



ARCHAMBAULT CONSEIL



3, rue de l'Hôtel de Ville

BP 170 et 171

02603 Villers-Cotterêts Cedex

Dossier de Déclaration d'Utilité Publique Périmètres de protection du forage F3 situé à VILLERS-COTTERETS

PIECE N° 4

Rapport de l'hydrogéologue agréé & Extrait du projet d'arrêté

15DAR058

ETUDES ET EXPERTISES : EAU & ENVIRONNEMENT

SIEGE & AGENCE SUD EST : ZA du Charpenay - 16 rue de l'Aqueduc - 69210 LENTILLY - Tél : 04 78 48 83 83 - Fax : 04 72 38 03 56

AGENCE NORD EST IDF : 3 av. du Général Gallieni - 92000 Nanterre - Tél : 01 55 90 16 68 - Fax : 04 72 38 03 56

AGENCE CENTRE OUEST : 175 rue Morandière - 37260 Monts - Tél : 02 47 26 98 31 - Fax : 04 72 38 03 56

ARCHAMBAULT CONSEIL - SAS Capital 500 000 € - SIRET 32875112800054 - APE 7112B

www.archambault-conseil.fr

Commune de Villers-Cotterêts

**DETERMINATION DES PERIMETRES DE PROTECTION DES
CAPTAGES F3 ET F4 DE VILLERS-COTTERETS (AISNE)**

F3 : 01293X0095

F4 : Indice en cours d'élaboration

==--==--==--==--==

**Expertise d'Hydrogéologue Agréé
en matière d'hygiène publique**

==--==--==--==--==

Par
Erick CARLIER
*Hydrogéologue Agréé en matière
d'hygiène publique pour le département*

4, La Closerie
59160 Capinghem

Le 14 avril 2017

Commune de Villers-Cotterêts

DETERMINATION DES PERIMETRES DE PROTECTION DES CAPTAGES F3 ET F4 DE VILLERS-COTTERETS (AISNE)

F3 : 01293X0095

F4 : Indice en cours d'élaboration

Alimentation en eau potable

Expertise d'Hydrogéologue Agréé
en matière d'hygiène publique.

Introduction

Suite à la désignation de l'Agence Régionale de Santé (ARS) des Hauts de France, sur proposition de Madame Louche, coordonnatrice départementale de l'Aisne, en date du 21 février 2017, j'ai étudié la protection des deux captages F3 et F4 situés sur la commune de Villers-Cotterêts. Le dossier technique a été réalisé par ARCHAMBAULT CONSEIL et m'a été remis le 22 février 2017.

Villers-Cotterêts est alimentée par trois ouvrages (F1, F2 et F3) situés au Nord de la commune et captant la nappe de l'Yprésien. S'ajoute à ces trois captages une source, située sur la commune d'Haramont, restituant à la surface l'eau de la nappe du Lutétien. En raison des besoins croissants et, à la fois, de la baisse de productivité des ouvrages exploitants la nappe de l'Yprésien, un nouvel ouvrage F4 a été réalisé ; il capte la nappe du Thanétien, sous-jacente à la nappe de l'Yprésien.

Ma mission consiste à déterminer les périmètres de protection des deux captages F3 et F4, distant d'environ 100m et captant deux nappes différentes. Un périmètre de protection rapprochée sera commun aux deux ouvrages.

Sont joints en annexe:

Annexe 1: localisation des forage sur fond de carte topographique

Annexe 2 : données géographiques, hydrogéologiques et techniques relatives aux forages et aux nappes captées

Annexe 3 : report des périmètres sur fond cadastral

I. GEOLOGIE DU SECTEUR

La figure 1 indique les formations géologiques présentes au niveau du secteur étudié. Seules sont à l’affleurement, les limons quaternaires, les calcaires et marnes du Lutétien et les sables et argiles du Bartonien.



Figure 1 : Géologie du secteur

On distingue, de bas en haut :

e2. Thanétien.

Argile de Vaux-sous-Laon

C'est une argile à montmorillonite gris verdâtre, glauconieuse, peu épaisse (1 à 2 m). Au contact avec la craie, on observe parfois un sable grossier glauconieux et des galets de silex noirs ou verdis mélangés à des fragments de craie. L'Argile de Vaux-sous-laon, non visible à l'affleurement, est représentée sous les avant-buttes éocènes, sous la butte de Laon et au pied de la cuesta tertiaire, au Sud de la feuille. Elle a été autrefois exploitée autour de Laon.

Sables marins de Bracheux

Calcaire continental de Mortemer et de Clairoux;

Sables et calcaire forment un ensemble dont l'épaisseur est comprise entre 25 et 35 m.

Le Thanétien n'affleure pas, mais il a été traversé par les forages de la vallée de l'Oise et l'Automne; le forage de Chamant l'a atteint. Dans la vallée de l'Automne, le calcaire de Mortemer semble représenté localement (épaisseur 0,75). Ailleurs ce sont les Sables de Bracheux qui constituent l'ensemble de l'étage. Ces sables, généralement gris, parfois verts, sont fins et fréquemment argileux. Leur épaisseur varie de 30 à 50 m.

e3. Yprésien inférieur (= Sparnacien).

Argiles de base.

Argiles à lignites

Argiles et sables supérieurs coquilliers

La présence de calcaire lacustre (de Cuvilly) est signalée à Béthisy-SaintPierre. Les Argiles à lignites ont été anciennement exploitées à Sarron et SaintSauveur. Elles présentent une alternance d'argiles foncées plus ou moins calcaires à faune saumâtre, de bancs de lignite terreux ou xyloïde à végétaux et ossements, et de marnes calcaires ou calcaire argileux à faune lacustre. Les Argiles de base, mal connues, peuvent représenter localement le faciès argile plastique bariolée ou au contraire être du même type que les argiles du niveau supérieur. Localement ces argiles manquent. Elles ne sont généralement pas fossilifères. En dehors des vallées de l'Oise et de l'Automne où il affleure (épaisseur 18 à 25 m), le Sparnacien n'est connu que par de rares forages : 28,50 m à Chamant.

e4. Yprésien supérieur (Cuisien)

Niveau d'Aizy (6-10 m) : C'est un ensemble de sables quartzeux fins, micacés (muscovite), faiblement argileux (glaucanie), rarement blancs, souvent gris ou verdâtres, parfois jaunâtres par altération de la glauconie, généralement sans fossiles, mais pouvant renfermer des géodes calcédonieuses quand les assises du Lutétien sus-jacent sont dolomitisées: « têtes de chats spathiques ».

Niveau de Pierrefonds (20-30 m) :

1. Sables de Pierrefonds sensu stricto (20 m) : épaisse série de sables quartzeux fins, argileux (glaucanie), vert brunâtre ou grisâtres, à niveaux fossilifères (Montgobert).
2. Sables de Cuise sensu stricto (10 m) : série de sables argileux, très glauconieux, verts, jaune verdâtre à ocre-brun, (Pontdron, Largny-sur-Automne, Longpont) surmontés d'un ensemble de sables fins grisâtres, faiblement micacés, pouvant contenir d'abondants débris de lignites charbonneux et présentant une stratification estuarienne type: chenaux emboîtés, galets mous d'argile, niveaux ferruginisés perforés de terriers d'Annélides aquatiques... (Ruisseau de Nadon). Quand les sables argileux sont à l'affleurement en fond de vallée, la glauconie s'altère en leur donnant une couleur fauve caractéristique.

Argile de Laon (2-3 m) : série de sables sans fossiles et de niveaux argileux où les auteurs citent des empreintes de feuilles et des débris végétaux. C'est un ensemble de sables quartzeux fins ou grossiers, tantôt argileux (glaucanie) roux ou verdâtres, tantôt assez purs ou micacés (muscovite), gris intercalés de niveaux argileux assez épais à la base (10-20 cm) devenant très

fins et rares au sommet. Les argiles grises, brun foncé ou noires présentent un fin débit lamellaire (Bonneuil, Corcy) mais peuvent devenir très ligniteuses et micacées (Coyolles) ; elles ont été autrefois exploitées à Silly-la-Poterie pour la fabrication des tuiles. Les eaux d'infiltration, très chargées en carbonates, précipitent sur ces niveaux une partie de leurs sels qui forment d'épaisses incrustations pulvérulentes très blanches. L'Argile de Laon, qui disparaît assez fréquemment (Morienvall), semble avoir été localement érodée par la transgression lutétienne.

