne parvient pas à bien reproduire les observations malgré l'intégration des chroniques météorologiques et de prélèvements.

L'ensemble de ces indices indique sur le secteur de la Vallée 2 que :

- Les niveaux statiques ont logiquement évolué au cours du temps en fonction à la fois de l'alimentation de l'aquifère et des prélèvements y étant effectués depuis la mise en place des forages A25-A28. Les ouvrages ont été réalisés et testés à une période où les niveaux étaient relativement hauts en comparaison avec les niveaux observés depuis.
- Depuis le début des années 2000, les niveaux statiques suivent une tendance globale à la baisse, induisant vraisemblablement, d'après les différents éléments discutés ci-dessus (notamment les pompages d'essai), une baisse de la transmissivité équivalente de l'aquifère (due au dénoyage de fractures transmissives en partie supérieure de l'aquifère).
- La baisse des niveaux statiques, notamment celle observée depuis les années 2010 ne semble pas imputable aux seules conditions météorologiques mais semble liée à une baisse de la transmissivité équivalente de l'aquifère. La transmissivité étant plus faible que celle initialement estimée, les débits théoriquement prélevables sont logiquement moindres. On cite à ce sujet le rapport Denudt & Bailly, 1991 : « *Les débits de pointe de A25 et A26 sont susceptibles de varier avec l'importance de la recharge annuelle. Ainsi, une remontée des niveaux statiques d'un mètre permettrait la production de 30 à 40 m³/h supplémentaires par ouvrage. Par contre, une baisse d'un mètre aurait pour conséquence une baisse des débits de l'ordre de 20 à 30 m³/h* ». À savoir que depuis 1991, les niveaux statiques ont diminué de plus de 10 m sur A25 et A26.
- S'ajoutent à cela, des problèmes classiques de dégradation de l'ouvrage (colmatage) induisant également des débits prélevables plus faibles pour un même rabattement ;
- Devant ce double problème, la régénération des ouvrages existants, voire la création d'un nouveau forage dans ce secteur, à l'heure actuelle (c'est-à-dire aux niveaux statiques actuels) améliorerait le second problème mais n'aurait aucun effet sur le premier. C'est ce qui a pu être aperçu lors de la régénération opérée sur A26 dont la baisse de productivité était « *en partie liée à la baisse généralisée du niveau piézométrique de la nappe* » et « *en partie liée au colmatage des crépines et des formations aquifères dans l'environnement* » (Calaf, 2015). Les opérations de régénérations n'ont pu logiquement agir que sur la seconde partie.



A25



Site	Les Anseveilles	Type de pompage	Paliers de débits enchainés
Type d'ouvrage	Puits		

