

DEPARTEMENT DE LOIRET

La commune nouvelle « LE MALESHERBES »

CAPTAGE DE VAULUIZARD

N° 02937X1039 / BSS000WCNN

**CONFIRMATION DE L'AVIS HYDROGEOLOGIQUE
DE 2017 RELATIF A LA MISE EN PLACE DE LA DUP
ET PROPOSITION DES PERIMETRES DE
PROTECTION**

Rapport

**de Smaïl SLIMANI, Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène
publique**

Octobre 2025

I. PREAMBULE

L'ARS de Loiret (45), sur proposition de monsieur le Coordonnateur des hydrogéologues agréés, m'a confié la mission **de confirmer un avis hydrogéologique de 2017** relatif à l'étude d'un captage d'eau potable au lieudit « Vauluizard » appartenant à la communauté de communes du Pithiverais Gâtinais. Ce captage AEP de Vauluizard (n° BSS 02937X1039), situé sur l'ancienne commune de Malesherbes et captant la nappe captive des calcaires de Champigny.

En vue d'une régularisation de la situation administrative du forage de Vauluizard, la CC a souhaité déposer un dossier portant sur la déclaration d'utilité publique (D.U.P.), de la dérivation des eaux, de la disponibilité en eau et de l'instauration des périmètres de protection.

Un avis hydrogéologique est rendu en novembre 2017 par Mme. JOURNE Virginie. Cependant, en raison du délai écoulé, cet avis a été jugé ancien pour le passage en enquête publique, c'est pour cette raison que l'ARS a souhaité mettre à jour cet avis hydrogéologique et en 2022 un autre hydrogéologue agréé est désigné il s'agit de M. TOMASI qui a démissionné au cours de son mandat.

Pour l'actualisation de l'avis hydrogéologique, un complément d'étude environnementale a été demandé pour recenser les activités polluantes autour du forage et ce complément est réalisé en octobre 2022 par le bureau d'études impulse.

Je me suis rendu sur les lieux le 1 avril 2025.

Le présent avis se base essentiellement sur les documents fournis par le bureau d'études Impulse et l'avis hydrogéologique de Mme. JOURNE de 2017.

Mon rapport d'hydrogéologue agréé est établi à partir des documents repris ci-dessus. Il convient de se référer à ces documents pour disposer des sources techniques et iconographiques notamment. Rappelons, ici, que le présent rapport ne constitue qu'un avis et non une étude hydrogéologique, et qu'il ne concerne que le domaine des eaux souterraines.

II. OBSERVATIONS HYDROGÉOLOGIQUES

Le captage de Vauluizard exploite la nappe captive des Calcaires de Champigny, aquifère protégé. L'ouvrage (BSS n°02937X1029) est équipé et protégé de manière conforme.

Depuis l'avis de 2017 établi par Mme JOURNE, plusieurs prescriptions importantes ont été appliquées, entraînant une amélioration notable de la protection de l'ouvrage, à savoir :

- Le comblement de l'ancien forage désaffecté précédemment identifié comme un point de vulnérabilité a été effectué dans de bonnes conditions ;
- Des travaux de sécurisation du périmètre de protection immédiate (PPI) ont été réalisés, incluant la clôture, l'aménagement des abords et la sécurisation des regards ;
- L'étude environnementale du bureau Impulse (2022) confirme l'absence de nouvelles sources de pollution et la cessation ou la mise aux normes des activités potentiellement polluantes signalées en 2017.
- Les risques autour de l'ouvrage sont faibles, par une occupation des sols principalement forestière.

Ces éléments confirment que la situation environnementale du captage s'est améliorée et que la protection est aujourd'hui renforcée et mieux maîtrisée.

III. AVIS DE L'HYDROGEOLOGUE AGREE

Au vu de l'examen des incidences hydrogéologiques sur le captage de Vauluizard et du contexte environnemental décrit dans l'étude environnementale, et notamment :

- le respect de la réglementation générale sur la protection des eaux souterraines,
-
- de l'application effective des prescriptions de l'avis de 2017,
- des travaux réalisés pour la protection du captage.

Je confirme que l'avis hydrogéologique de 2017 reste pleinement valable, sans remise en cause des conclusions initiales. Il peut être intégré au dossier de DUP en vue de sa mise à l'enquête publique.

Toutefois, afin de garantir durablement la protection de la ressource, je formule la prescription complémentaire suivante :

Dans le périmètre de protection rapprochée (PPR), il convient d'interdire toute activité industrielle relevant de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), notamment celles susceptibles d'introduire ou de manipuler des substances dangereuses ou polluantes, en cohérence avec les objectifs de protection de la ressource en eau destinée à la consommation humaine.

Je joins à cet avis l'avis hydrogéologique de 2017.

Cergy, le 21/10/2025

Smaïl SLIMANI

Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique





DEFINITION DES PERIMETRES DE PROTECTION
DU CAPTAGE D'EAU POTABLE AU LIEU-DIT « VAULUIZARD »
N° 02937X1039 / BSS000WCNN
(COMMUNE DELEGUEE DE MALESHERBES)

AVIS HYDROGEOLOGIQUE DEFINITIF

Virginie JOURNÉ

*Hydrogéologue agréée
en matière d'hygiène publique
pour le département du Loiret¹*

Novembre 2017

¹ En application de la décision n°2016-SPE-0057 de l'ARS du Centre

SOMMAIRE

1) Contexte	4
2) Identification et localisation de l'ouvrage concerné	4
3) Contexte géologique et hydrogéologique du secteur.....	5
4) Rappels des investigations et compléments demandés	8
a. Concernant l'ouvrage :.....	8
b. Concernant son environnement immédiat.....	8
c. Concernant son bassin d'alimentation	8
5) Synthèse des résultats et précisions apportées.....	9
a. Corrections et Précisions apportées à la coupe technique du forage	9
• Inspection par caméra immergée.....	9
• Mesures des arrivées d'eau par micromoulinet.....	9
• Contrôle de la cimentation annulaire	9
b. Précisions apportées sur la géologie du secteur et l'alimentation de la nappe du Champigny	12
c. Précision sur l'origine et l'âge de l'eau brute du forage.....	15
6) Conclusions sur la protection	18
7) Périmètres de protection proposés.....	19
a. Périmètre de protection immédiate	19
• Tracé du périmètre	19
• Travaux préconisés :	19
• Mesures d'interdictions :	20
b. Périmètre de protection rapprochée	22
• Tracé du périmètre	22
• Travaux spécifiques préconisés.....	25
• Mesures d'interdictions ou de réglementation préconisées.....	27
c. Périmètre de protection éloignée	28

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées et caractéristiques principales de l'ouvrage étudié	4
Tableau 2 : Synthèse des profondeurs et proportions des arrivées d'eau mesurées en pompage à 113 m ³ /h sur le forage de Vauluizard (source : DOC 1 Juillet 2016)	10
Tableau 3 : Comparaison de quelques paramètres physico-chimiques d'après les analyses eaux brutes des différentes nappes recoupées par le sondage de reconnaissance S2 et celles du forage de Vauluizard	16
Tableau 4 : Distances calculées à partir de la formule de Wyssling	22

FIGURES

Figure 1 : Bloc diagramme schématisant les variations latérales de faciès et de stratigraphie au niveau de la limite départementale Loiret / Essonne (schéma extrait du rapport BRGM 78 SGN 610 BDP et repris par SAFEGE dans l'étude BAC du forage)	6
Figure 2 : Isopièzes de l'Eocène supérieur seul (nappe des calcaires de Champigny) issues du modèle de Beauce Hautes Eaux 2002 DIREN – (source : extrait étude BAC SAFEGE – DOC 5) ..	7
Figure 3 : Coupe technique corrigée du forage de Vauluizard n° 0293 7X 1039 / SS000WCN (d'après les résultats des diagraphies de juillet 2016) avec localisation des principales arrivées d'eau de contribution supérieure à 10 % du débit.....	11
Figure 4 : Extrait du profil Gamma ray effectué sur le forage de Vauluizard entre 91 et 116 m de profondeur (voir DOC 1) avec identification des bancs plus argileux.....	14
Figure 5 : Résultats des analyses de datation au CFC et SF6 de l'échantillon d'eau brute du captage de Vauluizard prélevé le 26/07/17	15
Figure 6 : Evolution des teneurs en nitrates enregistrés sur le forage de Coudray (captant uniquement la nappe de Brie) et le forage de Vauluizard (source : Document SAFEGE Octobre 2017 – Etude BAC Phases 1/2/3).....	17
Figure 7 : Côtes relevées au niveau de la tête du citerneau (source : DOC1 UP).....	19
Figure 8 : Tête de puits du captage 02937X1039 (photo Utilities Performances – Juillet 2016)	19
Figure 9 : Périmètres de protection immédiate avec préconisations (source : document UP juillet 2016).....	21
Figure 10 : Zones d'appel et isochrones calculées pour un débit de pompage de 47 et 120 m ³ /h.....	23
Figure 11 : Contour du périmètre de protection rapprochée défini (cf pointillés noirs)	24
Figure 12 : Hors-sol du forage 02937X2004 à combler selon préconisations (photo Utilities Performance de Juillet 2016)	25
Figure 13 : Coupe technique de comblement du forage 02937X2004	26
Figure 14 : Tracé du périmètre de protection éloignée.....	28

1) CONTEXTE

Le présent avis **fait suite à l'avis hydrogéologique préliminaire de Mai 2014**, portant sur les compléments d'études nécessaires à la définition des périmètres de protection du captage de Vauluizard (n° 02937X1039 / BSS000WCNN).

Suite à ces demandes de compléments, les documents suivants m'ont été transmis :

- **DOC 1** : Société UTILITIES PERFORMANCE - Etude et investigations sur le forage de Vauluizard et annexes – Juillet 2016
- **DOC 2** : Société UTILITIES PERFORMANCE – Rapport A160900-H17-07 du 31/03/2017 - Etude Environnementale sur le forage de Vauluizard
- **DOC 3** : Analyse physico-chimique sur eau brute complète du 26/04/2016
- **DOC 4** : Société UTILITIES PERFORMANCE - Rapport de fin de travaux relatif au sondage de reconnaissance S2 réalisé sur Malesherbes du 19/09 au 27/02/17
- **DOC 5** : Société SAFEGE – Rapport d'étude Bassin d'Alimentation de Captage de Vauluizard Phase 1-2-3 n° 15DRE031 Octobre 2017
- **DOC 6** : CALLIGEE – Etudes préalables à l'instauration des périmètres de protection Phases 1/2/3 et compléments aux phases 1 et 2 et annexes cartographiques – Mars 2004 à Février 2005 Rapports n° 04-45003
- **DOC 7** : Avis sur la définition des périmètres de protection des deux captages AEP – Proposition de F.Lelong - Hydrogéologue agréé – Décembre 2004

Remarque : Depuis le 01/01/2016, les 7 communes suivantes : Coudray, Labrosse, Malesherbes, Manchecourt, Mainvilliers, Nangeville et Orveau-Bellesauve ont fusionné en une seule commune : Le Malesherbois, entraînant également la disparition de la Communauté de Communes du Malesherbois.