Le Cuisien est profondément entaillé par la vallée de l'Automne, mais ses affleurements, épais de plus de 40 m, sont généralement masqués par des éboulis calcaires et des dépôts loessiques ; le contact avec le Lutétien se trouve vers + 115 m (Morienvall, Le Berval) sur la rive droite et semble s'abaisser à + 90 m (Fresnoy-la-Rivière, Bémont, Coyolles) sur la rive gauche. Dans le bassin de l'Ourcq, les affleurements cuisien sont réduits à 10-15 m et souvent masqués par des éboulements en masse de calcaire; le contact avec le Lutétien passe de + 100 m en amont (Corcy) à + 65 m vers l'aval (Troësnes, Mareuil-sur-Ourcq, Bourneville). L'exploitation des données fournies par les sondages attribue au Cuisien une puissance variant de 40 m à 70 m, généralement voisine de 56-60 mètres. Il est vraisemblable qu'on y a localement regroupé le niveau des sables à galets de Sinceny, attribué actuellement au Sparnacien et dont la puissance peut atteindre 10-15 mètres.

e5. Lutétien. Cet étage est subdivisé en :

e5a. Lutétien inférieur Calcaire sableux (4-7m)

e5b. Lutétien moyen Calcaire (9-21m)

e5c. Lutétien supérieur Calcaire (20-25m)

e5a : A la base, ce niveau est constitué par un sable calcaire à gros grains de quartz enduits de glauconie (glauconie grossière), (Longpont) beige, souvent verdâtre. La dolomitisation, qui en général n'intéresse que le sommet des couches, peut transformer complètement l'assise en sable dolomitique (Crépy, Fresnoy) contenant des têtes de chat, en continuité avec le Cuisien (Morienvall). Ailleurs, existe aussi un faciès très consolidé, ayant l'aspect d'un grès grossier, à gros quartz anguleux verdis, à ciment calcaire glauconieux (pain de prussien) (Vaumoise, Pontdrion). La base peut être soulignée par un niveau de quartz façonnés centimétriques (Crépy) ou par un calcaire friable fossilifère empâtant de petits galets siliceux (Corcy).

Vient ensuite des calcaires à Nummulites: Ce niveau est constitué par un calcaire sableux plus ou moins fossilifère, généralement dur (pierre à liards). Suivant les endroits, il peut être presque exclusivement constitué par l'accumulation de Nummulites jointives (Montgobert),

qui deviennent libres quand la dolomitisation a pulvérisé leur ciment (Crépy). Ailleurs, le banc a résisté au démantèlement et forme la corniche des plateaux (Vez). Les Nummulites peuvent se raréfier au profit de coquilles de Lamellibranches et d'échinodermes disposés en bancs donnant à la roche un aspect caverneux (Bourneville). La base de l'assise est souvent légèrement glauconieuse et peut contenir quelques quartz verdis (banc vert).

E5b : Calcaire à Ditrupes et Miliolites. C'est un calcaire tendre, assez friable mais durcissant à l'air, pétri de nombreux Ditrupes tubulaires, qui, sur les coupes, sont dégagés par la dissolution (vallée de l'Automne, Bonneuil). Il renferme de petits niveaux coquilliers. La dolomitisation peut intéresser plus ou moins totalement ces assises, les transformant soit en calcaire dolomitique à passées sableuses (Longpont, Fleury) soit en sables dolomitiques à nodules de calcite, généralement azoïques (Fresnoy) ; lorsque les Ditrupes sont conservées, elles sont libres dans un falun dolomitique (Morienvall). La friabilité de la roche a permis le creusement de nombreuses grottes ou d'habitats troglodytiques (Troësnes).

Calcaire à Miliolites, Cérithes géants et Orbitolites : Cette série est constituée par 3 niveaux, de bas en haut: - Calcaire à « Cérithes géants » (0,5-2 m) dur, fin, jaunâtre, contenant des Miliolites et quelques empreintes ou moules internes de *Campanile giganteum*, situé au toit des carrières souterraines (Banc à vérins). - Calcaire à Orbitolites et Miliolites (3 m), poreux, assez friable, parfois compact, blanchâtre, où alternent des niveaux à empreintes de Bivalves, de Gastéropodes et des niveaux à coquilles d'Huîtres associés à quelques Oursins (Banc royal, Vergelé). - Calcaire à Miliolites (2 m). très tendre, beige, pouvant contenir de petits grains de quartz, présentant un débit en plaquettes (Banc vert) parcouru par de minces niveaux très compacts, parfois très durs (Ouais de Senlis).

Cette succession très constante constitue le substratum de la plate-forme structurale; c'est généralement à ce niveau que se dessine la corniche surplombant les vallées, lorsqu'elle n'est pas oblitérée par des éboulis ou ravinée par des pierrailles. Son observation est possible dans les carrières à ciel ouvert des bassins de l'Automne et de l'Ourcq. La disposition précédente admet des variations de détail quant au faciès pétrographique et à l'importance relative des niveaux: les Ditrupes peuvent pénétrer dans le Banc à Vérins très réduit (Fulaine), les Miliolites remonter progressivement dans les calcaires à Cérithes du Lutétien supérieur (Saint-Pierre-Aigle, Bourneville). La dolomitisation transforme fortement ces assises en une alternance de calcaires dolomitiques cristallins, très durs et de niveaux sableux pulvérulents (Fleury, Vaumoise) dont le démantèlement aisé forme de puissants éboulis (Bethancourt, Chafosse,

Corcy). Un bel exemple de dolomitisation en poche, avec front bien visible dans le calcaire à Orbitolites, peut être observé le long de la N 2, dans la côte de Vaucienne, sous la sucrerie.

E5c : Calcaire à Cérithes: Ce niveau (5-10 m) est constitué par l'alternance de bancs de calcaire dur blanchâtre, épais de 30 m en moyenne, généralement perforés par des empreintes de Cérithes très nombreuses, qui peuvent contenir quelques coquilles de Mollusques, des Miliolites, et de niveaux peu épais argilo-marneux beiges, crème ou verdâtres contenant des fossiles ou des moules internes silicifiés, généralement libres, ou encore, parfois, inclus au sein des nodules siliceux aplatis, disposés en alignements plus ou moins continus (Ancienville, Autheuil, Fulaine, Saint-Pierre-Aigle, Thury, Troësnes). La dolomitisation ne semble pas affecter ces assises. Ces niveaux affleurent en proche bordure de plateau. Il en résulte une intense décarbonatation des couches marneuses, riches en attapulgite et en montmorillonite. Les vides de dissolution comme le gonflement des minéraux argileux favorisent le débitage et la dislocation des bancs calcaires en gros moellons et en plaquettes. Les remplissages argileux, rubéfiés, brun-rouge empâtent souvent de petits fossiles silicifiés (Saint-Pierre-Aigle).

Marnes et caillasses : Ce niveau (10-15 m) est constitué par d'épaisses couches argilo-marneuses ou argileuses, blanchâtres, grisâtres ou verdâtres, pouvant contenir vers la base des fossiles silicifiés, des épigénases siliceuses de gypse (pseudomorphoses), des géodes et des macles rayonnantes de quartz (Thury, Troësnes). Séparant ces niveaux, s'intercalent de minces bancs calcaires durs et silicifiés grisâtres vers la base, puis compacts, sublithographiques beiges ensuite, présentant une cassure où se dessine un fin litage d'aspect rubané et légèrement onduleux, parfois perforé de terriers d'Annélides, comblés de coprolithes (Longpont). On observe aussi des niveaux de plaquettes siliceuses translucides qui incluent des tests partiellement ou totalement silicifiés, et généralement sans moule interne, associés à des niveaux calcaires dont la face supérieure présente un assemblage écaillé de polyèdres à section polygonale.

La partie supérieure des assises est très mal connue, seule est observable la partie en contact avec le calcaire à Cérithes. Les marnes et caillasses forment le soubassement des plateaux du Soissonnais et d'une partie du Valois ; elles sont masquées par les dépôts superficiels quaternaires. Cependant, leur altération, qui a pu débiter à une époque assez reculée, s'est poursuivie activement sous climat périglaciaire, entraînant un démantèlement prononcé. On peut observer, sur les rares coupes fraîches en bordure de plateau, une altération profonde des niveaux argileux, rubéfiés, souvent accompagnée de très importantes poches karstiques

comblées de matériaux argileux, à passées de sables d'Auvers (Saint-Pierre-Aigle). Si l'érosion a découpé ces niveaux d'altération ancienne, les solifluxions périglaciaires font onduler les niveaux de calcaires, très fragmentés, à moins qu'ils ne soient totalement démantelés et repris dans des poches en festons (Troësnes, Longpont). Cette action complexe se marque, sur les plateaux lutétiens du Soissonnais et du Valois, par une érosion antérieure aux dépôts superficiels, ayant façonné un microrelief largement ondulé, souligné par un chevelu bien hiérarchisé de vallons secs, actuellement partiellement oblitérés par les limons loessiques successifs et l'accumulation des colluvions récentes. Le Lutétien constitue la plateforme structurale sur laquelle sont établis les plateaux des confins nord-est de l'Ile-de-France ; cette assise résistante, superposée à des niveaux meubles sableux, a subi un démantèlement très important, qui fait passer sans aucune transition du paysage plat, à peine vallonné du plateau, à l'abrupt des pentes assez souvent dominées par le ressaut en encorbellement des calcaires grossiers du Lutétien moyen suivant l'importance des déblaiements, cette corniche tombe directement dans la basse vallée (bassin de l'Ourcq) ou bien domine un piedmont important constitué par les sables de Cuise (bassin de l'Automne). Les dépôts lutétiens présentent sur la moitié nord de la feuille une épaisseur totale assez constante (40 m) ; plus au Sud, leur puissance diminue sensiblement d'une dizaine de mètres. On constate un accroissement de l'importance relative du Lutétien supérieur du Nord au Sud. Sous la butte oligocène, le toit du Lutétien, reconnu au sondage du carrefour de Vauquebert, culmine vers 150 m ; les assises plongent fortement vers le S.SW à la faveur d'une ride synclinale pour atteindre la cote +80 au sondage de Lévignen.

e6a. Bartonien inférieur (Auversien)

Sables d'Auvers (5-20 m)

Ces sables sont quartzeux, argileux, jaunâtres, assez grossiers, à stratification entrecroisée, pouvant contenir vers la base des niveaux de galets siliceux noirs plus ou moins abondants (Bonneuil - Haramont). Au Sud-Est, les Sables d'Auvers deviennent fossilifères (Lévignen, Macqueline, Marizy-Sainte-Geneviève, mont Marlet). Le contact normal avec les caillasses du Lutétien s'effectue par des niveaux très argileux alternant avec des sables ferruginisés par la circulation des nappes (Haramont, Lévignen, sondage de Puisieux-en-Retz) mais très souvent les sables pénètrent dans les cavités karstiques du Lutétien.

