

**SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT
(SERF)**

**FORAGE D'EXPLOITATION AU LIEU-DIT "LES MENOTTES"
SUR LA COMMUNE DE SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (INDRE)
DESTINE A L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU SERF**

AVIS HYDROGEOLOGIQUE

**sur la disponibilité de la ressource en eau
et la définition de ses périmètres de protection
contre les pollutions accidentelles**

**finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage
des eaux souterraines et des propositions
de modification de la collecte des eaux pluviales
de la RD 975 en amont du forage**

par

C. F. MOREAU

*Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique
pour le département de l'Indre*

Juillet 2021

Sommaire

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES ANNEXES	5
1. CONTEXTE GENERAL	6
2. DOCUMENTS CONSULTES ET REUNIONS ASSOCIEES	10
2.1. AVIS HYDROGEOLOGIQUE PRELIMINAIRE (6 DECEMBRE 2010)	10
2.2. AVIS HYDROGEOLOGIQUE INTERMEDIAIRE N° 1 (10 FEVRIER 2014)	11
2.3. AVIS HYDROGEOLOGIQUE INTERMEDIAIRE N° 2 (24 MARS 2016)	11
2.4. AVIS HYDROGEOLOGIQUE INTERMEDIAIRE N° 3 (15 OCTOBRE 2018, AVEC COMPLEMENT LE 18 OCTOBRE 2018)	12
2.5. AVIS HYDROGEOLOGIQUE A L'ISSUE DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES REALISEES EN NOVEMBRE ET DECEMBRE 2018 SUR LES INDICES KARSTIQUES ET LES ANCIENNES CARRIERES PUIS EN AVRIL 2019 SUR LES ACTIVITES AGRICOLES (12 NOVEMBRE 2019)	13
2.6. PRESENT AVIS HYDROGEOLOGIQUE	14
3. SITUATION	15
4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	18
5. CONTEXTE GEOLOGIQUE	20
5.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL	20
5.2. COUPE GEOLOGIQUE DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	22
6. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	24
6.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL.....	24
6.2. HYDROGEOLOGIE AU DROIT DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	25
6.3 LES INFORMATIONS ISSUES DES ETUDES HYDROGEOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES REALISEES AU DROIT ET AUTOUR DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	27
6.3.1. Piézométrie de la nappe du Dogger en basses à moyennes eaux (octobre 2015) et hautes eaux (juin 2016).....	27
6.3.2. Pompages d'essai par paliers longs (7 jours) de mai à juillet 2015.....	27
6.3.3. Pompages d'essai de très longue durée (68 jours) de décembre 2016 à février 2017	28
6.3.4. Les autres informations collectées dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1	29
7. QUALITE DE L'EAU	31
8. VULNERABILITE DE LA RESSOURCE EN EAU DU DOGGER	33

9. RISQUES DE POLLUTION ACCIDENTELLE DE LA QUALITE DE L'EAU	34
9.1 ETUDE ENVIRONNEMENTALE PREALABLE.....	34
9.2 ETUDE D'INVENTAIRE ET DE CARACTERISATION D'INDICES KARSTIQUES ET D'ANCIENNES CARRIERES.....	34
9.3 ETUDE D'ACTUALISATION DE L'ENQUETE AGRICOLE.....	35
9.4 OPERATION DE MULTITRACAGE EN AMONT DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	36
9.4.1. Mise en oeuvre.....	36
9.4.2. Résultats	37
9.4.3. Interprétation	38
9.5 PROPOSITIONS DE MODIFICATION DE LA COLLECTE DES EAUX PLUVIALES DE LA RD 975 EN AMONT DU FORAGE D'EXPLOITATION LES MENOTTES F1	39
10. AVIS HYDROGEOLOGIQUE	40
10.1. CONDITIONS D'EXPLOITATION.....	40
10.2. PERIMETRE DE PROTECTION IMMEDIATE (PPI)	41
10.3. PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE (PPR).....	42
10.3.1. Tracé du périmètre	42
10.3.2. Servitudes	42
10.4. PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNEE (PPE)	53
11. STATION D'ALERTE ET PLAN D'ALERTE	56
11.1. STATION D'ALERTE	56
11.2. PLAN D'ALERTE	56
12. CONCLUSIONS	58
ANNEXES	59

Liste des figures

Figure 1 :	Plan de situation du forage d'exploitation Les Menottes F1	16
Figure 2 :	Plan de situation cadastrale du forage d'exploitation Les Menottes F1 et tracé de son protection de protection immédiate (parcelles ZH 39 et ZH 40).....	17
Figure 3 :	Contexte géologique à 1/50 000	21
Figure 4 :	Courbes de restitution des 3 traceurs injectés.....	37
Figure 5 :	Restitution de l'uranine et de la sulforhodamine B corrélée à la pluviométrie	38
Figure 6 :	Tracé des périmètres de protection rapprochée (PPR) et éloignée (PPE) du forage d'exploitation Les Menottes F1	43

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Principales caractéristiques de localisation du forage d'exploitation Les Menottes F1	15
Tableau 2 :	Coupe technique du forage d'exploitation les Menottes F1	18
Tableau 3 :	Coupe géologique reconstituée du forage d'exploitation les Menottes F1	22
Tableau 4 :	Principales caractéristiques des forages privés de Broussois, La Vaudieu et La Forêt situés dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1	30
Tableau 5 :	Principales caractéristiques de qualité de l'eau brute du forage Les Menottes F1	32
Tableau 6 :	Conditions d'exploitation du forage Les Menottes F1 proposées sur la base de la connaissance hydrogéologique actuelle	40
Tableau 7 :	Prescriptions proposées dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) et éloignée (PPE) du forage d'exploitation Les Menottes F1	44

Liste des annexes

- Annexe 1 : Principales données techniques et hydrogéologiques sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 (indice BRGM BSS001NUKB - ancien code : 05914X0043/F) avec diagraphies sur le forage d'essai
- Annexe 2 : Données géologiques et hydrogéologiques autour du forage d'exploitation Les Menottes F1
- Annexe 3 : Résultats des pompages d'essai du 19 mai au 6 juillet 2015 sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 par 4 paliers longs (7 jours) aux débits de 30, 45, 60 et 45 m³/h espacés de remontées de durée équivalente
- Annexe 4 : Résultats des pompages d'essai du 15 décembre 2016 au 21 février 2017 sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 par 1 palier continu très long (68 jours) au débit moyen de 56,6 m³/h
- Annexe 5 : Données sur les forages de Brousois (indice BRGM/BSS 05914X0012/F - nouvel identifiant : BSS001NUHU), La Vaudieu (indice BRGM/BSS 05914X0036/F - nouvel identifiant : SS001NUJU) et La Forêt (indice BRGM/BSS 05914X0037/F - nouvel identifiant : BSS001NUJV) situés dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1
- Annexe 6 : Qualité de l'eau brute du forage d'exploitation Les Menottes F1 (analyses des 11 avril 2013, 18 avril 2013, 22 juin 2015, 16 février 2017)
- Annexe 7 : Cartographie des points relevés dans le cadre de la recherche d'indices karstiques et d'anciennes carrières dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1 et fiches de relevés des anciennes carrières (FG308, FG309, FG310) répertoriées en bordure de la RD 975
- Annexe 8 : Résultats de l'actualisation de l'enquête agricole réalisée dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1
- Annexe 9 : Opération de multitraçage des eaux souterraines en amont du forage d'exploitation Les Menottes F1 : conditions d'essai des 3 injections, données du fluorimètre de terrain, résultats d'analyses de l'échantillonneur automatique
- Annexe 10 : Relevés topographiques effectués par le Conseil Départemental de l'Indre le long de la RD 975 entre La Forêt au sud-ouest et La Vaudieu au nord-est, en vue de propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la route en amont du forage d'exploitation Les Menottes F1

SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF)

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF

AVIS HYDROGEOLOGIQUE sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles

1. Contexte général

Afin de faire face à l'augmentation de la consommation en eau potable des communes qui lui sont rattachées et suite notamment à l'intégration de la commune de BELABRE, le SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF), devenu **SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF)** le 1^{er} janvier 2019, a décidé de rechercher une nouvelle ressource en eau potable permettant de lui apporter un débit de 80 m³/h en période de pointe.

Il a souhaité orienter la recherche en eau au droit de la parcelle où est implantée la station de surpression qu'il exploite au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre), parcelle dont il est propriétaire et distante de moins de 7 km de BELABRE.

En conséquence, à la demande du SIERF et suite à ma désignation en qualité d'hydrogéologue agréé par arrêté préfectoral n° 2010-03-66 en date du 24 mars 2010, j'ai été chargé d'émettre un **avis hydrogéologique** sur le **projet de création d'un forage d'alimentation en eau potable sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre)**, portant sur :

- **la disponibilité de la ressource en eau ;**
- **la définition des périmètres de protection et servitudes associées, contre les pollutions accidentelles.**

J'ai émis le 6 décembre 2010 un **avis hydrogéologique préliminaire** favorable à la création d'un forage d'alimentation en eau potable, sous réserve de réalisation d'une prospection géophysique préalable et d'un forage de reconnaissance suivi de diagraphies, de pompages d'essai et d'analyses complètes. Cet avis fut prononcé après examen des résultats d'une campagne de prélèvements d'eau sur les forages privés du bassin d'alimentation supposé du forage de reconnaissance projeté et avant la réalisation de ce dernier.