2) IDENTIFICATION ET LOCALISATION DE L'OUVRAGE CONCERNE

Les références et caractéristiques de l'ouvrage concerné sont reprises dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Coordonnées et caractéristiques principales de l'ouvrage étudié

Département	Loiret
Commune	Le Malesherbois (Malesherbes)
Lieu-dit	Les Hauts de Vauluizard
Références cadastrales	parcelle n° 98 section ZL
Indice national BSS	0293 7X 1039 / SS000WCN
Coordonnées Géographiques (Lambert 93)	X = 655 310 m ; Y = 6 799 110 m
Altitude	+ 127,6 m NGF / sol
Aquifère capté	Nappe des calcaires de Champigny (masse d'eau GG092)
Année de création	1985 (société Forages MASSE)

Pompe immergée	1 pompe de 120 m ³ /h sous 116 m HMT (réglage actuel à 113 m ³ /h)
Secteur alimenté	Population de Malesherbes + Zones d'activités
Volume annuel prélevé en 2015 sur le forage de Vauluizard	155 000 m ³ sur 449 000 m ³ produits pour l'alimentation de Malesherbes
Besoins en eau projetés en 2030 pour le secteur de Malesherbes (SAFEGE)	552 000 m ³ (1512 m ³ /jour)
Problématiques qualité de l'eau	Présence de nitrates (teneurs de 30 mg/l) Présence d'Atrazine (0,018 µg/l) et dérivés (DEA:0,08 µg/l) Présence de Sélénium (parfois au-dessus de la norme)
Traitements de potabilisation	Désinfection par chloration Abattement des teneurs en Sélénium par dilution avec le captage de Ponteau (en cours d'abandon)

3) CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SECTEUR

Au droit du lieu-dit « Les Hauts de Vauluizard », le plateau Ouest de Malesherbes qui surplombe la vallée de l'Essonne est composé de l'étagement lithologique et stratigraphique suivant :

- 30 m de la formation des Calcaires d'Etampes (AQUITANIEN) : Calcaire lacustre blanc silicifié avec bancs marneux intercalaires. Bien qu'aquifère, ce niveau n'est pas saturé.
- 50 m de la formation des sables de Fontainebleau (STAMPIEN) : Sables fins micacés avec passées plus gréseuses. Ce puissant niveau aquifère est partiellement saturé par la nappe libre de Beauce au niveau de Vauluizard
- 2 à 5 m de Molasse d'Etrechy (STAMPIEN inf) : Marno-calcaire blanchâtre parfois pulvérulent difficilement distinguable des calcaires de sous-jacents Brie en foration
- 15 à 16 m de la formation des Calcaires de Brie (SANNOISIEN sup.) : Calcaire lacustre jaunâtre fissuré et siliceux avec bancs marneux intercalaires. Ce niveau est totalement saturé en eau et constitue un des trois niveaux aquifères de l'aquifère multicouche de Beauce. Il est donc considéré comme étant en relation hydraulique avec les sables de Fontainebleau sus-jacents
- 8 à 15 m de la formation des Marnes vertes et Marnes supragypseuses (SANNOISIEN à LUDIEN Sup.) : sur le secteur étudié, les marnes vertes argileuses s'amenuisent très rapidement vers l'Ouest et sont progressivement substituées par un calcaire marneux blanchâtre. La limite méridionale d'extension de cette formation se situerait au Sud de Coudray. Ce niveau serait semi-perméable (type « Aquitard ») dans le secteur Ouest de Malesherbes
- 40 m de la formation des Calcaires de Champigny (LUDIEN Inf.) : Calcaire lacustre blanchâtre, très indurée, siliceux et bréchiforme avec passages plus tendres en base. Ce niveau est aquifère et renferme une nappe semi-captive au droit de Vauluizard
- 18 m de la formation des argiles vertes infragypseuses (EOCENE moyen)- formation aquiclude
- 30 m de la formation des argiles grises (EOCENE inf - SPARNACIEN) – formation aquiclude
- Craie à silex du SENONIEN : sa puissance est supérieure à 300 m très peu aquifère dans le secteur

Le Sud-Ouest de Malesherbes est caractérisé par l'apparition de la formation des marnes vertes qui viennent scinder en deux le complexe calcaires Oligocène / calcaires de l'Eocène sup. Cette formation devient de plus en plus argileuse et imperméable au fur et à mesure de son épaissement en direction du Nord-Nord-Est (voir Figure 1).

Au niveau de Malesherbes, la nappe libre (nappe de Beauce) est drainée par l'Essonne et possède donc un écoulement en direction du Nord-Est, à contre pendage des couches géologiques qui s'enfoncent vers le Sud-Sud-Ouest (plaine lacustre de Beauce).

Toutefois du fait de l'apparition du niveau plus ou moins argileux des marnes vertes, la nappe semi-captive à captive des calcaires de Champigny a pour exutoire la Seine et s'écoule donc également en direction du Nord-Est, à contre-pendage des couches géologiques (voir Figure 2).

Le schéma de la Figure 1 représente très bien les variations latérales de faciès et de stratigraphie au niveau de la limite départementale Loiret / Essonne, les sens d'écoulement à contre pendage ainsi que les conséquences sur l'alimentation des aquifères.

Figure 1 : Bloc diagramme schématisant les variations latérales de faciès et de stratigraphie au niveau de la limite départementale Loiret / Essonne (schéma extrait du rapport BRGM 78 SGN 610 BDP et repris par SAFEGE dans l'étude BAC du forage)

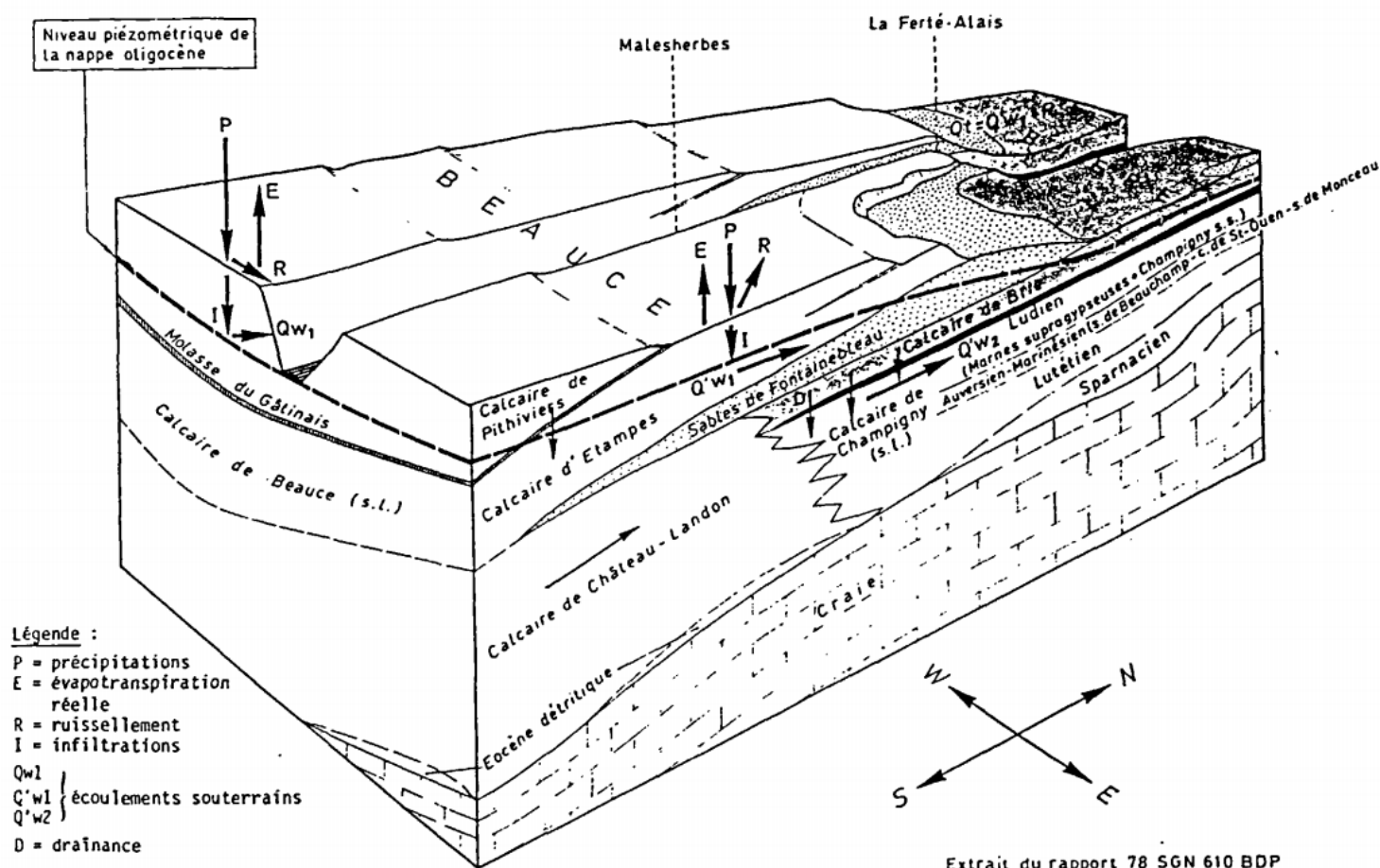
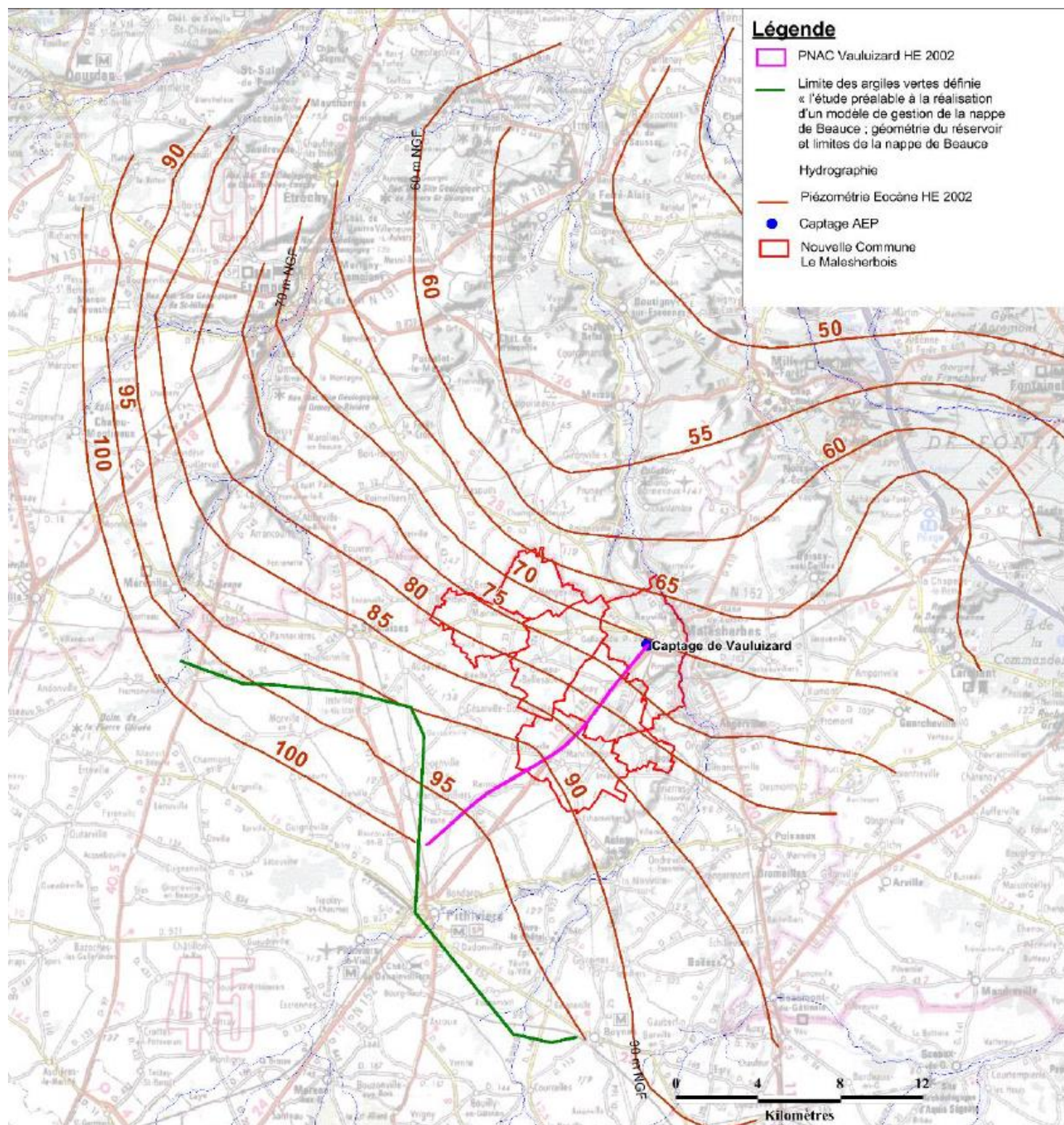