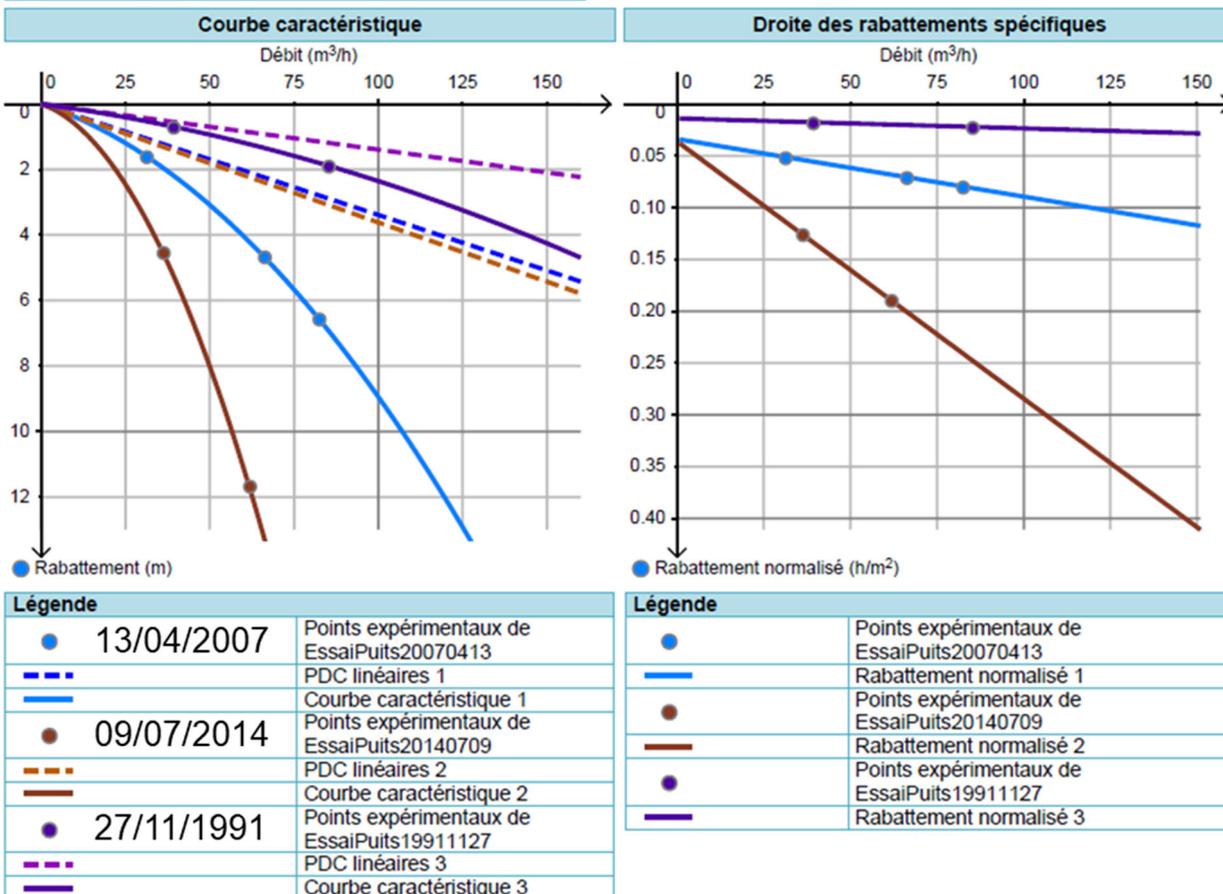


Figure 26 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A25



Ansereuilles-A26

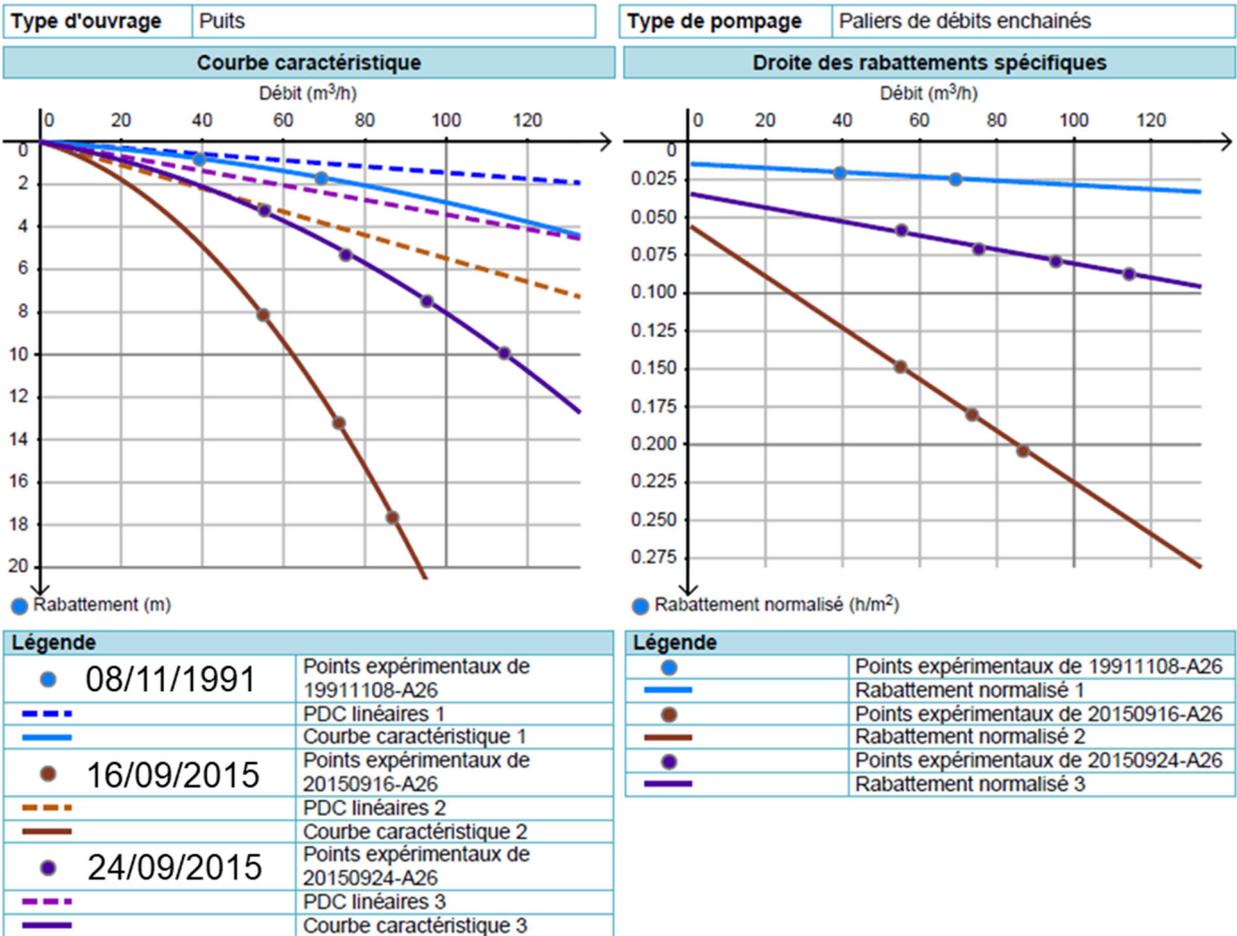


Figure 27 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A26



Ansereuilles A27

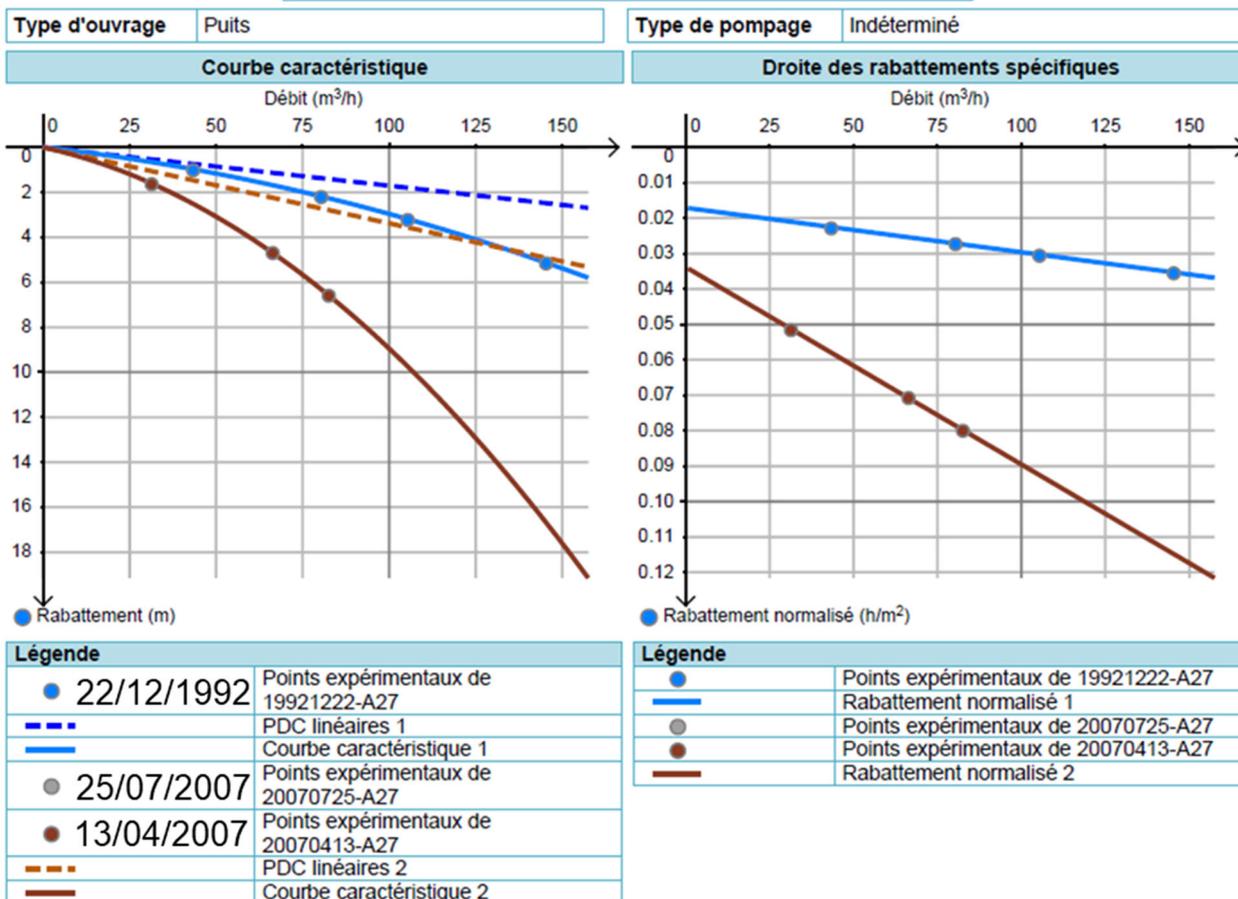


Figure 28 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A27



Ansereuilles A28

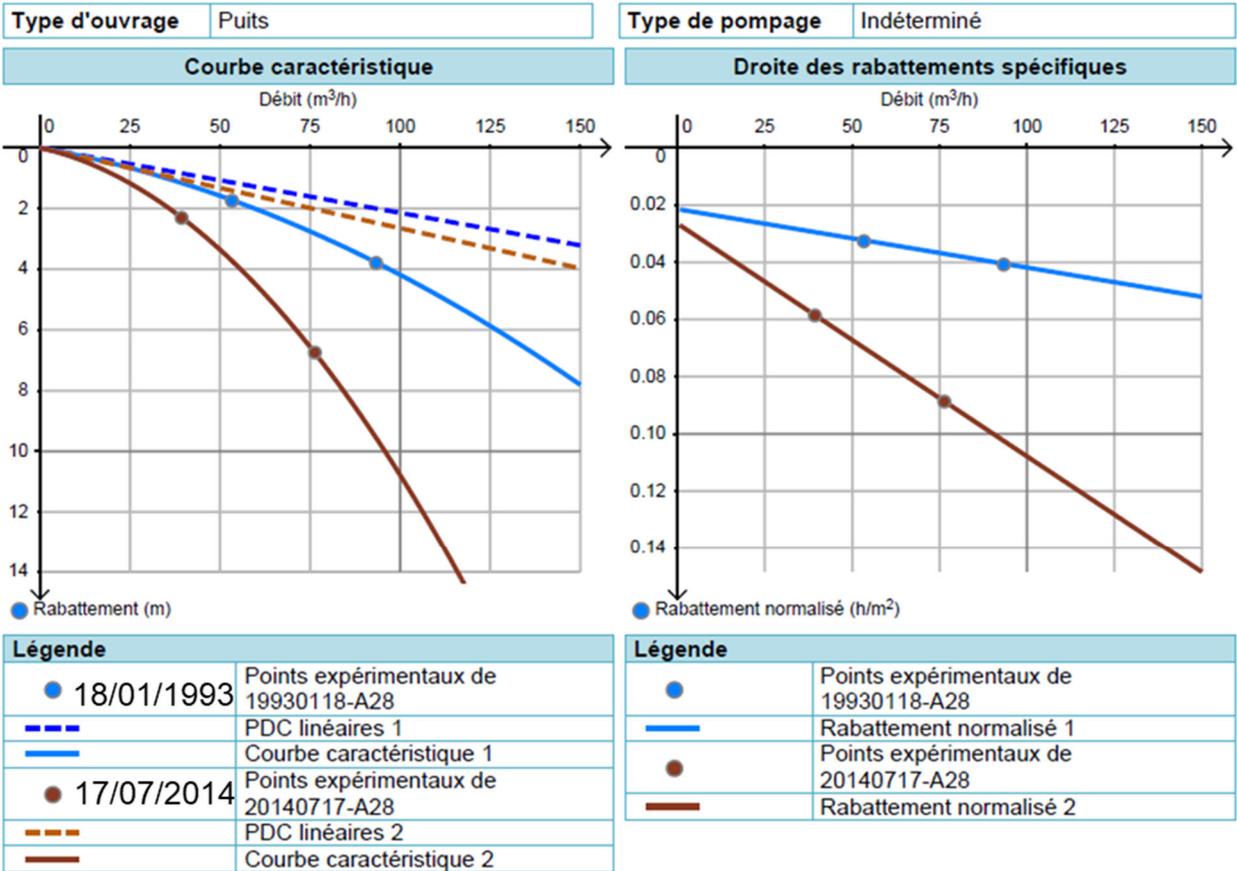


Figure 29 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A28

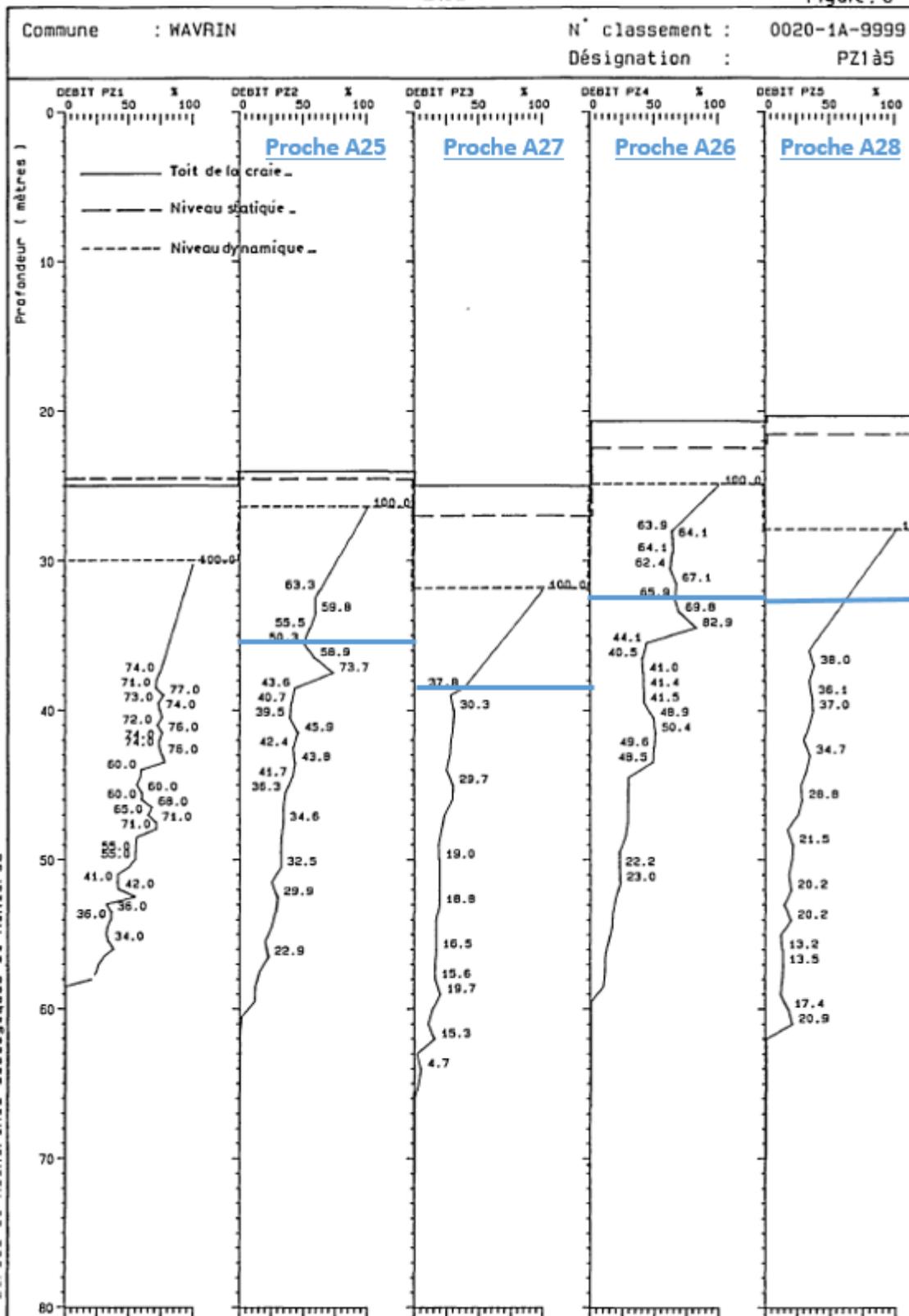


Figure 30 : Diagraphies de micromoulinet de forage effectuées sur les 5 forages de reconnaissance lors de la création de ce champ captant (Denudt & Bailly, 1991a). Les niveaux statiques du début de l'année 2021 sur les forages actuels proches de ces forages de reconnaissance sont également indiqués (en bleu)

3.3 FORAGES F5 ET F6 – LA VALLEE N°1

Les ouvrages A5 et A6 ont été créés en 1961 et 1962. Toutefois, le forage A6 a été rebouché en 1979 suite à un éboulement et remplacé par l'ouvrage A6BIS en 1980, que nous appellerons A6 dans la suite. À noter que ces deux ouvrages sont relativement proches des forages A25-A28.

L'affichage conjoint des niveaux statiques, dynamiques et des prélèvements associés à ces deux forages est fourni à la Figure 31 :

- L'analyse qualitative de la relation entre différence niveaux statiques/dynamiques et prélèvements semble montrer une augmentation des rabattements à prélèvements similaires mais cette dégradation de la productivité des forages ne semble pas être particulièrement récente notamment pour le forage A05 (au cours des années 1985-1990).
- Les niveaux statiques mesurés ne montrent pas une tendance à la baisse aussi importante que celle observée sur les forages A25-A28. La comparaison entre le secteur de la vallée 2 et les ouvrages A05-A06 de la vallée 1 (Figure 32) montre effectivement une baisse qui semble plus nette pour les ouvrages de la vallée 2.
- Néanmoins quand la même comparaison est faite entre les niveaux statiques mesurés sur les forages A05 et A06 et les niveaux observés au droit des piézomètres de référence discutés dans la section précédente, on voit que les évolutions diffèrent aux alentours des années 2010 (Figure 33).
- La superposition des observations avec les résultats du modèle hydrodynamique n'est pas aisée (cf. Figure 34) mais vient confirmer que les niveaux observés sont plus bas qu'attendus au regard de l'évolution connue de la recharge ou des pompages : cette divergence entre attendus et observations semble toutefois de moins grande ampleur que pour le secteur de la vallée 2.