Une campagne géophysique fut ainsi conduite le 8 avril 2011 pour affiner l'implantation d'un sondage de reconnaissance S1.

Ce sondage de reconnaissance S1 fut réalisé en avril 2011 jusqu'à 118 m de profondeur.

Un forage d'essai F1 de 120 m de profondeur fut ensuite créé en mai et juin 2011 à proximité immédiate (2,5 m) du sondage de reconnaissance S1, suivi de diagraphies micromoulinet-température-conductivité, de pompages d'essai par paliers et en régime continu de 72 heures au débit moyen de 71,2 m³/h puis d'une analyse d'eau complète en juin 2011.

Les résultats obtenus sur le plan quantitatif (débit potentiel de 150 m³/h) et qualitatif, avec une turbidité excessive de l'eau et des teneurs élevées en métaux associés (fer et aluminium), ont conduit à réaliser en juillet 2012 des pompages d'essai de longue durée (28 jours), par paliers (en début et fin d'essais) et en régime continu au débit de 76 m³/h, puis d'une nouvelle analyse d'eau complète, avec inspection vidéo de la colonne captante et suivi en continu de la turbidité. Le pompage a permis de nettoyer la cavité productrice de turbidité, mise en évidence entre 107 et 108 m de profondeur, et de faire diminuer la turbidité de 53 à 8,6 NFU, en confirmant le potentiel quantitatif du forage.

La transformation du forage d'essai F1 en forage d'exploitation F1 de 112 m de profondeur (en trou nu à partir de 80,5 m) fut alors réalisée en décembre 2012 et janvier 2013, suivie de février à avril 2013 de pompages de développement et de pompages d'essai par paliers et en régime continu de 72 heures aux débits moyens de 68,4 m³/h puis 146,2 m³/h, avec analyses d'eau complètes et inspection vidéo. Les essais ont confirmé le potentiel quantitatif du forage (140 à 150 m³/h) et ont révélé une bonne qualité générale de l'eau, à l'exception de la turbidité (27 NFU) et des métaux associés (fer et aluminium) qui restent présents en teneur toujours excessive. A noter la présence d'isoproturon à une teneur de 0,04 µg/L, inférieure à la limite de qualité de 0,10 µg/L.

Après examen des résultats des essais et analyses réalisés, notamment sur le forage d'exploitation, j'ai émis le 10 février 2014 un **avis hydrogéologique intermédiaire n° 1** demandant :

- de réaliser de nouveaux pompages d'essai sur le forage d'exploitation :
 - lors de la prochaine période de basses eaux, pouvant être reconduits si nécessaire en période de hautes eaux, à des débits compris entre 50 et 125 m³/h, de longue durée (4 cycles de pompage-arrêt de 14 jours chacun suivi d'un cinquième cycle de 14 jours de pompage) ;
 - avec suivi en continu des paramètres niveau piézométrique - débit - turbidité, mesures périodiques in situ des paramètres conductivité - pH - température - oxygène dissous, prélèvements périodiques et analyses d'eau au laboratoire des paramètres turbidité - MES – fer total - fer dissous – aluminium total – aluminium dissous, analyse d'eau complète en fin de cycle 3, complément d'analyse d'eau en fin de cycle 4 ;
 - dans le but d'établir une corrélation entre ces paramètres et le débit pompé et de proposer des conditions d'exploitation du forage dans un contexte de traitement ultérieur quasi certain ;
- d'actualiser l'étude environnementale réalisée en 2011 vis-à-vis des activités à risques pour les eaux souterraines ;

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

- de compléter l'étude hydrogéologique réalisée en 2011, par :
 - deux campagnes piézométriques de terrain (basses eaux, hautes eaux) ;
 - un suivi piézométrique dans les forages agricoles de Brousois, La Forêt, La Vaudieu et Les Ajoncs (cf. implantation sur la figure 1), le forage d'exploitation Les Menottes F1 étant en pompage, afin de préciser l'incidence piézométrique des prélèvements d'eau dans le forage Les Menottes F1 sur ces forages, avec collecte des données piézométriques enregistrées sur le piézomètre régional 05914X0007/PAEP (cf. implantation sur la figure 1) pendant cette période de suivi d'avril à début d'automne 2014.

Après examen des résultats des pompages d'essai complémentaires sur le forage d'exploitation Les Menottes F1, réalisés de mai à juillet 2015 en 4 cycles de pompages-arrêt de 14 jours chacun avec suivi également dans les forages de Brousois et Les Ajoncs, j'ai émis le 24 mars 2016 un **avis hydrogéologique intermédiaire n° 2** proposant :

- un tracé de périmètre de protection immédiate (PPI) et les servitudes afférentes ;
- la valeur au terme du pompage est proportionnelle au débit de pompage (plus le débit est fort, plus la valeur est forte) ;

et demandant des pompages d'essai complémentaires d'une durée minimale de 2 mois en basses eaux puis en hautes eaux au régime de 960 m³/j avec suivi du niveau d'eau dans le forage, du débit pompé, de la turbidité de l'eau d'exhaure et avec mesures hebdomadaires du COT (Carbone Organique Total) et de la teneur en pesticides de l'eau (métolachlore notamment), pour permettre de dimensionner la station de traitement.

Après examen des résultats de l'étude environnementale actualisée et des pompages d'essai complémentaires sur le forage d'exploitation Les Menottes F1, réalisés pendant 68 jours de décembre 2016 à février 2017 au débit moyen de 56,6 m³/h, ainsi que de l'étude pilote de traitement de la turbidité et du fer menée du 10 avril au 29 juin 2018, j'ai émis le 15 octobre 2018 un **avis hydrogéologique intermédiaire n° 3**, complété le 19 octobre 2018, demandant :

- une vérification sur le terrain des indices karstiques (pertes, gouffres, ...) répertoriés dans les études SETHYGE (2009) et HYDROGEOLOGUES CONSEIL (2016) au sein d'une zone d'étude hydrogéologique étendue, avec enquête auprès des propriétaires des parcelles concernées (et exploitants le cas échéant) et identification des éventuels dépôts (notamment déchets) et infiltrations d'eau (y compris naturelles) existants ;
- l'application de cette démarche aux anciennes carrières recensées ;
- un complément de l'enquête sur les activités agricoles auprès des 10 exploitations n'ayant pas répondu au questionnaire d'HYDROGEOLOGUES CONSEIL en 2016.

L'examen des résultats de ces investigations complémentaires réalisées en novembre et décembre 2018 sur les indices karstiques et les anciennes carrières, puis en avril 2019 sur les activités agricoles, me conduisit à émettre un nouvel **avis hydrogéologique** le 12 novembre 2019, demandant notamment :

- un aménagement, voire le comblement, des gouffres ou pertes recevant des eaux pluviales (en particulier celles provenant de la RD 975) à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée (PPR) proposé du forage ;
- une déviation de ces eaux pluviales, dans la mesure des possibilités techniques, en aval et à l'extérieur du PPR proposé, en dehors de toute zone d'infiltration naturelle connue ;
- dans le cas où aucune déviation totale des eaux ne serait possible, un dispositif de traitement par déshuilage-décantation-filtration, dimensionné et implanté après étude préalable, en amont du gouffre ou de la perte recevant ces eaux pluviales ;

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

- plus particulièrement, un aménagement des fossés latéraux de la RD 975 pour permettre une obturation rapide par les services de secours en cas de déversement accidentel de produits polluants.

Cet avis proposa que soit réalisée une opération de multitraçage des eaux souterraines au droit des anciennes carrières FG308, FG309, FG310.

Le **présent avis hydrogéologique** s'appuie sur l'ensemble des investigations menées à ce jour, dont les résultats de l'opération de multitraçage réalisée en mars-avril 2021 et l'analyse des modifications de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage proposées par le CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE en juin 2021.

Il est établi dans le respect de la réglementation en vigueur.

2. Documents consultés et réunions associées

Le présent avis hydrogéologique est réalisé après consultation des documents suivants :

2.1. Avis hydrogéologique préliminaire (6 décembre 2010)

L'avis hydrogéologique préliminaire a été établi après consultation des documents complémentaires suivants :

SETHYGE (avril 2009)	Etude hydrogéologique pour orientation sur la zone d'étude destinée à l'implantation d'un sondage de reconnaissance, menée dans le cadre de l'amélioration de l'alimentation en eau potable de la commune de BELABRE intégrée au SIAEP de FONTGOMBAULT (Indre) <i>Dossier 2007-EXP013</i>
ARCHAMBAULT CONSEIL (décembre 2009)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un forage d'essai - Dossier de déclaration <i>Rapport CNT 412/1 V2 HG 0912</i>
ARCHAMBAULT CONSEIL (septembre 2010)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un forage d'essai – Campagne de prélèvements – Résultats <i>Rapport CNT 2412 R3 HG 1009</i>

J'ai participé à une réunion préalable le 27 avril 2010 au siège du SIERF à FONTGOMBAULT, en présence de :

- M. TISSIER, Président du SIERF ;
- M^{me} JACOB, Directrice du SIERF ;
- M. THIBAUT, Délégué du SIERF ;
- M. BOUQUET et M. MOREAU, Adjoints au Maire de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE ;
- M. SOUET, Ingénieur Principal d'Etudes Sanitaires à l'ARS CENTRE-VAL DE LOIRE, DELEGATION DEPARTEMENTALE DE L'INDRE ;
- M. SIMONET, Ingénieur territorial à la DDT de l'Indre ;
- M^{me} GALIA, Ingénieur hydrogéologue au cabinet ARCHAMBAULT CONSEIL, en charge de l'établissement du document de déclaration du projet de forage au titre du code de l'environnement.