Figure 2 : Isopièzes de l'Eocène supérieur seul (nappe des calcaires de Champigny) issues du modèle de Beauce Hautes Eaux 2002 DIREN – (source : extrait étude BAC SAFEGE – DOC 5)



4) RAPPELS DES INVESTIGATIONS ET COMPLEMENTS DEMANDES

Au regard de la présence en concentrations non négligeables de certains polluants d'origine agricoles (pesticides, nitrates) dans l'eau brute du forage de Vauluizard, et de nombreuses incertitudes sur la conception technique de l'ouvrage, différentes investigations et mesures avaient été demandées dans l'avis préliminaire. Divers recensements environnementaux avaient également été requis afin d'avoir une meilleure connaissance de l'occupation des sols aux alentours du captage.

L'objectif des compléments d'études demandés étaient principalement de statuer sur la présence et l'efficacité du niveau intercalaire marneux entre l'aquifère des calcaires de Brie et l'aquifère des calcaires de Champigny (communément appelé « marnes vertes supragypseuses »).

a. Concernant l'ouvrage

D'un point de vue hydrogéologique, et d'après les documents techniques originels, le forage de Vauluizard exploite l'aquifère captif des calcaires de Champigny entre 107 et 150 m de profondeur. Ce niveau aquifère profond est « supposé » isolé de la nappe de Beauce sus-jacente par 9 m de marnes vertes de l'Eocène sup. Les investigations et diagraphies demandées étaient :

- Un contrôle vidéo de la totalité de l'ouvrage afin de confirmer ou d'infirmer les erreurs de côte de pose d'équipement mises en lumière par l'inspection télévisée de 2011 et afin de corriger définitivement la coupe technique – Contrôle réalisé en juillet 2016 – voir DOC 1
- Un profil « gamma ray » pour localiser plus précisément les marnes vertes sur le profil géologique du forage et estimer leur géométrie (un ou plusieurs bancs) ainsi que leurs épaisseurs et leur homogénéité – Diagraphie réalisée en juillet 2016 – voir DOC 1
- Un contrôle de cimentation annulaire par CBL afin de s'assurer de l'isolation de la nappe des calcaires du Champigny vis-à-vis de la nappe libre sus-jacente - Diagraphie réalisée en juillet 2016 – voir DOC 1
- Une mesure complémentaire par micromoulinet afin d'identifier la provenance des arrivées d'eau et leur contribution au débit d'exhaure - Diagraphie réalisée en juillet 2016 – voir DOC 1

b. Concernant son environnement proche

Au regard de la densité d'équipements et d'ouvrages de stockage non utilisés présents sur le site de captage de Vauluizard, il avait été demandé :

- Un plan de récolement recensant toutes les installations présentes dans l'enceinte du site de captage (forage, canalisations, stockage, station de pompage) afin d'identifier tous les points de vulnérabilité potentiels des installations – Recensement effectué en juillet 2016 – voir DOC 1
- Une localisation précise avec inspection télévisée de l'ancien ouvrage AEP (déclaré en Banque de données du Sous-Sol sous le n° 02937X2004), masqué sous une dalle béton, en vue de son comblement - Investigations effectuées en juillet 2016 – voir DOC 1

c. Concernant son bassin d'alimentation

Le forage se trouve en secteur semi-urbanisé avec à l'Est une zone d'activités à caractère industriel et commercial et à l'ouest, une vaste forêt de plateau (« forêt de Chateauguy »). Une étude environnementale actualisée sur un plan de synthèse à échelle adaptée et comprenant les éléments ci-dessous avait donc été demandée (voir recensement effectué dans le DOC 2) :

- Installations souterraines de stockage: cuves à d'hydrocarbures, cuves de stockage d'effluents ou autres produits chimiques, équipements d'assainissement (poste de relèvement, fosses toutes eaux ...)
- Installations aériennes de stockage: cuves à d'hydrocarbures, cuves de stockage d'effluents ou autres produits chimiques
- Voies de communication avec estimation de la nature des produits chimiques ou potentiellement polluants transportés et de l'importance du trafic et des éventuels traitements chimiques de désherbages réalisés (en particulier sur la RD 949)
- Localisation des puits et forages avec indication de leur usage et du niveau aquifère capté, étude de leur protection de tête, coupe technique et géologique et année de création
- Recensement des installations artisanales et industrielles du secteur (stockage d'effluents ou matières organiques, stockages de produits phytosanitaires ...)
- Recensement du devenir des anciennes carrières d'exploitation situées en amont hydrogéologique du captage (nouvel usage, superficies, nature des éventuels stockages...)

5) SYNTHESE DES RESULTATS ET PRECISIONS APPORTEES

a. Corrections et Précisions apportées à la coupe technique du forage

Inspection par caméra immergée

L'inspection par caméra immergée réalisée le 22 et 23 février 2016 a permis de confirmer les côtes identifiées lors de la précédente inspection de 2011. La coupe technique foreur présente dans les archives n'était donc pas correcte. Cette coupe technique a été corrigée suite à cette inspection par la société Utilities Performance et est présentée en page suivante (voir Figure 3).

Celle-ci montre en particulier que la cimentation annulaire n'aurait pas atteint le niveau des calcaires de Champigny productif à partir de 113 m de profondeur. Le niveau des marnes vertes n'a donc pas été suffisamment isolé. Il y a donc eu probablement un décalage entre la géologie constatée par le foreur et la géologie réelle entraînant ainsi des côtes d'équipement mal adaptées.

Mesures des arrivées d'eau par micromoulinet

La coupe technique précise également les principaux niveaux productifs ainsi que leur contribution au débit d'exhaure suite à la mesure des arrivées d'eau par micromoulinet à 113 m³/h. La synthèse des résultats de ces mesures est présentée par le Tableau 2.

Il apparait que l'aquifère est essentiellement productif sur les 10 premiers mètres du calcaire de Champigny (soit 76 % du débit) et plus précisément juste au-dessous de l'interface marne vertes / Calcaires de Champigny où il a été mesuré un apport de 21,3 % du débit sur moins d'un mètre d'épaisseur.

Contrôle de la cimentation annulaire

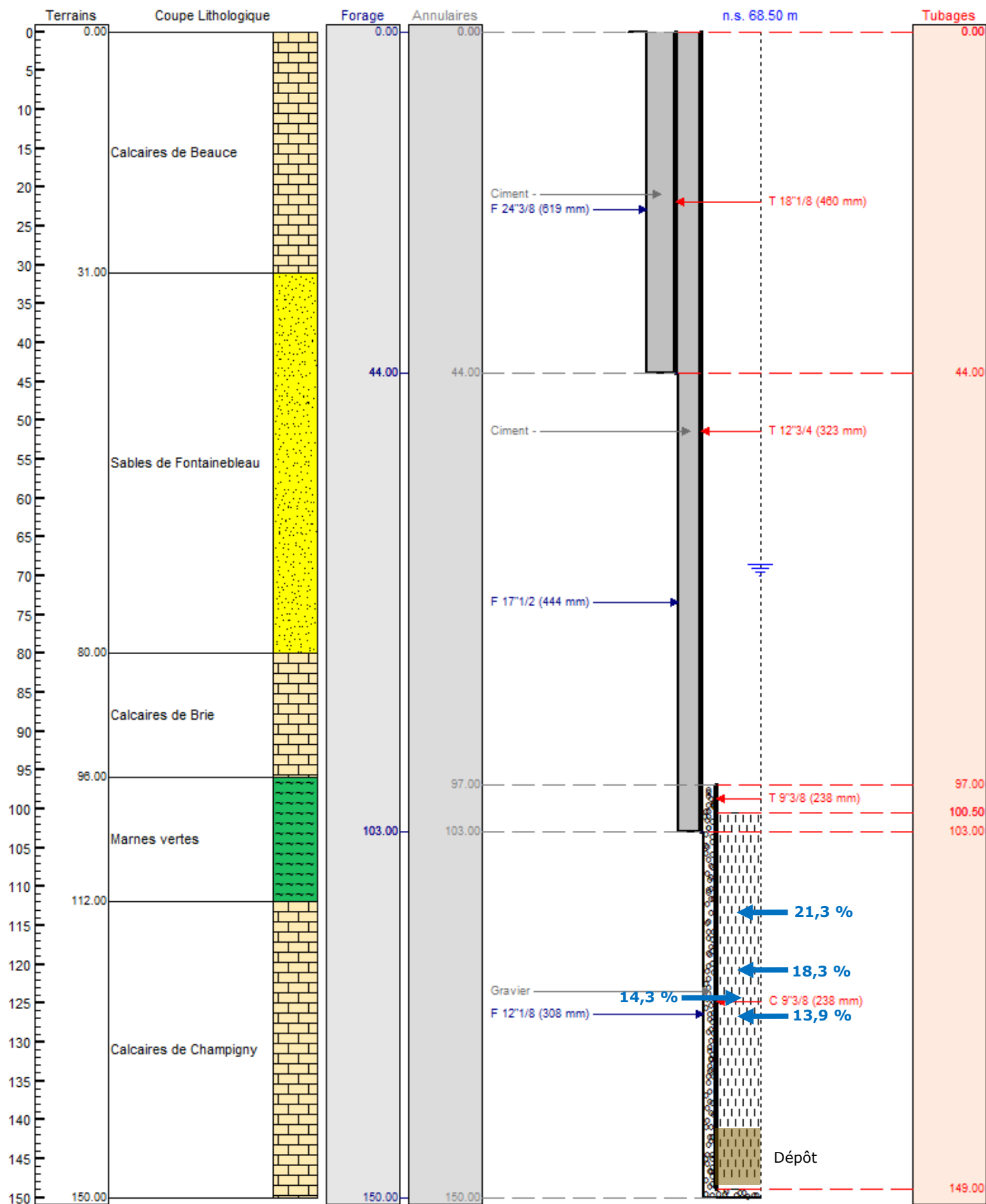
Un contrôle de la qualité de la cimentation annulaire a été réalisé par CBL sur la totalité de la partie immergée de l'ouvrage au droit du tube plein acier 323 mm (à savoir entre le niveau piézométrique statique de -68,50 m et le haut du tube crépiné à - 97 m). En raison des 6 m de télescopage des tubes plein et crépiné, le contrôle de cimentation du pied de tube acier 323 mm entre 97 m et 103 m, n'a pas été réalisé, car non représentatif.