Argile de Villeneuve-sur-Verberie.

Ce niveau n'a pas été reconnu avec certitude; toutefois, on peut signaler, en bordure nord du massif forestier, un niveau d'argiles sableuses verdâtres assez bariolées et empâtant des

fragments meulièrement abondants, qui affleure au niveau des sables et qui peut être redistribué sur les caillasses du Lutétien (Vivières, Taillefontaine).

Sables et grès de Beauchamp (20-30 m) :

Ces sables quartzeux fins, blancs (faciès de Fleurines) ou jaunâtres, sont habituellement azoïques, sans stratification apparente. Vers le sommet, ils sont très généralement consolidés en bancs de grès tubulaires (Chavres, Le Plessis-au-Bois, Bourgfontaine) ou chaotiques perforés de conduits tubulaires, et mamelonnés. Quand les sables ne sont pas protégés par les calcaires, ils sont contaminés en surface par les dépôts quaternaires: bandes argileuses brun-rouge puis sablo-limoneuses brun-jaune alternant avec des niveaux sableux jaunâtres sur quelques mètres, souvent accidentées de microfailles locales, dues au foisonnement des couches, au droit des poches karstiques du Lutétien. Exceptionnellement, peuvent être conservés des paléosols argileux fortement rubéfiés et panachés (massif de Retz, Bonneuil}. La tourmaline est largement prépondérante dans les minéraux lourds de l'Auversien (jusqu'à 80 % } ; elle est suivie par les minéraux de métamorphisme où la staurotide est généralement prédominante. De nombreuses coupes sont visibles dans les assises auversiennes, à états de fraîcheur divers; les dépôts sont bien représentés sur les contreforts de la butte oligocène, où ils atteignent près de 50 m de puissance; les sables affleurent en croissant autour de la clairière de Villers-Cotterêts, sur une vaste zone parsemée de chaos. Au Sud-Est, l'épaisseur devient extrêmement variable, 20 à 25 m sous le Marinésien, qui semble avoir comblé un système de chenaux séparant des vallonnements sableux grésifiés au sommet. Sur les versants de la butte oligocène, le toit de l'Auversien atteint la cote + 200 environ; les assises plongent alors fortement vers le Sud-Ouest jusqu'à la cote + 107 reconnue aux sondages de Thury-en-Valois et du Rond-Capitaine.

LP. Limons lœssiques. Les plateaux sont presque totalement recouverts de dépôts éoliens ou nivéo-éoliens, de texture limoneuse. En général assez épais sur les plateaux du Soissonnais, où ils atteignent une puissance de 5 m, leur couverture s'amincit sensiblement dans le Valois, où elle excède rarement 1,5 m à 2 mètres. Lorsque l'épaisseur est comprise entre 0,5 et 1 m, le figuré du recouvrement laisse apparaître le substratum.

II- CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE DU THANETIEN ET DU FORAGE F4 .

Le forage F4 a été créé en 2016 et est profond de 158,5m. La nappe captée est contenue dans les sables du Thanétien (sable de Bracheux). Le forage est crépiné de 125 m à 157,5m.

L'épaisseur de sable captée est donc de 32,5 m. Le niveau statique est situé à environ 92 m de profondeur.

Les sables du Thanétien ont pour substratum imperméable les argiles de Vaux-Sous-Laon et sont recouverts par les formations sablo-argileuses et marno-calcaires du Sparnacien, du Cuisien (Yprésien), du Lutétien et du Bartonien.

Le tableau ci-dessous indique les formations rencontrées lors de la création du forage F4.

Profondeur (m)	lithologie	Épaisseur (m)
0-6,2	Sables du Bartonien	6,2
6,2-39	Marnes et calcaires du Lutétien	32,8
39-46	Argiles de Laon du Cuisien	7
46-79,5	Sables du Cuisien	33,5
79,5-119	Argiles du Sparnacien	39,5
119-158	Sables du Thanétien	39
158-159	Argiles de Vaux-Sous-Laon du Thanétien	1

Tableau 1 : Lithologie du forage F4

La nappe du Thanétien est captive car mise sous pression sous les 39,5 m d'argiles du Sparnacien. L'alimentation de cette nappe se fait par infiltration de la pluie efficace là où les sables de Bracheux sont à l'affleurement, ici à quelques kilomètres au Nord et à l'Ouest de Villers-Cotterêts ainsi que par drainance des eaux de la nappe des sables cuisien sus-jacente aux travers des argiles sparnaciennes à faible perméabilité.

Cette nappe peut aussi alimenter, par drainance verticale, la nappe de la craie sous-jacente.

La transmissivité de cette nappe est comprise entre $6,3 \cdot 10^{-4}$ et $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Au niveau de F4, la transmissivité calculée à partir de l'essai de longue durée est de $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Ce paramètre exprime la facilité avec laquelle se fait l'écoulement souterrain. Une bonne transmissivité se traduit par un faible rabattement dans le forage pour un débit pompé important. Dans notre cas, la transmissivité est moyenne.

Le coefficient d'emménagement est compris entre 0,001 et 0,0001. Cette valeur est typique des nappes captives. Il convient de préciser, qu'en nappe captive, ce paramètre ne représente en rien la porosité; c'est un paramètre qui exprime les propriétés mécaniques (élasticité) combinées de l'eau et de la matrice solide. Pour les sables, la porosité totale est comprise entre 25 et 40%; la porosité efficace, qui exprime la quantité d'eau de gravité contenue dans une roche, ou quantité d'eau mobile, est comprise entre 15 et 25%. Le sens d'écoulement et le gradient hydraulique dans le secteur étudié sont inconnus. Le périmètre de protection

rapprochée, déterminé pour un temps de transfert de 50 jours, sera donc déterminé selon une approche « maximaliste » qui consistera à considérer un cercle de rayon égal aux 4/3 du rayon calculé dont la méthode est indiquée en annexe 2 et dans le paragraphe VII.

Des pompages d'essai ont été réalisés entre le 17 et 24 mars 2016. Les essais par paliers ont été effectués aux débits suivants : 10,5 m³/h, 15 m³/h et 20 m³/h. Chaque palier a duré 1,5h. Le débit critique n'a pas été atteint. Rappelons que ce débit est tel que s'il est dépassé, les variations des rabattements deviennent très importantes même pour une faible augmentation de débit. L'équation du rabattement en fonction du débit s'écrit:

$$s = BQ + CQ^2.$$

s: rabattement

Q: débit

B : coefficient de perte de charge linéaire

C : coefficient de perte de charge quadratique

Seul le coefficient B a pu être déterminé ; il est de 0,829.

Les besoins à prendre en compte, pour le forage F4, sont :

20 m³/h, 400 m³/j et 146 000m³/an.

III- CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE DU CUISIEN ET DU FORAGE F3.

Le captage F3 a été créé en 1998. Il est profond de 82,5 m et capte la nappe des sables de Cuise de l'Yprésien. Il est crépiné de 55,90 à 79,70 m. Le niveau statique se situe à environ 42 m de profondeur. L'épaisseur mouillée est de 24m.

Les sables cuisien ont pour substratum les argiles du Sparnacien. La nappe captée est recouverte par 8,5 m d'argile de Laon du Cuisien puis des calcaires et marnes du Lutétien et des sables du Bartonien inférieur.

Le tableau ci-dessous indique les formations rencontrées lors de la création du forage F3.

Profondeur (m)	lithologie	Épaisseur (m)
0-68,2	Sables du Bartonien	8,2
8,2-22	Marnes du Lutétien	13,80
22-42,20	Calcaire du Lutétien	20,20
42,20-50,70	Argiles de Laon du Cuisien	8,50
50,70-79,80	Sables du Cuisien	33,5
79,80-85	Argiles du Sparnacien	5,20

Tableau 2 : Lithologie du forage F3

L'alimentation de la nappe des sables cuisien se fait soit par infiltration de la pluie efficace ou de l'eau des sources issues des nappes sus-jacentes là où les sables affleurent, soit par percolation de l'eau de la nappe des calcaires lutétiens sus-jacente, soit par infiltration de cours d'eau perchés. Naturellement, cette nappe est drainée par des sources de dépression à l'origine de cours d'eau pérennes, des sources de débordement au contact du Cuisien et des alluvions modernes fluviales moins perméables et des sources artésiennes souvent en fond de vallée aux endroits où les alluvions ont cédés à la pression de l'eau.