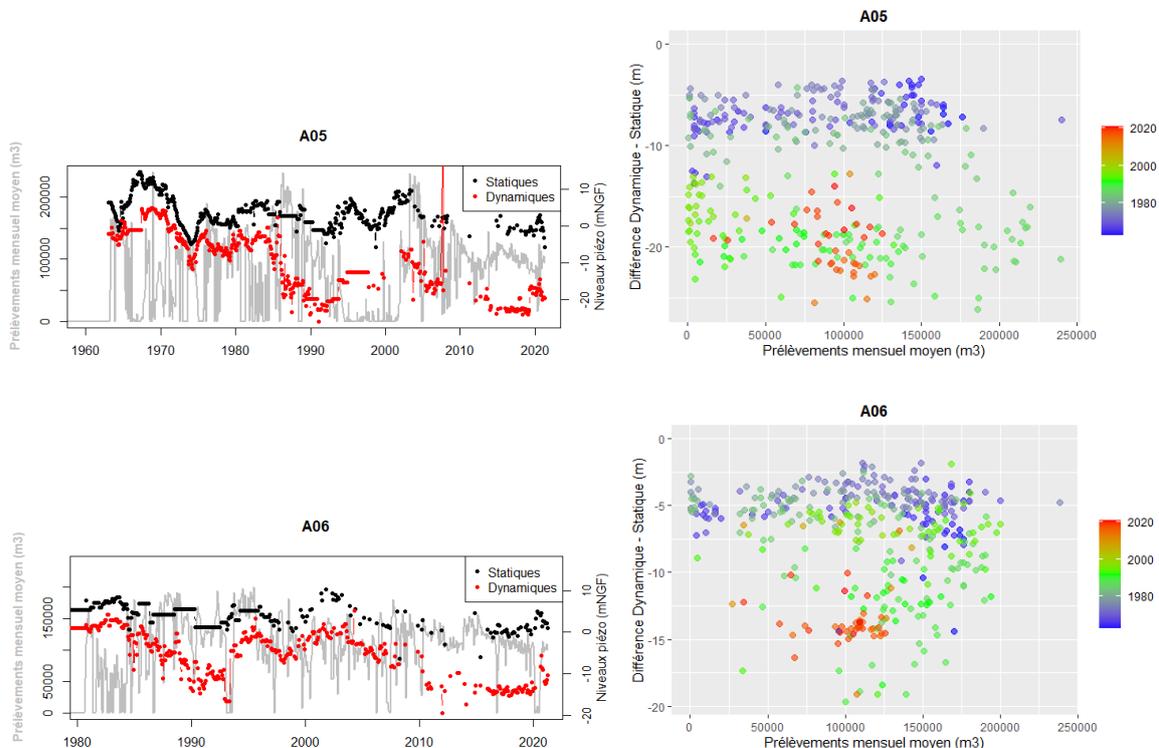


Figure 31 : Niveaux statiques et dynamiques vs prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A05 et A06

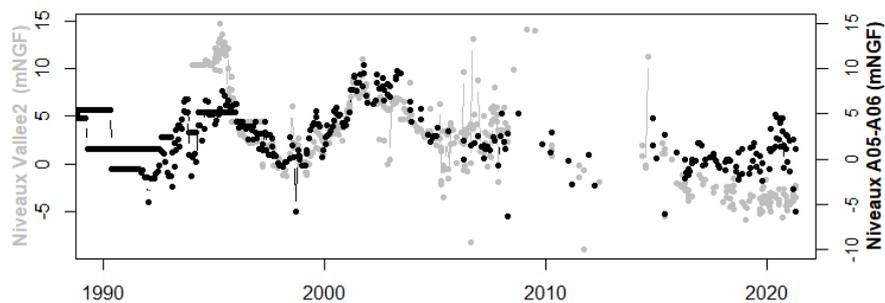


Figure 32 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages de la Vallée 2 et sur les ouvrages A05 et A06 de la Vallée 1

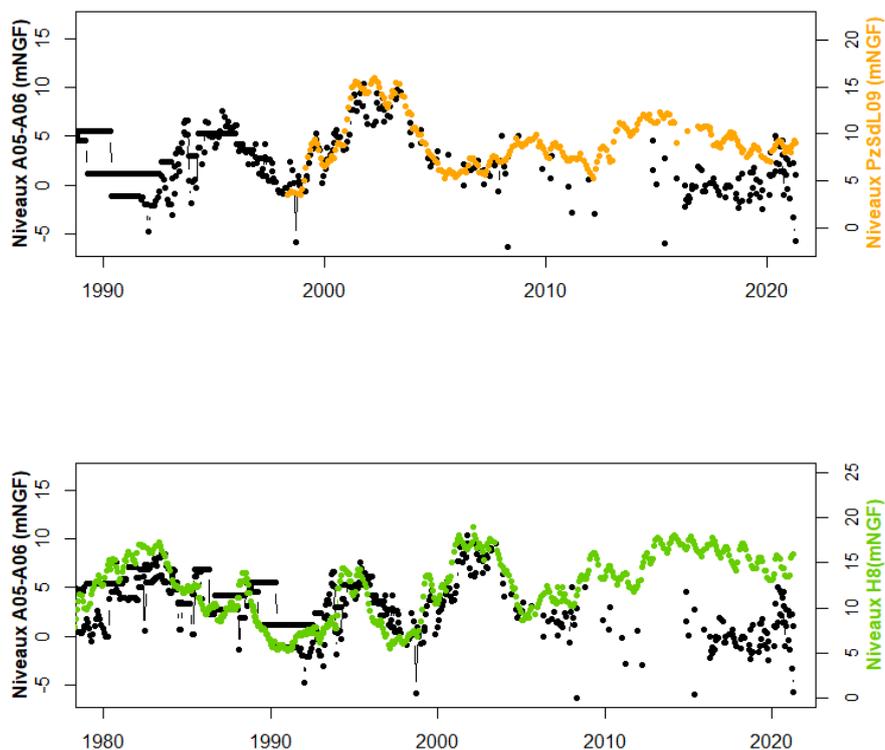


Figure 33 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A05 et A06 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

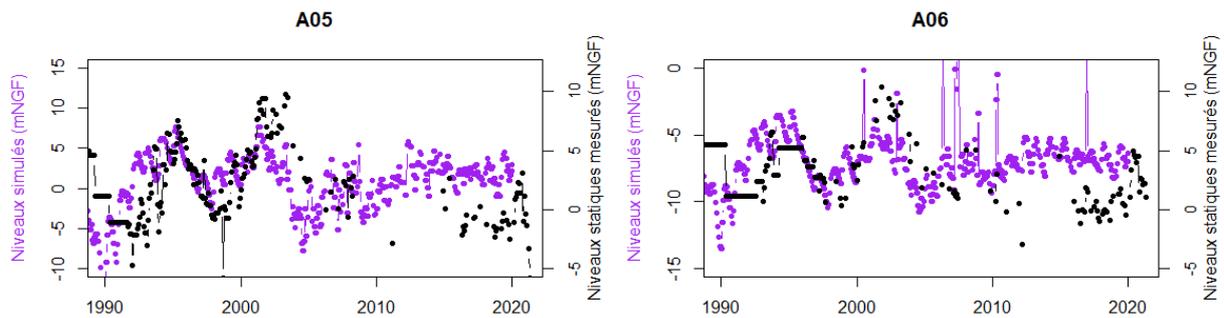


Figure 34 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique

L'analyse des essais de puits et de leur réinterprétation à l'aide du logiciel OUAIP a fourni les éléments suivants :

- **Forage A5 (Figure 35) :**

- L'essai de puits disponible le plus ancien date d'avril 1989. Ensuite, des essais de puits ont été réalisés en 2005, 2007 ainsi qu'en 2020 avant et après régénération ;
- L'essai de 2020 avant régénération montre des charges linéaires et quadratiques plus importantes qu'en 1989. La régénération a entraîné une diminution des pertes de charge quadratiques mais également linéaires, plaidant pour un colmatage des ouvrages et de l'aquifère proche puits. À noter que l'essai de 2005 ne montre pas de cohérence en terme de pertes de charge linéaires (très faibles) et pose donc question.

- **Forage A6 (Figure 36) :**

- L'essai de puits initial (avril-mai 1980) a été récupéré depuis la Base de données du Sous-sol. Trois essais ultérieurs sont indiqués dans le registre fourni par la MEL, ces tests datent de février 1993, de juillet 2007 et de novembre 2009.
- La comparaison des tests de 1980, 1993 et 2009 montre des pertes de charge linéaires très proches et des pertes de charge quadratiques faibles en 1980 et plus importantes en 1993 et 2009. À noter que les pertes de charge quadratiques sont plus importantes en 1993 qu'en 2009, ce qui peut s'expliquer par les opérations de régénérations ayant eu lieu sur cet ouvrage en novembre-décembre 2008. L'essai de 2007 ne montre pas de cohérence en terme de pertes de charge linéaires (plus faibles) et pose donc également question.

Au final, au vu des éléments à disposition et notamment des résultats des essais de puits, **la baisse de productivité ressentie sur ces ouvrages la Vallée 1 semble être principalement due à une dégradation des propriétés des forages et de leur environnement proche (colmatage)**, comme cela a pu être constaté sur le forage A5 récemment lors d'opération de régénération. En outre, il apparait que les niveaux statiques ne suivent pas les niveaux piézométriques des piézomètres de référence ni les évolutions attendues par le modèle hydrodynamique, ce qui pourrait être une conséquence de la baisse de plus grande ampleur observée sur le secteur de la Vallée 2. Il convient donc de surveiller ces niveaux puisqu'une baisse des niveaux statiques pourrait diminuer la transmissivité équivalente de l'aquifère comme observée sur le secteur de la Vallée 2 (même si les essais de puits ne mettent pas en évidence cela pour le moment) et viendrait également d'autant plus abaisser la productivité de l'ouvrage pour un niveau dynamique de consigne donné.