Toutefois, au-dessus de la zone de télescopage, les mesures par CBL indiquent une bonne qualité de cimentation avec des indices élevés compris entre 98 et 100 %. Les mesures au micromoulinet n'ayant pas mis en évidence d'arrivée d'eau au niveau du pied de tubage du tube plein (- 103 m de profondeur), on peut supposer que cette cimentation est de même qualité.

Tableau 2 : Synthèse des profondeurs et proportions des arrivées d'eau mesurées en pompage à 113 m³/h sur le forage de Vauluizard (source : DOC 1 Juillet 2016)

N°	Profondeur	Pourcentage du débit total
1	Entre 139,90m et 136,60m de profondeur	3,0 m ³ /h soit 2,6% du débit total pompé
2	Entre 134,74m et 134,14m de profondeur	1,1 m ³ /h soit 0,9% du débit total pompé
3	Entre 131,12m et 130,38m de profondeur	5,9 m ³ /h soit 4,9% du débit total pompé
4	Entre 127,72m et 126,08m de profondeur	16,7 m ³ /h soit 13,9% du débit total pompé
5	Entre 126,08m et 125,02m de profondeur	2,2 m ³ /h soit 1,8% du débit total pompé
6	Entre 125,02m et 124,26m de profondeur	17,2 m ³ /h soit 14,3% du débit total pompé
7	Entre 123,62m et 123,06m de profondeur	10,9 m ³ /h soit 9,1% du débit total pompé
8	Entre 123,06m et 122,50m de profondeur	6,1 m ³ /h soit 5,1% du débit total pompé
9	Entre 121,52m et 120,60m de profondeur	22,0 m ³ /h soit 18,3% du débit total pompé
10	Entre 120,60m et 120,12m de profondeur	2,2 m ³ /h soit 1,8% du débit total pompé
11	Entre 120,12m et 119,84m de profondeur	4,1 m ³ /h soit 3,5% du débit total pompé
12	Entre 117,70m et 114,72m de profondeur	3,0 m ³ /h soit 2,5% du débit total pompé
13	Entre 114,72m et 113,82m de profondeur	25,6 m ³ /h soit 21,3% du débit total pompé

Figure 3 : Coupe technique corrigée du forage de Vauluizard n° 0293 7X 1039 / SS000WCN (d'après les résultats des diagraphies de juillet 2016) avec localisation des principales arrivées d'eau de contribution supérieure à 10 % du débit



b. Précisions apportées sur la géologie du secteur et l'alimentation de la nappe du Champigny

La diagraphie « Gamma ray » réalisée a permis de montrer l'hétérogénéité, et la faible argilosité des bancs de marnes vertes indiqués sur la coupe géologique entre 96 m et 112 m de profondeur (voir Figure 4).

En effet le rayonnement Gamma mesuré s'échelonne entre 10 et 20 API maximum avec quelques pointes localisé sur 1 m d'épaisseur (96/97 m, 98,50 /99,50 m, 104/105,50 m, 111,50/112,50 m). Ces mesures ne permettent pas de conclure à la présence d'un banc marneux suffisamment épais et homogène pour constituer un écran de protection total. La faible argilosité mesurée classerait ce niveau en marno-calcaire (toutefois le télescopage et la cimentation annulaire ont probablement atténués le signal API). Une perméabilité moyenne de 5.10^{-7} m/s sera retenue pour cette formation représentative plutôt d'un aquitard et non d'un aquiclude.

Les variations de perméabilité entre le calcaire de Brie, les marnes vertes et les calcaires de Champigny sont suffisantes pour créer une différence de charge hydraulique entre la nappe des calcaires de Champigny et la nappe libre de Beauce sus-jacente. Au droit de Vauluizard, cette différence de charge piézométrique entre les deux nappes est positive et conséquente puisqu'elle atteint presque 18 mCE (niveau statique de la nappe des calcaires de Brie : -50,6 m /sol moins le niveau piézométrique statique de la nappe des calcaires de Champigny : - 68,50 m/ sol).

Autrement dit, la semi-perméabilité du niveau des marnes vertes et la différence de charge élevée entraînent un écoulement depuis la nappe de Beauce (nappe de Brie) vers la nappe du Champigny par drainance descendante. Qui plus est, cette alimentation de la nappe des calcaires de Champigny est maximale au niveau du plateau boisée Ouest de Vauluizard qui constitue une zone de recharge préférentielle de la nappe libre de Beauce et donc un bombement de sa piézométrie. La zone saturée de la nappe de Beauce y est conséquente.

Cette alimentation par drainance descendante au travers des marnes vertes est de plus, significativement augmentée par le pompage de 113 m³/h effectué par le forage de Vauluizard. En effet le rabattement piézométrique localisé du au pompage, augmente la différence de charge piézométrique et favorise la drainance descendante. Ceci explique très probablement l'atteinte très rapide d'un régime pseudo-permanent constaté lors des essais de pompage de longue durée par CALLIGEE en Mars 2004 (réalimentation de la nappe de Champigny par le puissant et très capacitif aquifère multicouche calcaire de Brie / Sables de Fontainebleau).

Une estimation des flux d'alimentation de l'aquifère des calcaires de Champigny par convection hydrodynamique et par drainance descendante a été réalisée à partir de la solution analytique de HANTUSH. Le flux de drainance descendante naturel « hors pompage sur le forage de Vauluizard » serait de $5,6.10^{-7}$ m/s/ m² (en estimant la perméabilité des marnes vertes à 5.10^{-7} m/s, une épaisseur de marnes vertes identifiée par gamma ray de 16 m et une différence de charge piézométrique de 18 m).

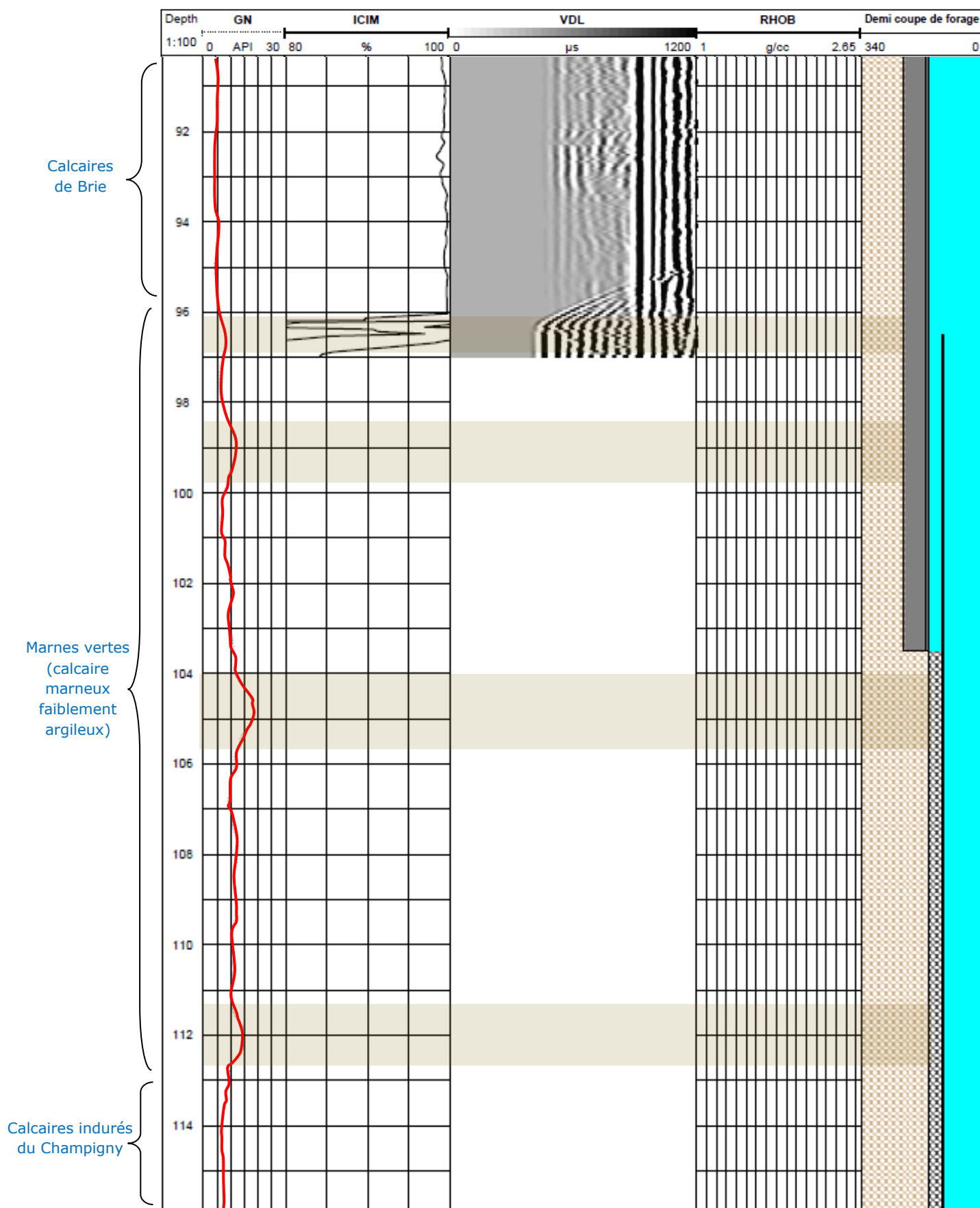
En situation de pompage à 120 m³/h, la solution analytique de HANTUSH de ce flux de drainance descendant donne une estimation de $9,07.10^{-7}$ m/s/ m² (en considérant un rabattement en pompage à 120 m³/h de 11,1 m de la nappe du Champigny d'après les essais de CALLIGEE en 2004). Cette valeur de flux de drainance en pompage est valable au droit du forage où le rabattement est maximal. Pour le reste de la zone d'appel ce flux est donc compris entre $5,6.10^{-7}$ m/s/ m² et $9,07.10^{-7}$ m/s/ m².