Au niveau du secteur étudié, l'écoulement est dirigé vers le Sud-Ouest, vers la vallée de l'Automne avec un gradient de 0,5%. La transmissivité est globalement comprise entre $6,1 \cdot 10^{-4}$ et $1,8 \cdot 10^{-3}$ m²/s avec un coefficient d'emménagement compris entre 0,001 et 0,0001. Les essais de 1998 ont permis de déterminer une transmissivité de $3,2 \cdot 10^{-3}$, La nappe est captive. Rappelons que pour les sables, la porosité totale est comprise entre 25 et 40%; la porosité efficace, qui exprime la quantité d'eau de gravité contenue dans une roche, ou quantité d'eau mobile, est comprise entre 15 et 25%.

Les essais par palier de 1998 n'ont pas permis d'établir l'équation du rabattement :

$$s = BQ + CQ^2.$$

s: rabattement

Q: débit

B : coefficient de perte de charge linéaire

C : coefficient de perte de charge quadratique

Cette équation permet d'estimer le débit critique, débit au-delà duquel, les rabattements deviennent très importants pour une faible augmentation du débit (les pertes de charges quadratiques deviennent prépondérantes par rapport aux pertes de charges linéaires). De fait, l'ouvrage s'est « développé » durant les augmentations de débits engendrant à partir d'un certain débit le résultat « aberrant » d'un rabattement plus faible pour un débit plus important.

Les besoins à prendre en compte, pour le forage F3, sont :

45 m³/h, 900 m³/j et 328 500m³/an.

IV- VULNERABILITE DES DEUX NAPPES.

La vulnérabilité est l'ensemble des caractéristiques d'un aquifère et des formations qui le recouvrent, déterminant la plus ou moins grande facilité d'accès puis de propagation d'une substance dans l'eau circulant dans les pores ou fissures du terrain. L'aquifère sollicité est naturellement protégé par l'existence d'un sol et d'un milieu non-saturé vis-à-vis des circulations essentiellement verticales. Toutes modifications aux abords des forages peuvent

entraîner la disparition de l'effet filtrant naturel et la microbiologie protectrice du sol végétal existante qui peut profondément être modifiée par minéralisation lors de travaux ou d'aménagement en surface. Dans le cas où le manteau limoneux disparaît lors des excavations, il n'y aurait plus de protection de l'aquifère sous-jacent. Par expérience, on constate que les travaux de chantier perturbent fortement la structure des limons. L'activité du puits de pompage provoque l'apparition d'un cône de dépression à fort gradient hydraulique qui augmente la vitesse de l'écoulement souterrain localement. Toute pollution accidentelle ou chronique venant de la surface surexposée au cône va migrer très rapidement vers le captage. La vitesse peut passer de à 0,55 m/j à 5,5 m/j selon les cas. On estime qu'il est nécessaire d'avoir un parcours minimum de l'eau souterraine d'environ 50 jours pour que les bactéries pathogènes (type *Escherichia Coli*) puissent être éliminées à 99%. Ceci explique l'importance de mettre en place un périmètre de protection rapprochée (PPR) autour du captage. Ce périmètre a donc pour rôle d'assurer l'élimination des substances polluantes. Pour la nappe des sables cuisiens, il faut noter la présence de 8,5 m d'argile de Laon ainsi que plus de 40 m de calcaire, marnes et sables du Lutétien et du Bartonien. La vulnérabilité vis-à-vis des pollutions de surface est donc faible. Pour la nappe du Thanétien, il faut noter la présence de 39 m d'argile du Sparnacien, ainsi que 79 m de sables, argile, calcaires et marnes du Cuisien, du Lutétien et du Bartonien. La vulnérabilité vis-à-vis des pollutions de surface est donc très faible.

V. ENVIRONNEMENT

L'environnement immédiat est constitué d'une prairie naturelle avec quelques arbres. La première habitation se situe à 120 m au Sud du F4. Villers-Cotterêts est assainie. Les eaux usées sont traitées en station d'épuration située au Sud-Ouest de la commune, donc en position aval nappe. Elle rejette ses effluents traités dans l'Automne.

VI. QUALITE DE L'EAU

F3 : nappe de l'Yprésien (Cuisien)

La teneur en nitrate est quasiment nulle ; elle a été mesurée une seule fois en 2010 à une valeur de 13mg/l (norme : 50 mg/l). Les concentrations en sulfate varient entre 40 et 48 mg/l ; elle est actuellement de 47,9 mg/l ; la teneur en chlorure varie entre 12 et 22 mg/l avec une valeur actuelle de 15,1 mg/l. La teneur en fer est élevée (1,7 mg/l) ; il s'agit d'une présence naturelle dans la nappe des sables cuisiens ; une déferrisation est assurée. La teneur en bore est nulle, ce

qui traduit l'absence de tout impact lié à des défauts d'assainissement. Notons l'absence de pesticides. L'eau est de bonne qualité ; cela reflète une bonne protection naturelle.

F4 : nappe du Thanétien

Une analyse complète a été réalisée sur ce nouveau forage en mars 2016.

L'eau est très minéralisée notamment en sodium (116 mg/l ; norme : 200 mg/l), en sulfates (220 mg/l ; norme : 250 mg/l), en chlorures (142 mg/l ; norme 200 mg/l) ; elle dépasse la norme de potabilité en fluorures (2,49 mg/l ; norme : 1,5 mg/l) ; en Bore (0,75 mg/l ; norme : 1 mg/l). La présence du Bore est naturelle et liée, vraisemblablement aux argiles du Sparnacien. Il y a absence de nitrates et de pesticides. L'ammonium est présent en teneur certes forte mais inférieure à la norme. Cet élément devra être surveillé et l'eau pourra être soumise à une oxygénation. Il s'agit donc d'une eau minérale caractérisée par une présence naturelle d'éléments chimiques en concentration élevée. Hormis pour les fluorures, l'eau est potabilisable. Je conseille de mélanger cet eau avec celle des sables cuisiens pour diminuer les teneurs élevées dont celle des fluorures.

VII- DEFINITION DES PERIMETRES DE PROTECTION ET PRESCRIPTIONS

Les périmètres de protection sont établis conformément à l'article L 1321-2 du code de la Santé Publique et son décret d'application (décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001). Ils sont définis comme suit en fonction des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, bactériologiques et physico-chimiques mentionnées dans l'annexe 2 ainsi qu'en tenant compte de l'environnement et des risques potentiels de pollution.

1- PERIMETRE DE PROTECTION IMMEDIATE

Il doit être clôturé et interdit d'accès à toutes activités autres que celles nécessitées par l'entretien de l'ouvrage.

En particulier, tout épandage d'engrais, produits chimiques ou phytosanitaires y est interdit. L'accès du périmètre de protection immédiate est interdit aux personnes non mandatées par le propriétaire des captages. Cet accès est réservé à l'entretien des captages et de la surface du périmètre de protection immédiate.

Est interdit dans ce périmètre le stockage de matériels et matériaux même réputés inertes.

Dans le cas où un transformateur électrique équiperait les captages, on veillera à sa compatibilité avec le règlement sanitaire.

L'aire de ce périmètre pourra être plantée d'arbres.

2- PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE

Le dimensionnement du périmètre de protection rapprochée s'effectue à partir du rayon d'action qui est calculé pour un temps de transfert de 50 jours selon les directives européennes. En fait, il s'agit de calculer le volume d'eau pompée en 50 jours, qui correspond approximativement à un cylindre. Le rayon de la surface horizontale de ce cylindre sert de base au dimensionnement du périmètre de protection rapprochée.

L'extension du périmètre de protection rapprochée est déterminée par le calcul de l'isochrone 50j (limite au-delà de laquelle une particule ne peut parvenir au captage dans un délai inférieur à une durée fixée).

Elle est directement calquée sur l'aire calculée correspondant au volume prélevé par le captage en 50 jours.

Il existe plusieurs méthodes de calcul, cependant, lorsque le gradient hydraulique est faible, on utilise une formule simple:

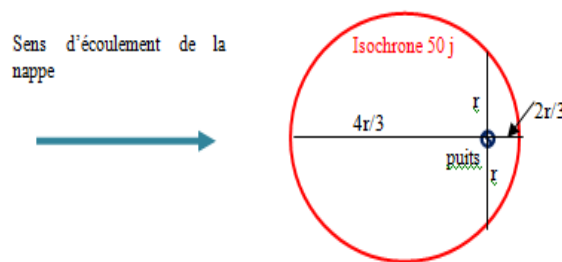
$$\text{débit de pompage} \times 50 \text{ j} = \text{surface}(\pi R^2) \times \text{épaisseur de la nappe} \times \text{porosité de la nappe}$$

En exprimant le débit moyen journalier Q en m³/h, le temps t en jours, l'épaisseur en mètre m la porosité, on obtient la formule suivante pour le rayon en mètre :

$$Q \times j = \pi R^2 \times e \times m$$

$$r = 2,764 \sqrt{\frac{Q \ t}{e \ m}}$$

On calque ensuite l'isochrone 50j sur le plan cadastral pour définir le tracé du PPR.