Je me suis ensuite rendu sur place le même jour, en compagnie de M. BOUQUET, M. MOREAU, M^{me} GALIA et M. GUERIN, Fontainier du SIERF, pour visiter le site et son environnement proche puis parcourir le bassin d'alimentation pressenti du projet de forage.

Il fut mis en évidence au cours de cette réunion l'existence de plusieurs forages privés à usage domestique ou d'irrigation dans ce bassin d'alimentation théorique. Aussi a-t-il été considéré qu'il était préférable d'organiser une seconde réunion avec les agriculteurs concernés, afin de les informer directement de ce projet et de permettre la collecte d'informations sur les débits de ces forages et la qualité de l'eau prélevée.

Cette seconde réunion, à laquelle j'ai également participé, a eu lieu le 18 mai 2010 au siège du Syndicat, en présence de la majorité des propriétaires et exploitants agricoles concernés, autour de M. TISSIER, M. DENYS, vice-Président du SIERF et Maire d'INGRANDES, M. THIBAUT, M. SOUET et M^{me} GALIA.

Celle-ci a conduit à la recherche des informations géologiques disponibles sur 3 forages privés situés dans le même bassin hydrogéologique que le forage projeté et de caractéristiques a priori similaires, à savoir captant la partie profonde de la nappe du Dogger, ainsi qu'à une campagne de prélèvements d'eau début août 2010.

2.2. Avis hydrogéologique intermédiaire n° 1 (10 février 2014)

Le premier avis hydrogéologique intermédiaire a été établi après consultation des documents d'étude suivants :

ARCHAMBAULT CONSEIL (31 août 2011)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un forage d'essai – Rapport de fin de travaux <i>Rapport CNT 2412 R4 HG 110831 V1</i>
ARCHAMBAULT CONSEIL (18 septembre 2012)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un forage d'essai – Suivi de la turbidité - Compte rendu <i>Rapport CNT 2412 R5 HG 120918 V1</i>
ARCHAMBAULT CONSEIL (26 juillet 2013)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un forage d'exploitation – Rapport de fin de travaux <i>Rapport CNT 2412 R5 HG 130726 V2</i>

J'ai participé à une réunion de présentation des résultats des essais sur le forage d'exploitation le 23 octobre 2013 au siège du SIERF à FONTGOMBAULT, en présence de M. TISSIER, M. DENYS, M. GUERIN, M^{me} LE FLEM (Secrétaire du SIERF), M. SOUET et M^{me} GALIA.

2.3. Avis hydrogéologique intermédiaire n° 2 (24 mars 2016)

Le second avis hydrogéologique intermédiaire (produit en diaporama) a été établi après consultation du document d'étude suivant :

HYDROGEOLOGUES CONSEIL (30 octobre 2015)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Les Menottes à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un nouveau forage d'AEP – Pompage de longue durée et suivi qualitatif <i>Rapport C-15033 R1 PVP ; V1</i>
---	--

J'avais préalablement exposé les modalités de pompages d'essai souhaitées, au cours d'une réunion qui s'était tenue le 17 juin 2014 au siège du Syndicat à FONTGOMBAULT, en présence de :

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

- M. DARREAU, nouveau Président du SIERF ;
- M. DENIS et M. DENYS, vice-Présidents du SIERF ;
- M. MAUBOIS, membre du bureau du SIERF ;
- M. VIOLET, Délégué du SIERF ;
- M^{me} JACOB, Directrice du SIERF ;
- M. GUERIN, Fontainier du SIERF ;
- M. VAN INGEN, Président de l'entreprise VAN INGEN FORAGES.

J'ai présenté cet avis intermédiaire n° 2 le 24 mars 2016 au siège du SIERF à FONTGOMBAULT, en présence de M. DARREAU, M. DENIS, M. DENYS, M. JEANNEAU (membre du bureau du SIERF), M. MAUBOIS et M. GUERIN.

2.4. Avis hydrogéologique intermédiaire n° 3 (15 octobre 2018, avec complément le 18 octobre 2018)

Le troisième avis hydrogéologique intermédiaire (produit en diaporama pour la version du 15 octobre 2018) a été établi après consultation des documents d'étude suivants :

<p>HYDROGEOLOGUES CONSEIL (22 juillet 2016)</p>	<p>SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Les Menottes à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un nouveau forage d'AEP – 591 4X 0043 – Etude environnementale préalable à la mise en place des périmètres de protection <i>Rapport C-15033 R2 PVP ; V1</i></p>
<p>HYDROGEOLOGUES CONSEIL (27 mars 2018)</p>	<p>SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Les Menottes à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) – Création d'un nouveau forage d'AEP – Pompage de longue durée et suivi qualitatif – Compte-rendu des investigations <i>Rapport C-15033 R1 PVP ; V2</i></p>
<p>MARTEAU (juillet 2018)</p>	<p>SIER DE FONTGOMBAULT (36) – Adduction d'eau potable - Programme 2018 – Mise en exploitation du forage des Menottes – Réalisation d'une étude pilote de traitement de la turbidité et du fer du 10 avril au 29 juin 2018 – Rapport d'étude pilote <i>Rapport provisoire</i></p>

J'ai présenté cet avis intermédiaire n° 3 le 15 octobre 2018 à POULIGNY-SAINT-PIERRE au cours d'une réunion générale d'avancement des investigations réalisées sur le forage d'exploitation et dans son aire d'étude, notamment l'étude environnementale de juillet 2016, les pompages d'essais de longue durée réalisés du 15 décembre 2016 au 21 février 2018, ainsi que l'étude pilote de traitement de la turbidité et du fer menée du 10 avril au 29 juin 2018, en présence de représentants des collectivités, services et cabinets suivants :

- SIERF : M. DARREAU, M. DENIS, M. DENYS, M. JEANNEAU, M. LIAUDOIS (membre du bureau), M. MAUBOIS et M^{me} JACQUET-MARTIN (Directrice/Responsable d'exploitation) ;
- DDT DE L'INDRE : M. CHARPENTIER (SATTE), M. ENIQUE et M^{me} MACHABERT (SPREN) ;
- ARS CENTRE-VAL DE LOIRE / DELEGATION DEPARTEMENTALE DE L'INDRE : M. SOUET et M. VANSYNGEL ;
- AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE : M. LIONNAIS (chargé d'intervention Indre) ;
- CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE : M. LUMET (Directeur DATER) ;

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

- SOUS-PREFECTURE DU BLANC : M^{me} MARECHAL (Bureau Environnement et Collectivités locales) ;
- Bureaux d'étude : SETHYGE (M^{me} LE TURC), HYDROGEOLOGUES CONSEIL (M^{me} GALIA), INFRASTRUCTURES CONCEPT (M. DANTON).

2.5. Avis hydrogéologique à l'issue des investigations complémentaires réalisées en novembre et décembre 2018 sur les indices karstiques et les anciennes carrières puis en avril 2019 sur les activités agricoles (12 novembre 2019)

Cet avis hydrogéologique fut établi après consultation des documents d'étude suivants :

SETHYGE (31 décembre 2018)	SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SIERF) – Inventaire et caractérisation d'indices karstiques et d'anciennes carrières sur le territoire de la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE en vue de produire une source d'information complémentaire dans le cadre de l'établissement des périmètres de protection du captage des Menottes <i>Dossier 2018-EXP057 : rapport de synthèse, cartes de synthèse, fiches de relevés des 20 novembre 2018, 26 novembre 2018 et 7 décembre 2018</i>
SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF) (avril 2019)	Actualisation de l'enquête agricole réalisée dans l'aire d'étude du forage des Menottes à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE <i>Auteure : M^{me} JACQUET-MARTIN</i>

J'ai visité le 19 mars 2019 les indices karstiques déterminants relevés au sein de l'aire d'étude du forage dans le cadre de l'étude d'inventaire et de caractérisation d'indices karstiques et d'anciennes carrières réalisée en novembre et décembre 2018 par le cabinet SETHYGE, en présence de M. DARREAU, M^{me} JACQUET-MARTIN et M^{me} LE TURC, gérante du cabinet SETHYGE.

J'ai participé ensuite, le 15 octobre 2019, à une réunion publique de présentation de l'avancement du projet organisée par le SERF dans la salle communale de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE, au cours de laquelle j'ai exposé les principales conclusions du présent avis, en présence de représentants :

- du SERF : M. DARREAU, M. DENIS, M. JEANNEAU, M. MULTON (membre du bureau), M^{me} JACQUET-MARTIN ;
- de la Commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE : M. BEGON (Maire) ;
- de l'ARS CENTRE-VAL DE LOIRE, DELEGATION DEPARTEMENTALE DE L'INDRE : M. SOUET ;
- du CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE : M. BLONDEAU (Conseiller départemental du BLANC), M. LUMET, M. DEVELLE, M. BOUSSEBATA ;
- d'exploitants agricoles : M. BRUNET Alexandre, M. BRUNET Eric, M^{me} CAROLO, M. CHANTRAINE, M. DURAND, M. GAUTHIER, M. GENET, M. LAMOUREUX.