Ceci est appuyé par la mesure de débit au micromoulinet à l'interface Marne vertes / Calcaires de Champigny indiquant un apport de 21,3 % du débit sur moins d'un mètre d'épaisseur.

Ce flux de drainance non négligeable est à mettre en relation avec le flux convectif (qui correspond aux apports par l'écoulement naturel de la nappe en provenance du bassin d'alimentation souterrain amont) obtenu par la formule de Darcy et égal à : $3,125.10^{-7}$ m/s/m² (en prenant une perméabilité des calcaires de Champigny de $1,25.10^{-4}$ m/s, une épaisseur saturée de 40 m et un gradient hydraulique de 0,25 %). La vitesse réelle d'écoulement convectif de la nappe hors influence du pompage serait d'environ 500 m/an pour une porosité cinématique de 2 % des calcaires de Champigny.

Sur la base de ces différentes hypothèses et après application de la solution de Hantush, on obtient un flux d'alimentation par drainance descendante au mètre carré supérieur au flux d'alimentation par convection horizontale ; situation renforcée en pompage. En cas d'observation d'une augmentation de teneurs en polluants de surface dans l'eau brute du forage de Vauluizard, il est donc préconisé de réduire le débit de pompage du forage et d'en augmenter sa durée journalière. Ceci permettra de réduire le rabattement et ainsi l'alimentation par drainance descendante.

Figure 4 : Extrait du profil Gamma ray effectué sur le forage de Vauluizard entre 91 et 116 m de profondeur (voir DOC 1) avec identification des bancs plus argileux

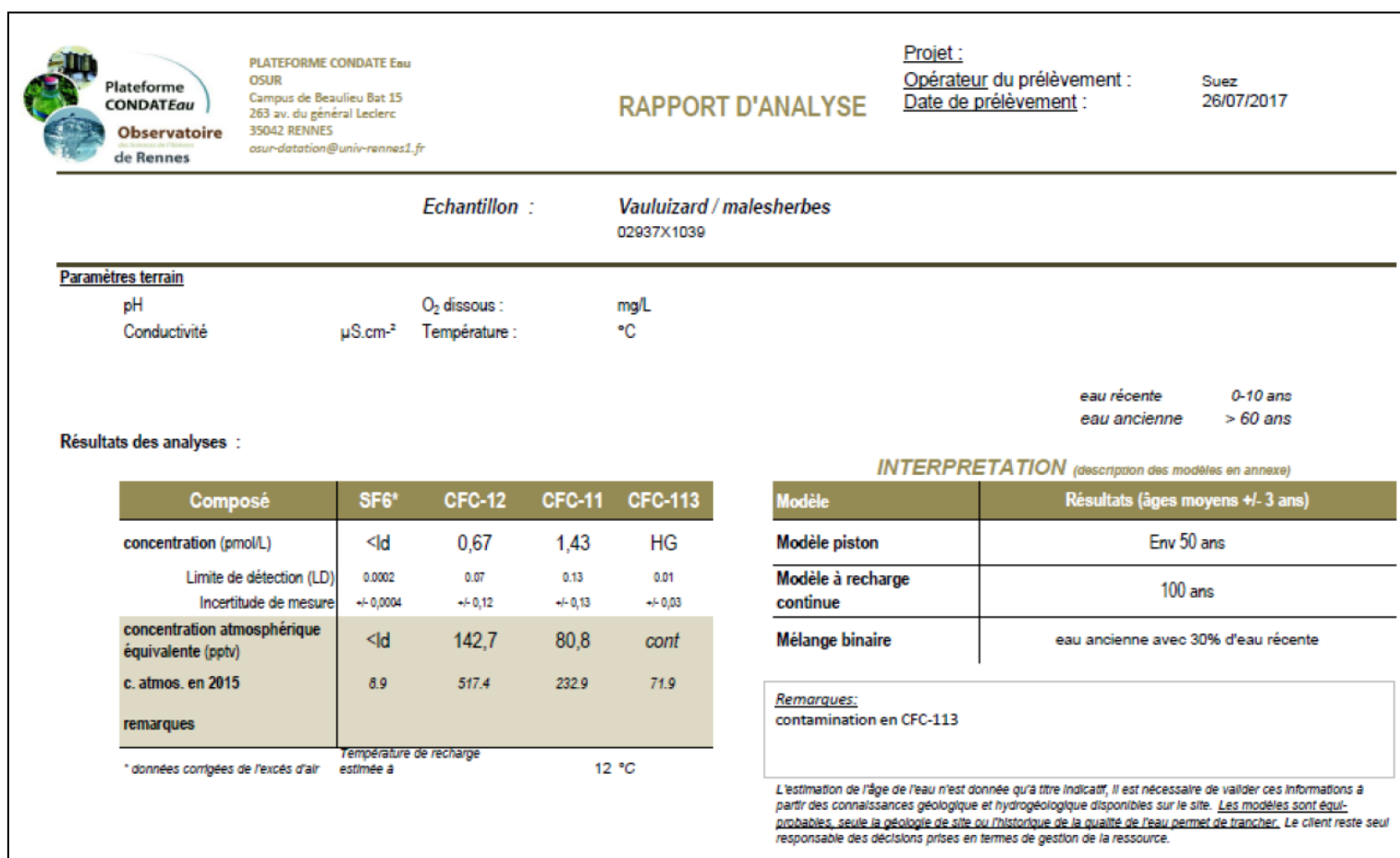


c. Précision sur l'origine et l'âge de l'eau brute du forage

Les précédentes hypothèses d'alimentation par drainance sont appuyées par les datations de l'eau au CFC (chlorofluorocarbones) et du SF6 (hexafluorure de soufre) effectuées sur un prélèvement du 26 juillet 2017 par la société SAFEGE dans le cadre de l'Etude BAC du captage (voir Figure 5). En effet, cette datation conclut à une eau âgée d'au moins 100 ans avec toutefois un apport d'au moins 30 % en mélange d'eau récente (âge < 5 ans).

Cette estimation de 30 % peut potentiellement être mise en relation avec le débit de la première arrivée d'eau située juste à l'interface stratigraphique marnes vertes / Calcaires de Champigny et qui contribuait pour 21,3 % au débit d'exhaure.

Figure 5 : Résultats des analyses de datation au CFC et SF6 de l'échantillon d'eau brute du captage de Vauluizard prélevé le 26/07/17



Par ailleurs, un sondage de reconnaissance visant à tester successivement les différents niveaux aquifères ou potentiellement aquifères du secteur a été réalisé par la société UTILITIES PERFORMANCE en février 2017 sur la commune de Malesherbes à environ 1 km au Sud du forage de Vauluizard, en contre-bas du même plateau boisé (au lieu-dit le Champ du Bois le long de la RD 152 en direction de Coudray) voir DOC4.

Un prélèvement d'eau brute du forage a été réalisé pour analyses physico-chimiques de chaque niveau aquifère bien individualisé ; à savoir : la nappe de Beauce contenue dans le niveau aquifère des calcaires de Brie et la nappe présente dans le niveau aquifère des calcaires du Champigny (le niveau aquifère sous-jacent de la craie ayant été déclaré trop peu productif pour la réalisation d'un pompage d'essai).

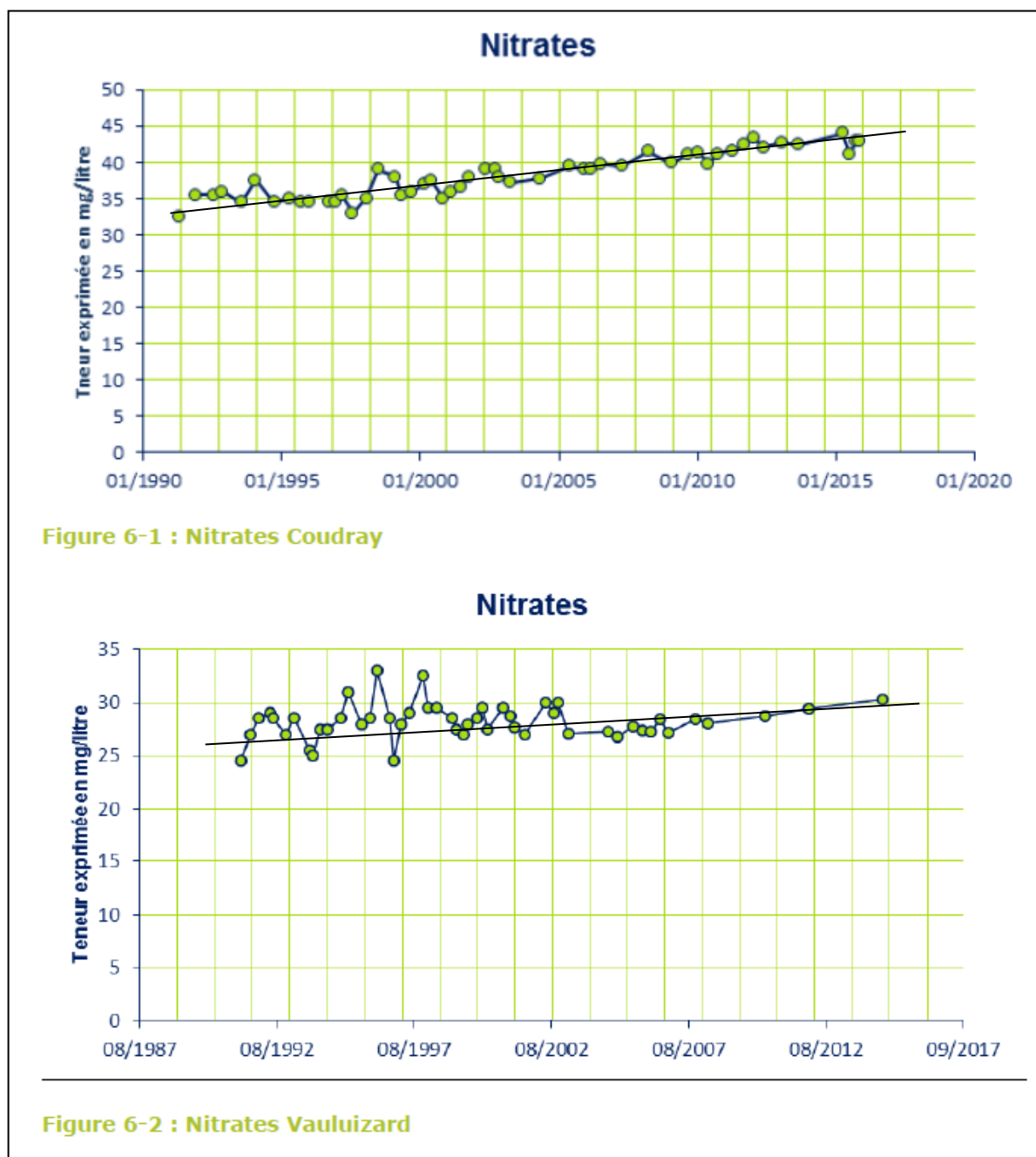
Le Tableau 3 permet de comparer les concentrations en différents paramètres géochimiques (sels dissous, métaux ...) et en composants d'origine anthropique (nitrates, pesticides) mesurés sur ces eaux brutes et sur l'eau brute du forage de Vauluizard. Les proportions de mélange sont difficilement réalisables étant donné que les analyses sont asynchrones et que le sondage de reconnaissance S2 est situé dans un bassin d'alimentation différent de celui du forage de Vauluizard. Toutefois en prenant le paramètre Nitrates (paramètre parmi les plus stables et les plus représentatifs dans un calcul de mélange hydrochimique), le calcul de mélange effectuée sur l'eau brute de Vauluizard à partir des teneurs mesurées sur le sondage de reconnaissance, fournit une proportion de mélange d'environ 50 %.