F4 :

r: rayon d'action

Q: débit moyen fictif en m³/h (16,66 m³/h soit 400 m³/j)

t: 50 jours

e: épaisseur productrice : 32,5 m

m: porosité effective estimée (20 %)

r= 32 m

F3 :

r: rayon d'action

Q: débit moyen fictif en m³/h (37,5 m³/h soit 900 m³/j)

t: 50 jours

e: épaisseur productrice : 24 m

m: porosité effective estimée (20 %)

r= 55 m

Dans ce périmètre seront interdits:

- Le forage de puits, autres que ceux nécessaires à l'alimentation en eau potable et à la surveillance de la qualité de l'eau souterraine.
- l'ouverture et l'exploitation de carrières ou d'excavations autres que carrières, sauf celles nécessaires aux travaux autorisés dans ce rapport.
- le remblaiement des excavations ou des carrières existantes, sauf cas exceptionnel par des matériaux adéquats après avis de l'administration compétente.
- l'installation de dépôts d'ordures ménagères ou industrielles, d'immondices, de détritiques, de produits radioactifs et de tous les produits et matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux.
- L'implantation d'ouvrages de transport des eaux usées d'origine domestique ou industrielle, qu'elles soient brutes ou épurées, sauf celles nécessaires à l'assainissement des structures existantes après avis de l'administration compétente.
- L'implantation de canalisations d'hydrocarbures liquides ou de tous autres produits liquides ou gazeux susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux.
- Les installations de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de produits chimiques et d'eaux usées de toute nature; pour les cuves d'hydrocarbures existantes, leur étanchéité fera l'objet d'une vérification; une double enceinte est nécessaire.
- L'épandage ou l'infiltration des lisiers et d'eaux usées d'origine domestique ou industrielle et de tous les produits susceptibles de porter atteinte à la qualité des eaux.
- L'épandage de sous-produits urbains et industriels (boues de station d'épuration, matières de vidange...)
- L'implantation de nouveaux bâtiments d'élevage.

- Le camping même sauvage et le stationnement de caravanes, ainsi que toute habitation temporaire de loisir.
- L'établissement de toutes constructions superficielles ou souterraines, même provisoires autres que celles strictement nécessaires à l'exploitation et à l'entretien du point d'eau.
- La création ou l'extension de cimetière.
- La création de nouvelles voies de communication à grande circulation.
- Le défrichement, sauf pour l'entretien des bois et espaces boisés; dans ce dernier cas, une notice (ou étude d'impact préalable) précisera les conditions conservatoires.
- La création de mares ou d'étangs
- Toute activité industrielle nouvelle.
- La réalisation de fossés ou de bassins d'infiltration des eaux routières ou en provenance d'importantes surfaces imperméabilisées.

Dans ce périmètre, peuvent être spécifiquement réglementés:

- Les pratiques culturales de manière à ce qu'elles soient compatibles avec le maintien de la qualité des eaux souterraines (respect du code des bonnes pratiques agricoles)
- Le stockage de fumier.
- L'épandage de fumier
- Le pacage des animaux de manière à ne pas détruire la couverture végétale.
- L'installation d'abreuvoirs ou d'abris destinés au bétail (à implanter au point le plus éloigné du captage)
- La modification des voies de communications existantes ainsi que leurs conditions d'utilisation.

3- PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNEE

La bonne protection naturelle dispense d'établir un tel périmètre.

VI. PROFONDEUR LIMITE DE FONDATION

F4 :

Dans notre cas, la nappe des sables de Bracheux du Thanétien est naturellement protégée par 119 m de recouvrement. Cette couverture ne doit pas donc être déstabilisée. De plus, lors de fondations dans un tel contexte géologique, il faut éviter que les ouvrages mettent en communications les nappes superficielles avec celle des sables de Bracheux.

La stabilité du fond de fouille peut être remise en cause car la pression de l'eau des sables de Bracheux sous-jacente peut l'expulser si l'on diminue le poids exercé par la couverture lors de son déblai.

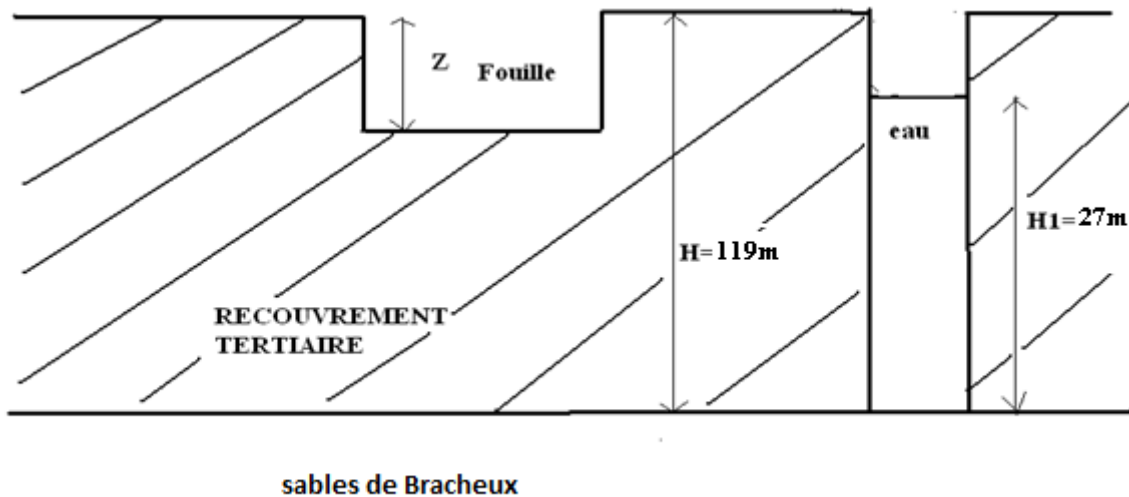


Figure 2 : schéma conceptuel de base du calcul de profondeur de fouille (sables thanétiens)

La profondeur maximum que peut atteindre une excavation sans renforcement est telle que la contrainte effective est nulle à la limite entre les sables de Bracheux et son recouvrement tertiaire. En effet, en enlevant de la matière, on diminue la contrainte totale s'exerçant à la base de l'argile qui doit contrebalancer la poussée hydrostatique; il existe une profondeur d'excavation z telle que la contrainte totale devient égale à la pression hydrostatique de l'eau aux points situés au droit de la fouille. Cette pression est directement liée à la colonne d'eau $H1$. La pression hydrostatique est égale à :

$$P = H1 * 9.81 \text{ kPa}$$

P : pression hydrostatique en Kilopascal (kpa)

$H1$: hauteur de la colonne d'eau en m

9.81 : Poids volumique de l'eau en Kilonewton/m³(KN/m³)

Sous la profondeur limite z de l'excavation sans renforcement, la pression hydrostatique, engendrant une force dirigée vers le haut, deviendra supérieure à la contrainte totale, engendrant une force dirigée vers le bas, et il y aura soulèvement hydrostatique du fond de la cavité. En prenant une valeur plausible par défaut de 19,5 KN/m³ de poids volumique saturé des matériaux sus-jacents aux sables de Bracheux, on obtient comme équation d'équilibre limite :

$$\sigma_v = (H - z) * 19,5 = H1 * 9.81 \text{ en kPa}$$

Soit une expression de la profondeur limite d'excavation :

$$Z = H - \frac{H1 * 9,81}{19,5} \text{ en m}$$

avec une hauteur H1 de 27m et H de 119 m, la profondeur limite serait de 105 m

F3 :

Dans notre cas, la nappe des sables cuisiers est naturellement protégée par 50,7 m de recouvrement. Cette couverture ne doit pas donc être déstabilisée. De plus, lors de fondations dans un tel contexte géologique, il faut éviter que les ouvrages mettent en communications les nappes superficielles avec celle des sables cuisiers

La stabilité du fond de fouille peut être remise en cause car la pression de l'eau des sables de Cuise sous-jacente peut l'expulser si l'on diminue le poids exercé par la couverture lors de son déblai.