Essai par paliers

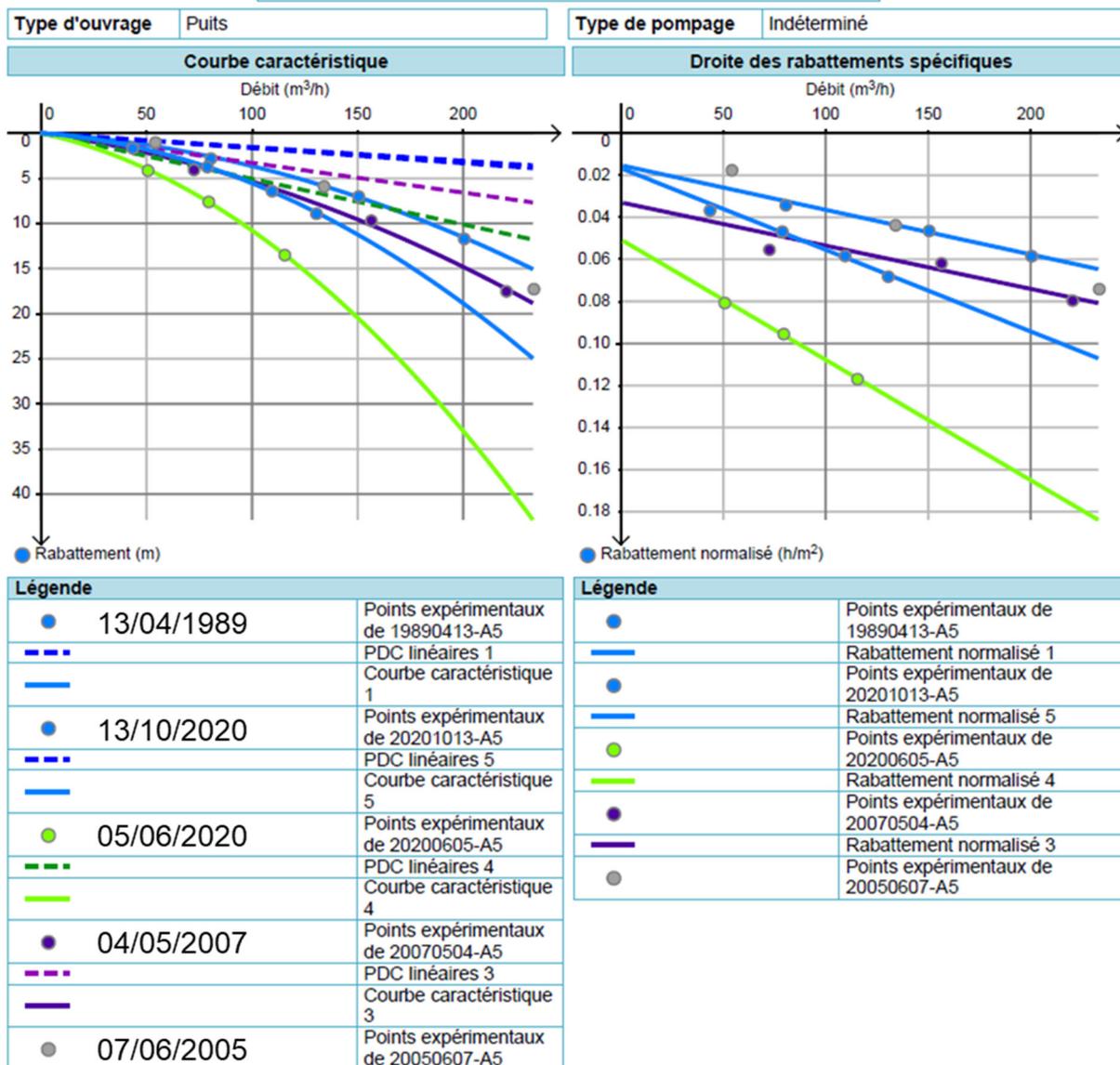


Figure 35 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A5

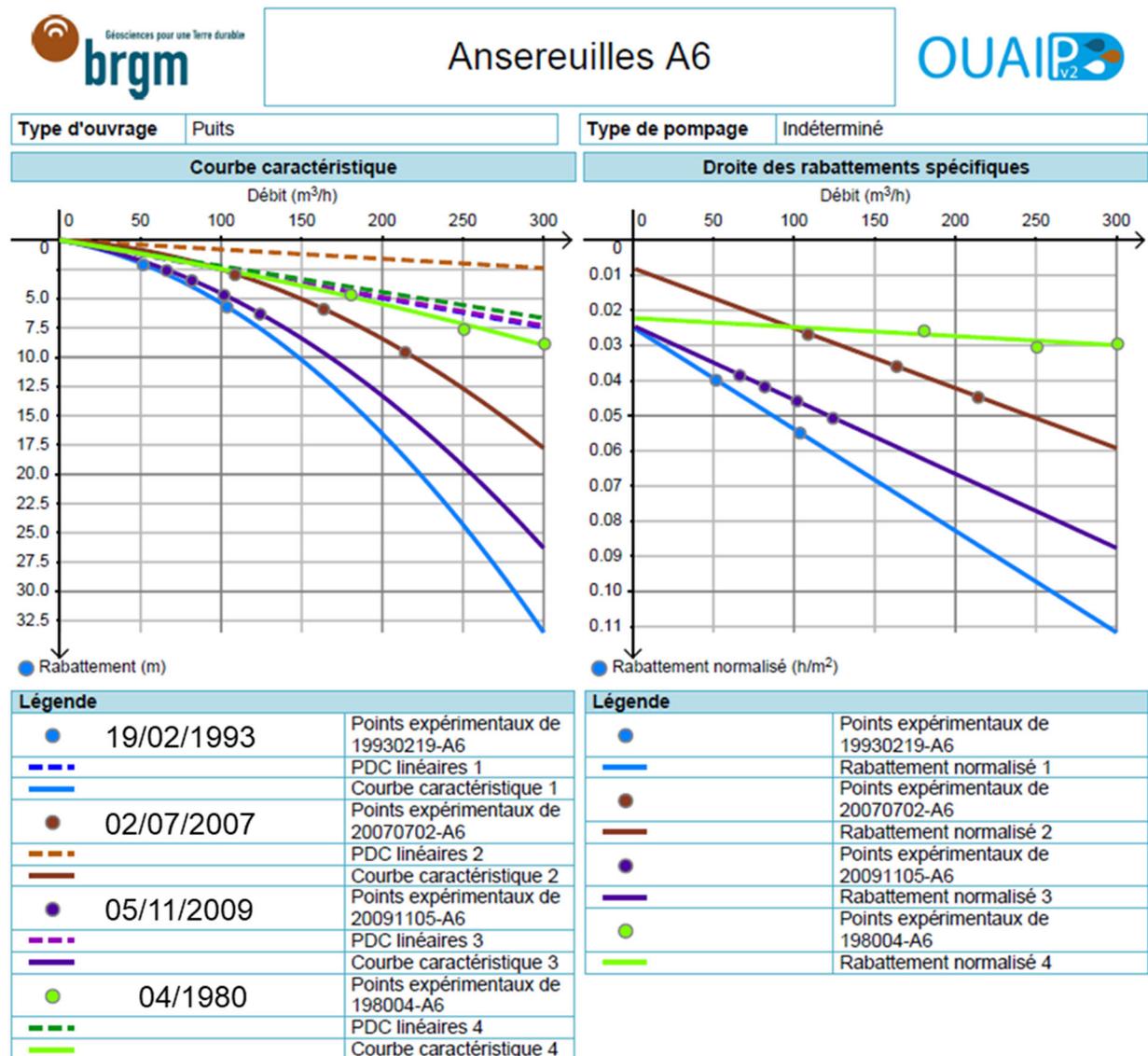


Figure 36 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A6

3.4 FORAGES F14 ET F15 – GROUPE DU MARAIS

Comme pour les forages précédents la Figure 37 permet d'analyser qualitativement l'évolution de la productivité des ouvrages à partir des chroniques de niveaux statiques et dynamiques et des chroniques de prélèvements sur les forages A14 et A15 du groupe du Marais. Les remarques sont similaires à celles ayant été faites pour les forages A5 et A6 :

- L'analyse qualitative de la relation entre différence de niveaux statiques/dynamiques et prélèvements semble montrer une augmentation des rabattements à prélèvements similaires mais cette dégradation de la productivité des forages ne semble pas être particulièrement récente. La tendance n'est d'ailleurs pas constante, ce qui pourrait éventuellement être relié aux opérations de régénération effectuées sur ces ouvrages.
- Les niveaux statiques mesurés ne montrent pas une tendance à la baisse aussi importante que celle observée sur les forages A25-A28 de la Vallée 2. La comparaison entre le secteur de la Vallée 2 et les ouvrages A14-A15 du Marais (Figure 38) montre effectivement une baisse qui semble plus nette pour les ouvrages de la Vallée 2.

- Néanmoins quand la même comparaison est faite entre les forages A14 et A15 et les piézomètres de références discutés dans la section précédente, on voit que les évolutions diffèrent aux alentours des années 2010 (Figure 39).
- La superposition des observations avec les résultats du modèle hydrodynamique n'est pas aisée (cf. Figure 40) mais vient confirmer que les niveaux observés sont plus bas qu'attendus au regard de l'évolution connue de la recharge ou des pompages : cette divergence entre attendus et observations semble toutefois de moins grande ampleur que pour le secteur de la vallée 2.

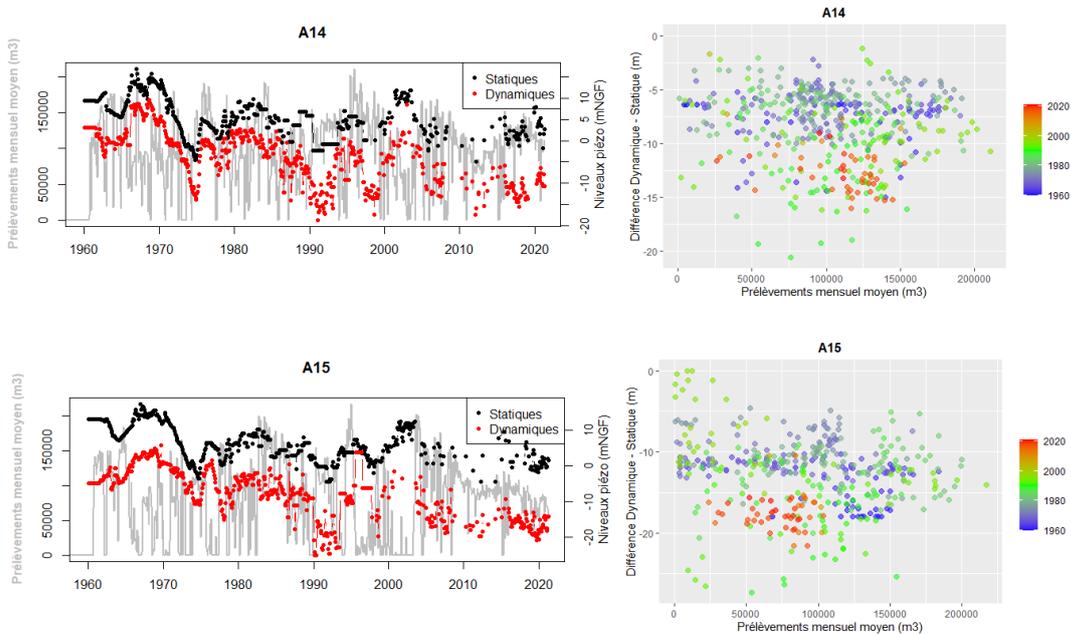


Figure 37 : Niveaux statiques et dynamiques vs prélèvements (pas de temps mensuels) sur les forages A05 et A06 du Marais

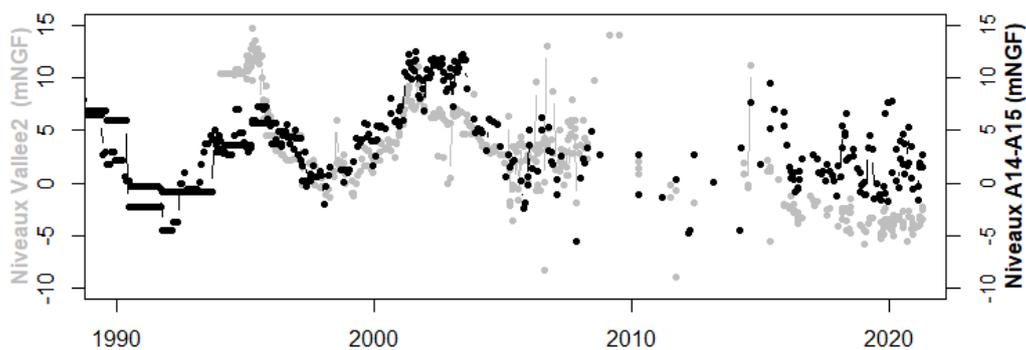


Figure 38 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages de la Vallée 2 et sur les ouvrages A14 et A15 du Marais