Tableau 3 : Comparaison de quelques paramètres physico-chimiques d'après les analyses eaux brutes des différentes nappes recoupées par le sondage de reconnaissance S2 et celles du forage de Vauluizard

Paramètres	Sondage S2 Niveau des calcaires de Brie Février 2017 Analyse CARSO/ Utilities Performance	Sondage S2 Niveau des calcaires de Champigny Février 2017 Analyse CARSO/ Utilities Performance	Forage de Vauluizard Niveau des calcaires de Champigny alimenté par drainance descendante Analyse contrôle sanitaire du 26/04/16
Nitrates (mg/l)	46,2	14,6	30,6
Atrazine (µg/l)	0,008	<0,005	0,018
Déséthyl atrazine (µg/l)	0,017	<0,005	0,08
Baryum (mg/l)	0,05	0,149	0,077
Aluminium (µg/l)	<10	22	10 à 20
Sélénium (µg/l)	8	12	15
Chlorures (mg/l)	17,1	12,4	18
Fluorures (mg/l)	0,11	0,15	0,11
Sulfates (mg/l)	4,7	10,8	13,2

De plus, en mettant en relation l'évolution des teneurs en nitrates de la nappe des calcaires de Brie seule (teneurs issues du captage AEP de Coudray) et celles du forage de Vauluizard (voir Figure 6), il apparaît une même tendance ; à savoir une augmentation progressive, avec la conservation d'un écart moyen de 10 mg/l entre les deux nappes.

Figure 6 : Evolution des teneurs en nitrates enregistrés sur le forage de Coudray (captant uniquement la nappe de Brie) et le forage de Vauluizard (source : Document SAFEGE Octobre 2017 – Etude BAC Phases 1/2/3)



6) CONCLUSIONS SUR LA PROTECTION

Les différentes investigations, géologiques, hydrochimiques et environnementales ne permettent pas d'affirmer une totale isolation entre les deux nappes (nappe de Beauce et nappe du Champigny) par la formation des marnes vertes ; formation plutôt considérée comme semi-perméable.

Du fait de l'importance supposée de l'alimentation par drainance descendante de la nappe des calcaires de Champigny sur le secteur de Vauluizard (à savoir une alimentation horizontale et verticale répartie selon un ratio 50 % / 50 % hors pompage), cette ressource acquiert dans une moindre mesure la même vulnérabilité que la nappe de Beauce sus-jacente, avec toutefois des temps de transfert augmentés.

A cet effet, pour le forage de Vauluizard, la mise en place d'un périmètre de protection immédiate seul ne suffit pas.

Je donne donc un avis favorable à la poursuite de l'exploitation du forage de Vauluizard pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, sous réserve de la mise en place d'un périmètre de protection rapprochée incluant des mesures d'interdiction et de limitation des activités en surface (en particulier la création de forages).

Les périmètres de protection rapprochée et éloignée ont été définis pour :

- un volume journalier : 1130 m³/jour
- un débit de pompage instantané de 120 m³/h ⁽²⁾

Les aspects liés aux pollutions diffuses seront pris en compte dans le cadre de la procédure Bassin d'Alimentation de Captage entamée et ne sont donc pas concernés par les présents périmètres. Les périmètres de protection du captage devront toutefois être inclus dans l'Aire d'Alimentation du Captage prochainement définie.

⁽²⁾ Au regard de l'augmentation du flux de drainance descendante générée par le pompage à 120 m³/h, il serait préférable de réduire significativement le débit instantané de prélèvement en augmentant la durée quotidienne de pompage. Ceci permettrait de limiter le rabattement et de réduire les apports par drainance descendante. La qualité de l'eau pourrait ainsi s'en trouver largement améliorée en ce qui concerne les teneurs en polluants de surface. Les teneurs en Sélénium pourraient toutefois rester inchangées voire très légèrement augmenter.

7) PERIMETRES DE PROTECTION PROPOSES

a. Périmètre de protection immédiate

✚ Tracé du périmètre

Le périmètre de protection immédiate sera constitué par les parcelles ZL 98 et **une portion de la parcelle ZL 329** (à scinder en deux parcelles afin de laisser un chemin d'accès indépendant au pylône de télécommunication) (voir Figure 9).

✚ Travaux préconisés :

- **Isolation et sécurisation de la tête du forage**

La tête de puits actuelle, située à $-1,25$ m/sol (voir Figure 7) et à moins de 5 m de la clôture, doit être rendue étanche face à toute intrusion d'eau. A cet effet, il est nécessaire de renforcer l'étanchéité de la bride de fermeture du forage (ajout d'un joint entre les brides boulonnées, ajout de presses-étoupes étanches ...) (voir Figure 8).

Figure 7 : Côtes relevées au niveau de la tête du citerneau (source : DOC1 UP)

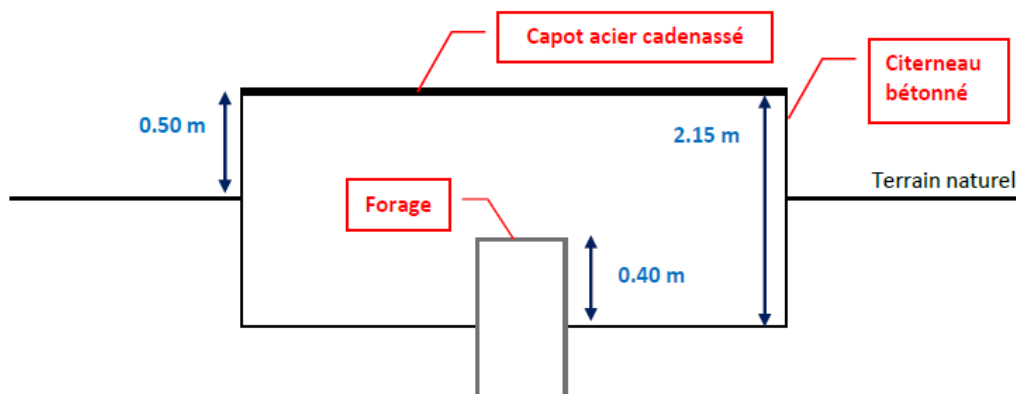


Figure 8 : Tête de puits du captage 02937X1039
(photo Utilities Performances – Juillet 2016)



- **Clôture du site**

Il est nécessaire de remplacer la clôture existante par une clôture grillagée rigide de 2 m de hauteur, soudée aux poteaux et munie d'un portail d'accès de même hauteur.

Je préconise d'installer une clôture intermédiaire afin de laisser un accès au pylône de télécommunication tout en clôturant le périmètre de protection immédiate (conformément à la circulaire DGS/VS4 n°98-05 du 06/01/98). A cet effet, les sociétés de maintenance des antennes de télécommunication auront un accès indépendant, sans traversée du site de captage. Un portail (avec un décroché pour faciliter les manœuvres de retournement des véhicules lourds) devra ainsi être installé pour accéder au site de captage (voir Figure 9).

- **Sécurisation des accès des réservoirs annexes**

S'il n'est fait aucun usage des anciens réservoirs de stockage (à savoir aucun stockage d'eau potable), et à défaut de leur démolition, leurs accès doivent être définitivement condamnés afin d'empêcher toute intrusion.

Ces réservoirs ne peuvent faire l'objet de sites d'entreposage, quelle que soit la nature du stockage (excepté l'eau potable après contrôle de leur étanchéité et de leur conformité sanitaire).

 Mesures d'interdictions :

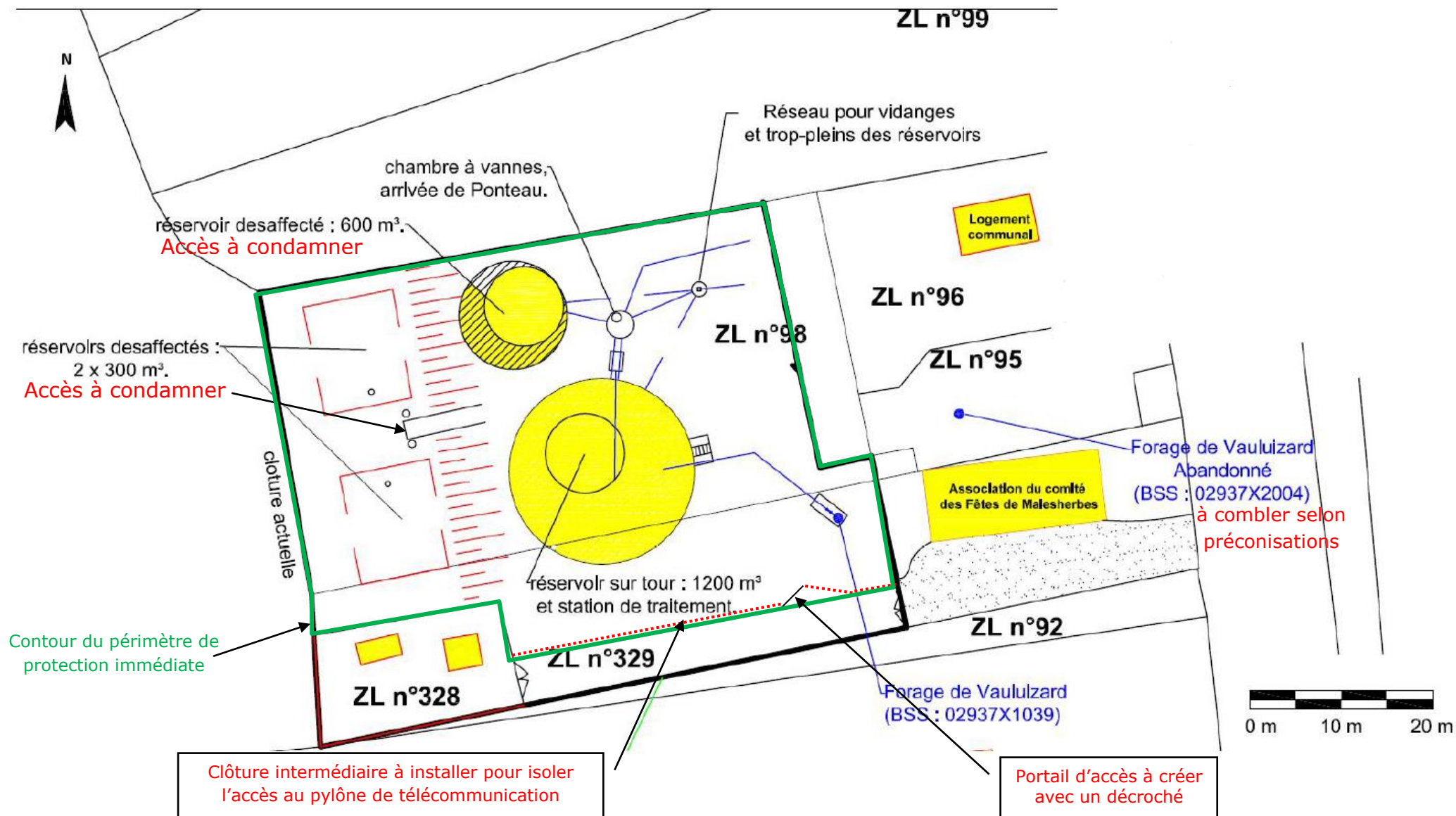
L'accès au périmètre de protection immédiate doit être réservé uniquement au personnel autorisé par la collectivité ou accompagnée par un de ses représentants ou son délégataire de service public.