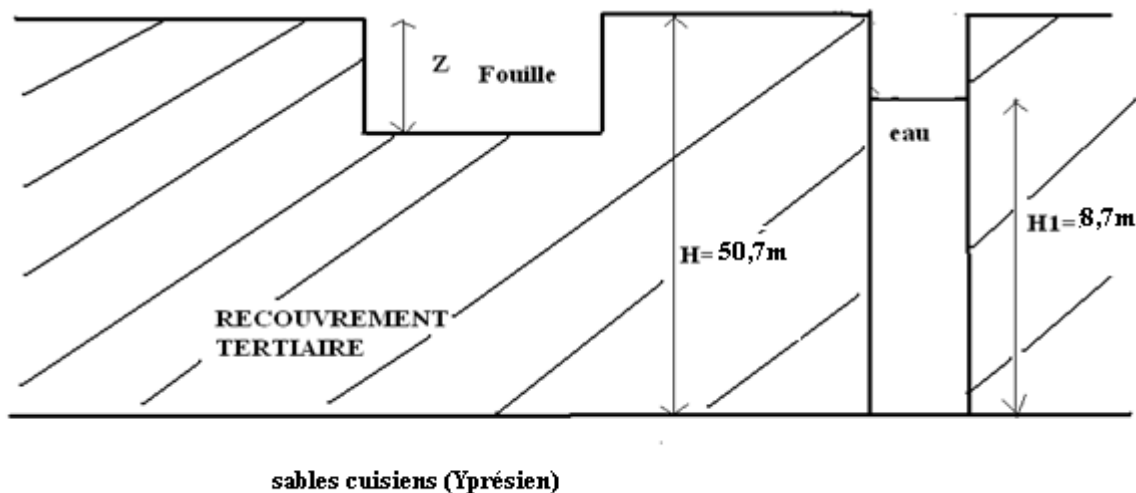


Figure 3 : schéma conceptuel de base du calcul de profondeur de fouille (sables cuisiers)

La profondeur maximum que peut atteindre une excavation sans renforcement est telle que la contrainte effective est nulle à la limite entre les sables de Cuise et son recouvrement tertiaire. En effet, en enlevant de la matière, on diminue la contrainte totale s'exerçant à la base de l'argile qui doit contrebalancer la poussée hydrostatique; il existe une profondeur d'excavation z telle que la contrainte totale devient égale à la pression hydrostatique de l'eau aux points situés au droit de la fouille. Cette pression est directement liée à la colonne d'eau $H1$. La pression hydrostatique est égale à :

$$P = H1 * 9.81 \text{ kPa}$$

P : pression hydrostatique en Kilopascal (kpa)

$H1$: hauteur de la colonne d'eau en m

9.81 : Poids volumique de l'eau en Kilonewton/m³ (KN/m³)

Sous la profondeur limite z de l'excavation sans renforcement, la pression hydrostatique, engendrant une force dirigée vers le haut, deviendra supérieure à la contrainte totale,

engendrant une force dirigée vers le bas, et il y aura soulèvement hydrostatique du fond de la cavité. En prenant une valeur plausible par défaut de 19,5 KN/m³ de poids volumique saturé des matériaux sus-jacents aux sables de Bracheux, on obtient comme équation d'équilibre limite :

$$\sigma_v = (H - z) * 19,5 = H1 * 9,81 \text{ en } kPa$$

Soit une expression de la profondeur limite d'excavation :

$$Z = H - \frac{H1 * 9,81}{19,5} \text{ en } m$$

avec une hauteur H1 de 50,7m et H de 8,7m, la profondeur limite serait de 46 m

VII- CONCLUSION

Le bâtiment de captage du forage F4 devra être équipé d'un dispositif anti-intrusif avec alarme; le périmètre de protection immédiate devra être clôturé sur au moins deux mètres de hauteur; la clôture sera cadénassée. Tout est conforme concernant le périmètre de protection immédiate du forage F3. Je donne un avis **favorable** sur l'utilisation des captages F3 et F4 de Villers-Cotterêts, associés aux périmètres de protection établis dans le présent rapport, à des fins d'alimentation en eau potable.

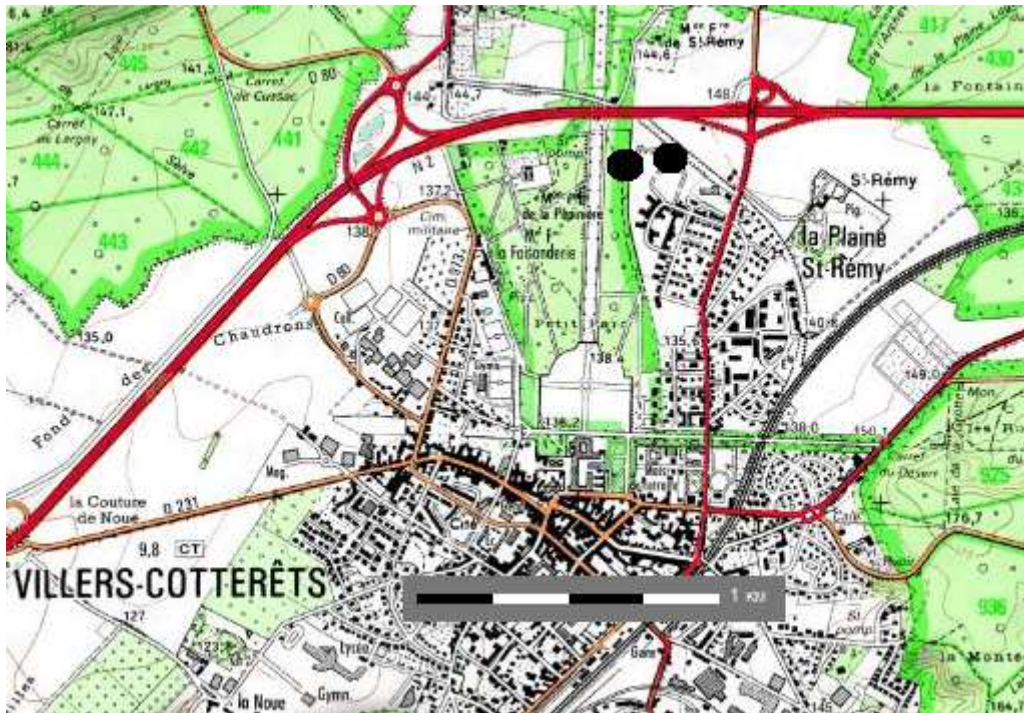
Capinghem, le 14 avril 2017

E. CARLIER

Hydrogéologue Agréé en matière d'hygiène publique pour le département



Annexe 1.



Localisation des forages (rond)

La petite dimension des périmètres de protection rapprochée ne permet pas de les représenter à cette échelle.

Sens d'écoulement vers le Sud-Ouest (nappe de l'Yprésien)

Annexe 2

I SITUATION DES CAPTAGES ET DESCRIPTION DES OUVRAGES

Commune: Villers Cotterêts

Lieu-dit: Plaine St Rémy

F3 (01293X0095) :

Parcelle cadastrale : Section AO N°447

Coordonnées Lambert: x= 707 018 ; y=8 229 420

Altitude z= +138 m

Carte géologique au 1/50 000 : Villers Cotterêts

nature de l'ouvrage: Forage

profondeur: 82,5 m

exécuté en: 1998

niveau statique: 42 m

besoins horaires : 45 m³/h

besoins journaliers : 900 m³/j

besoins annuels : 328 500 m³/an

F4 indice national non encore attribué) :

Parcelle cadastrale : Section AO N°385

Coordonnées Lambert: x= 706 883 ; y=8 229 442

Altitude z= +141 m

Carte géologique au 1/50 000 : Villers Cotterêts

nature de l'ouvrage: Forage

profondeur: 158,5 m

exécuté en: 2016

niveau statique: 92 m

besoins horaires : 20 m³/h

besoins journaliers : 400 m³/j

besoins annuels : 146 000 m³/an

20 m³/h, 400 m³/j et 146 000m³/an.

II- ESSAIS

F3 : Des pompages d'essai ont été réalisés en 1998. Les essais par paliers qui ont été effectués sont les suivants : 7,4 m³/h, 12,8 m³/h, 23 m³/h et 29 m³/h.

7,4	4,55	1,626373626
12,8	7,73	1,655886158
23	19,49	1,180092355
29,1	16,15	1,801857585
Débit m3/h	rabattemnts m	débit spécifique m3/h/m

Les essais par palier de 1998 n'ont pas permis d'établir l'équation du rabattement :

$$s = BQ + CQ^2.$$

s: rabattement

Q: débit

B : coefficient de perte de charge linéaire

C : coefficient de perte de charge quadratique

Cette équation permet d'estimer le débit critique, débit au-delà duquel, les rabattements deviennent très importants pour une faible augmentation du débit (les pertes de charges quadratiques deviennent prépondérantes par rapport aux pertes de charges linéaires). De fait, l'ouvrage s'est « développé » durant les augmentations engendrant une augmentation du débit spécifique avec une augmentation du débit. On peut même remarquer le résultat « aberrant » d'un rabattement plus faible pour un débit plus important en comparant les deux derniers débits.

L'essai de longue durée de 72h au débit constant de 35,7 m³/h a permis d'obtenir une transmissivité de $3,2 \cdot 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$.

F4 : Des pompages d'essai ont été réalisés entre le 17 et le 24 mars 2016. Les essais par paliers qui ont été effectués sont les suivants : 7,4 m3/h, 12,8 m3/h, 23 m3/h et 29 m3/h.

Les essais par palier de 1998 n'ont pas permis d'établir l'équation du rabattement :

$$s = BQ + CQ^2.$$

s: rabattement

Q: débit

B : coefficient de perte de charge linéaire

C : coefficient de perte de charge quadratique

Cette équation permet d'estimer le débit critique, débit au-delà duquel, les rabattements deviennent très importants pour une faible augmentation du débit (les pertes de charges quadratiques deviennent prépondérantes par rapport aux pertes de charges linéaires). De fait, on retrouve le même phénomène que pour le forage F3 ; l'ouvrage s'est « développé » durant les augmentations engendrant une augmentation du débit spécifique avec une augmentation du débit.