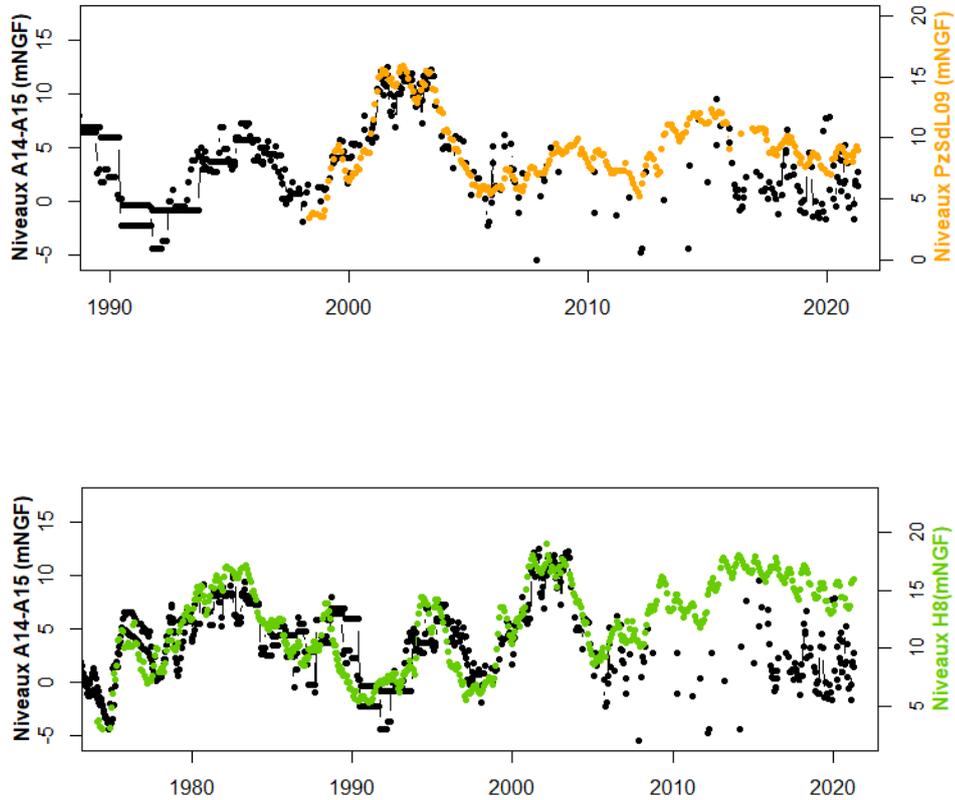


Figure 39 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A14 et A15 du Marais et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

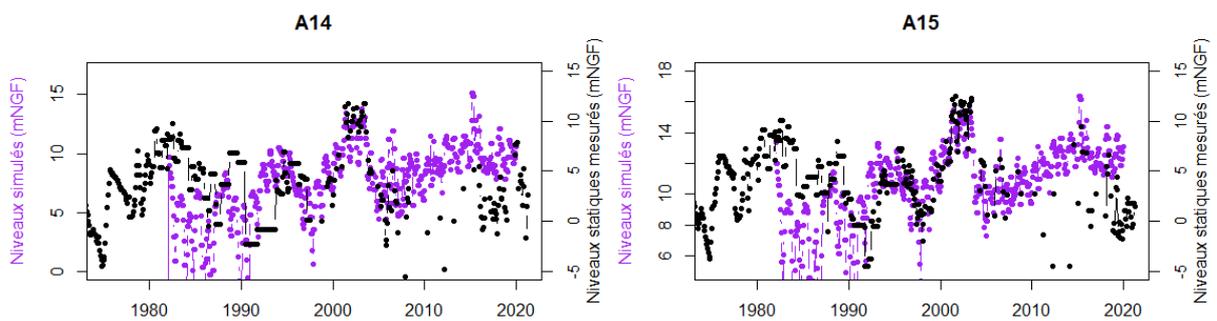


Figure 40 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés et des charges simulées par le modèle hydrodynamique.

L'analyse des essais de puits et leur réinterprétation à l'aide du logiciel OUAIP a fourni les éléments suivants :

- Sur le forage A14 (Figure 41) :
 - o Deux essais de puits sont disponibles (le registre en recense trois mais deux sont identiques), l'un datant de novembre 1993 et l'autre d'avril 2006.
 - o Ces deux ouvrages ne montrent pas d'évolution particulière, les pertes de charge linéaires et quadratiques restant dans les mêmes ordres de grandeur ;
- Sur le forage A15 (Figure 42) :
 - o Deux essais de puits sont également disponibles, l'un datant de décembre 1989 et l'autre de mars 2007. Le débit critique semble avoir été atteint sur le premier essai (deux derniers paliers) dans la mesure où les rabattements ont chuté drastiquement.
 - o En ne tenant compte que des premiers paliers, on observe des pertes de charge linéaires qui évoluent peu dans le temps entre les deux essais mais des pertes de charge quadratiques qui augmentent, montrant vraisemblablement un colmatage progressif du forage.

Au final, la baisse de productivité ressentie sur ces ouvrages semble être principalement due à une dégradation des propriétés des forages et de leur environnement proche (colmatage) qui ne semble pas particulièrement récente et qui semble avoir été modulée vraisemblablement au gré des opérations de régénération (l'état actuel n'est pas vraiment connu puisque les derniers essais datent de 2007). Comme pour les ouvrages A5 et A6 de la Vallée 1, on remarque également que les niveaux statiques ne suivent pas les niveaux piézométriques des piézomètres de référence ni les évolutions attendues par le modèle hydrodynamique, ce qui pourrait être une conséquence de la baisse de plus grande ampleur observée sur le secteur de la Vallée 2. Il convient donc de surveiller ces niveaux puisqu'une baisse des niveaux statiques pourrait diminuer la transmissivité équivalente de l'aquifère comme observée sur le secteur de la Vallée 2 (même si les essais de puits ne mettent pas en évidence cela pour le moment) et viendrait également d'autant plus abaisser la productivité de l'ouvrage pour un niveau dynamique de consigne donné.