Aucun produit chimique ne peut y être stocké ; excepté les réactifs nécessaires à la potabilisation de l'eau, conformément à la réglementation en vigueur.

La parcelle doit être engazonnée. Il est toutefois conseillé la création d'une plate-forme en graves calcaires (graves vierges de toute utilisation antérieure) permettant d'améliorer la portance des terrains pour l'accès au site des véhicules lourds de maintenance. L'entretien de la parcelle ne doit être réalisée que de façon mécanique ou thermique. Le désherbage chimique est strictement interdit.

Le stationnement des véhicules doit se faire si possible hors du périmètre et en particulier à distance du forage (excepté pour les travaux de maintenance de courte durée).

Figure 9 : Périmètres de protection immédiate avec préconisations (source : document UP juillet 2016)



b. Périmètre de protection rapprochée

Après études des nombreuses investigations et études géologiques et hydrochimiques disponibles, je préconise la mise en place d'un périmètre de protection rapprochée.

Plus précisément, la création de ce périmètre se justifie par :

- l'absence d'un écran protecteur suffisamment épais et imperméable pour isoler efficacement la nappe captée de la nappe de Beauce sus-jacente
- une alimentation locale non négligeable par drainance descendante de la nappe captée par la nappe libre de Beauce sus-jacente ; ce qui est confirmé par la composition physico-chimique de l'eau brute, par le comportement hydrodynamique du forage en pompage longue durée et par les résultats de datation de l'eau

Tracé du périmètre

Il est basé à l'amont sur les dimensions de l'isochrone 50 jours pour un pompage continu de 120 m³/h, et à l'aval, sur la zone d'appel pour un pompage effectué au débit fictif de 47 m³/h (correspondant au débit moyen de 1128 m³/j / 24 heures). Ces dimensions ont été calculées par la méthode de Wyssling dont les hypothèses et les résultats de calcul sont présentés dans le Tableau 4. Les tracés des zones d'appel et des isochrones sont reportées sur la Figure 10.

Les paramètres hydrodynamiques des calcaires de Champigny retenus pour ce calcul sont :

- Transmissivité : 5.10⁻³ m²/s (cf mesures Utilites Performance)
- Gradient hydraulique : 0,25 %
- Epaisseur productrice de l'aquifère capté : 15 m (cf mesures au micromoulinet)
- Porosité cinématique : 2 %

Tableau 4 : Distances calculées à partir de la formule de Wyssling

Débit de pompage	120 m ³ /h		47 m ³ /h	
Rayon d'appel	424 m		166 m	
Largeur du front d'appel au captage	1333 m		522 m	
Largeur maximale du front d'appel	2667 m		1044 m	
Isochrones	Distance aval	Distance amont	Distance aval	Distance amont
Isochrone 50 jours	311 m	491 m	166 m	350 m
Isochrone 180 jours	424 m	1133 m	166 m	890 m
Isochrone 365 jours	424 m	1900 m	166 m	1588 m

Les parcelles constituant le périmètre de protection rapprochée sont (voir Figure 11) :

Section AM n° 222 (découpage selon les allées forestières), 185, 78, 77, 76, 75,74

Section ZL n° 421, 422, 408, 411, 586, 588 531, 532, 592, 585, 591, 584, 583, 590, 595, 597, 596, 598, 601, 602, 519, 107, 106, 468, 469, 104, 558, 559, 560, 101, 100, 99, 94, 95, 96, 328, 92, 329, 91, 182, 183, 130, 129, 134, 135, 10, 9, 142, 136, 23, 20, 22, 21, 192, 193, 194, 195, 186, 188, 187, 189, 190, 191, 390, 392, 593, 594, 395

Figure 10 : Zones d'appel et isochrones calculées pour un débit de pompage de 47 et 120 m³/h

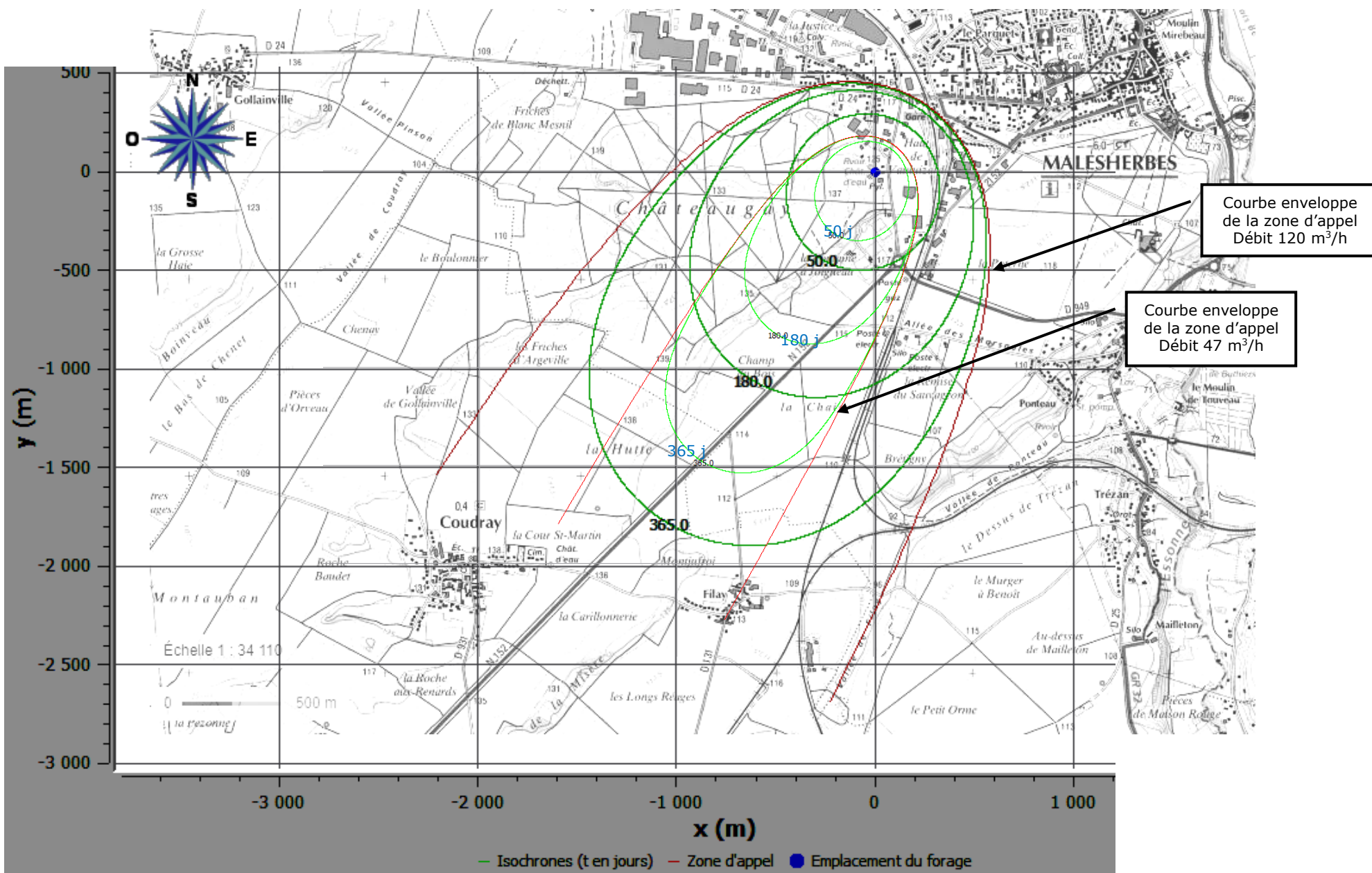
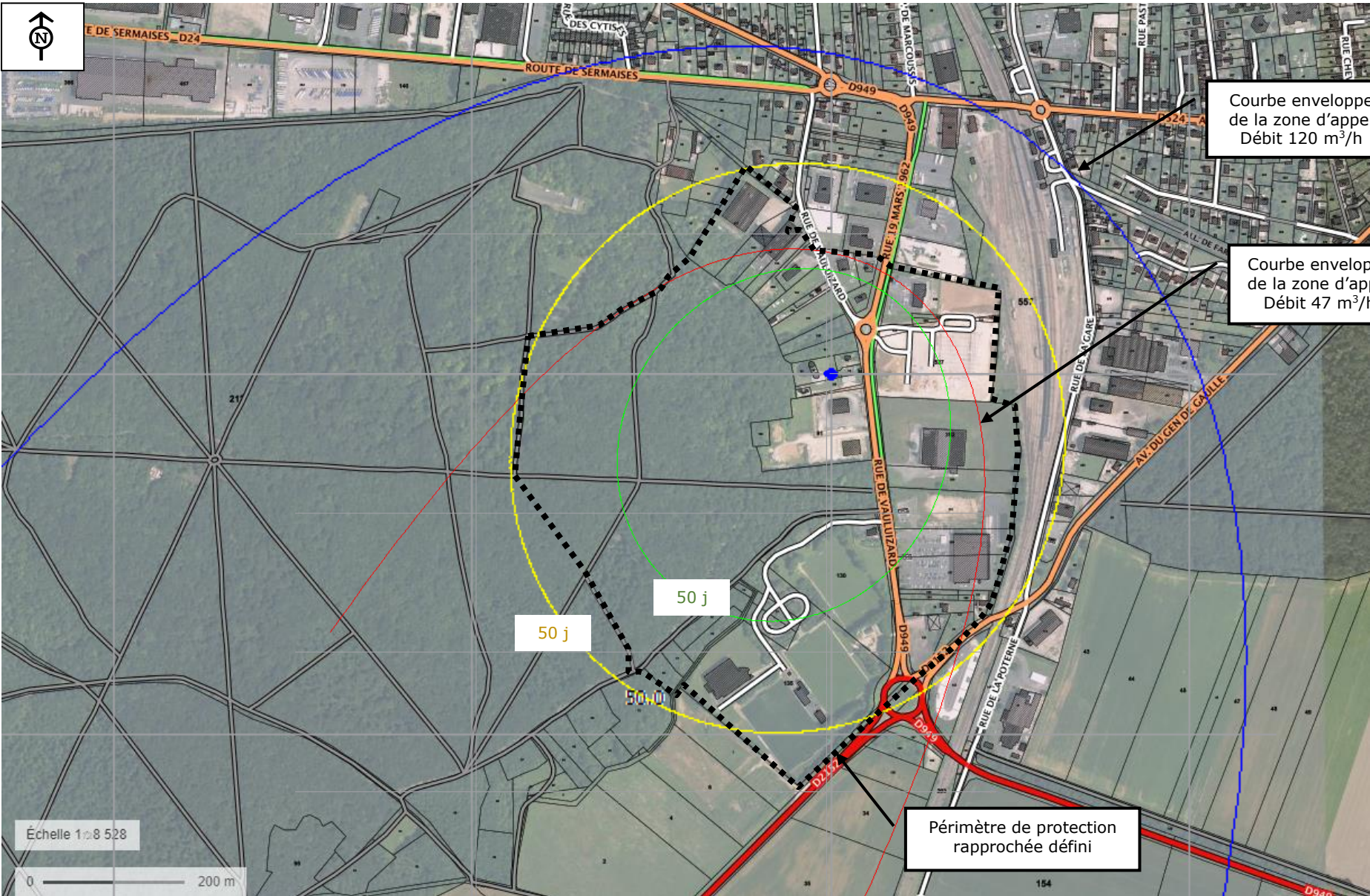