10,5	8,18	1,283618582
15	11,26	1,332149201
20	14,63	1,367053999
Débit m3/h	rabattemnts m	débit spécifique m3/h/m

L'essai de longue durée de 48h au débit constant de 18,4 m³/h a permis d'obtenir une transmissivité de 1,3*10⁻³m²/s.

III- HYDROGEOLOGIE

F3 :

- nature de la couche aquifère: sables de Cuise (Yprésien, Tertiaire)
- épaisseur de la couche mouillée totale au droit du forage : 24 m
- zone productrice estimée : 24 m
- profondeur du niveau statique: 42 m
- régime: captif
- substratum imperméable: argile de Vaux-sous-Laon et/ou en continuité hydraulique avec la craie du Crétacé
- alimentation: infiltration de la pluie efficace ou de l'eau des sources issues des nappes sus-jacentes là où les sables affleurent, et/ou par percolation de l'eau de la nappe des calcaires lutétiens sus-jacente, soit par infiltration de cours d'eau perchés
- écoulement: /
- gradient de la nappe: /
- transmissivité: 3,2*10⁻³ m²/s
- coefficient d'emmagasinement: entre 0,01 et 0,001
- Porosité effective : estimée à 20%

F4 :

- nature de la couche aquifère: sables de Bracheux (Thanétien, Tertiaire)
- épaisseur de la couche mouillée totale au droit du forage : 32 m
- zone productrice estimée : 32 m
- profondeur du niveau statique: 92 m
- régime: captif
- substratum imperméable: en continuité hydraulique avec la craie sous-jacente dont le substratum imperméable est constitué par les marnes du Turonien moyen.
- alimentation: par infiltration de la pluie efficace là où les sables de Bracheux sont à l'affleurement, ici à quelques kilomètres au Nord et à l'Ouest de Villers-Cotterêts ainsi que par drainance des eaux de la nappe des sables cuisien sus-jacente aux travers des argiles sparnaciennes à faible perméabilité.
- écoulement: /
- gradient de la nappe: /
- transmissivité: 1,3*10⁻³ m²/s
- coefficient d'emmagasinement: entre 0,01 et 0,001

-Porosité effective : estimée à 20%

IV- GEOLOGIE

F3 :

Profondeur (m)	lithologie	Épaisseur (m)
0-68,2	Sables du Bartonien	8,2
8,2-22	Marnes du Lutétien	13,80
22-42,20	Calcaire du Lutétien	20,20
42,20-50,70	Argiles de Laon du Cuisien	8,50
50,70-79,80	Sables du Cuisien	33,5
79,80-85	Argiles du Sparnacien	5,20

F4 :

Profondeur (m)	lithologie	Épaisseur (m)
0-6,2	Sables du Bartonien	6,2
6,2-39	Marnes et calcaires du Lutétien	32,8
39-46	Argiles de Laon du Cuisien	7
46-79,5	Sables du Cuisien	33,5
79,5-119	Argiles du Sparnacien	39,5
119-158	Sables du Thanétien	39
158-159	Argiles de Vaux-Sous-Laon du Thanétien	1

V- CALCUL DU RAYON D'ACTION

Le rayon d'action est calculé pour un temps de transfert de 50 jours selon les directives européennes. En fait, il s'agit de calculer le volume d'eau pompée en 50 jours, qui correspond approximativement à un cylindre. Le rayon de la surface horizontale de ce cylindre sert de base au dimensionnement du périmètre de protection rapprochée.

L'extension du périmètre de protection rapprochée est déterminée par le calcul de l'isochrone 50j (limite au-delà de laquelle une particule ne peut parvenir au captage dans un délai inférieur à une durée fixée).

Elle est directement calquée sur l'aire calculée correspondant au volume prélevé par le captage en 50 jours.

Il existe plusieurs méthodes de calcul, cependant, lorsque le gradient hydraulique est faible, on utilise une formule simple:

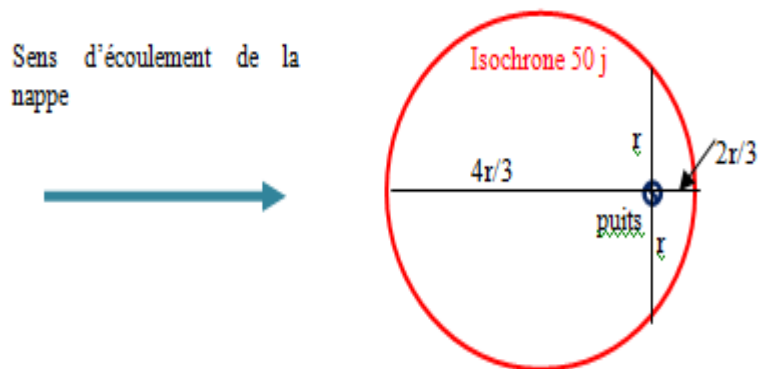
débit de pompage $\times 50$ j = surface(πR^2) \times épaisseur de la nappe \times porosité de la nappe

En exprimant le débit moyen journalier Q en m^3/h , le temps t en jours, l'épaisseur en mètre m la porosité, on obtient la formule suivante pour le rayon en mètre :

$$Q \times j = \pi R^2 \times e \times m$$

$$r = 2,764 \sqrt{\frac{Q \cdot t}{e \cdot m}}$$

On calque ensuite l'isochrone 50j sur le plan cadastral pour définir le tracé du PPR.



$$r = 2,764 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot t}{e \cdot m}}$$

F4 :

r : rayon d'action

Q : débit moyen fictif en m^3/h (16,66 m^3/h soit 400 m^3/j)

t : 50 jours

e : épaisseur productrice : 32,5 m

m : porosité effective estimée (20 %)

$r = 32$ m

F3 :

r : rayon d'action

Q : débit moyen fictif en m^3/h (37,5 m^3/h soit 900 m^3/j)

t : 50 jours

e : épaisseur productrice : 24 m

m : porosité effective estimée (20 %)

r= 55 m

VI- ENVIRONNEMENT

L'environnement immédiat est constitué d'une prairie naturelle avec quelques arbres. La première habitation se situe à 120 m au Sud du F4. Villers-Cotterêts est assainie. Les eaux usées sont traitées en station d'épuration située au Sud-Ouest de la commune, donc en position aval nappe. Elle rejette ses effluents traités dans l'Automne.

VII- QUALITE DES EAUX

Laboratoires d'analyses: Laboratoire Eurofins IPL Ile de France (F4) et laboratoire d'analyses et de recherches, pôle du Griffon, 02000 Barenton Bugny

A- Qualité bactériologique

L'analyse bactériologique de l'eau renseigne sur la présence ou non d'une pollution fécale:

- plus ou moins lointaine en cas de présence de streptocoques fécaux
- très proche dans le temps et donc dans l'espace lorsqu'il y a présence d'escherichia coli et de bactéries coliformes.

- *Bactérie coliforme*: micro-organisme commun dans l'appareil intestinal de l'homme et des animaux à sang chaud. Les bactéries coliformes servent généralement d'indicateurs de la présence possible de bactéries nocives car) là où elles se trouvent, on peut supposer que des bactéries de la typhoïde) de la dysenterie et autres bactéries nocives de l'appareil intestinal) peuvent être présentes.

- *Escherichia coli*: type der bactérie coliforme qui peut infester le système urinaire de l'homme et provoquer la cystite.

- *Bacillus coli fécal*, coliforme fécal: termes d'ensemble pour désigner les bactéries dont l'habitat naturel est l'appareil intestinal de l'homme et des animaux.

- *Streptocoque fécal*: bactérie qui entraîne la dissolution des globules rouges des animaux supérieurs. Le terme général est entérocoque.

Période: 04/05/ 2016 (F4) 25/05/2016 (F3)

Aucune anomalie

B- Qualité physico-chimique.

L'analyse physico-chimique de l'eau renseigne sur les caractéristiques du milieu naturel et la présence d'éventuelles pollutions qui résultent des activités économiques: urbaines, agricoles ou industrielles.

- *Nitrates*, nitrites: les concentrations excessives en nitrates dans l'eau d'alimentation entraînent la maladie bleue des nourrissons. De plus) un certain nombre d'études épidémiologiques semblent mettre en évidence des risques de cancer liés à des concentrations

trop élevées de nitrates dans les eaux .

. Enfin, l'excès de nitrates peut conduire à une forte baisse de la fécondité des animaux et à

des effets nocifs sur la grossesse et le fœtus.

- Sulfates: les concentrations excessives en sulfates peuvent occasionner des troubles diarrhéiques notamment chez les enfants.