Puis j'ai participé le 7 novembre 2019 à une réunion de travail avec M^{me} JACQUET-MARTIN au siège du SERF, pour finaliser le tracé du périmètre de protection rapprochée (PPR) sur fond cadastral, préparé par M^{me} JACQUET-MARTIN à partir de ma version présentée le 15 octobre 2019 sur fond IGN 1/25 000.

2.6. Présent avis hydrogéologique

Le présent avis hydrogéologique est établi après consultation des documents suivants :

<p>UNIVERSITE D'ORLEANS / CETRAHE (juin 2021)</p>	<p>SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF) – Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF - Réalisation d'un multitraçage dans le cadre de l'étude sur la recherche d'autres ressources en eau potable et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles</p> <p><i>Auteurs : M^{me} JOZJA, Ingénieure de recherche - Directrice adjointe, M. DEFARGE, Directeur</i></p>
<p>CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE / Direction des Routes (mai - juin 2021)</p>	<p>Mise en conformité du réseau pluvial sur la RD 975 en amont du forage des Menottes à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE : solutions proposées, schémas des profils en travers existants et profil en long, estimations financières</p> <p><i>Courriels des 28 mai et 10 juin 2021 adressés au SERF par M. MEUNIER, Chef de l'Unité Territoriale de LE BLANC</i></p>
<p>MARTEAU (juin 2021)</p>	<p>SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF) – Site du forage « Les Menottes » à SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE – Proposition de prestations supplémentaires à l'équipement du forage et à la construction d'une station de traitement de la turbidité : réalisation d'une station d'alerte sur les eaux brutes du forage suite aux résultats du multitraçage hydrogéologique dans son bassin d'alimentation</p> <p><i>Programme technique et financier adressé au SERF, transmis par le SERF à l'ARS (G. SOUET) et à l'hydrogéologue agréé (C. F. MOREAU) par courriel du 11 juin 2021</i></p>

J'ai participé le 3 mai 2021 à une réunion de présentation par la Cellule R&D d'Expertise et de Transfert en Traçages Appliqués à Hydrogéologie et à l'Environnement (CETRAHE) de l'Université d'Orléans - Polytech (M. DEFARGE, M^{me} JOZJA) (*en distantiel*) des résultats de l'opération de multitraçage en amont du forage d'exploitation Les Menottes F1, au siège du SERF, en présence de représentants :

- du SERF : M. DARREAU, M. DENIS, M^{me} JACQUET-MARTIN ;
- de l'ARS CENTRE-VAL DE LOIRE, DELEGATION DEPARTEMENTALE DE L'INDRE : M. SOUET (*en distantiel*) ;
- du CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE : M. MEUNIER, M. SACHET (chargé de mission Eau) (*en distantiel*).

Je me suis rendu sur place le 8 juin 2021, pour participer à une réunion de terrain en présence de M^{me} JACQUET-MARTIN, au cours de laquelle les représentants du CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE (M. MEUNIER, M. BOUSSEBATA - Chef de base routière au sein de l'Unité Territoriale de LE BLANC) ont exposé les propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage par le CONSEIL DEPARTEMENTAL DE L'INDRE.

Il fut proposé au cours de cette réunion d'intégrer une traversée de route supplémentaire en amont proche (au sud-ouest) de l'ancienne carrière FG308.

3. Situation

Département	Indre
Commune	SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE
Désignation	Forage d'exploitation Les Menottes F1 (<i>figure 1</i>)
Lieu-dit	Les Menottes (<i>figure 2</i>)
Références cadastrales	Parcelle n° 39 section ZH
Coordonnées Lambert II étendu (d'après Géoportail)	X = 502,247 km Y = 2175,518 km
Coordonnées Lambert 93 (d'après Géoportail)	X = 551,527 km Y = 6609,880 km
Altitude sol (<i>estimation d'après carte IGN 1927 Est à 1/25 000 et Géoportail</i>)	Z = + 108 m
Identifiant national (BRGM/BSS)	BSS001NUKB (ancien code : 05914X0043/F)
Photographies	<i>cf. annexe 1</i>

Tableau 1 : Principales caractéristiques de localisation du forage d'exploitation Les Menottes F1

Le forage d'exploitation est localisé à environ 1,5 km au nord-ouest du bourg de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE, au lieu-dit "Les Menottes", dans l'enceinte de la station de surpression du SERF, à environ 500 m à l'ouest de la *Benaize*, rive gauche, non loin de sa confluence avec l'*Anglin*.

La parcelle de la station est implantée à l'intersection de deux vallons, l'un sensiblement parallèle à la *Benaize*, l'autre orienté sud-ouest/nord-est s'étendant jusqu'au hameau de "La Forêt".

Elle est bordée à l'est par la voie communale n°4 et à l'ouest par un fossé d'écoulement d'eaux pluviales dont les eaux sont peu susceptibles d'inonder la parcelle sauf faiblement en période de fortes pluies exceptionnelles, d'après les informations recueillies.

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

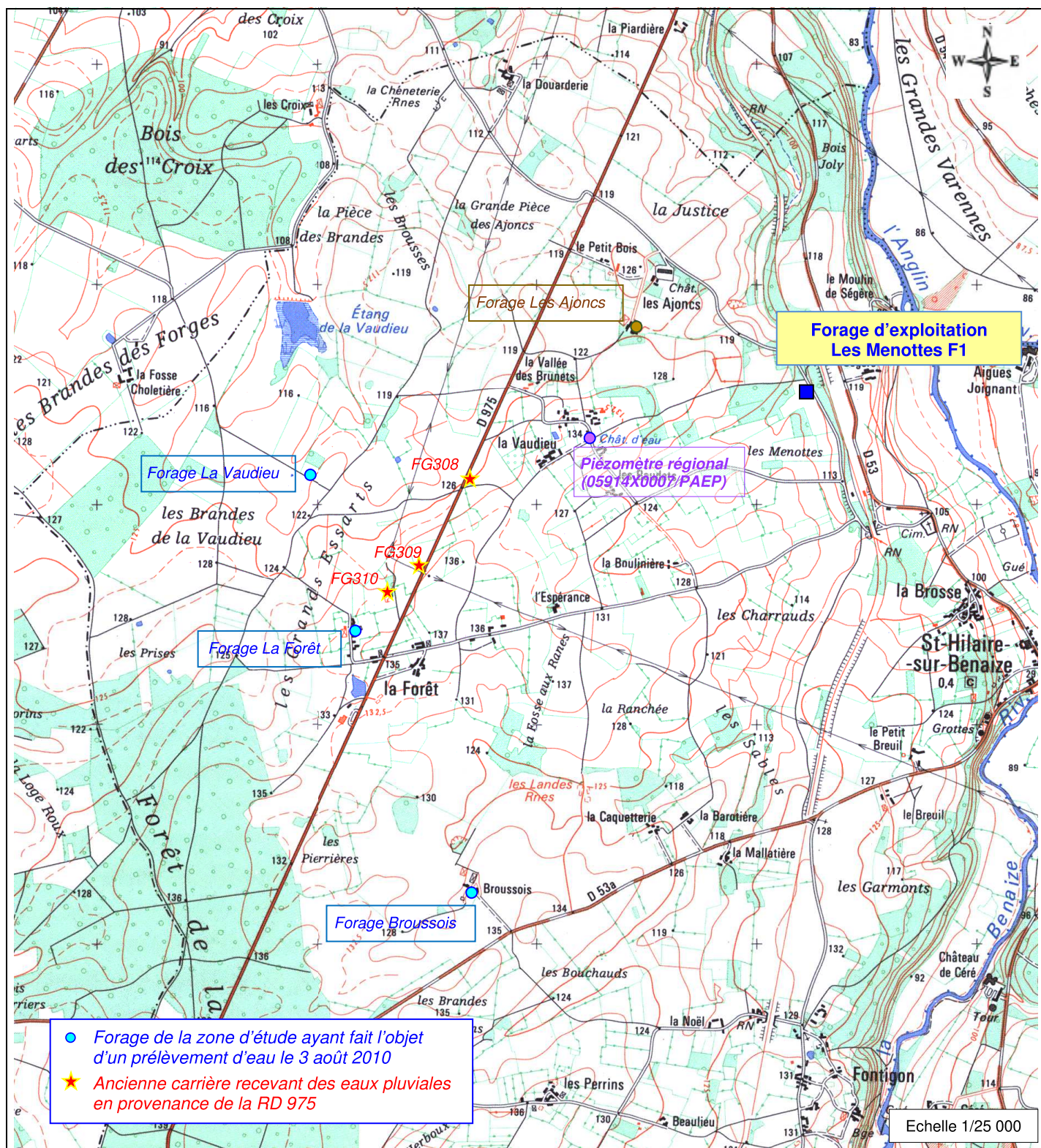


Figure 1 : Plan de situation du forage d'exploitation Les Menottes F1 (extrait carte IGN 1927 Est à 1/25 000)

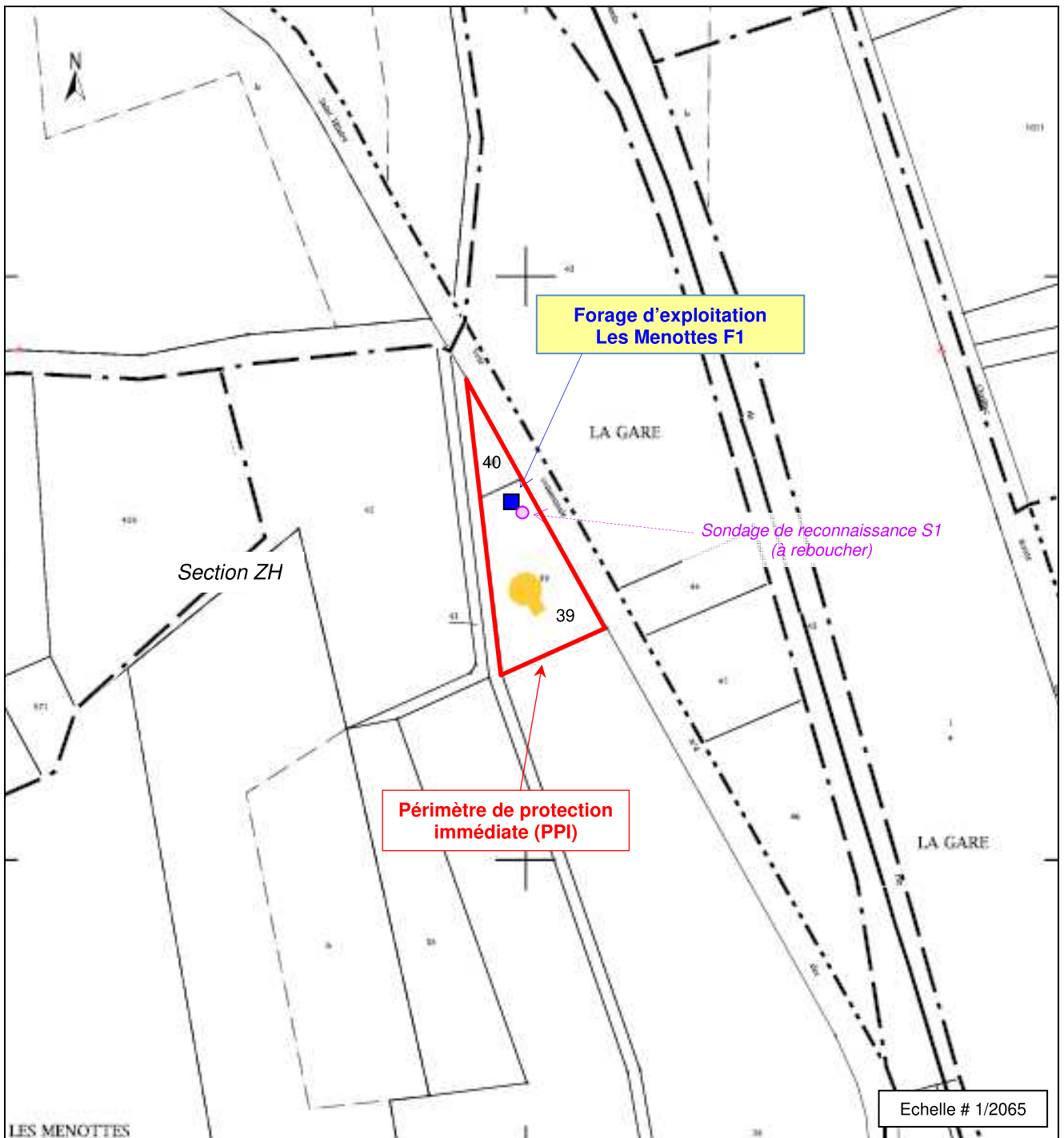


Figure 2 : Plan de situation cadastrale du forage d'exploitation Les Menottes F1 et tracé de son protection de protection immédiate (parcelles ZH 39 et ZH 40) (extrait cadastral commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE, section ZH)

4. Caractéristiques techniques du forage d'exploitation Les Menottes F1

NATURE	: forage profond de 112 m
DATE DE REALISATION	: décembre 2012 à janvier 2013 (transformation en forage d'exploitation d'un forage d'essai de 120 m de profondeur réalisé en mai et juin 2011)
	Remarque : le forage d'essai a été réalisé à 2,5 mètres d'un sondage de reconnaissance de 118 m de profondeur effectué en avril 2011, arrêté à 58 m lors de sa tentative de transformation en forage d'essai, suite à une casse du taillant de forage en cours d'alésage. Cet outil n'a pas pu être récupéré. Le sondage de reconnaissance ainsi modifié n'est pas rebouché à ce jour.
ENTREPRISE	: VAN INGEN FORAGES (37290 Tournon-Saint-Pierre)
COUPE TECHNIQUE	: cf. annexe 1

Foration			Equipement		
de... à... (m/sol)	Ø (mm)	Méthode	de... à (m)	Ø int/ext (mm)	Nature
0 – 14	610	Rotary (tricône)	+ 0,30 - 14,2	512,8/530	Tubage acier plein à raccords soudés, cimenté sous pression à l'extrados
14 – 83,5	508	Rotary (tricône)	+0,50 - 80,5	393,3/406	Tubage acier inox plein à raccords rapides (ZSM), cimenté sous pression à l'extrados
83,5 - 112	374	Rotary (tricône)	80,5 - 112	/	Trou nu

Tableau 2 : Coupe technique du forage d'exploitation les Menottes F1

DISPOSITIONS PARTICULIERES	: tête de forage aménagée en février 2021 suivant le schéma de principe de l'annexe 1 (en remplacement du tubage acier ordinaire provisoire Ø 540 mm de tête dépassant le sol de 0,75 m avec capot cadernassé) (cf. photographies en annexe 1) : nature de l'acier inox non renseignée : d'après les diagraphies (inspection caméra, contrôle de cimentation CBL) réalisées le 27 mai 2013 par SOLEO. (03190 Vallon-en-Sully) : tubage acier inox plein en bon état général, présentant des traces rouge-orangé sur les parois ; karst important (environ 1 m de hauteur) visible entre 102 et 103 m de profondeur dans la partie en trou
----------------------------	--

SYNDICAT DES EAUX DE LA REGION DE FONTGOMBAULT (SERF)

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

nu ; profondeur totale de 106,1 m lors de l'inspection caméra (fond comblé de dépôts rougeâtres) ; bonne qualité de cimentation, sauf entre 20 et 24 m de profondeur où elle est moyenne

FONCTIONNEMENT PREVU

: pompage au moyen d'1 pompe immergée débitant 40 m³/h, refoulant l'eau vers la bêche d'eau traitée de 400 m³ existant sur la parcelle du forage

TRAITEMENT ENVISAGE

: filtration sur média bicouche avec coagulation en tête, désinfection finale (chloration gazeuse)

5. Contexte géologique

5.1. Contexte géologique général

Le forage d'exploitation Les Menottes F1 est implanté, d'après la carte géologique à 1/50 000 de LA TRIMOUILLE, sur les assises calcaires du DOGGER (JURASSIQUE moyen), représentées successivement de haut en bas par (cf. figure 3) :

- 25 à 35 m de **calcaires blancs finement grenus** à ripple-marks et intercalations oolithiques, attribués au **BATHONIEN inférieur et moyen** (j2a-b) ;
- 75 à 85 m de **calcaires graveleux** massifs à pisolithes du **BAJOCIEN supérieur**, puis de **calcaires dolomitiques et de dolomies à silex** du **BAJOCIEN inférieur et moyen** (j1) ;
- 7 à 10 m de **calcaires dolomitiques** puis de calcaires marneux à ammonites de l'**AALENIEN** (j0).

Puis viennent successivement, de haut en bas :

- les marnes et les calcaires argileux à ammonites du TOARCIEN (LIAS supérieur), épais d'une vingtaine de mètres ;
- quelques mètres de un conglomérat quartzo-feldspathique à oolithes ferrugineuses attribué au LIAS inférieur et moyen ;
- le socle cristallin granitique.

Les calcaires du DOGGER peuvent être recouverts sur les plateaux par des dépôts continentaux d'âge tertiaire, discordants, résultant d'épandages successifs de sédiments détritiques ou de remplissage lacustre d'anciennes dépressions du plateau calcaire, représentés de haut en bas par :

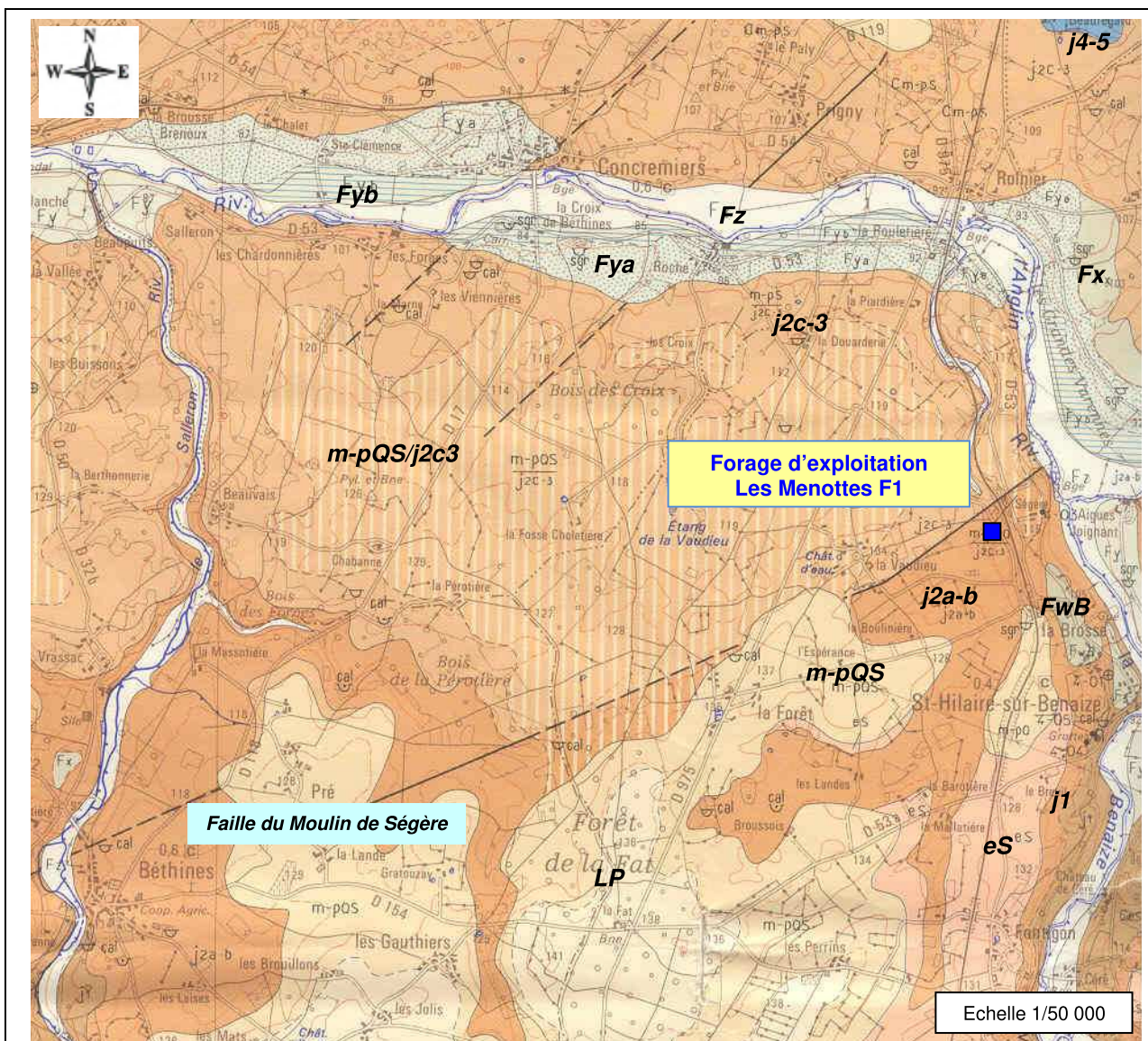
- des limons blanchâtres sur les parties les plus élevées des plateaux, d'origine essentiellement éolienne (Quaternaire), épais de 0,5 à 2 m (LP) ;
- des argiles bariolées et des sables argileux plus ou moins grossiers, rougeâtres et grisâtres, à petits galets de quartz, d'âge MIO-PLIOCENE, épais de 1 à 10 m (m-pQS) ;
- des argiles et des sables argileux à galets de quartz blanc et à bancs de grès (EOCENE), épais de 1 à 5 m (eS).

Des alluvions fluviales anciennes jalonnent les vallées de la *Benaize* et de l'*Anglin*, mais sont réduites à des lambeaux de terrasses de nature sableuse et argilo-sableuse à blocs de roches cristallines et à fragments de quartz (Fyb, Fya, Fx, Fw). Leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres.

Des alluvions récentes, constituées de limons, d'argiles et sables plus ou moins limoneux, épaisses de 0,5 à 3 m, tapissent le lit majeur de la *Benaize* et de l'*Anglin*.

Sur le plan structural, les assises jurassiques présentent de légers pendages (quelques %) vers le nord. Elles sont affectées de failles de direction principale NE-SW, comme la faille du Moulin de Ségère (cf. coupe géologique interprétative en annexe 2) à une centaine de mètres au nord du projet de forage dont le rejet à composante normale a fait descendre le compartiment nord d'environ 25 m. A noter la présence de deux failles supposées au sud de celle du Moulin de Ségère, reportées dans l'étude d'inventaire et de caractérisation d'indices karstiques sus-référencée réalisée par le cabinet SETHYGE en novembre-décembre 2018 (cf. tracés en annexe 7).

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage



Fz	Alluvions actuelles limono-argileuses (QUATERNAIRE)	j4-5	Calcaires à silex, calcaire fin micrograveleux et bioclastique (Oxfordien faciès argovien – JURASSIQUE supérieur)
Fya, Fyb	Alluvions anciennes de basse et très basse terrasse, sableuses et argilo-graveleuses (QUATERNAIRE)	j2c-3	Calcaires graveleux, calcaires oolithiques, calcaires fins (Callovien à Bathonien supérieur – JURASSIQUE moyen)
Fx	Alluvions anciennes de moyenne terrasse, sablo-graveleuses à blocs (QUATERNAIRE)	j2a-b	Calcaires graveleux, calcaires oncholithiques, calcaires fins (Bathonien moyen et inférieur – JURASSIQUE moyen)
FwB	Alluvions anciennes de haute terrasse, sablo-graveleuses à blocs (QUATERNAIRE)	j1	Calcaires graveleux pisolithiques massifs, calcaires dolomitiques à silex (Bajocien – JURASSIQUE moyen)
LP	Limons des plateaux (QUATERNAIRE)	----	Faille géologique masquée ou supposée
m-pQS	Formation détritiques des plateaux à galets de quartz et à silex (Mio-Pliocène - TERTIAIRE)	--	Faille géologique observée
eS	Sables argileux à galets de quartz et bancs de grès (Eocène continental - TERTIAIRE)		

Figure 3 : Contexte géologique à 1/50 000 (extrait carte géologique BRGM n° 591 - LA TRIMOUILLE)

On notera que l'étude géologique du bassin versant de l'Anglin et de son affluent rive gauche la Benaize, entre BELABRE, LIGLET et CONCREMIERS, réalisée par SETHYGE en 2009, a mis en évidence dans le secteur du forage d'exploitation Les Menottes F1 :

- un réseau karstique bien développé dans les calcaires du Dogger, comme l'attestent les relevés spéléologiques de la grotte du Moulin de Ségère au sud de l'extrémité nord-est de la faille du Moulin de Ségère. Le réseau karstique, principalement orienté N 10 à N 20 et N 130 à N 150, est nettement sécant à la faille ;
- un toit du Dogger fortement altéré sous la couverture tertiaire, sur les plateaux ;
- le rôle structurant de la faille du Moulin de Ségère, les assises du Dogger plongeant brusquement au niveau de la faille, avec des pendages dirigés vers le nord-est au sud de la faille et vers le sud au nord de la faille. Celle-ci est susceptible de jouer un rôle de barrière hydraulique, en contenant les stocks d'eau souterraine disponibles au niveau du compartiment sud où est implanté le forage.

L'étude réalisée par SETHYGE en novembre-décembre 2018, d'inventaire et de caractérisation des indices karstiques répertoriés dans l'étude géologique 2009, a conforté l'importance de ce réseau karstique (cf. cartes de l'annexe 7).

5.2. Coupe géologique du forage d'exploitation Les Menottes F1

La lithologie des terrains traversés lors de la réalisation du sondage de reconnaissance S1 est synthétisée dans la coupe de l'annexe 1. Elle est reconstituée et interprétée dans le tableau suivant, complétée notamment d'observations relevées sur le forage d'essai :

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie supposée
0 - 1 m	Terre végétale argileuse	QUATERNAIRE
1 - 9 m	Calcaire beige	Bathonien moyen et inférieur (JURASSIQUE MOYEN - DOGGER)
9 - 28 m	Calcaire blanc compact	
28 - 29 m	Calcaire beige jaune, légère infiltration	
29 - 35 m	Marne calcaire grisâtre	
35 - 59 m	Calcaire gris marneux	Bajocien (JURASSIQUE MOYEN - DOGGER)
59 - 81 m	Calcaire gris dur, très légèrement fissuré, faible venue d'eau à 60 m (1 m ³ /h)	
81 - 84 m	Calcaire ocre fissuré, venue d'eau boueuse à 82 m (20 m ³ /h)	
84 - 88 m	Calcaire "silicifié" très dur	
88 - 93 m	Calcaire ocre fissuré, assez faible venue d'eau (5 m ³ /h)	
93 - 102 m	Calcaire gris gréseux très dur	
102 - 112 m	Alternance de calcaire marron fissuré et de calcaire gris très dur, venues d'eau importantes (80 à 90 m ³ /h à 102 m dans le sondage de reconnaissance avec argile et pyrite, plus de 200 m ³ /h entre 105 et 108 m dans le forage d'essai)	

Tableau 3 : Coupe géologique reconstituée du forage d'exploitation les Menottes F1

Cette coupe géologique est assez bien corroborée par les diagraphies réalisées dans le forage d'essai : gamma-ray et résistivité le 9 juin 2011, puis micromoulinet et température-conductivité le 28 juin 2011 (*cf. annexe 1*).

❖ **Commentaires**

Il apparaît que les formations tertiaires sont absentes, les calcaires du Jurassique moyen (Dogger) étant à l'affleurement sous 1 mètre de terre végétale argileuse.

Un karst important dans ces formations calcaires du Dogger est recoupé par le forage entre 102 et 108 m de profondeur, bien identifié entre 102 et 103 m de profondeur dans la partie en trou nu du forage d'exploitation lors de l'inspection caméra du 27 mai 2013.

A noter que la description des terrains traversés par le forage de La Vaudieu (indice BRGM/BSS 05914X0036/F, nouvel identifiant BSS001NUJU) distant de 2,2 km à l'ouest/sud-ouest du forage d'exploitation Les Menottes F1 (*cf. implantation sur la figure 1*) indique la présence de cavités entre 58 et 71 m de profondeur, soulignant ce caractère karstique des calcaires du Dogger.

6. Contexte hydrogéologique

6.1. Contexte hydrogéologique général

Les formations géologiques aquifères présentes dans le secteur de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE se répartissent principalement dans les calcaires du DOGGER.

❖ *les calcaires du DOGGER*

L'ensemble calcaire du **DOGGER** est le siège d'une nappe d'extension régionale. Celle-ci constitue l'aquifère principal du secteur.

La nappe est libre à semi-captive sous la couverture argileuse tertiaire présente sur les plateaux.

Elle est caractérisée par une porosité de fissures et de chenaux, à axes d'écoulement préférentiel. Les calcaires sont en effet fréquemment affectés de phénomènes de karstification.

L'écoulement général des eaux souterraines est globalement dirigé vers le nord-est, avec un drainage par la *Benaize* et l'*Anglin*.

La chronique du niveau de la nappe du Dogger captée par le piézomètre régional 05914X0007/PAEP distant d'environ 1 km à l'ouest du forage d'exploitation Les Menottes F1 (cf. implantation sur la figure 1) révèle des fluctuations saisonnières très variables suivant les années (1,76 m en 2005 ; 10,62 m en 2001) avec des périodes de recharge de février à mai et d'étiage de septembre à janvier (cf. chronique piézométrique 1995-2016 en annexe 2).

La productivité de la nappe est variable et étroitement liée à l'importance de la fracturation des calcaires et à la tectonique. Les débits obtenus en forage varient de quelques m³/h à plus de 100 m³/h (15 m³/h au forage de La Forêt, environ 55 m³/h au forage de La Vaudieu, supérieur à 100 m³/h semble-t-il au forage de Broussois).

La nappe du DOGGER est exploitée localement pour l'irrigation, l'abreuvement d'animaux et pour des usages domestiques.

Sur le plan qualitatif, l'eau est moyennement minéralisée, de type bicarbonaté-calcique, à teneur en nitrates variable dans l'espace et le temps, pouvant contenir des pesticides à certaines périodes de l'année. Sa qualité bactériologique peut se dégrader, en relation avec la rapidité des circulations dans le réseau karstique.

La *vulnérabilité* de la nappe vis-à-vis des activités de surface est variable : elle est fonction de l'épaisseur de la protection naturelle sur les plateaux (argiles tertiaires) et de la profondeur des venues d'eau en forage.

❖ *les autres aquifères*

Les alluvions de la Benaize et de l'Anglin constituent de petits réservoirs aquifères, en liaison avec le cours d'eau et probablement alimentés par des exutoires du réseau calcaire karstique sous-jacent. Ils se comportent surtout comme des aquifères de transit entre la nappe du DOGGER sous-jacente et la rivière.

Les dépôts détritiques les plus sableux du Tertiaire renferment de petites nappes superficielles, perchées sur les plateaux, discontinues, peu connues et probablement de médiocres caractéristiques tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

6.2. Hydrogéologie au droit du forage d'exploitation les Menottes F1

NAPPE CAPTEE	: calcaires du DOGGER (Jurassique moyen) présents à partir de 1 m de profondeur, siège d'une nappe captée entre 80,5 et 112 m de profondeur.
TOIT DE LA NAPPE	: le sol (calcaires du Dogger affleurants).
VENUES D'EAU	: 9 % du débit de 100,1 à 104,4 m de profondeur ; : 81 % du débit de 104,4 à 107,7 m de profondeur ; d'après la diagraphie micromoulinet réalisée le 28 juin 2011 sur le forage d'essai au débit de 44,4 m ³ /h (cf. annexe 1).
NIVEAU AU REPOS	: 18,63 m/repère (<i>hauteur/sol non renseignée</i>), soit une cote estimée de + 89,9 m le 28/02/2013, correspondant à une période de moyennes à hautes eaux ; : 20,49 m/repère (<i>hauteur/sol non renseignée</i>), soit une cote estimée de + 88,0 m le 03/04/2013, correspondant à une période de moyennes à hautes eaux ; : 20,25 m/repère (<i>hauteur/sol non renseignée</i>), soit une cote estimée de + 88,2 m le 19/05/2015, correspondant à une période de moyennes à hautes eaux ; : 23,16 m/tubage acier ordinaire provisoire Ø 540 mm (+ 0,75 m/sol), soit une cote estimée de + 85,6 m le 15/10/2019, correspondant à une période de basses eaux.
VARIATIONS SAISONNIERES	: quelques mètres à plus de 15 m (estimation).
PERTES DE CHARGE	: déterminées au moyen de pompages par 4 paliers non enchaînés de 1 heure chacun les 3 et 4 avril 2013 (moyennes à hautes eaux) aux débits de 49,9, 79,5, 110,3 et 149,9 m ³ /h, conduisant à un régime quasi linéaire jusqu'à 150 m ³ /h (débit critique non atteint).
NIVEAU DYNAMIQUE	: 26,45 m/repère au bout de 72,25 heures de pompage (du 8 au 12 avril 2013 - moyennes à hautes eaux - période de recharge de la nappe) au débit moyen de 68,4 m ³ /h, soit un rabattement de 6,86 m ; : 35,21 m/repère au bout de 72,17 heures de pompage (du 15 au 19 avril 2013 - moyennes à hautes eaux - période de recharge de la nappe) au débit moyen de 146,2 m ³ /h, soit un rabattement de 16,01 m ;

: 24,24 m/repère au bout de 7 jours de pompage (du 19 au 26 mai 2015 - moyennes eaux) au débit moyen de 30 m³/h, soit un rabattement de 3,99 m ;

: 26,67 m/repère au bout de 7 jours de pompage (du 1^{er} au 8 juin 2015 - moyennes eaux) au débit moyen de 45 m³/h, soit un rabattement de 6,02 m ;

: 28,37 m/repère au bout de 7 jours de pompage (du 15 au 22 juin 2015 - moyennes eaux) au débit moyen de 60 m³/h, soit un rabattement de 7,81 m ;

: 27,05 m/repère au bout de 7 jours de pompage (du 29 juin au 6 juillet 2015 - moyennes eaux) au débit moyen de 45 m³/h, soit un rabattement de 5,90 m.

PAR. HYDRODYNAMIQUES

: transmissivité $T = 8.10^{-3}$ à $1,4.10^{-2}$ m²/s (avril 2013 - moyennes à hautes eaux - période de recharge de la nappe), indicatrice d'une **nappe de bonne productivité à cette période** ;

: transmissivité $T = 3,3.10^{-3}$ à 5.10^{-3} m²/s (mai à juillet 2015 - moyennes eaux), indicatrice d'une **nappe moyennement à assez productive à cette période** ;

: coefficient d'emmagasinement (à partir du suivi sur le forage agricole des Ajoncs, distant de 825 m au nord-ouest, lors des pompages d'essai d'avril 2013) : 5 à 8.10^{-3} , indicateur d'une **nappe libre** ;

: méthode : Jacob.

DEBIT POTENTIEL

: 150 m³/h.

DEBIT OPTIMUM ACTUEL

: **40 à 60 m³/h**, sur la base de l'analyse des investigations de pompages d'essai de longue durée avec suivi de la turbidité de l'eau réalisées à ce jour (cf. paragraphe 6.3 infra).

6.3 Les informations issues des études hydrogéologiques complémentaires réalisées au droit et autour du forage d'exploitation Les Menottes F1

6.3.1. Piézométrie de la nappe du Dogger en basses à moyennes eaux (octobre 2015) et hautes eaux (juin 2016)

Les esquisses piézométriques des étiages 1985 et 1987 avaient mis en évidence un drainage général de la nappe du DOGGER par la *Benaize* et l'*Anglin*, avec des niveaux piézométriques au droit du site du forage Les Menottes F1 compris entre les cotes + 85 et + 90 m, soit des profondeurs de l'eau comprises entre 20 et 25 m/sol en basses eaux (cf. avis hydrogéologique préliminaire, avril 2010).

Les cartes piézométriques établies en basses à moyennes eaux (octobre 2015) et hautes eaux (juin 2016) par HYDROGEOLOGUES CONSEIL (cf. annexe 2) corroborent ce drainage de la nappe du DOGGER par la *Benaize* et l'*Anglin*, avec un écoulement général de la nappe vers l'est et le nord-est et un gradient devenant plus faible à l'approche des vallées, témoignant d'une augmentation de la perméabilité de l'aquifère calcaire.

Peu de différences apparaissent entre les piézométries de hautes et basses eaux, notamment sur les plateaux.

6.3.2. Pompages d'essai par paliers longs (7 jours) de mai à juillet 2015

Les pompages d'essai réalisés de mai à juillet 2015 (période de moyennes à hautes eaux) sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 en vue de déterminer l'évolution de la turbidité de l'eau en cours de pompage et de permettre de proposer des conditions d'exploitation dans un contexte de traitement ultérieur de l'eau quasi certain, ont été conduits comme suit :

- du 19 au 26 mai 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 30 m³/h (pompage n°1) ;
- du 1^{er} au 8 juin 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 45 m³/h (pompage n°2) ;
- du 15 au 22 juin 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 60 m³/h (pompage n°3) ;
- du 29 juin au 26 juillet 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 45 m³/h (pompage n°4).

Les niveaux d'eau ont été suivis dans le forage d'exploitation Les Menottes F1, le forage Les Ajoncs (M. PERRIN) et celui de Brousois (M. RIGAIL), ainsi que sur le piézomètre régional (via le portail d'accès aux données sur les eaux souterraines) (cf. implantation sur la figure 1).

Les principaux résultats suivants ont été obtenus (cf. annexe 3) :

- sur le plan de la productivité de la nappe :
 - ✓ caractéristiques hydrodynamiques globalement homogènes, avec une transmissivité comprise entre $3,3 \cdot 10^{-3}$ et $5 \cdot 10^{-3}$ m²/s, indicatrice d'une nappe moyennement à assez productive à cette période ;

- sur le plan de la piézométrie :
 - ✓ légères baisses au forage des Ajoncs et au piézomètre régional, mais difficilement interprétables du fait des variations naturelles de la nappe ;
 - ✓ aucune influence du pompage mesurable au forage de Broussois, celui-ci étant en exploitation lors des essais ;
- sur le plan de la physico-chimie de l'eau :
 - ✓ les paramètres mesurés (turbidité, MES, aluminium total, fer total) montrent tous la même évolution :
 - avant démarrage : les concentrations sont relativement faibles (décantation naturelle) ;
 - les concentrations augmentent rapidement ensuite jusqu'à atteindre leur maximum au bout de 2 à 3 heures de pompage ;
 - puis les concentrations diminuent jusqu'à se stabiliser voire se rapprocher de la concentration initiale (cas du palier à 30 m³/h) ;
 - ✓ pour la turbidité en particulier :
 - à 30 m³/h : un maximum de 16 NFU et une valeur de 4,1 NFU au bout de 7 jours ;
 - à 45 m³/h : un maximum de 26 NFU et une valeur de 11 NFU au bout de 7 jours ;
 - à 60 m³/h : un maximum de 24 NFU et une valeur de 17 NFU au bout de 7 jours.

Il apparaît que les pompages d'essai conduits de mai à juillet 2015 n'ont pas permis de "nettoyer" suffisamment le réservoir aquifère des remplissages karstiques argilo-sablo-calcaires, pour envisager une exploitation du forage sans pics à chaque démarrage de pompe mais aussi sans pics aléatoires.

Une amélioration significative de la turbidité de l'eau est toutefois observée lorsque le débit de pompage est plus faible (30 m³/h), sans éviter toutefois les risques d'apparition aléatoire de pics de turbidité.

Ces pompages d'essai permettent d'établir une corrélation entre débit pompé et turbidité au stade de développement du forage d'exploitation Les Menottes F1 au printemps 2015 et confirment la nécessité de mettre en place un dispositif de traitement de l'eau.

6.3.3. Pompages d'essai de très longue durée (68 jours) de décembre 2016 à février 2017

Les pompages d'essai réalisés de décembre 2016 à février 2017 (période de basses à moyennes eaux) sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 en vue de permettre le dimensionnement de la station de traitement de l'eau, ont été conduits comme suit :

- du 15 décembre 2016 au 21 février 2017 : pompage continu de 68 jours au débit moyen de 56,6 m³/h.

Seul le suivi analytique hebdomadaire a pu être exploité (panne de la sonde de conductivité).

Les principaux résultats suivants ont été obtenus sur le plan de la physico-chimie de l'eau (cf. annexe 4) :

- pour la turbidité :
 - ✓ valeurs variant entre 9,5 NFU le 21 décembre 2016 et 2,8 NFU le 16 février 2017, avec pic à 27 NFU le 1^{er} février 2017 ;
 - ✓ absence de corrélation claire avec la pluviométrie ;
 - ✓ absence de corrélation claire avec le débit de pompage ;
 - ✓ possible corrélation avec la température, mais interprétation non réalisable du fait de l'absence de mesures en continu ;
- pour le COT :
 - ✓ valeurs assez stables, comprises entre 0,3 et 0,4 mg/L ;
- pour les pesticides recherchés (acétochlore, métolachlore, isoproturon) :
 - ✓ valeurs inférieures aux seuils de détection analytiques.

Il apparaît que les pompages d'essai conduits de décembre 2016 à février 2017, comme ceux de mai à juillet 2015, n'ont pas permis de "nettoyer" suffisamment le réservoir aquifère des remplissages karstiques argilo-sablo-calcaires.

Ces pompages d'essai confirment la nécessité de mettre en place un dispositif de traitement de l'eau.

6.3.4. Les autres informations collectées dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1

Les informations collectées initialement sur les forages de Brousois, La Vaudieu et La Forêt (cf. implantations sur la figure 1 et en annexe 5) et intégrées dans l'avis hydrogéologique préliminaire, sont rappelées ici.

Sur le plan des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe :

- Brousois (avril 1985) : transmissivité de la nappe moyenne à assez élevée ($T = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$), coefficient d'emmagasinement non déterminable avec cet essai ;
- La Vaudieu (avril 2008) : débit moyen 55 m³/h pendant 24 heures, transmissivité de la nappe moyenne ($T = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ en descente, $T = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ en remontée), coefficient d'emmagasinement non déterminable avec cet essai ;
- La Forêt (décembre 2009) : absence de pompage d'essai disponible.

Les prélèvements d'eau effectués le 3 août 2010 sur ces trois forages renseignent sur la qualité de l'eau de la nappe du Dogger, comme indiqué dans le tableau 4 et en annexe 5.

Il apparaît que celle-ci était dégradée en août 2010 au forage de La Forêt, pour les paramètres nitrates et triazines (pesticides), malgré la protection argileuse naturelle de 1 à 16 m et la cimentation annulaire de 0 à 28 m. La nappe y est en effet libre, le niveau statique étant profond de plus de 28 m/sol. A noter que ce forage est implanté en tête de l'un des vallons s'étendant jusqu'au forage Les Menottes F1.

La qualité de l'eau était également dégradée en août 2010, mais à un degré moindre, au forage de Brousois, pour les paramètres triazines, malgré la protection argileuse naturelle de 10 à

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage

18 m et l'état captif de la nappe au repos. Il est vraisemblable qu'en pompage la nappe devienne localement libre, avec un niveau dynamique de l'eau sous la base des argiles. La cimentation annulaire est de plus quasi absente puisque limitée à la profondeur de 1,5 m/sol. La teneur en nitrates y était assez élevée (34 mg/L), tout en restant inférieure à la limite de qualité réglementaire pour la consommation humaine (50 mg/L).

Forage		Brousois	La Vaudieu	La Forêt
Indice BRGM/BSS (nouvel identifiant)		05914X0012/F (BSS001NUHU)	059140036/F (BSS001NUJU)	05914X0037/F (BSS001NUJV)
Zsol estimé		+ 131 m	+ 120 m	+ 134 m
Profondeur		75 m (80 m avant réhabilitation)	114 m	68 m
Cimentation		0-1,5 m	0-27 m	0-28 m
Débit aux essais		> 100 m ³ /h	55 m ³ /h	15 m ³ /h
Protection argileuse naturelle		10-18 m	4-27 m	1-16 m
Cote base argile		+ 113 m	+ 93 m	+ 118m
Venues d'eau		25 ; 42 ; 67-70 m	25-71 m (cavités de 28 à 29 m et de 58 à 71 m)	42-63 m
Niveau statique / sol		9,50 m (avril 1985)	12,8 m (avril 2008)	28,3 m (déc. 2009)
Cote eau		+121,5 m (avril 1985)	107,2 m (avril 2008)	+ 105,7 m (déc. 2009)
Etat nappe (au repos)		captif (avril 1985)	captif (avril 2008)	libre (déc. 2009)
Prélèvements du 3 août 2010	Conductivité in situ	654 µS/cm	-	654 µS/cm
	Nitrates	34 mg/L	26 mg/L	63 mg/L
	Fer total	150 µg/L	2 800 µg/L (eau trouble)	< 30 µg/L
	Manganèse	< 5 µg/L	19 µg/L	< 5 µg/L
	Triazines	0,22 µg/L	0,02 µg/L	0,53 µg/L

Tableau 4 : Principales caractéristiques des forages privés de Brousois, La Vaudieu et La Forêt situés dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1

Au forage de La Vaudieu, la qualité de l'eau n'était pas dégradée en août 2010 pour les paramètres nitrates et triazines, bien que la teneur en nitrates restât significative (26 mg/L). La cimentation de l'espace annulaire est effective jusqu'à 27 m. La teneur en fer était excessive, signe d'une forte oxydation de l'eau en pompage (il est probable que le niveau dynamique en pompage atteigne la crépine de la pompe). Il est vraisemblable que la nappe ne reste pas captive en pompage, avec un niveau dynamique de l'eau sous la base des argiles.