Figure 11 : Contour du périmètre de protection rapprochée défini (cf pointillés noirs)



✚ Travaux spécifiques préconisés

• **Comblement du forage 02937X2004**

Le forage historique n°02937X2004, situé sur la parcelle ZL 95 est actuellement recouvert par la dalle béton d'un ancien bâtiment démoli (voir Figure 12). Il constitue un point de vulnérabilité important pour le captage du fait de sa proximité. Il doit donc faire l'objet d'un comblement selon la coupe technique suivante (voir Figure 13) :

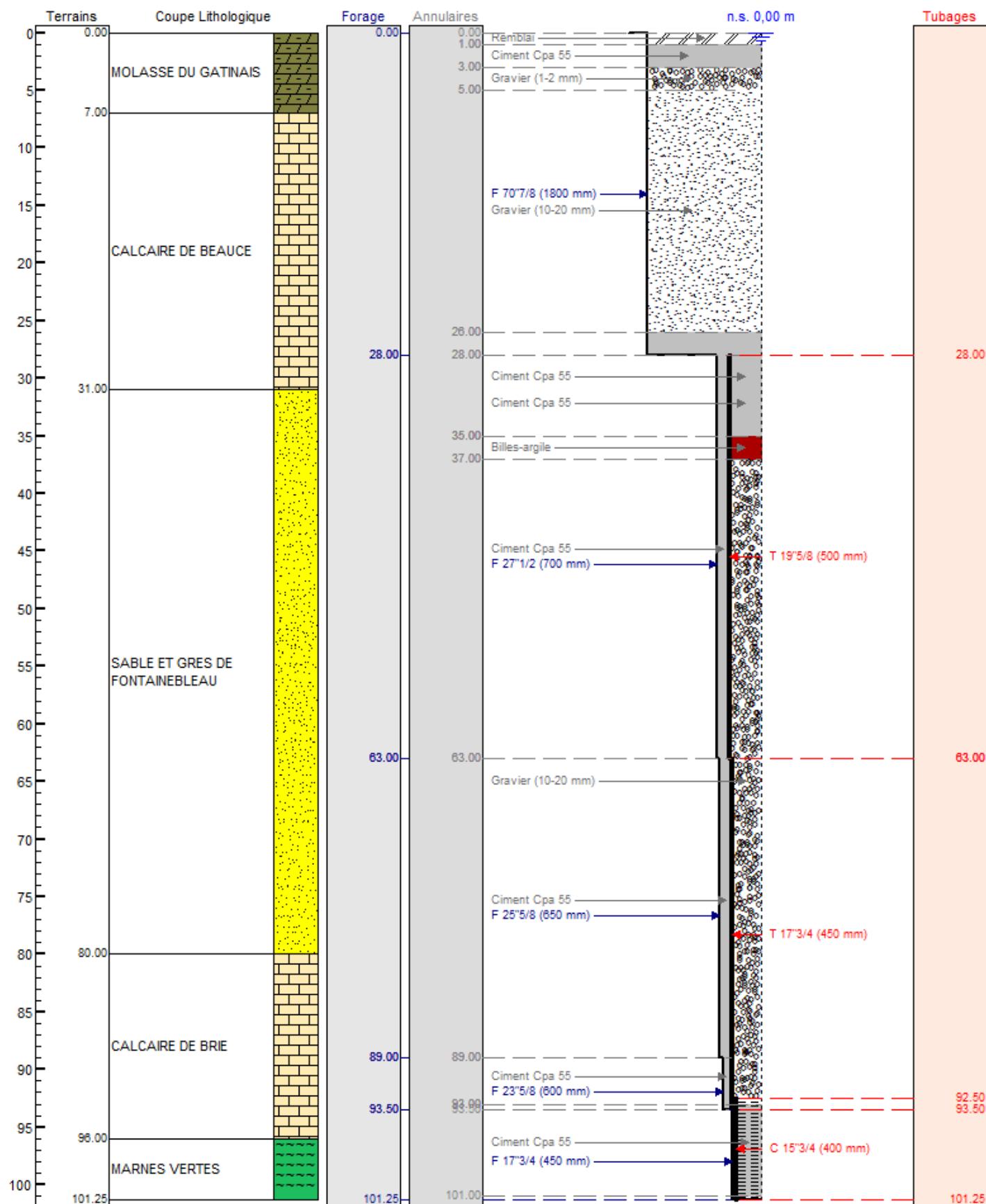
- De -101 à -92 m : injection d'un coulis de ciment dans le tubage crépiné (diamètre 400 mm)
- De - 92 m à - 37 m : Gravier lavé roulé calibré 10/20 mm
- De -37 m à 35 m : Bouchon argileux d'interface type Sopranite (diamètre 500 mm)
- De -35 m à 26 m : injection d'un coulis de ciment (diamètre 500 mm)
- De -26 à -5 m : Gravier lavé roulé calibré 10/20 mm
- De -5 à - 3 m : Gravier lave roulé calibré 1 /2 mm
- De -3 à - 1 m : comblement par un béton mortier
- Remblai jusqu'en surface par de la terre végétale

Tous les matériaux de comblement doivent être inertes et vierges de toute utilisation antérieure afin d'éviter toute pollution de la nappe de Beauce. Afin de réaliser un comblement efficace de l'ouvrage et de permettre la descente des cannes d'injection du coulis de ciment en fond d'ouvrage, celui-ci doit être préalablement désencombré des différents objets détectés lors de l'inspection vidéo de juillet 2016.

**Figure 12 : Hors-sol du forage 02937X2004 à combler selon préconisations
(photo Utilities Performance de Juillet 2016)**



Figure 13 : Coupe technique de comblement du forage 02937X2004



Mesures d'interdictions ou de réglementation préconisées

Occupation du sol :

Les actuelles zones boisées doivent être conservées et inscrites dans les documents d'urbanisme. L'exploitation du bois reste possible. Les défrichements, dessouchages et coupes à blanc doivent cependant être interdites.

La création de nouvelles excavations (carrières, galeries) est interdite. Toute infiltration autre que des eaux pluviales issues du ruissellement sur les toitures doit être interdite. Toutefois, la création de bassins de stockage des eaux pluviales est possible sous réserve d'une imperméabilisation totale du bassin. La création de plans d'eau, marre ou étangs en pleine terre doit être interdite.

Toute nouvelle activité utilisant des produits potentiellement polluants doit faire l'objet d'une autorisation préalable incluant des préconisations renforcées et spécifiques vis-à-vis du risque de pollution chronique par fuite ou déversement.

La création de toute nouvelle voie de communication à trafic dense doit être interdite. En cas d'impossibilité de dévier les camions de transports de matières dangereuses, des aménagements de fossés de voirie doivent être réalisés. Leur profil longitudinal doit être conçu de façon divergente depuis le centre de la portion de voirie qui intersecte le périmètre de protection rapprochée. La pente doit être suffisante afin d'exporter au plus vite hors du périmètre, tout déversement accidentel de produit polluant. En cas de contamination, les terres doivent être rapidement excavées jusqu'à atteinte d'une concentration correspondant au bruit de fond chimique du secteur.

La création de cimetière est interdite.

Forages

La création de forage, puits, puits d'infiltration, puisard est interdite quel que soit sa profondeur.

Les forages existants non déclarés et sans usages doivent faire l'objet d'un comblement.

Les forages existants non déclarés et faisant l'objet d'un usage doivent faire l'objet d'une déclaration d'implantation et de conception et de prélèvement. Leur partie hors sol doit être conforme à la réglementation en vigueur. En particulier, ils doivent être totalement étanches vis-à-vis de toute introduction d'eau de ruissellement ou de déversement, par la mise en place d'un capot étanche.

Dépôts et stockages

La création de nouveaux dépôts ou stockages de produits polluants doit être strictement aérien et équipé des volumes de rétention réglementaires.

Pour les stockages aériens existants, un contrôle des mesures de rétention présentes doit être effectué.

Pour tous les stockages enterrés existants, un contrôle d'étanchéité des coffrages et citerneaux doit être réalisé ; de même qu'un contrôle d'état des cuves. Ces stockages doivent être équipés d'un dispositif de signalisation de fuites (alarmes ou autre).

Epandage et usages de produits phytosanitaires

L'épandage de matières organiques destinées à l'amendement est interdit.

La création d'élevages, de centre équestre ou autre activité entraînant une densité importante et localisée d'animaux doit être interdite.

En raison de leur proximité avec le captage, le désherbage chimique des parcelles ZL n° 328, 329, 91, 92, 95, 96 doit être strictement interdit.

Assainissement

Les bâtiments habités doivent être raccordés au réseau d'assainissement collectif ou disposer d'une filière de traitement autonome des eaux usées complète et adaptée (prétraitement, traitement et évacuation terminale adaptée à la nature du sol).

c. Périmètre de protection éloignée

Il est proposé un périmètre de protection éloignée englobant une partie de la zone d'alimentation amont mais également une zone plus étendue autour de la zone d'appel (voir Figure 14). Ce périmètre est essentiellement destiné à limiter les prélèvements d'eau par de nouveaux forages sur la nappe des calcaires de Champigny, et à ne pas augmenter les prélèvements déjà effectués sur cette ressource. En effet, tout nouveau prélèvement ou augmentation abaisserait la charge piézométrique globale de la nappe des calcaires de Champigny et renforcerait le phénomène de drainance descendante.

Le tracé de ce périmètre de protection éloignée a été calqué, à l'aval, sur la zone d'appel générée par le pompage à 120 m³/h, et à l'amont, par l'isochrone 6 mois.

Tout nouveau forage pourrait constituer un point de vulnérabilité pour les nappes de Beauce et de Champigny. A l'intérieur de ce périmètre, la conception et la protection de surface de ces nouveaux ouvrages devront donc être particulièrement contrôlées lors de leur création.

Figure 14 : Tracé du périmètre de protection éloignée