Période: 04/05/ 2016 (F4) 25/05/2016 (F3)

F3 :

	valeurs impératives à ne pas dépasser (normes CEE)	Valeurs actuelle en mg/l
NO3	50 mg/l	<1
NO2	0,1 mg/l	<0,01
SO4	250 mg/l	47,9
Cl	250 mg/l (conseillé)	15,1
NH4	0,5 mg/l	<0,05
Fe	0,2 mg/l	1,723
F	1,5 mg/l	0,254

F4 :

	valeurs impératives à ne pas dépasser (normes CEE)	Valeurs actuelle en mg/l
NO3	50 mg/l	<0,5
NO2	0,1 mg/l	<0,01
SO4	250 mg/l	220
Cl	250 mg/l (conseillé)	142
NH4	0,5 mg/l	0,39
Fe	0,2 mg/l	0,077
F	1,5 mg/l	2,49

F3 : nappe de l'Yprésien (Cuisien)

La teneur en nitrate est quasiment nulle ; elle a été mesurée une seule fois en 2010 à une valeur de 13mg/l (norme : 50 mg/l). Les concentrations en sulfate varient entre 40 et 48 mg/l ; elle est actuellement de 47,9 mg/l ; la teneur en chlorure varie entre 12 et 22 mg/l avec une valeur actuelle de 15,1 mg/l. La teneur en fer est élevée (1,7 mg/l) ; il s'agit d'une présence naturelle dans la nappe des sables cuisien ; une déferrisation est assurée. La teneur en bore est nulle, ce qui traduit l'absence de tout impact lié à des défauts d'assainissement. Notons l'absence de pesticides. L'eau est de bonne qualité ; cela reflète une bonne protection naturelle.

F4 : nappe du Thanétien

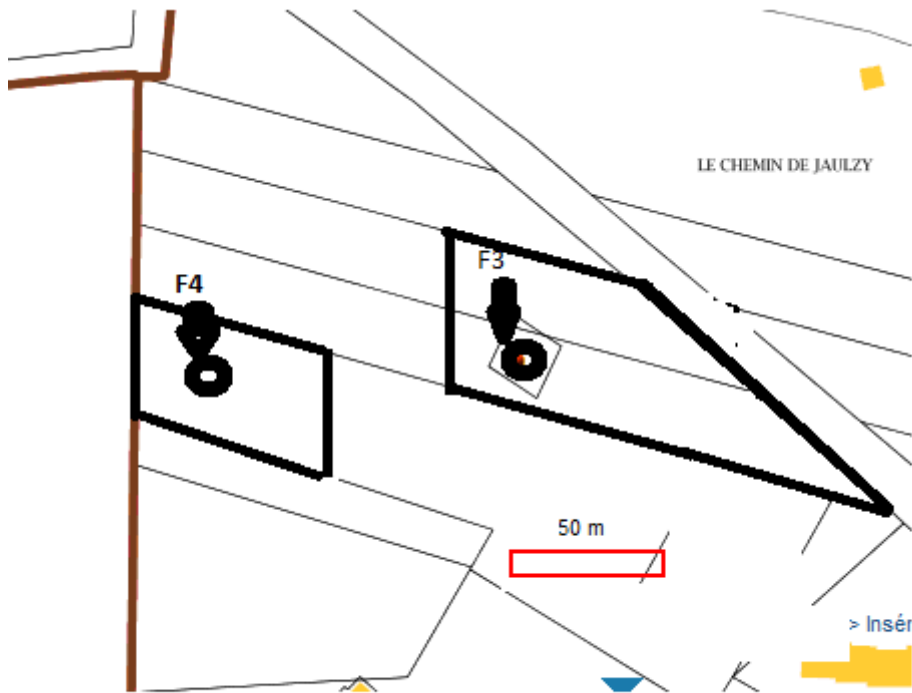
Une analyse complète a été réalisée sur ce nouveau forage en mars 2016.

L'eau est très minéralisée notamment en sodium (116 mg/l ; norme : 200 mg/l), en sulfates (220 mg/l ; norme : 250 mg/l), en chlorures (142 mg/l ; norme 200 mg/l) ; elle dépasse la norme de potabilité en fluorures (2,49 mg/l ; norme : 1,5 mg/l) ; en Bore (0,75 mg/l ; norme : 1 mg/l). La présence du Bore est naturelle et liée, vraisemblablement aux argiles du Sparnacien. Il y a absence de nitrates et de pesticides. L'ammonium est présent en teneur certes forte mais inférieure à la norme. Cet élément devra être surveillé et l'eau pourra être soumise à une oxygénation. Il s'agit donc d'une eau minérale caractérisée par une présence naturelle d'éléments chimiques en concentration élevée. Hormis pour les fluorures, l'eau est potabilisable. Je conseille de mélanger cet eau avec celle des sables cuisiens pour diminuer les teneurs élevées dont celle des fluorures.

Annexe 3

Report des périmètres sur fond cadastral:

Périmètre de protection rapprochée



Sens d'écoulement vers le Sud-Ouest (nappe des sables de Cuise, Yprésien)

Rédaction : novembre 2017

Article 7-2 : PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE

Ce périmètre, adapté à l'importance de l'exploitation et aux paramètres hydrogéologiques locaux, définit une zone de protection permettant de mettre le captage à l'abri des contaminations bactériologiques et à le prémunir contre toutes activités susceptibles de nuire rapidement à la qualité des eaux souterraines.

Sont interdits :

- les nouvelles constructions superficielles ou souterraines, même provisoires, autres que celles nécessaires à l'entretien ou à l'exploitation du captage ;
- la création d'ouvrages de prélèvement d'eau non reconnus d'utilité publique ;
- l'implantation de puits pour le fonctionnement de pompes à chaleur dotée d'un système eau/eau ;
- l'implantation d'ouvrages de recherche d'hydrocarbures liquides ou gazeux ;
- la mise en place d'ouvrages collectifs de transport des eaux usées, qu'elles soient brutes ou épurées ;
- l'épandage, l'implantation d'ouvrages d'infiltration et de stockage des eaux usées d'origine domestique, agricole ou industrielle, qu'elles soient brutes ou épurées ;
- la création de fossés ou bassins d'infiltration des eaux routières ou en provenance d'importantes surfaces imperméabilisées (surface > à 1000 m²) ;
- l'épandage, le stockage et la création de dépôts de fumiers, de lisier, matières fermentescibles, d'amendements contenant des sous-produits animaux, de matières de vidange et de boues de station d'épuration, compost urbain et déchets végétaux et de tout produit ou substance destinée à la fertilisation des sols et à la lutte contre les ennemis des cultures, sauf autorisé ;
- la suppression et le retournement des prairies permanentes sauf dans le cadre de leur régénération à l'identique ;
- la mise en place de canalisations d'hydrocarbures liquides ou de tous autres produits liquides ou gazeux susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux ;
- la mise en place d'installations de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de produits chimiques ;
- la création de dépôts de déchets domestiques, industriels et de produits radioactifs, même temporaires ;
- l'implantation de carrières, gravières, ballastières ;
- l'implantation de terrains aménagés ou non pour l'accueil des campeurs, des gens du voyage, des caravanes, des résidences mobiles de loisirs et habitations légères ;
- le camping sauvage et le stationnement des caravanes ;
- l'implantation d'aires de stationnement, parkings et aires de pique-nique ;
- l'implantation de terrains de golf et sites pour la pratique de sports à l'aide d'engins motorisés ;
- la création de mares et étangs ;
- la création de cimetières ;

Sont autorisés, en respect des prescriptions suivantes :

- les pratiques culturales seront effectuées conformément aux prescriptions relatives à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole (Code des bonnes pratiques agricoles, arrêtés relatifs aux programmes d'actions dans les zones vulnérables) ;
- l'épandage de matières organiques et minérales autorisées dans le cadre de l'agriculture biologique ;
- l'épandage de matières ou produits normalisés ayant reçu une autorisation de mise sur le marché ;
- l'ouverture de tranchées provisoires avec remblaiement à l'aide des matériaux extraits et replacés, si possible, dans l'ordre de leur présence dans le sol ou en respect de prescriptions spécifiques à une règle de conception technique imposée ;
- Les produits liquides susceptibles de polluer les eaux, quel'en soit le volume et non interdits par le présent arrêté, doivent être stockés soit dans des cuves aériennes à doubles parois munies d'un détecteur de fuite soit entreposés sur des bassins de rétentions étanches, capable de contenir le volume stocké et également les produits d'extinction d'un éventuel incendie ;
- les ouvrages collectifs existants de transports des eaux usées d'origine domestique ou industrielle, qu'elles soient brutes ou épurées :

Canalisations : tous les six ans, réalisation d'un test d'étanchéité à l'air ou à l'eau.

Branchements, regards et boîte de raccordement : réalisation d'un contrôle visuel tous les deux ans,

Ruptures de canalisations et autres incidents entraînant des fuites : seront déclarées au Préfet, dès leur localisation, feront l'objet d'une intervention dans les plus brefs délais et un test d'étanchéité à l'eau ou à l'air sera effectué dès la fin des travaux.

Les autres activités, installations ou dispositifs sont ou seront autorisées sous réserve :

- d'être conformes à la réglementation générale,
- que des dispositifs, si nécessaire, soient mis en place afin que les activités ne soient pas susceptibles d'entraîner une pollution de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux souterraines,
- que leur destination ou leur utilisation puissent respecter les prescriptions du présent arrêté.

et après avis du préfet. Celui-ci pourra, en cas de nécessité, émettre des prescriptions particulières afin de préserver la qualité des eaux souterraines.