Ansereuilles A14

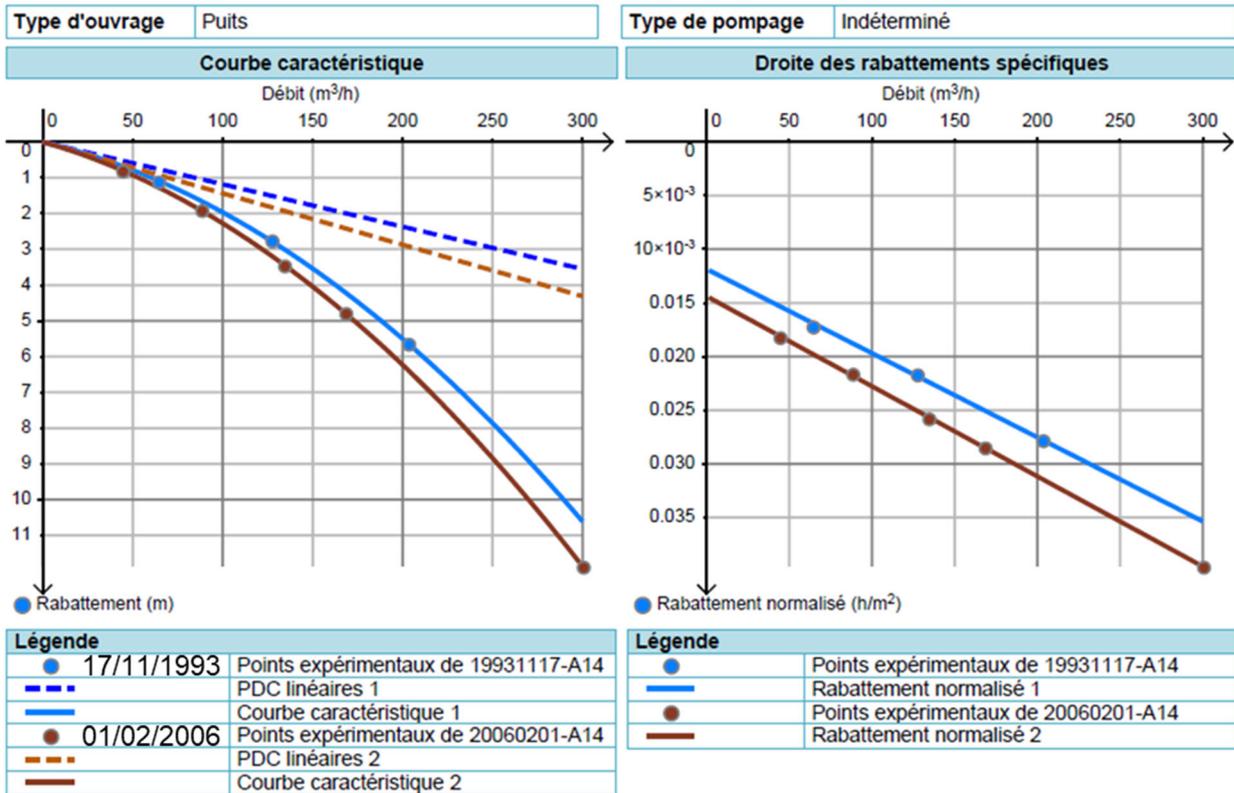


Figure 41 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A14

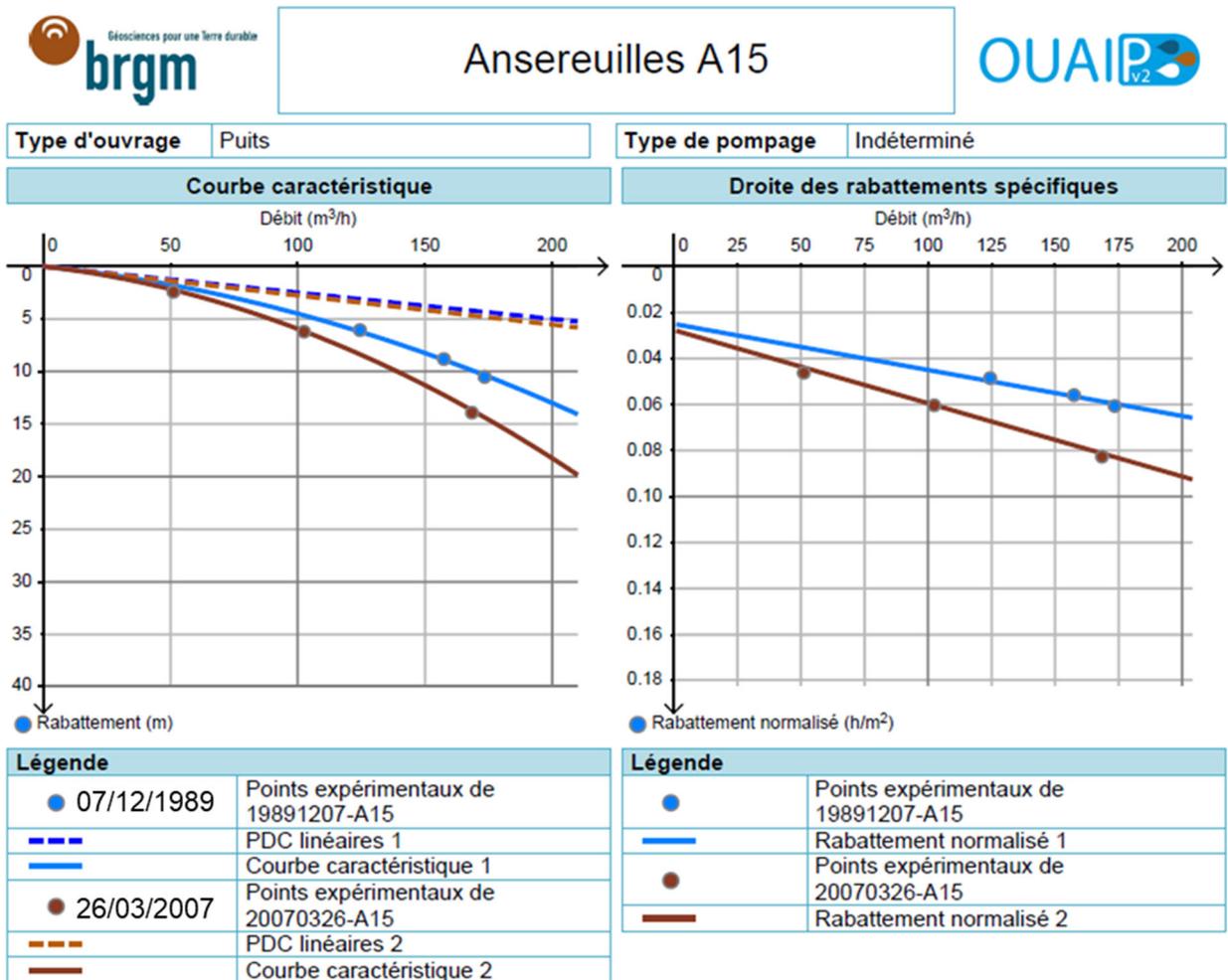


Figure 42 : Résultats des essais de puits réalisés sur l'ouvrage A15

3.5 POUR ALLER PLUS LOIN : JUSQU'OU S'OBSERVE CETTE « BAISSÉ » DES NIVEAUX ? SECTORISATION DES ANSEREUILLES

Dans les paragraphes précédents, a été mise en évidence une baisse des niveaux piézométriques statiques autour du secteur de la Vallée 2 ; il semble que cette baisse soit également observée sur les autres ouvrages F5 et F6 et F14 et F15 puisque les niveaux statiques ne semblent ni suivre l'évolution des niveaux mesurés sur les ouvrages H08 et PzSdL09 (dont la corrélation avec la pluie efficace sur la période 2000-2021 est correcte) ni suivre exactement les évolutions des niveaux calculés par le modèle hydrodynamique. Il est alors légitime de se poser la question de l'aire d'influence de ce phénomène observé sur la zone de la Vallée 2.

Pour cela, on compare les niveaux mesurés par les forages SW01, A17 à A25, et les piézomètres PzSdL42, PzSdL12 avec ceux observés sur le piézomètre de référence PzSdL09 (censé reproduire les variations naturelles du niveau de la nappe) et ceux simulés par le modèle hydrodynamique (qui prend en compte en plus de la recharge, les chroniques de prélèvements).

À l'ouest des forages de la Vallée 2, l'interprétation des niveaux statiques mesurés sur SW01 (champ de Sainghin-en-Weppes) n'est pas aisée. Néanmoins, la comparaison avec les niveaux du piézomètre de référence PzSdL09 (Figure 43) semble montrer une baisse sur Sainghin-en-Weppes par rapport à un régime naturel, baisse que le modèle ne semble pas reproduire (Figure

44) ; cette baisse se produit plus tardivement que celle observée sur le secteur de la Vallée 2 (après 2015).

Au sud du secteur d'étude, les niveaux statiques mesurés sur la série de forages A17 - A24 (Figure 45) semblent 1) plutôt corrélés avec les niveaux piézométriques de PzSdL09 et 2) plutôt bien retranscrits en termes d'évolution par le modèle hydrodynamique (Figure 46) : les seules exceptions sont les forages A22-A23. À noter que sur A23, la baisse semble avoir été temporaire.

À l'est, le seul ouvrage avec un minimum de données disponibles est le PzSdL42. La chronique piézométrique associée, même si elle est relativement courte, permet de voir que cet ouvrage suit une évolution commune avec le PzSdL09 (Figure 47) ; une comparaison avec l'autre piézomètre de référence utilisé précédemment (H08) semble montrer que la corrélation est encore meilleure, plaidant pour une évolution suivant les charges du secteur d'Houplin-Ancoisne : en particulier, on observe que les variations annuelles des niveaux mesurés sur PzSdL42 sont en phase avec ceux mesurés sur H08, alors qu'elles semblent décalées de 2 à 3 mois environ par rapport à ceux mesurés sur PzSdL09.

Ce décalage de quelques mois entre les niveaux piézométriques mesurés semble être un élément distinguant les niveaux piézométriques du secteur d'Houplin-Ancoisne et du secteur des Ansereuilles (Zones de la Vallée 1 et 2 en particulier) : le corrélogramme entre les deux ouvrages de référence fourni à la Figure 48, montre bien ce décalage de 2 à 3 mois. De plus, l'indice de sensibilité de la pluie efficace calculé pour ces deux ouvrages à la section 3.1 montrait également que les niveaux piézométriques de H08 étaient en phase avec les pluies alors que ceux de PzSdL09 étaient « en retard » de 3 mois par rapport aux pluies. Un autre ouvrage d'intérêt est le piézomètre PzSdL12 puisqu'il est situé proche d'Houplin-Ancoisne mais non loin de PzSdL09, ce piézomètre semble suivre les charges de H08 et non celles de PzSdL09 comme le montre la Figure 49 : cette observation plaiderait pour un changement de comportement hydrodynamique se produisant entre PzSdL09 et PzSdL12.

Il semble donc, après analyse de l'évolution temporelle des chroniques, que le comportement hydrodynamique diffère notamment entre le secteur d'Houplin-Ancoisne et celui des Ansereuilles, avec une ou des zones de transition dont l'extension peut être évaluée selon l'évolution au cours du temps des niveaux des piézomètres du secteur.

Une autre façon de valider ces hypothèses peut être de dresser des cartes piézométriques afin de vérifier si des gradients de charges importants existent ce qui viendrait plaider pour une sectorisation hydrogéologique (plus ou moins importante) de différentes zones. La difficulté ici vient de l'exploitation importante du secteur qui biaise cette analyse dans la mesure où un gradient de charge important pourrait également être la conséquence d'un cône de rabattement produit par les captages du secteur. Plusieurs cartes ont été produites à partir d'une combinaison des données en forages (niveaux statiques) et des mesures faites sur les piézomètres de la zone d'étude, moyennées mensuellement. Étant donnée l'anthropisation du secteur, l'interpolation du champ de charges piézométriques n'a pas pu être faite par krigeage, les variogrammes étant pour la plupart inexploitable : la méthode de pondération inverse à la distance a donc été mise en œuvre. Plusieurs cartes ont été réalisées à différentes périodes (Figure 50), mais le peu de données pour les périodes plus anciennes empêche une analyse très précise.

Au final, ces cartes montrent l'existence d'un fort gradient de charge entre l'est du secteur des Ansereuilles et le secteur d'Houplin-Ancoisne, ce qui, avec la différence de comportement des piézomètres évoquée plus haut, viendrait plaider pour l'existence d'une zone de transition de type barrière hydrogéologique (plus ou moins étanche). Les cartes les plus récentes montrent aussi un gradient de charge important au sud du secteur de la Vallée 1 ainsi qu'entre ce secteur et celui de Don. Ces zones de forts gradients correspondent aux limites de la zone d'impact de la baisse

des charges du secteur de la Vallée 2 discutée plus haut : on pourrait donc également conjecturer l'existence de barrière dans ces secteurs.

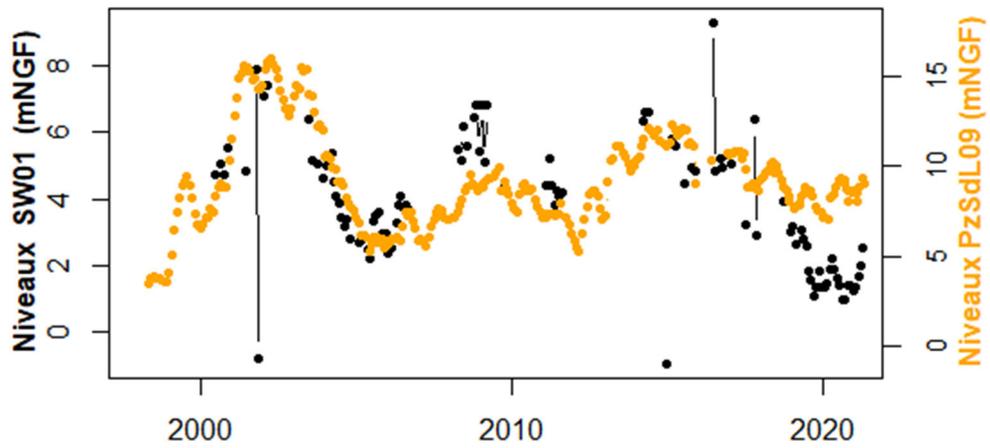


Figure 43 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage SW01 (Sainghin-en-Weppes) et des niveaux piézométriques l'ouvrage PzSdL09

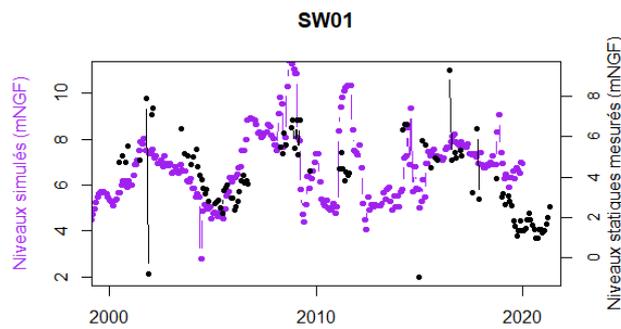


Figure 44 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage SW01 et les charges simulées par le modèle hydrodynamique

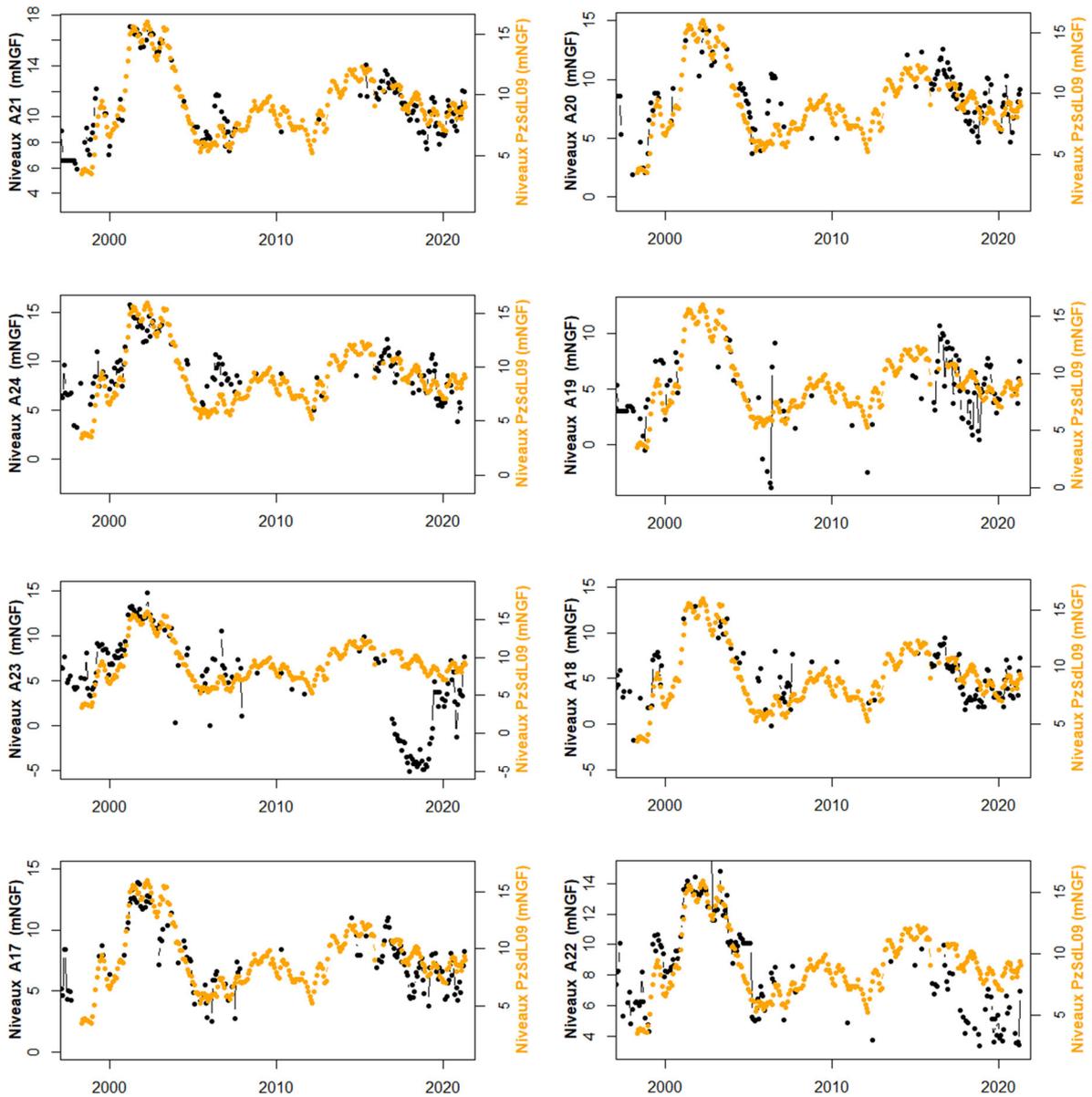


Figure 45 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A17 à A24 et des niveaux piézométriques sur l'ouvrage PzSdL09

Fonctionnement de l'hydro-système de la craie dans la région des champs captants du sud de Lille - Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique

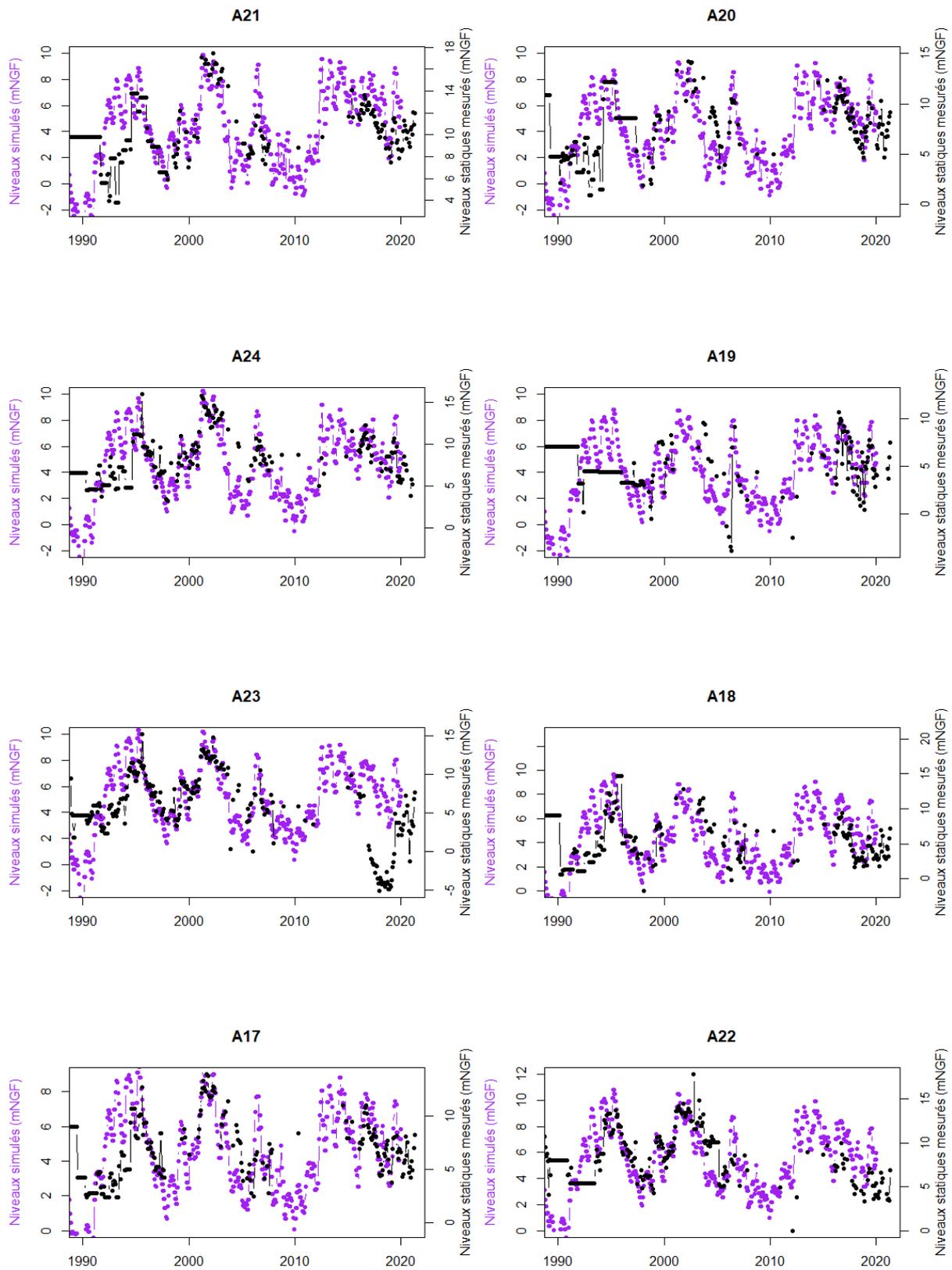


Figure 46 : Comparaison de l'évolution des niveaux statiques mesurés sur les ouvrages A17 à A24 et les charges simulées par le modèle hydrodynamique

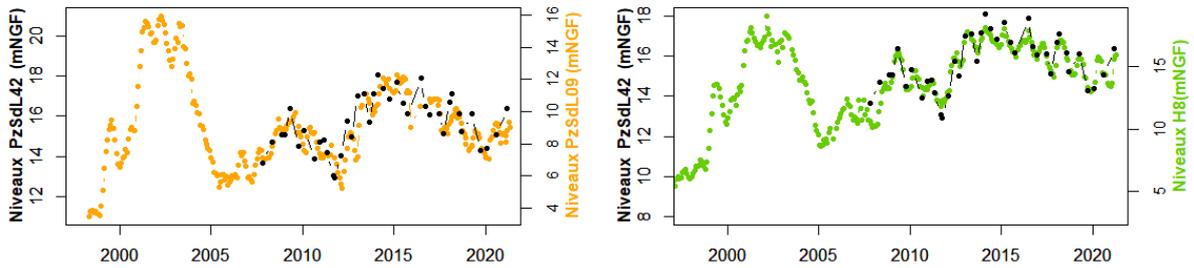


Figure 47 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage PzSdL42 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

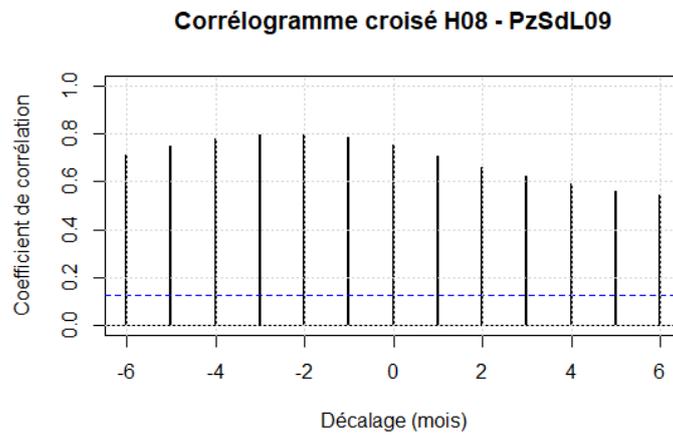


Figure 48 : Corrélogramme croisé entre les chroniques piézométriques des piézomètres H08 et PzSdL09 (au pas de temps mensuel)

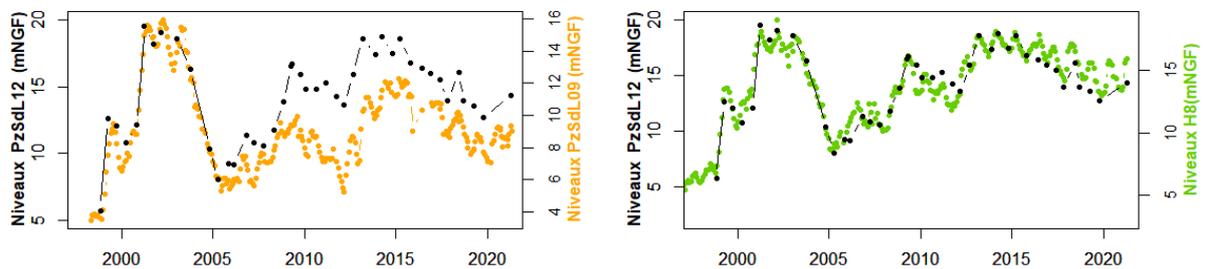


Figure 49 : Évolution conjointe des niveaux statiques mesurés sur l'ouvrage PzSdL12 et des niveaux piézométriques des ouvrages H08 et PzSdL09

Fonctionnement de l'hydro-système de la craie dans la région des champs captants du sud de Lille - Caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique

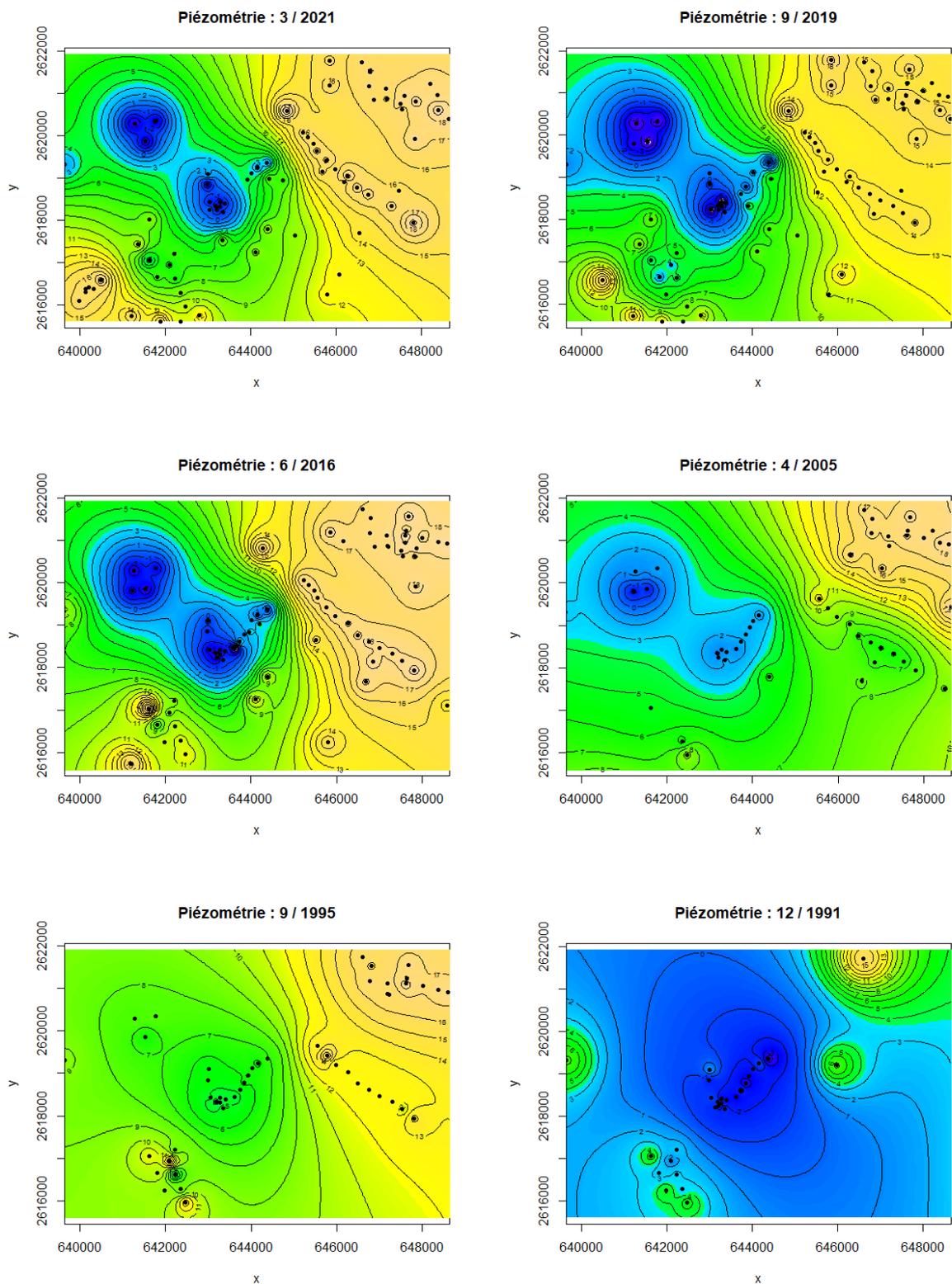


Figure 50 : Niveaux statiques et niveaux piézométriques mensuels interpolés à différentes dates (méthode de pondération inverse à la distance)

4. Conclusions

À partir d'une première analyse des données disponibles sur le champ captant des Ansereuilles et de l'interprétation des résultats de différentes simulations réalisées à partir du modèle hydrogéologique de la craie du Nord-Pas-de-Calais (Stage de Master 2 de Nadia Ben Diaf), aucune tendance claire ne semble se dégager sur les évolutions des niveaux statiques et des débits globaux observés à l'échelle du champ captant. Par ailleurs le modèle hydrogéologique ne montre qu'une sensibilité modérée des niveaux statiques du secteur du champ captant aux scénarios mettant en jeu des failles imperméables dans le secteur d'étude.

Malgré ces constats, de réelles difficultés de production sont ressenties par les opérateurs du champ captant et une analyse plus locale du jeu de données disponible sur le champ captant des Ansereuilles est réalisée dans le but de mieux comprendre la situation de tension quantitative ressentie par les producteurs d'eau. Au préalable de toute analyse, il est important de décrire les contraintes dictant les choix en matière de débits prélevés :

- La première contrainte est l'adaptation à la demande en eau afin de maintenir, en temps réel, la pression du réseau d'eau.
- La seconde contrainte est liée à la qualité des eaux prélevées qui diffèrent selon les secteurs du champ captant. Des mélanges sont ainsi nécessaires pour satisfaire les normes de qualité d'eau brute « eau potable », ce qui limite de facto, les débits prélevés dans les ouvrages où les normes de qualité des eaux ne sont pas atteintes.
- La troisième contrainte est la bonne atteinte des débits objectifs (ou optimum connu d'exploitation) pour chaque forage. Sur certains ouvrages, il apparaît que les débits atteignables depuis quelque temps sont à la baisse et sont bien en deçà des débits objectifs (ou maximum historiques).
- La quatrième contrainte est d'exploiter la nappe par groupes de forages.

La complexité des multiples contraintes expliquant les variations temporelles des débits prélevés a nécessité de focaliser l'analyse sur les ouvrages où des baisses de productivité ont été ressenties en se basant sur une liste de forages aux problèmes quantitatifs les plus prégnants localisés dans trois secteurs différents :

- Les forages F25 à F28 (ou A25 à A28) situés dans le groupe de la vallée n°2.
- Les forages F5 et F6 (ou A5 et A6) situés dans le groupe de la vallée n°1.
- Les forages F14 et F15 (ou A14 et A15) situés dans le groupe du Marais.

Sur le secteur des forages F25 à F28 :

- Une baisse globale des niveaux statiques est visible depuis le début des années 2000.
- À partir de 2010 environ (le peu d'observations entre 2008 et 2015 dans les chroniques disponibles empêche d'être précis sur cette date) la baisse importante des niveaux statiques (associée à des prélèvements globaux relativement stables) n'est pas restituée par le modèle hydrodynamique et n'est pas non plus observée sur les ouvrages du secteur présentant une évolution « naturelle » de la piézométrie. L'explication proposée, et corroborée par les informations obtenues par pompages d'essai sur le secteur, est une baisse de la transmissivité (notamment par dénoyage de fissures productives) de ce secteur depuis la création des ouvrages, aboutissant à des débits théoriquement prélevables moindres que ceux estimés lors de la création du champ captant.
- S'ajoutent également un vieillissement logique des ouvrages : les débits prélevables sont plus faibles pour un même rabattement.
- Devant ce double problème, la régénération des ouvrages existants, voire la création d'un nouveau forage dans ce secteur, à l'heure actuelle (c'est-à-dire aux niveaux statiques actuels) améliorerait le second problème mais n'aurait aucun effet sur le premier.

Sur le secteur des forages F5/F6 et F14/F15 :

- La baisse de productivité ressentie sur ces ouvrages semble être principalement due à une dégradation des propriétés des forages et de leur environnement proche (colmatage) qui ne semble pas particulièrement récente et qui semble avoir été modulée vraisemblablement au gré des opérations de régénération.
- Les niveaux statiques ne suivent pas les niveaux piézométriques des piézomètres de référence ni les évolutions attendues par le modèle hydrodynamique, ce qui pourrait être une conséquence de la baisse de plus grande ampleur observée sur le secteur de la Vallée 2 (sans certitude).

Les analyses corrélatives ayant permis d'étudier les 3 secteurs d'intérêts ont également été appliquées sur un secteur plus large de sorte à fournir des éléments de compréhension sur une éventuelle sectorisation des écoulements souterrains. En outre, la base de données compilant niveaux statiques et niveaux piézométriques sur le secteur des champs captants du Sud de Lille a pu permettre d'interpoler la piézométrie du secteur au pas de temps mensuel. Au final, ces deux types d'informations (corrélations entre chroniques et cartes interpolées récentes) semblent montrer une zone de transition à perméabilité plus faible entre l'est du secteur des Ansereuilles et le secteur d'Houplin-Ancoisne, ainsi qu'entre le sud du secteur de la Vallée 1 et le secteur de Don. Ces éléments d'hydrogéologie quantitative sont complémentaires aux résultats d'hydrogéologie qualitative et de géophysique acquis lors du projet GEO2020.

5. Bibliographie

Ben Dhiab N., 2020. Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère crayeux dans le secteur des champs captants du sud de la métropole lilloise. Rapport de Stage Master II Université de Poitiers STPE-Hydrogeology et Transferts – BRGM-DEPA-GDR. 60p.

Bessière, H., Picot, J., Picot, G., Parmentier, M., 2015. Affinement du modèle hydrogéologique de la craie du Nord-Pas-de-Calais autour des champs captants de la métropole lilloise. Rapport Final BRGM/RP-63689-FR. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63689-FR.pdf>

Bonnière A., 2020. Geological modelling of the wellfields in the south of Lille (North of France), insights from new geophysical surveys. Rapport de Stage Master II Université de Lille – BRGM-DAT-HDF, Septembre 2020. 49p.

Buscarlet E. et Pickaert L., 2011. Modélisation de la nappe de la Craie du Nord-Pas de Calais – Calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire. Rapport final BRGM/ RP-60217-FR, 2011. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60217-FR.pdf>

Buscarlet E., Pickaert L., Picot G., Klinka T., 2012. Modélisation de la nappe de la Craie du Nord-Pas de Calais – Scénarios prospectifs. Rapport Final BRGM/RP-61692-FR, juin 2012. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61692-FR.pdf>

Cary L. et Parmentier M., 2014. Présence de sélénium dans les eaux souterraines des champs captants de LMCU et Noréade du sud de Lille – Note de synthèse à l'intention des élus et des gestionnaires. Rapport Final BRGM/RP-63289-FR, 2014. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63289-FR.pdf>

Caous J.-Y., 2003. Impact de l'activité industrielle sur la qualité de la nappe de la craie (champs captants du sud de Lille - Nord). Etat initial des connaissances géologiques et hydrogéologiques. Rapport BRGM RP-52180-FR, mars 2003. <http://infoterre.brgm.fr/rapports//RP-52180-FR.pdf>

Denudt H., Bailly S., 1991a. Restructuration du champ captant des Ansereuilles à Wavrin (Nord). Création d'un champ captant à l'ouest de l'agglomération de Wavrin. Phase I : Réalisation de quatre forages de reconnaissance de la productivité de l'aquifère et de la qualité des eaux. Compte-rendu des travaux et essais réalisés. Rapport BRGM/RR-33385-FR. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-33385-FR.pdf>

Denudt H., Bailly S., 1991b. Restructuration du champ captant des Ansereuilles à Wavrin (Nord). Création d'un champ captant à l'ouest de l'agglomération de Wavrin. Phase II : Réalisation de deux forages d'essai. Compte-rendu des travaux et essais réalisés. Rapport BRGM BRGM/RR-34066-FR. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-34066-FR.pdf>

Denudt H., Bailly S., 1993. Restructuration du champ captant des Ansereuilles à Wavrin (Nord). Création d'un champ captant à l'ouest de l'agglomération de Wavrin. Phase III : Réalisation de deux forages d'exploitation complémentaires. Compte-rendu des travaux et essais réalisés. Rapport BRGM/RR-36893-FR. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-36893-FR.pdf>

Calaf J.-P., 2015. Travaux de diagnostic et régénération Forage F26 (0020-1A-0494). Commune de Wavrin (59). Compte rendu de travaux C03843 – SONDALP-SRCE – EAUX du Nord, Novembre 2015.

Klinka T. et Gutierrez A., 2020. Manuel de OUAIP v2 – Outil d'Aide à l'Interprétation des Pompages d'essai. Rapport final. BRGM/RP-68509-FR, 134 p., 127 ill. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68509-FR.pdf>

Picot J. et Bourguin B., 2010. Modélisation géologique de la craie séno-turonienne en région Nord-Pas de Calais. Rapport final BRGM/RP-58910-FR. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58910-FR.pdf>

Picot J. et Dufrenoy R., 2012. Modélisation géologique dans la région Lilloise et du Tournaisis du toit de l'aquifère du Calcaire Carbonifère et des ensembles géologiques sus-jacents. Rapport Final BRGM/RP-61113-FR, 2012, 94p. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61113-FR.pdf>

Thiéry, D., 2021. Code de calcul MARTHE version 7.8 - Modélisation 3D des écoulements et des transferts dans les hydrosystèmes. Notice d'utilisation BRGM/RP-69541-FR, juin 2021. <https://www.brgm.fr/sites/default/files/documents/2022-01/logiciel-marthe-notice-utilisation-generale-rp-69541-fr.pdf>

Walaszek M., Cary, L. Joubin F., 2020. Chroniques à haute-fréquence dans les champs captants du sud de Lille. Rapport intermédiaire. Rapport Intermédiaire BRGM/RP-70201-FR, Octobre 2020. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-70201-FR.pdf>

Annexe 1 Charges hydrauliques observées et simulées par le modèle de référence



Annexe 2 Charges hydrauliques observées et simulées par le scénario 1 (Faille A imperméable)



Annexe 3 Charges hydrauliques observées et simulées par le scénario 2 (Failles A et C imperméables)



Annexe 4 Charges hydrauliques observées et simulées par le scénario 3 (Failles A, C et faille de Seclin imperméables)





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm