

Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77)



CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Océans, Fleuves et Ressources

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 1

13/01/2017

Chef de projet : Jean-Philippe RIZZA

Projet : 16DRE030

Numéro du projet : 16DRE030

Intitulé du projet : Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque | Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77)

Intitulé du document : Rapport intermédiaire de délimitation provisoire de l'aire d'alimentation de captage

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	MUNOZ Anthony	RIZZA Jean-Philippe	13/01/2017	Version provisoire présentée en comité de pilotage n°2

Sommaire

1.....	Préambule.....	7
1.1	Enjeux.....	7
1.2	Contexte général de la zone d'étude.....	7
1.3	Méthodologie.....	11
2.....	Bibliographie.....	15
3.....	Contexte des captages.....	17
3.1	Cas du forage Le Mont.....	17
3.2	Cas du forage Basse Croix.....	24
4.....	Caractérisation du système aquifère concerné.....	34
4.1	Contexte géologique.....	34
4.2	Contexte hydrogéologique.....	44
4.3	Pluie efficace ou drainance.....	52
4.4	Qualité des eaux.....	53
4.5	Vulnérabilité de la ressource.....	59
4.6	Typologie du système aquifère.....	61
5.....	Délimitation de l'aire d'alimentation de captage.....	63
5.1	Méthodologie, cas d'un système aquifère continu.....	63
5.2	Bilan hydrologique simplifié.....	63
5.3	Zone d'appel.....	63
5.4	Contours de la portion de nappe alimentant les captages.....	67
5.5	Délimitation de l'aire d'alimentation des captages.....	69
5.6	Schéma de fonctionnement hydrogéologique.....	71
6.....	Proposition d'investigations complémentaires.....	73

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation de la commune de Verdelot et des 2 forages (Source : IGN)	8
Figure 2 : Profils altimétriques Nord-Sud (en haut) et Ouest-Est (en bas) de la commune de Verdelot (Source : Géoportail)	9
Figure 3 : Bassin versant du Petit Morin à l'amont des forages de la commune de Verdelot (Source : IGN, Google Physical)	10
Figure 4 : Coupe technique et géologique du forage Le Mont (source : Infoterre).....	17
Figure 5 : Prélèvements du forage Le Mont entre 2005 et 2015 (Source : SNE77, 2016).....	18
Figure 6 : Évolution du volume journalier mis en distribution en 2013	19
Figure 7 : Plan de situation de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)	20
Figure 8 : Réseau de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)	21
Figure 9 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	22
Figure 10 : Synoptique de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	23
Figure 11 : Coupe technique et géologique du forage Basse Croix (source : Safege)	24
Figure 12 : Délimitation des périmètres de protection du forage Basse Croix (Source : AP DUP, 1994).....	25
Figure 13 : Prélèvements du forage du Basse Croix entre 2005 et 2015 (Source : SNE77, 2016).....	25
Figure 14 : Plan de situation de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	26
Figure 15 : Réseau de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	27
Figure 16 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	28
Figure 17 : Synoptique de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)	29
Figure 18 : Plan de situation de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	30
Figure 19 : Réseau de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	31
Figure 20 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)	32
Figure 21 : Synoptique de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)	33
Figure 22 : Contexte géologique de la commune de Verdelot (Source : BRGM).....	36
Figure 23 : Série Lithostratigraphie de la région Ile-de-France (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004)	37
Figure 24 : Coupe géologique synthétique du secteur d'étude	38
Figure 25 : - Coupe géologique synthétique du Lutétien du Bassin parisien (Source : Jean-Pierre Gély, 2009)	39
Figure 26 : Carte d'extension actuelle des formations du Lutétien dans le Bassin parisien (Source : Jean-Pierre Gély, 2009)	40
Figure 27 : Coupe géologique schématique (Source : Rapport BRGM 64-DSGR-A-028, 1964)	41
Figure 28 : Structure du contact du Lutétien et de l'Yprésien (Source : Mégnien, 1979)	42
Figure 29 : Contexte géologique du bassin versant du Petit Morin à l'amont des forages de la commune de Verdelot (Source : BDcarthage, BRGM BDLISA).....	43
Figure 30 : Echelle stratigraphique et aquifère du Bassin parisien. (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004))	45
Figure 31 : Coupe hydrogéologique synthétique du secteur d'étude	46
Figure 32 : Carte générale de la nappe du Lutétien-Yprésien, de 1970 à 1972 (Source : Cl. Mégnien, Atlas des aquifères du bassin parisien, 1976).....	48
Figure 33 : Carte de la nappe de l'Éocène inférieur dans le secteur de la Brie, année 1974 (Source : Cl. Mégnien, Atlas des aquifères du bassin parisien, 1979)	49
Figure 34 : Carte piézométrique de l'aquifère du Lutétien basses eaux 2013 (Source : RP-64887-FR, 2015)	50
Figure 35 : Carte piézométrique de l'aquifère du Lutétien hautes eaux 2014 (Source : RP-64887-FR, 2015).....	50
Figure 36 : Bilan en Mm3.an-1 sur l'ensemble de la zone d'étude entre 1971 et 2011. (Source : S. Bellier, 2013)	53
Figure 37 : Evolution des températures des eaux brutes des forages (Source : ADES).....	54
Figure 38 : Evolution de la conductivité des eaux brutes des forages (Source : ADES).....	55
Figure 39 : Evolution des teneurs en turbidité des eaux brutes des forages (Source : ADES)	55
Figure 40 : Evolution de la minéralisation et des ions majeurs des eaux brutes des forages (Source : ADES)	56
Figure 41 : Evolution* des teneurs en nitrates des eaux brutes des forages (Source : ADES).....	57
Figure 42 : Evolution des teneurs en Atrazine des eaux brutes des forages (Source : ADES).....	58
Figure 43 : Evolution des teneurs en Déséthyl Atrazine des eaux brutes des forages (Source : ADES)	58
Figure 44 : Evolution des teneurs en Sélénium des eaux brutes des forages (Source : ADES)	59
Figure 45 : Carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie (Source : BRGM)	60
Figure 46 : Illustration des paramètres de la méthode de Wyssling (Source : BRGM)	64

Figure 47 : Délimitation des zones d'appel des forages (Source : IGN, BRGM RP-64887-FR) 65
Figure 48 : Délimitation de la portion de nappe alimentant les forages (Source : IGN, BRGM RP-64887-FR) 68
Figure 49 : Délimitation de l'aire d'alimentation des captages (Source : IGN, BRGM) 70
Figure 50 : Schéma de fonctionnement hydrogéologique des forages de Verdelot (Source : SAFEGE) 71

Table des tableaux

Tableau 1 : Fiche des forages de Verdelot (Source : Infoterre) 7
Tableau 2 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM) 12
Tableau 3 : Informations nécessaires pour la caractérisation d'un système aquifère (source adaptée du BRGM) 13
Tableau 4 : Contexte géologique général 34
Tableau 5 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1992) 51
Tableau 6 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1992) 51
Tableau 7 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère 52
Tableau 8 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM) 62
Tableau 9 : Caractéristiques de la zone d'appel des captages selon la méthode de Wyssling 64

Table des annexes

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

Glossaire

AAC	Aire d'Alimentation de Captage
AEP	Alimentation en Eau Potable
BAC	Bassin d'Alimentation de Captage
IDPR	Indice De Persistance des Réseaux
PNAC	Portion de Nappe Alimentant le Captage
SNE	Syndicat Nord Est
ZNS	Zone Non Saturée
ZOC	ZOne de Contribution
BSS	Banque de Données du Sous-Sol
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
IGN	Institut Géographique National
ADES	Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
OROBAT	Résultats des analyses du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine

1 PREAMBULE

1.1 Enjeux

L'objet du marché est la délimitation de l'aire d'alimentation globale des forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77) et la cartographie de sa vulnérabilité intrinsèque vis-à-vis des pollutions diffuses.

Les enjeux sont de :

- Caractériser le système aquifère capté.
- Schématiser le fonctionnement hydrogéologique du système aquifère capté.
- Délimiter l'aire d'alimentation des deux forages.
- Cartographie la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage.

Les objectifs sont de partager avec le comité de pilotage le fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation des captages pour :

- Protéger durablement la ressource captée.
- Rétablir la qualité des eaux souterraines dégradées par des pollutions diffuses en comprenant les voies privilégiées de mobilisation dans le cas des pesticides et nitrates.

1.2 Contexte général de la zone d'étude

La commune de Verdelot est située dans le département de la Seine-et-Marne, à 75 km à l'est de Paris.

Tableau 1 : Fiche des forages de Verdelot (Source : Infoterre)

	Le Mont	Basse Croix
Identifiant national de l'ouvrage	BSS000PRCS	BSS000PRCR
Ancien code	01866X0016/F1	01866X0015/FCAP
Département	SEINE-ET-MARNE (77)	
Commune	VERDELOT (77492)	
Adresse ou Lieu-dit	LE MONT	Basse Croix
Coordonnées Lambert-93	X = 726677 m Y = 6863038 m	X = 728718 m Y = 6863120 m
Altitude	142 m	114 m
Nature	Forage	Forage
Profondeur atteinte	71.0 m	38.50 m
Diamètre	311 mm	250 mm
Date fin de travaux	Août 1992	Mars 1988

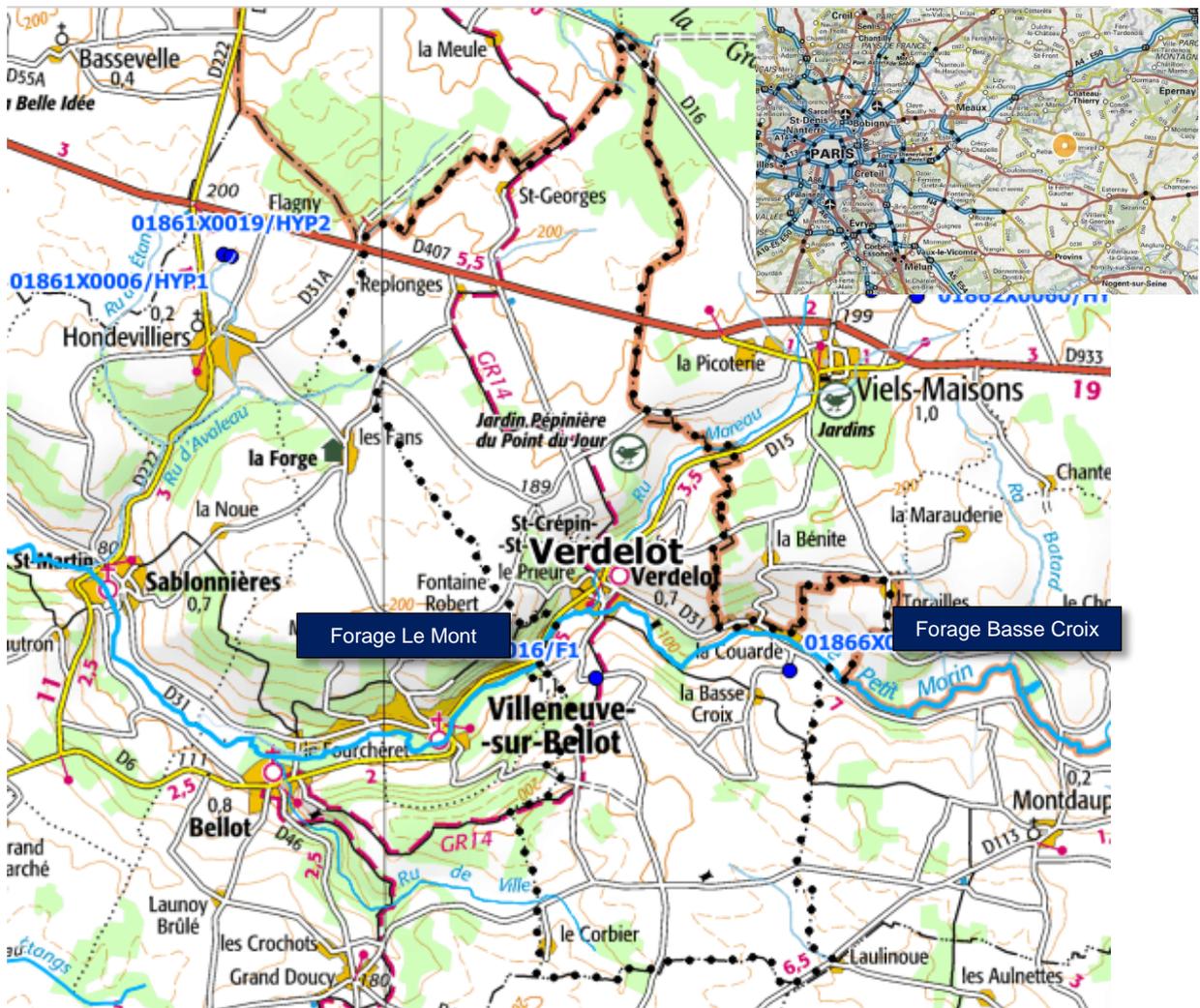


Figure 1 : Localisation de la commune de Verdelot et des 2 forages (Source : IGN)

Le plateau de la Brie s'étend de la vallée de la Marne au Nord à la vallée de la Seine au Sud-Ouest. Le relief est peu marqué et les cours d'eau ont creusés de larges vallées peu profondes de direction principale Est-Ouest : Grand Morin, Petit Morin, Yerres.

Situé sur le plateau de la Brie, le territoire de la commune est traversé par la vallée du Petit Morin qui engendre un important dénivelé en creusant ce plateau. Les forages Le Mont et Basse Croix sont situés en rive gauche du Petit Morin à environ 130 m d'altitude.

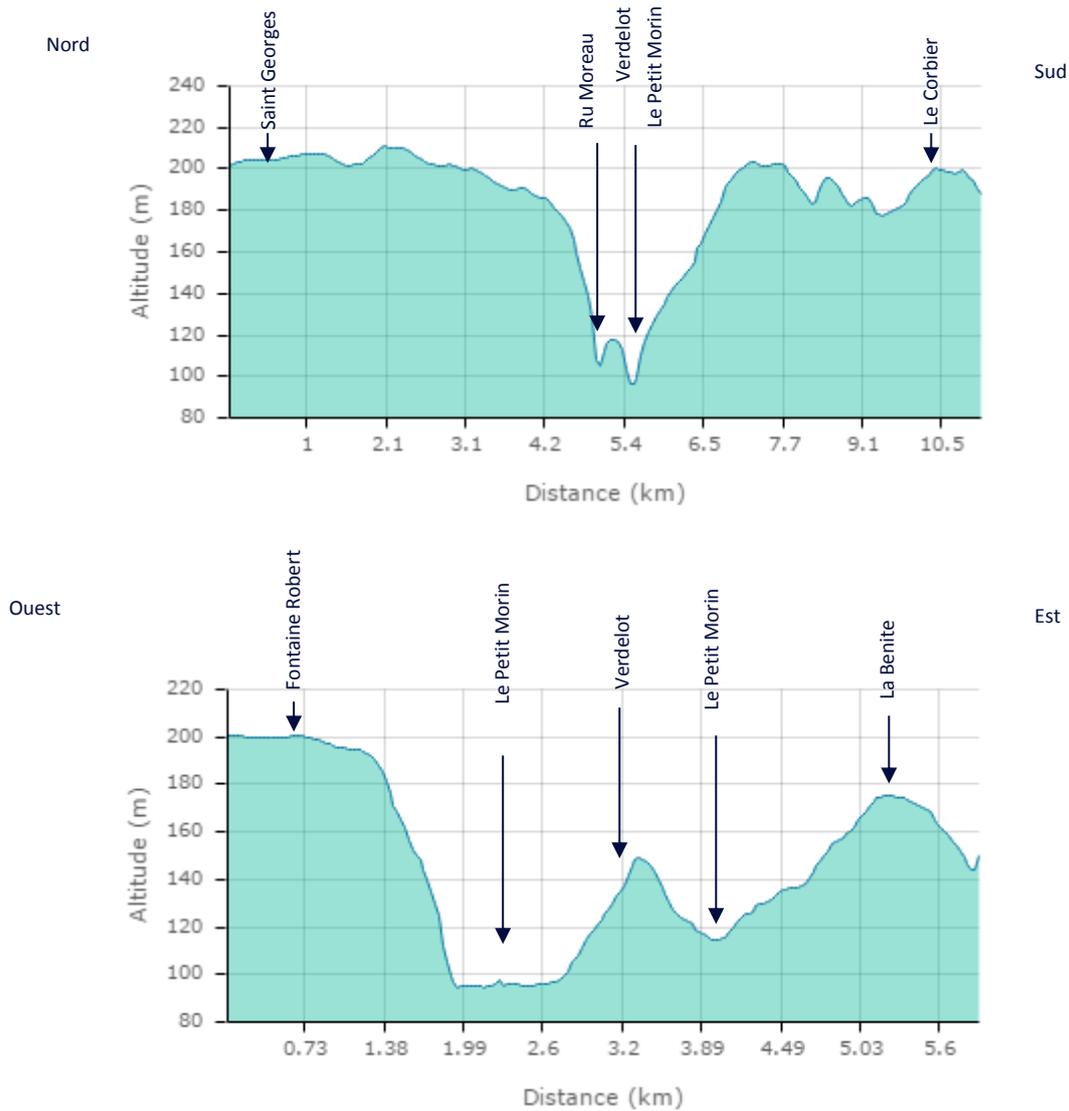


Figure 2 : Profils altimétriques Nord-Sud (en haut) et Ouest-Est (en bas) de la commune de Verdelot (Source : Géoportail)

Le bassin versant hydrographique du Petit Morin jusqu'à la commune de Verdelot représente 500 km². Il concerne 3 départements : la Seine-et-Marne et l'Aisne pour le secteur aval et la Marne pour le secteur Amont.

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77)
Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

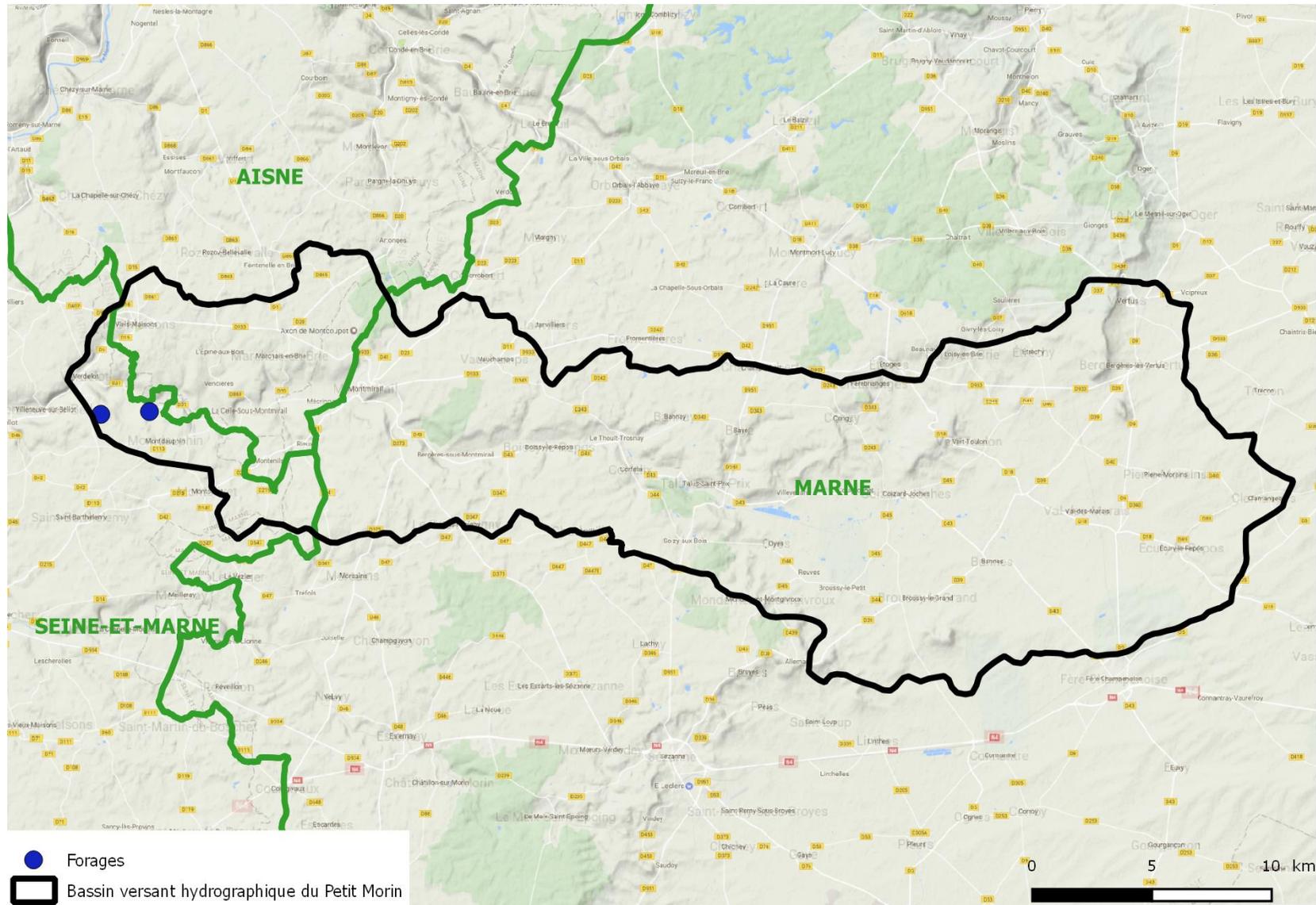


Figure 3 : Bassin versant du Petit Morin à l'amont des forages de la commune de Verdelot (Source : IGN, Google Physical)

1.3 Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre suit les préconisations des guides suivants :

- Vernoux J.F., Wulleumier J. Perrin. (2014) - Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-63311-FR, 133 pages, 69 illustrations, 1 annexe. <http://www.brgm.fr/publication/pubDetailRapportSP.jsp?id=RSP-BRGM/RP-63311-FR>
- Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007) - Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 pages, 14 illustrations. <http://www.brgm.fr/publication/pubDetailRapportSP.jsp?id=RSP-BRGM/RP-55874-FR>
- Catalogne C., Carlier N., Le Henaff G., Vernoux J.F. (2014) – Guide pour la délimitation et la cartographie de la vulnérabilité d'aires d'alimentation de captages à transfert mixtes, IRSTEA ONEMA http://captages.onema.fr/system/files/catalogne_et_al_2014.pdf

L'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain permettra de définir le type d'aquifère et servira de base à la délimitation de l'aire d'alimentation de captage et à la caractérisation des paramètres de vulnérabilité.

Tableau 2 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM)

Formation	Roches sédimentaires, socle, altéré	Roches sédimentaires et métamorphiques, socle	Roches sédimentaires
Lithologie	Calcaire, sable, grès, craie, arène granitique	Calcaire, grès, craie, granite, schistes, gneiss	Calcaire, dolomie, craie calcaires marneux
Structure	Milieu poreux homogène ou fissurée homogène	Milieu hétérogène : présence de discontinuités délimitant des blocs avec réseaux de fractures	Structure karstique : milieu très hétérogène : réseau de drainage souterrain
Géomorphologie	Absence de zones d'infiltration préférentielle	Présence de zones d'infiltration préférentielle, d'érosion le long de fractures ou d'ouverture importante des systèmes de discontinuité	Présences de zones d'infiltration préférentielles : dolines gouffres, avens, pertes en rivières, bétouires
Taille du bassin versant souterrain	Variables : pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres	Généralement de petite taille : quelques km ²	Variables : pouvant atteindre plusieurs dizaines voire centaines de km ²
Débit de production	Moyen à élevé : 30 à 200 m ³ /h	Faible < 5 m ³ /h	Peut être très élevé : 1000 m ³ /h
Fluctuation de débit (source)	faibles	fortes	Très fortes : réponse impulsionnelle à un épisode pluvieux
Température	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Conductivité	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Hydrochimie	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Turbidité	rare	Possible après de fortes pluies	Possible après de fortes pluies
Surface piézométrique	Relativement plane	Souvent corrélée à la surface topographique	
Variation du niveau piézométrique	Fluctuations annuelles faibles à moyennes	Fluctuations annuelles faibles	Hétérogène en fonction des vides recoupées ; mise en charge rapide, plusieurs dizaines de mètres
Infiltration	lente	Mixte : rapide au niveau des discontinuités principales et lente ailleurs	Mixte : très rapide au niveau des pertes... et diffuse et lente ailleurs
Perméabilité	Variable mais généralement < 0.1 m/s	Mixte : forte au niveau des fractures, faible ailleurs	
Porosité	D'interstices comprise entre 5 et 30%	Double porosité : interstices et fractures ; porosité d'interstices très faibles < 5%	Double porosité : interstices et fractures ; porosité d'interstices très faibles < 5%
Vitesse de transit	Globalement faible < 1 m/j	Importante : de 1 m/j à 1 m/h	Très importante : de 10-50 m/h voir 100 m/h
Temps de transits entre le captage et les zones du BAC	Augmente globalement à mesure que l'on s'éloigne du captage	Rapides : quelques jours à quelques heures ; n'augmente pas forcément à mesure que l'on s'éloigne du captage	Très rapide : quelques heures
Essai de traçage	Dispersion du pic sur une longue période	Taux de restitution élevé et pic peu dispersé dans le temps en fonction du degré de connexion hydraulique	Taux de restitution élevé et pi peu dispersé dans le temps
Temps de séjour de l'eau dans l'aquifère	Peut-être important sauf dans les alluvions	Mélange des eaux à temps de résidence court et long	Court de manière générale, fonction de l'inertie du système (quelques jours à quelques mois)
Système aquifère	Continu	Discontinu fissuré	Discontinu karstique

Le recueil des données portera sur les informations suivantes, à adapter en fonction du type d'aquifère et du contexte du captage :

Tableau 3 : Informations nécessaires pour la caractérisation d'un système aquifère (source adaptée du BRGM)

Contexte	Informations recherchées
Contexte du captage	Coupe géologique et technique de l'ouvrage
	Description de l'ouvrage : profondeur, état (en particulier, problèmes de colmatage), niveau piézométrique
	Les caractéristiques des prélèvements A.E.P.
	Inventaire des ouvrages situés sur le bassin (en particulier ceux susceptibles de contaminer directement le captage indépendamment de sa vulnérabilité intrinsèque)
Contexte géologique	Cadre géologique (stratigraphie, lithologie, structure,...).
	Coupes géologiques interprétatives.
Contexte hydrogéologique	Aquifère concerné.
	Etendue, limites horizontales et verticales, affleurement, épaisseur, niveaux producteurs.
	Profil hydrogéologique du secteur.
	Type de nappe (libre ou captive).
	Type de perméabilité, isotropie des formations géologiques.
	Conditions de recharge (pluie, pluie efficace, affleurements, failles,...). recherche de zones d'infiltration préférentielles
	Modifications anthropiques des conditions naturelles de recharge (canaux, irrigation, bassins d'infiltration, bassins de stockage, exutoires de drainages agricoles ...)
	Piézométrie régionale, piézométrie locale synchrone (hautes eaux et basses eaux), fluctuations piézométriques.
	Sens et vitesse d'écoulement.
	Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité, porosité efficace, coefficient d'emménagement), gradient hydraulique, drainage.
	Résultats d'essai (traçage, pompage, perméabilité, diagraphies,...).
	Chronique de débits (pour une source). Pour une source inconnue à capter, suivi des débits à un pas de temps mensuel pendant un an et de sa sensibilité aux orages.
	Limites de la zone d'appel du forage, ou de l'aire d'alimentation de la source, figurées sur une carte détaillée au 1/5 000° délimitant la zone d'appel du pompage avec la direction et le sens d'écoulement de la nappe
	Relation avec les cours d'eau, distance, alimentation (pourcentage), colmatage,...
	Echanges avec d'autres aquifères.
Biseau salé (présence, stabilité,...)	
Rôle des failles.	
Qualité de l'eau	Historique synthétique des analyses réalisées (sur 5 ans environ, au minimum), pour les ouvrages en exploitation.
	Evolution et fluctuations de la qualité de l'eau, fluctuations hautes eaux / basses eaux, paramètres in situ
	Pour les sources, suivi du débit, de la conductivité et de la température en période de crue
	Interprétation (faciès, anomalies, indices d'infiltration ou de pollution).
	Mesure de contrôle de la qualité de l'eau (paramètres contrôlés, fréquence des mesures).
	Causes probables de pollution (si pollution il y a eu).
Vulnérabilité de la ressource	Cartes de vulnérabilité intrinsèque existantes.
	Nature et épaisseur des couches de protection et/ou de la zone non saturée.
	Localisation des zones d'affleurement
	Etudes et cartes agro-pédologiques.
	Risque d'inondation (hauteur, fréquence).
	Perméabilité des terrains superficiels (nature et résultats des essais).
	Points d'absorption naturels ou artificiels (dolines, puits, pertes,...).
	Degré de colmatage des berges des cours d'eau.
	Réseaux de drainage agricole.

2 BIBLIOGRAPHIE

Le recueil des données de l'étude **géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain** a plus particulièrement pris en compte les références suivantes.

- Cl. Bricon, 1966, Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques de Coulommiers-Montmirail et synthèse hydrogéologique provisoire, Rapport BRGM 64-DSGR-A-028, <http://infoterre.brgm.fr/rapports/64-DSGR-A-028.pdf>

Ce rapport fait état des connaissances disponibles en 1964 sur le contexte géologique et hydrogéologique du secteur d'étude.

- Sesaer, 2005, Etude préalable à l'instauration des périmètres de protection du forage « Le Mont »

Le rapport concerne l'étude géologique, hydrogéologique et environnementale du forage Le Mont.

- J. Campinchi, 1990, Avis hydrogéologique relatif l'instauration des périmètres de protection du forage « Basse Croix », 89 GA 017 IDF

- Arrêté de DUP 94/DDAF/SHOME/017 relatif l'instauration des périmètres de protection du forage « Basse Croix »

L'arrêté définit 3 périmètres de protection et autorise l'exploitation du captage au débit maximal de 60 m³/h.

- Données de qualité des eaux brutes et des eaux distribuées issues du contrôle sanitaire et du contrôle exploitation des forages Le Mont et Basse Croix

2154 données sont disponibles pour les deux forages.

- 2003, Référentiel pédologique d'Ile-de-France à l'échelle 1/250 000, INRA

Le référentiel pédologique à l'échelle 250 000 n'est pas suffisamment précis à l'échelle de la commune de Verdelot ou de l'étude d'aire d'alimentation de captage.

- Sandra Bellier. Modélisation de la contamination nitrique de la nappe des calcaires de Champigny : Application à la protection des captages prioritaires de la fosse de Melun et de la basse vallée de l'Yerres. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2013. Français. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00973876/document>

Ce rapport précise à l'échelle de l'aquifère des calcaires de Champigny les échanges le fonctionnement du système aquifère, plus particulièrement en terme de bilan général des volumes moyens annuel échangés dans le système. Une valeur de la drainance verticale de l'aquifère des calcaires de Champigny vers l'aquifère Marinésien/Lutétien/Yprésien (Eocène moyen et inférieur) à travers les marnes infraludiennes.

- BAULT.V., BOURGINE.B., LOISELET.C., ANQUETIL.E., 2015, Cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans le Bassin Parisien, BRGM, BRGM/RP-64887-FR <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-64887-FR.pdf>

Cette étude cofinancée par l'agence de l'eau Seine Normande, le Syndicat d'Aménagement et de gestion de l'eau du bassin de l'Automne, le Syndicat Interdépartemental du SAGE de la Nonette et le BRGM a pour objet :

- La réalisation de deux campagnes de mesure piézométriques synchrones des nappes des sables de l'Yprésien supérieur et des calcaires du Lutétien en périodes de basses et de hautes eaux.
- La réalisation d'une campagne de nivellement, au moyen de GPS haute précision des ouvrages ayant fait l'objet d'une mesure périmétrique.
- Le tracé de cartes piézométriques.
- La mise en place de capteurs de pression et enregistreurs numériques sur des zones à enjeux.

- Jean-Pierre Gély, Février 2009, LE LUTÉTIEN : une période charnière de l'histoire du Bassin parisien, Saga Information – N° 284 http://www.saga-geol.asso.fr/Documents/Saga_284_Lutetien.pdf

L'article publié en 2009 offre une synthèse générale de l'histoire géologique du Lutétien à l'échelle du Bassin parisien. Il détaille plus particulièrement les trois grands cycles sédimentaires qui ont été à l'origine des formations du Lutétien.

3 CONTEXTE DES CAPTAGES

3.1 Cas du forage Le Mont

3.1.1 Description du captage

Dans le cadre du programme départemental de recherche d'eau et suite à un rapport d'étude faisabilité de juin 1991, le Conseil Général de Seine-et-Marne a financé la réalisation d'un forage de reconnaissance sur le territoire de la commune de Verdelot. L'ouvrage a été réalisé en 1922 par l'Entreprise MASSE et la maîtrise d'ouvrage a été assurée par SAFEGE.

Le forage capte l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur composé des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien.

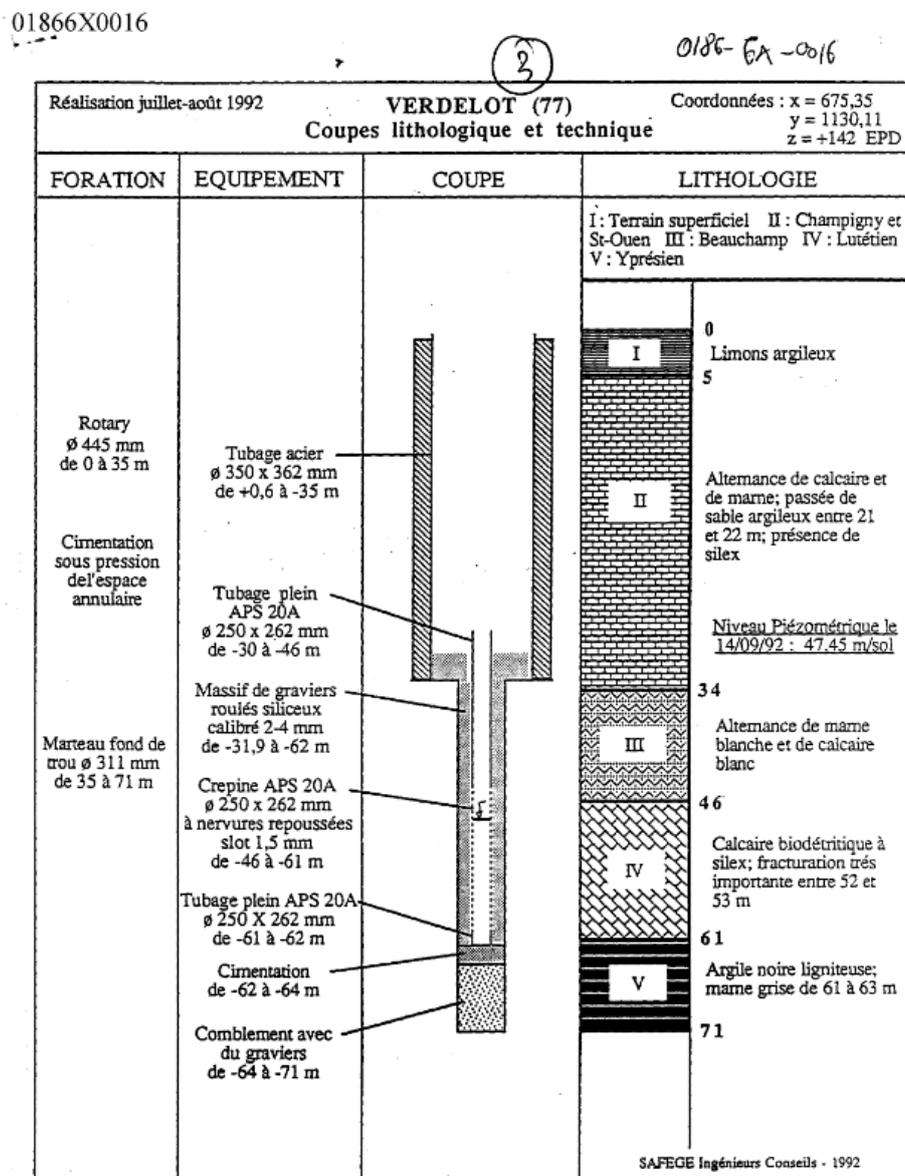


Figure 4 : Coupe technique et géologique du forage Le Mont (source : Infoterre)

3.1.2 Autorisation administrative et production

Le forage Le Mont prélève en moyenne 124 000 m³ par an avec une pointe observée à 148 329 m³ en 2006.

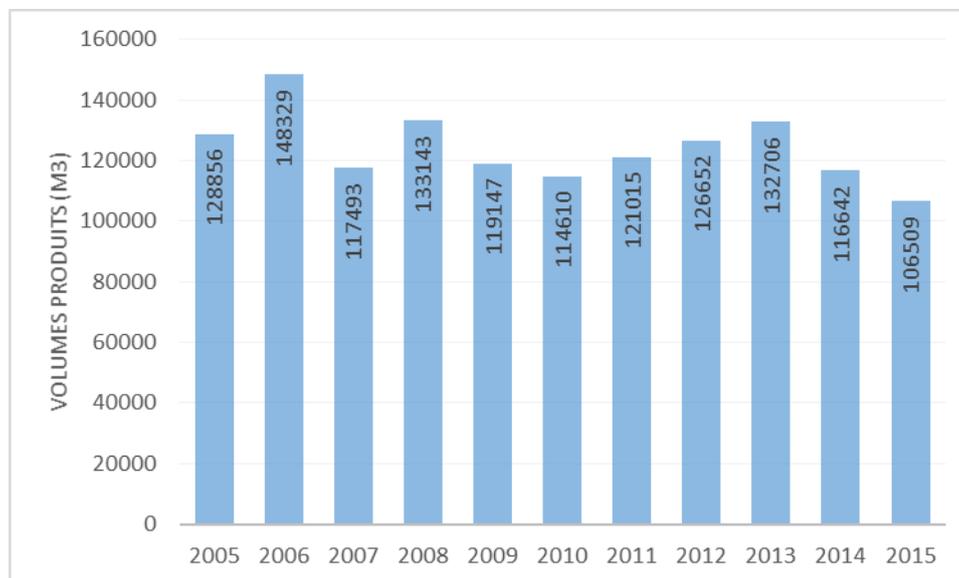


Figure 5 : Prélèvements du forage Le Mont entre 2005 et 2015 (Source : SNE77, 2016)

Le coefficient de pointe journalière correspond au rapport entre le volume maximum produit et le volume moyen produit.

L'analyse des données de production journalière en 2013 a permis de déterminer un coefficient de pointe journalière de l'ordre de 1,55.

À noter cependant que la télégestion du compteur station n'a pas fonctionné correctement entre le 27 juillet et le 6 septembre 2013, ce qui n'a donc pas permis de récupérer les informations et donc l'analyse des volumes journaliers durant cette période.

De plus, des dysfonctionnements ont été observés au niveau du compteur pendant le mois de juin. Ces données ont donc été écartées de l'analyse.

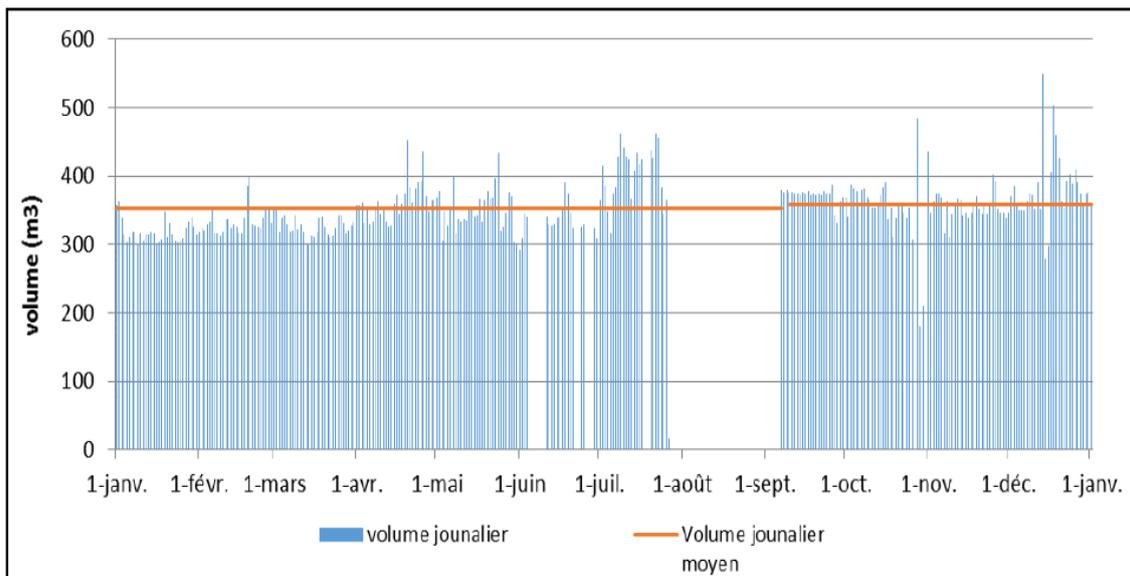


Figure 6 : Évolution du volume journalier mis en distribution en 2013

3.1.3 Unité de distribution F

3.1.3.1 Localisation de l'unité de distribution

L'unité de distribution F est l'unité de distribution du captage Le Mont de Verdelot, qui alimente les communes de Bellot, Villeneuve-sur-Bellot, et les hameaux de quelques communes voisines (Saint-Léger, Verdelot, Jouy-sur-Morin et Sablonnières).

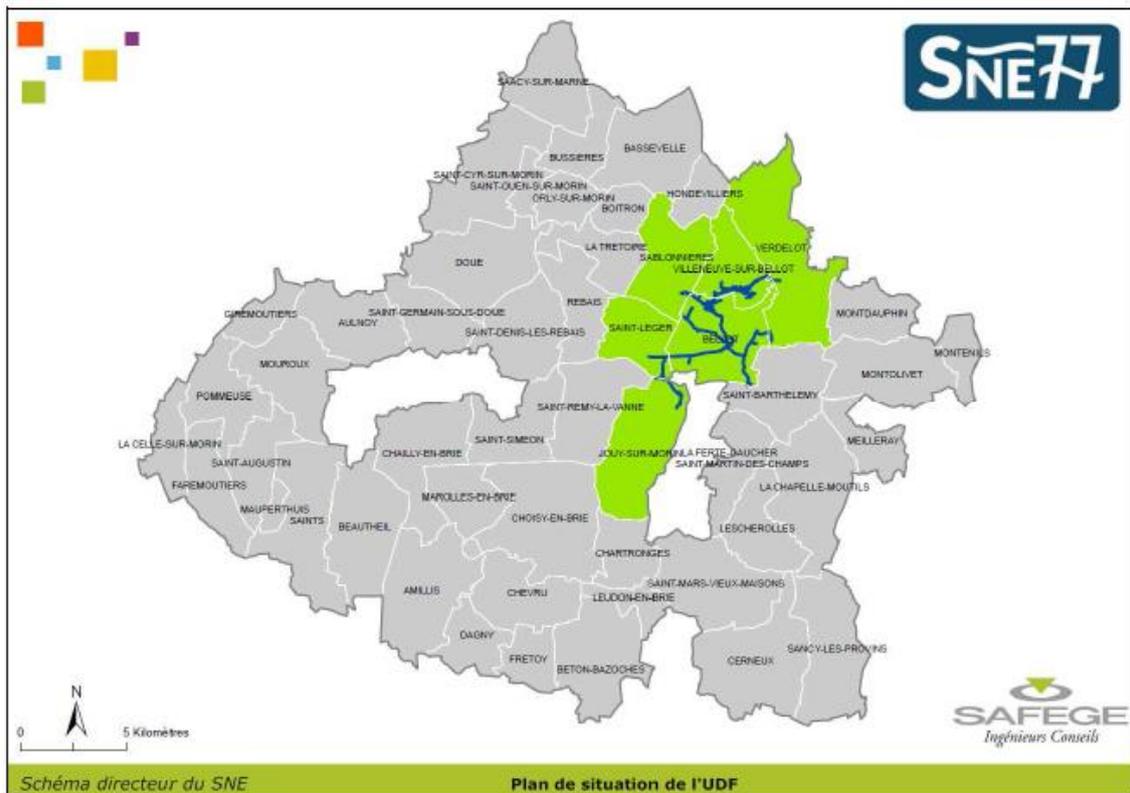


Figure 7 : Plan de situation de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.1.3.2 Fonctionnement du réseau d'alimentation

Le captage Le Mont de Verdelot alimente l'ensemble de la commune de Bellot, le bourg de Villeneuve-sur-Bellot, ainsi que des hameaux des communes voisines.

L'eau prélevée est refoulée, après désinfection au chlore, vers le réservoir de Château Renard.

Lorsque le refoulement n'est pas en fonctionnement, le réservoir de Château Renard alimente gravitairement le bourg de Villeneuve-sur-Bellot (via le réducteur), les réservoirs de Bellot et de Villeneuve-sur-Bellot ainsi que tous les abonnés présents sur ces conduites de transfert.

Le réservoir de Villeneuve-sur-Bellot alimente en eau une partie du bourg, dont la rue de la Nébourg. Le réservoir de Château Renard permet l'alimentation en gravitaire du réseau (secteur du Fourcheret, secteur du Bellot) et l'alimentation du réservoir de Bellot, lorsque le refoulement n'est pas en fonctionnement.

Le réservoir de Bellot dessert une partie du bourg de Bellot et les pompes de reprise qui alimentent le réservoir de Doucy par refoulement pur. Ce dernier alimente gravitairement les secteurs de Retourneloup, Doucy, Saincy, Champ martin, château Renard, Champ Cormolin et Jouy – Pinebard.



Figure 8 : Réseau de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

L'unité de distribution F est découpée suivant 9 secteurs de distribution, délimités par des compteurs de sectorisation :

- Le secteur 1 qui correspond au refoulement du forage de Verdelot vers les réservoirs de Villeneuve-sur-Bellot et du Château Renard, hors abonnés présents sur les conduites de transfert
- Le secteur 2, alimenté par le réservoir de Villeneuve-sur-Bellot, correspond au secteur de la Nébourg
- Le secteur 3, sectorisé par un compteur et plusieurs vannes fermées, correspond au centre de Villeneuve-sur-Bellot
- Le secteur 4 englobe les hameaux du Fourcheret et de Bellot
- Le secteur 5 correspond au bourg de Bellot (comprenant la piscine municipale de Bellot), alimenté gravitairement à partir du réservoir de Bellot
- Le secteur 6 correspond à un secteur en refoulement pur entre le réservoir de Bellot et celui de Doucy. Ce secteur ne présente donc aucune consommation
- Le secteur 7 englobe les hameaux de Château Renard, Champ Cormolin et Jouy – Pinebard
- Le secteur 8 correspond au bourg de Doucy et au hameau de RetourneLoup
- Le secteur 9 correspond aux hameaux de Champ Martin et de Saincy.

La localisation des différents secteurs et le synoptique de fonctionnement du réseau de l'unité de distribution F sont présentés ci-après.

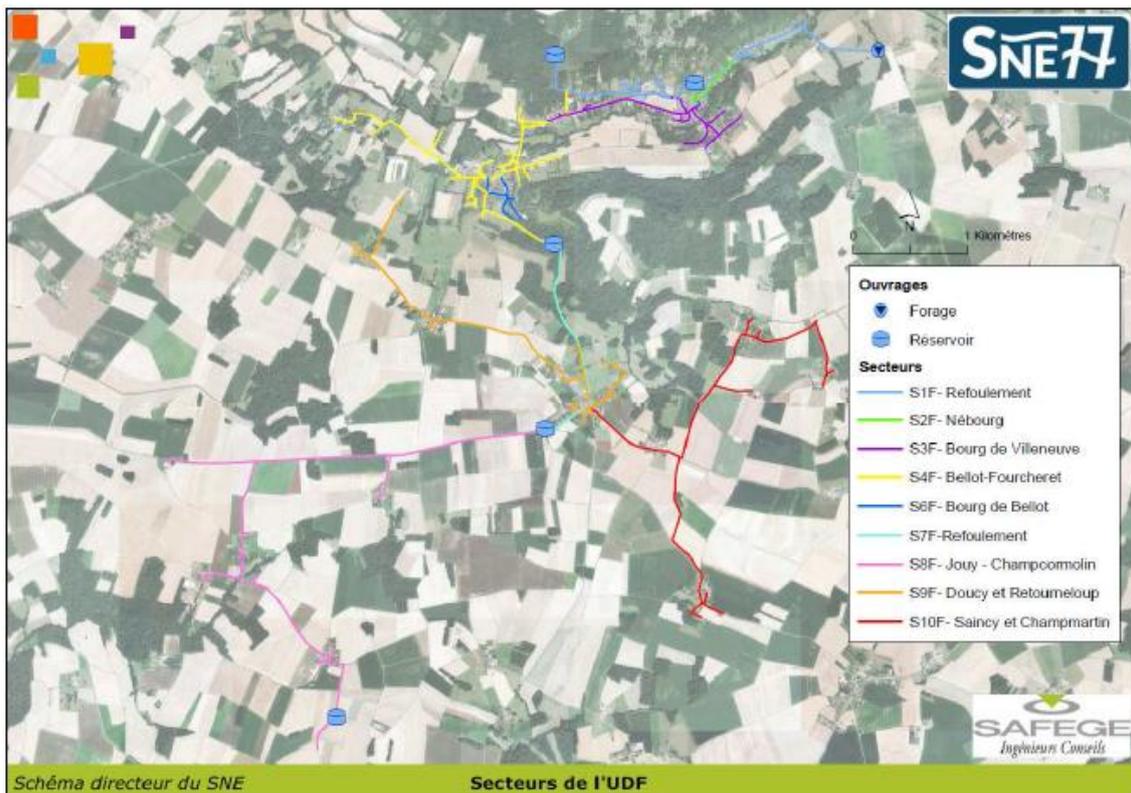


Figure 9 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

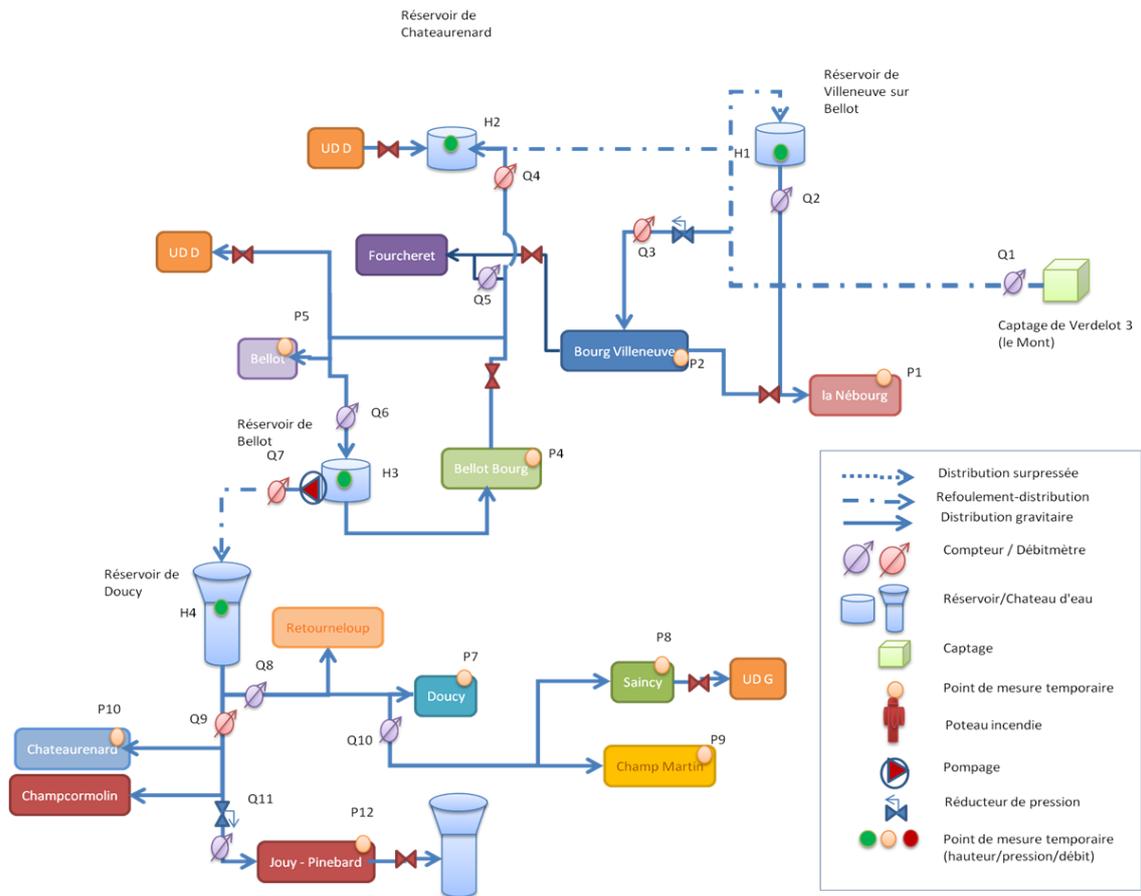


Figure 10 : Synoptique de l'unité de distribution F (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.2 Cas du forage Basse Croix

3.2.1 Description du captage

Le forage Basse Croix est aussi désigné Verdelot 2. Le captage a été créé en 1988 et mis en service le 31 mars 1992. Il s'agit d'un forage de 38.5 m de profondeur.

Le forage capte l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur composé des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien.

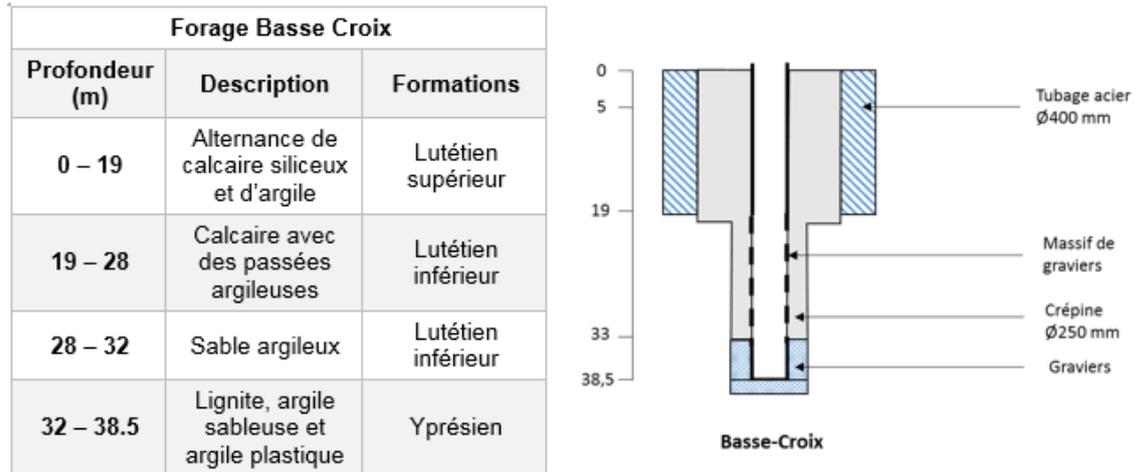


Figure 11 : Coupe technique et géologique du forage Basse Croix (source : Safège)

3.2.2 Autorisation administrative et production

Un rapport d'expertise hydrogéologique a été rédigé le 5 avril 1990 par M. Campinchi.

A la suite de ce dernier, le captage dispose d'une Déclaration d'Utilité publique datant du 10 mai 1994, instaurant 3 périmètres de protection et autorisant l'exploitation pour 60 m³/h. La figure suivante localise les périmètres de protection.

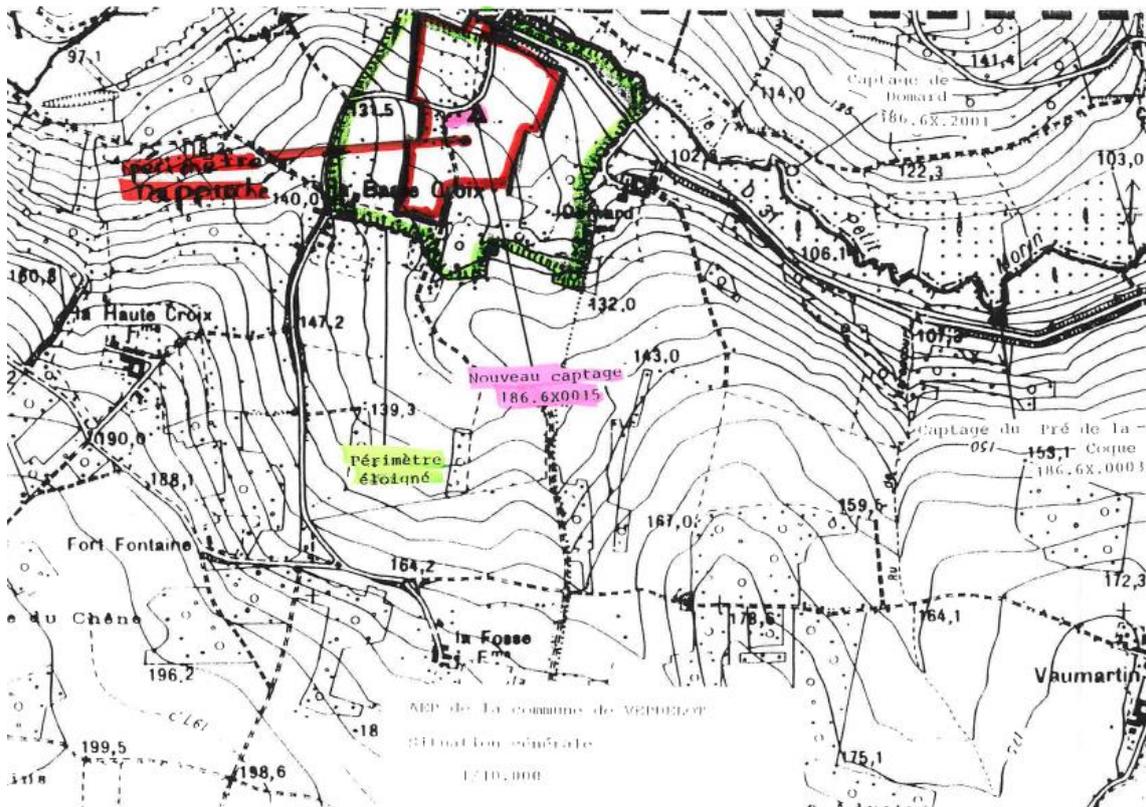


Figure 12 : Délimitation des périmètres de protection du forage Basse Croix (Source : AP DUP, 1994)

Le forage Basse Croix prélève en moyenne 126 000 m³ par an avec une pointe observée à 144 780 m³ en 2008.

Le forage est équipé de deux pompes qui alimentent 2 réservoirs différents appartenant à deux unités de distribution différentes.

Le débit moyen de pompage est de 20 m³/h pour le réservoir La Volée situé sur Verdolot et de 42 m³/h pour le réservoir situé sur la commune de Montdauphin.

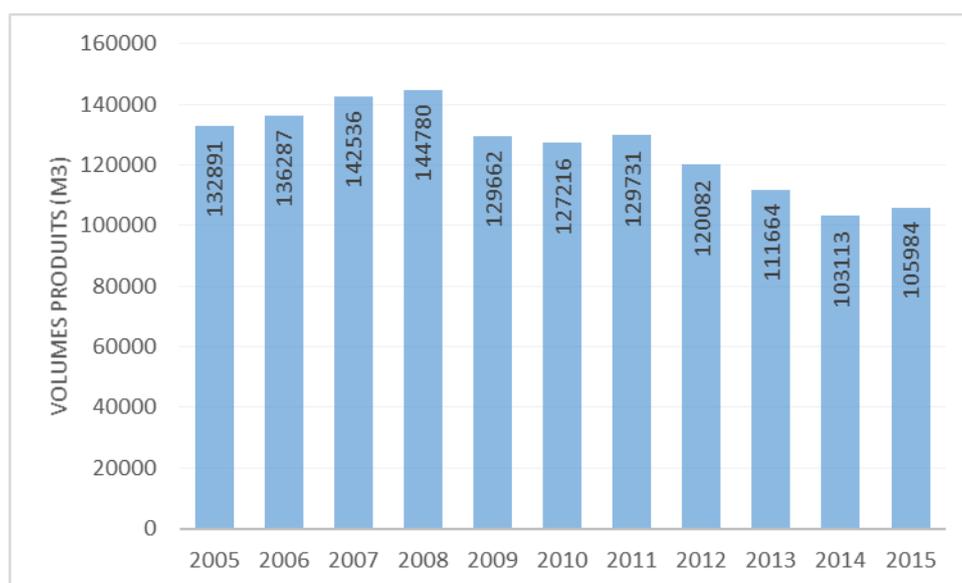


Figure 13 : Prélèvements du forage du Basse Croix entre 2005 et 2015 (Source : SNE77, 2016)

3.2.3 Unité de distribution H (réservoir de Verdelot)

3.2.3.1 Localisation de l'unité de distribution

L'unité de distribution H est l'unité de distribution alimentée par le captage de Basse-Croix et par la station de reprise de la Fontaine Tigé, interconnexion avec l'UDD.

L'unité de distribution H dessert une partie des communes suivantes, située au nord-est du Syndicat :

- Verdelot ;
- Villeneuve sur Bellot.

Une partie des communes de Viels-Maisons et de Vendières ne faisant pas partie du périmètre du syndicat, est aussi alimentée par l'unité de distribution H.

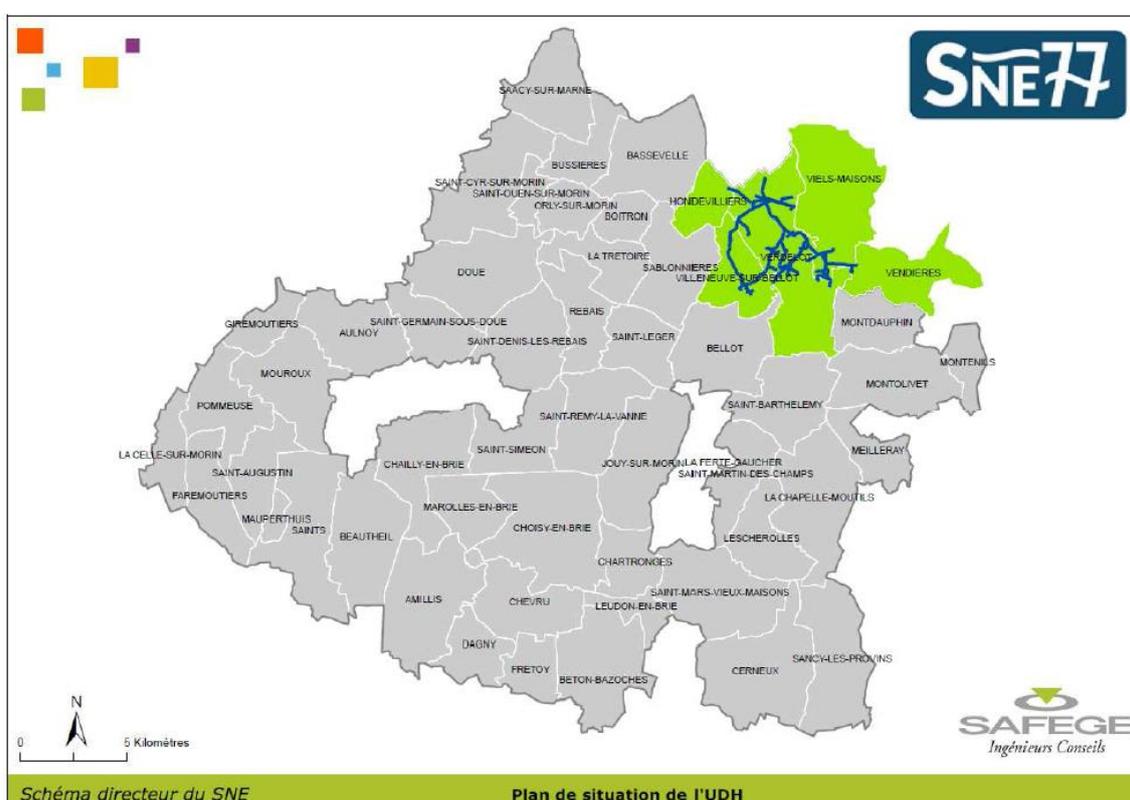


Figure 14 : Plan de situation de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.2.3.2 Fonctionnement du réseau d'alimentation

L'unité de distribution H est alimentée par le sud par le captage de la Basse-Croix et par la station de reprise de la Fontaine Tigé à l'ouest délimitant l'unité de distribution H et l'unité de distribution D. Ces deux alimentations contribuent à la desserte de l'unité de distribution H respectivement entre 16% et 26% pour le captage de la Basse-Croix et entre 74% et 84% pour la station de reprise.

Le captage de la Basse-Croix alimente le réservoir de la Vollée. La station de reprise alimente le réservoir de Replonges, qui est également alimenté par les reprises au réservoir de la Vollée la nuit.

Le réservoir de Verdelot se situe entre le réservoir de la Vollée et de Replonges et est alimenté via le brise charge dit du Cloteau. Le réservoir de Verdelot alimente ensuite gravitairement le bourg de Verdelot.

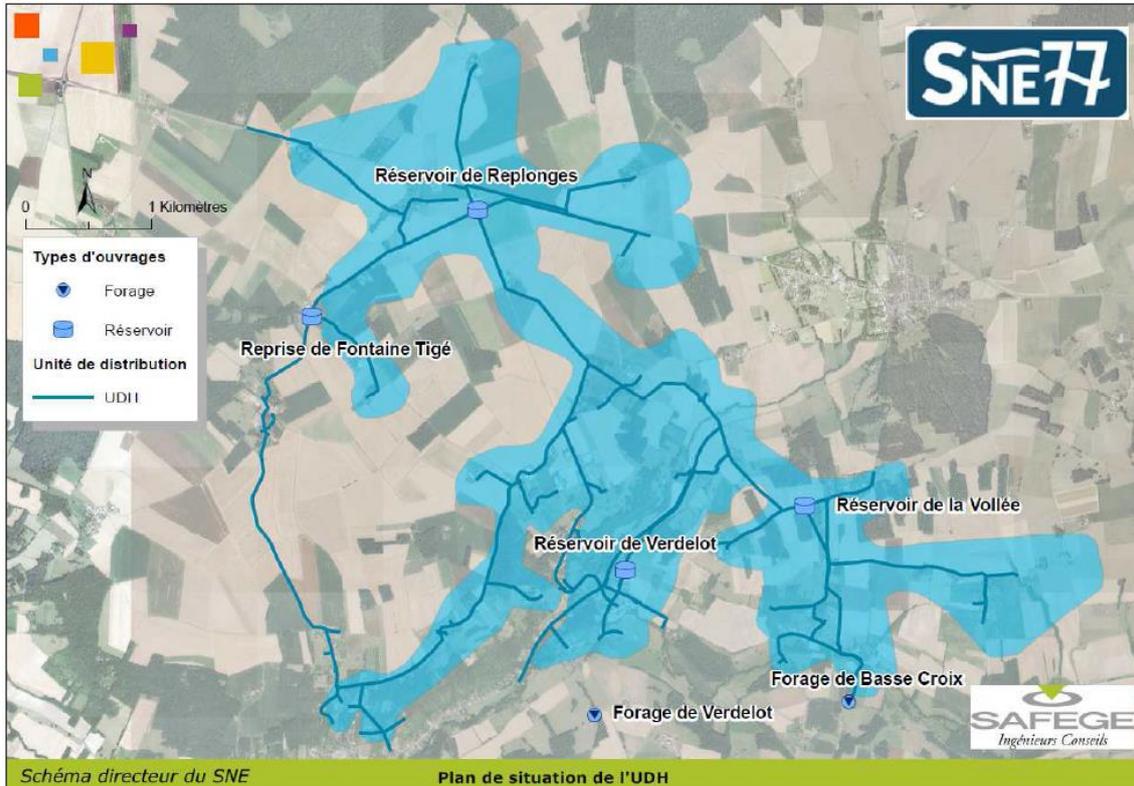


Figure 15 : Réseau de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

L'unité de distribution H est découpée suivant 13 secteurs de distributions, délimités par des compteurs de sectorisation :

- Le secteur 1 qui correspond au hameau de la Vollée est alimenté par le réseau reliant le réservoir de la Vollée et le réservoir de Replonges ;
- Le secteur 2 correspondant au hameau de Vallery, est alimenté par le réseau reliant le réservoir de la Vollée et le réservoir de Replonges ;
- Le secteur 3 correspond au hameau de la Couarde, alimenté par le réservoir de la Vollée via un stabilisateur aval ;
- Le secteur 4 englobe le réseau compris entre le réservoir de la Vollée, le réservoir de Replonges et deux compteurs de sectorisation ;
- Le secteur 5 correspond au hameau de la Venture compris entre le réservoir de la Vollée et le réservoir de Replonges. Ce hameau est situé en amont du briseccharge de Cloteau.
- Le secteur 6 correspond au bourg de Verdelot situé en aval du réservoir de Verdelot ;
- Le secteur 7 correspond à une partie du réseau desservant Villeneuve sur Bellot ;
- Le secteur 8 englobe le hameau de l'Épinoche et celui du Prieuré ;
- Le secteur 9 correspond au hameau de Fontaine Robert ;
- Le secteur 10 correspondant au hameau de Viels Maisons, est alimenté par le réservoir de Replonges ;

- Le secteur 11 correspond au hameau de Saint-Georges, situé en aval du réservoir de Replonges ;
- Le secteur 12 englobe le hameau de Montflageol, situé en aval de la station de reprise de Fontaine Tigé, alimenté via un stabilisateur aval ;
- Le secteur 13 correspond au hameau de Replonges, alimenté par la station de reprise de Fontaine Tigé.

La localisation des différents secteurs et le synoptique de fonctionnement du réseau de l'unité de distribution H sont présentés ci-après.

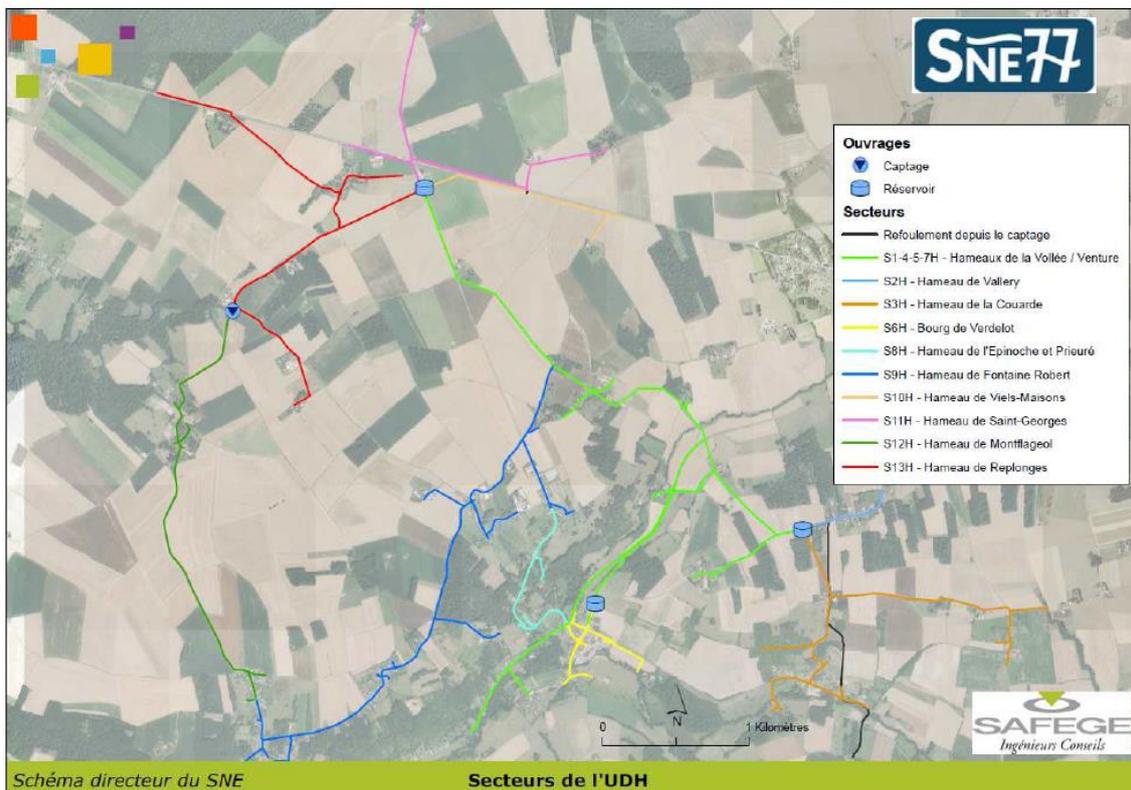


Figure 16 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

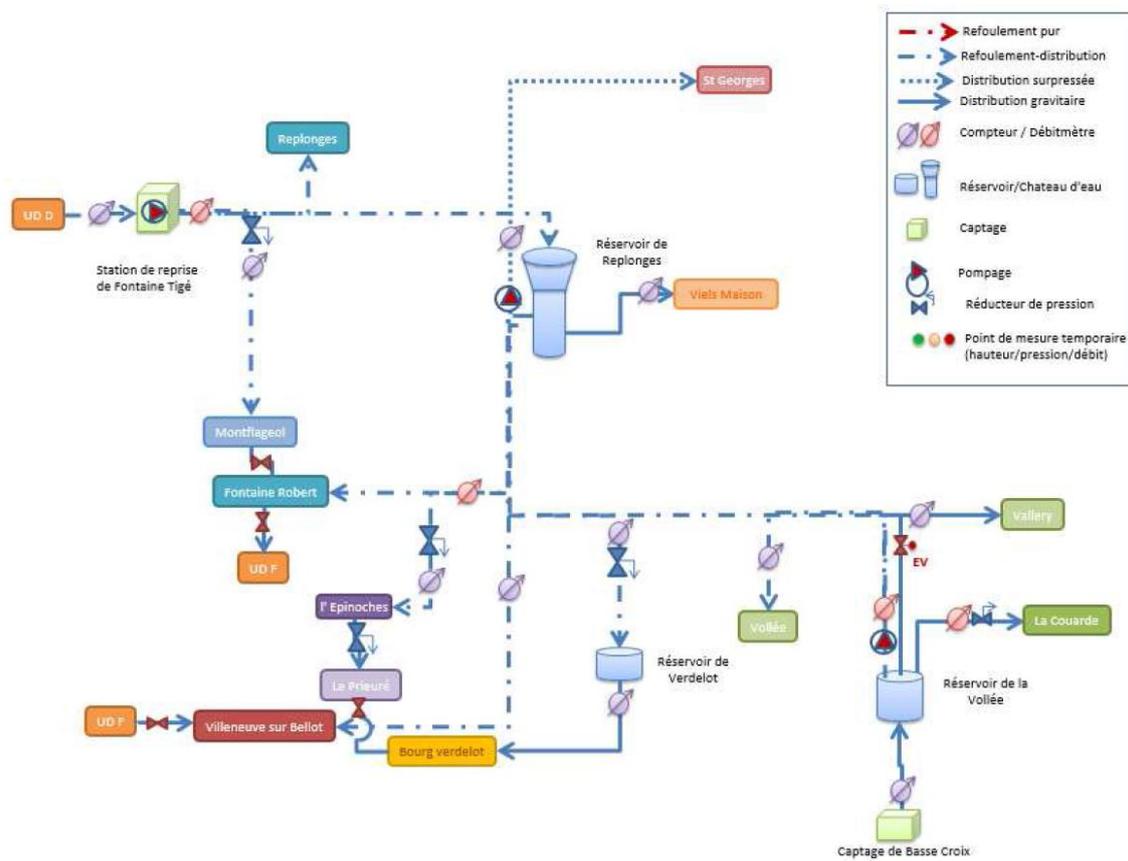


Figure 17 : Synoptique de l'unité de distribution H (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.2.4 Unité de distribution G (réservoir de Montdauphin)

3.2.4.1 Localisation de l'unité de distribution

L'unité de distribution G est l'unité de distribution alimentée par le captage de Basse-Croix et qui dessert les six communes suivantes, située au nord-est du Syndicat :

- Montdauphin ;
- Montenils ;
- Montolivet ;
- Saint-Barthélemy ;
- Une partie de Verdelot.

Une partie des communes de la Celle-sous-Montmirail et de La Ferté Gaucher, ne faisant pas partie du périmètre du syndicat, sont aussi alimentées par l'unité de distribution G.

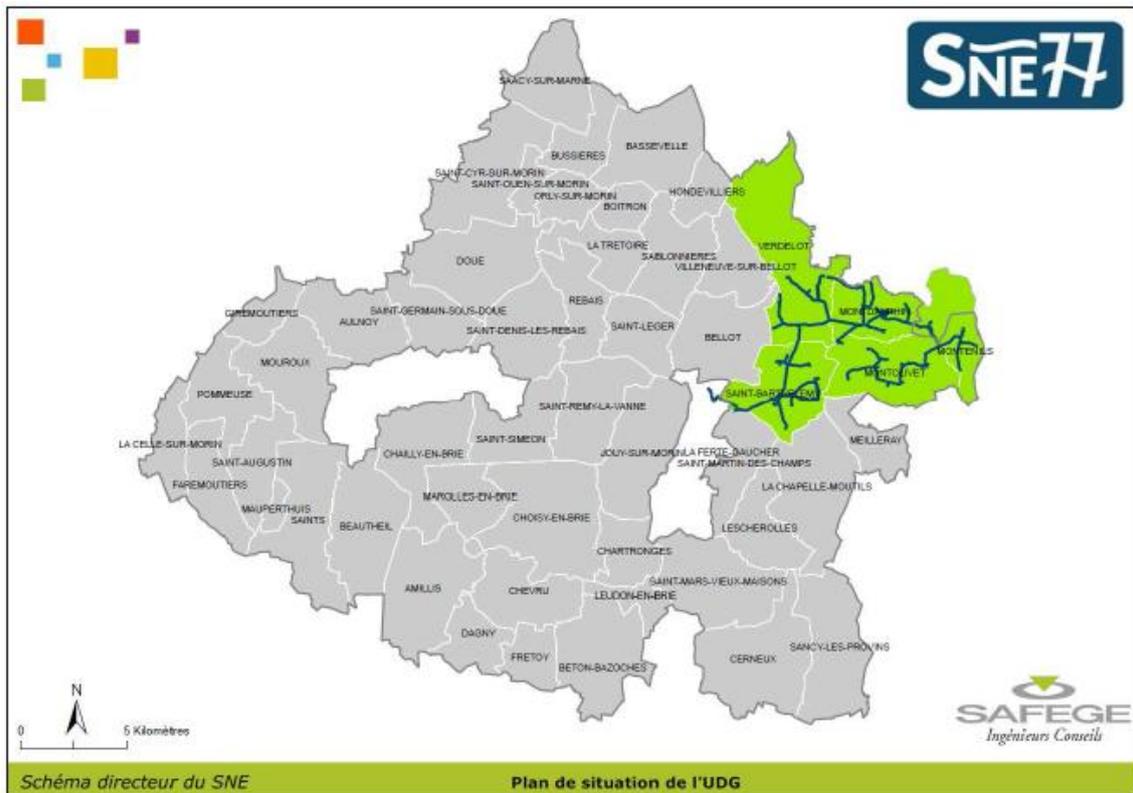


Figure 18 : Plan de situation de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.2.4.2 Fonctionnement du réseau d'alimentation

Le captage Basse Croix alimente l'ensemble de l'unité de distribution G grâce à trois réservoirs sur tour et trois réservoirs semi-enterrés.

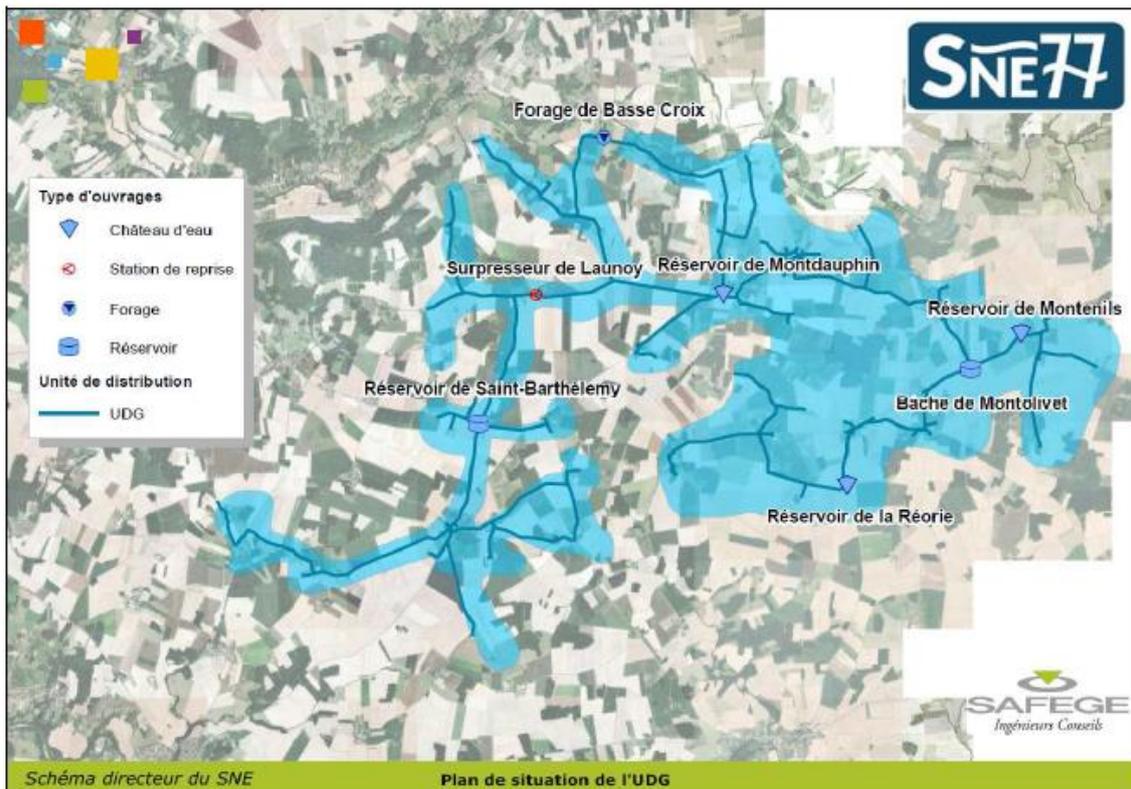


Figure 19 : Réseau de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

L'unité de distribution G est découpée suivant 12 secteurs de distributions, délimités par des compteurs de sectorisation :

- Le secteur 1, alimenté par le captage Basse Croix et qui dessert le secteur de Vaumartin ainsi que le réservoir de Montdauphin.
- Le secteur 2 qui correspond au secteur de Montdauphin, réseau compris entre la sortie du réservoir de Montdauphin et la bâche de Montolivet.
- Le secteur 3 correspond au refoulement de la bâche de Montolivet vers le réservoir de Montenils. À noter que ce secteur ne présente aucune consommation (refoulement pur).
- Le secteur 4 correspond au hameau de Montenils.
- Le secteur 5 correspond au réseau compris entre la bâche de Montolivet et le réservoir de la Réorie. Il englobe aussi le secteur de Montolivet.
- Le secteur 6 correspond au hameau de Thiercelieux, alimenté par le réservoir de la Réorie.
- Le secteur 7, alimenté par le réservoir de Montdauphin, correspond au secteur de Laulinoue.
- Le secteur 8 correspond au hameau de la Haute croix, alimenté par le réservoir de Montdauphin.
- Le secteur 9 correspond au réseau compris entre le surpresseur de Launoy et le réservoir de Saint-Barthélemy. Il englobe aussi le secteur du Corbier.
- Le secteur 10 correspond au hameau de Saint-Barthélemy.
- Le secteur 11 englobe le hameau des trois maisons.
- Le secteur 12 correspond au hameau du Grenet.

À noter que le secteur 7 et le secteur 8 ont été fusionnés suite à la défaillance d'un compteur de sectorisation.

La localisation des différents secteurs et le synoptique de fonctionnement du réseau de l'unité de distribution G sont présentés ci-après.

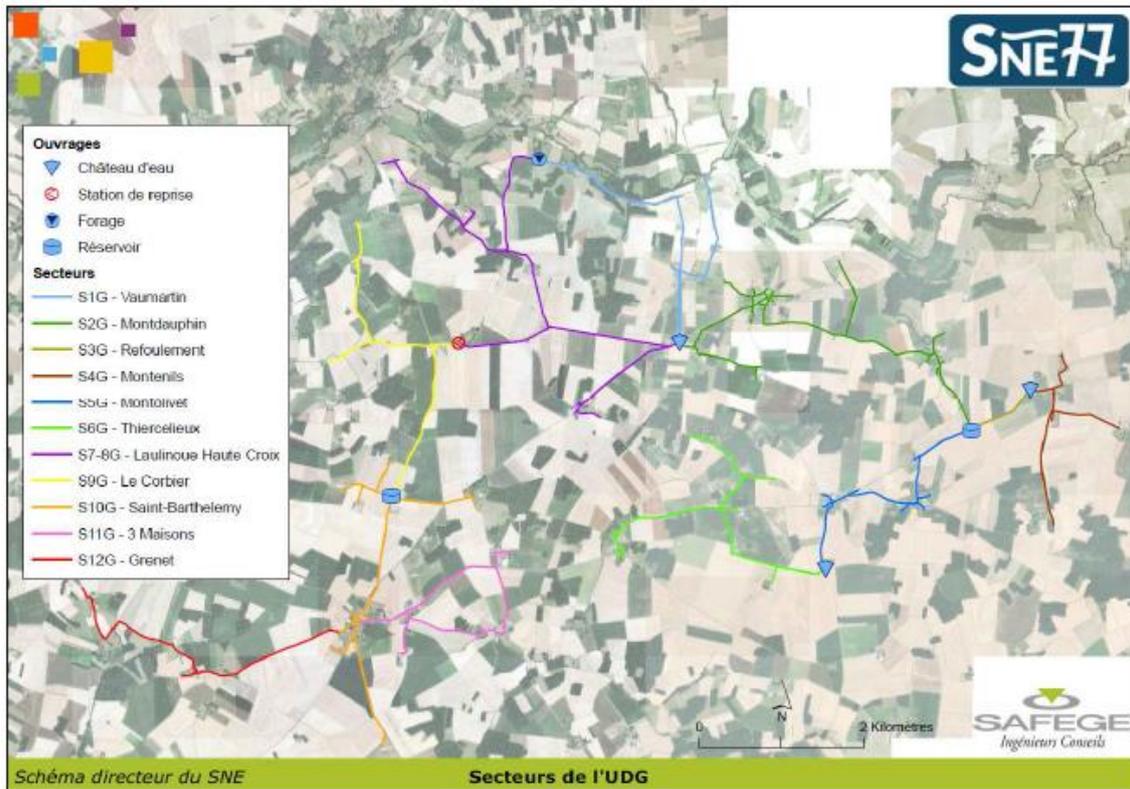


Figure 20 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution G (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

4 CARACTERISATION DU SYSTEME AQUIFERE CONCERNE

4.1 Contexte géologique

4.1.1 Cadre géologique

Le soubassement de la plaine de la Brie est formé par les calcaires de Brie du Rupélien. Les vallées de la Seine et de l'Yerres se sont encaissées à la faveur de plis synclinaux (fosse de Melun-Draveil et fossé de Longjumeau) jusqu'aux calcaires de Champigny (Rupélien), celle du Grand Morin jusqu'aux formations du Bartonien, voire localement, du Lutétien dans son cours aval, celles du Petit Morin et du Surmelin jusqu'au Lutétien.

La commune de Verdelot repose, suivant l'altitude successivement sur les formations affleurantes suivantes.

Tableau 4 : Contexte géologique général

Cadre National	Contexte de la commune Verdelot	Affleurement sur le secteur d'étude
Grand système multicouche de l'Oligo-Miocène	Sables et grès de Fontainebleau de l'Oligo-Miocène	Formations affleurantes
	Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.)	
Grand domaine hydrogéologique de l'Oligocène inf. à l'Eocène sup. (Sannoisien au Ludien)	Marnes vertes et supragypseuses du Rupélien (Oligocène inf.)	Formations non affleurantes
Grand système multicouche de l'Eocène	Masses et marnes du gypse de l'Eocène	
	Sables de Monceau, de Marines, de Cresnes du Marinésien supérieur (Bartonien inf.)	
	Calcaires de Saint-Ouen du Bartonien inf.	
	Sables du Marinésien (sables de Mortefontaine, Calcaire de Ducy, Sables d'Ezanville) et de l'Auversien (Sables de Beauchamp, d'Auvers)	
	Marnes et caillasses du Lutétien sup.	
Grand domaine hydrogéologique des Argiles de l'Yprésien inf. (Sparnacien)	Calcaires et sables du Lutétien	
	Sables de Cuise de l'Yprésien sup.	
	Argiles, sables et lignites de l'Yprésien inf.	
	Argiles plastiques de l'Yprésien inf.	

Dans la vallée du Petit Morin, les alluvions épaisses de 3 à 7 m sont constituées de sables plus ou moins argileux avec des passées tourbeuses. Les alluvions masquent le Calcaire grossier glauconieux et sableux du Lutétien inférieur, épais d'une vingtaine de mètres, qui surmonte lui-même l'Yprésien à dominante argileuse et qui recèle des passées ligniteuses.

A l'aplomb du plateau, l'horizon constitué par les Calcaires du Lutétien inférieur est surmonté par les Marnes et Caillasses (Lutétien supérieur) épais d'une quinzaine de mètres, puis par les Sables plus ou moins argileux de Beauchamp (Bartonien inférieur) dont la puissance est d'environ 10 m. Au-dessus et jusqu'à la cote +200 se succèdent de bas en haut les horizons alternativement argileux et calcaires allant du Bartonien moyen (Saint-Ouen) au Sannoisien inférieur (Brie).

La série stratigraphique intéressant le bassin versant, de haut en bas, est :

- Glaise verte et Glaise à Cyrènes

De puissance d'environ 5m, l'argile verte compose le substratum imperméable aux calcaires de Brie

- Marnes supragypseuses (Marnes de Pantin et d'Argenteuil)

Les marnes de Pantin sont calcareuses tandis que celles d'Argenteuil sont argileuses. L'épaisseur totale de ces marnes oscille entre 12 et 14m avec prédominance des marnes d'Argenteuil (entre 9 et 11m)

- Marnes et Calcaire de Champigny

Apparaissant sous forme de blocs de meulière, de calcaire siliceux jaune ou encore sous forme de marne, sa puissance varie autour de 20 mètres

- Marnes infra-gypseuses et Marnes à Pholadomyes

Marnes fossilifères d'une épaisseur oscillant entre 2 et 3.5m sur la zone d'étude.

- Calcaire de Saint-Ouen

Principalement composé de marnes et s'étendant sur une épaisseur d'environ 20 mètres. Il constitue une barrière plus ou moins imperméable entre le calcaire de Champigny et l'ensemble aquifère multicouche constitué par les sables de l'Auverisien, le calcaire du Lutétien et le faciès détritique de l'Yprésien.

- Sable et Grès de Beauchamp

Sables quartzeux bien classé, homogène, de couleur claire avec une partie supérieure grésifiée. Leur épaisseur peut atteindre la dizaine de mètres.

- Calcaire du Lutétien

Ensemble constitué dans sa partie supérieure d'un calcaire marneux (marnes et caillasses) et dans sa partie inférieure d'un calcaire grossier à silex fortement fracturé. L'épaisseur totale peut atteindre une vingtaine de mètres.

- Sables et argiles de l'Yprésien

Argile franche surplombée par un faciès détritique (sables de Cuise). L'argile forme une barrière imperméable entre l'ensemble multicouche cité précédemment et la craie du Sénonien. L'épaisseur de l'argile et des sables de Cuise est d'une dizaine de mètres au total.

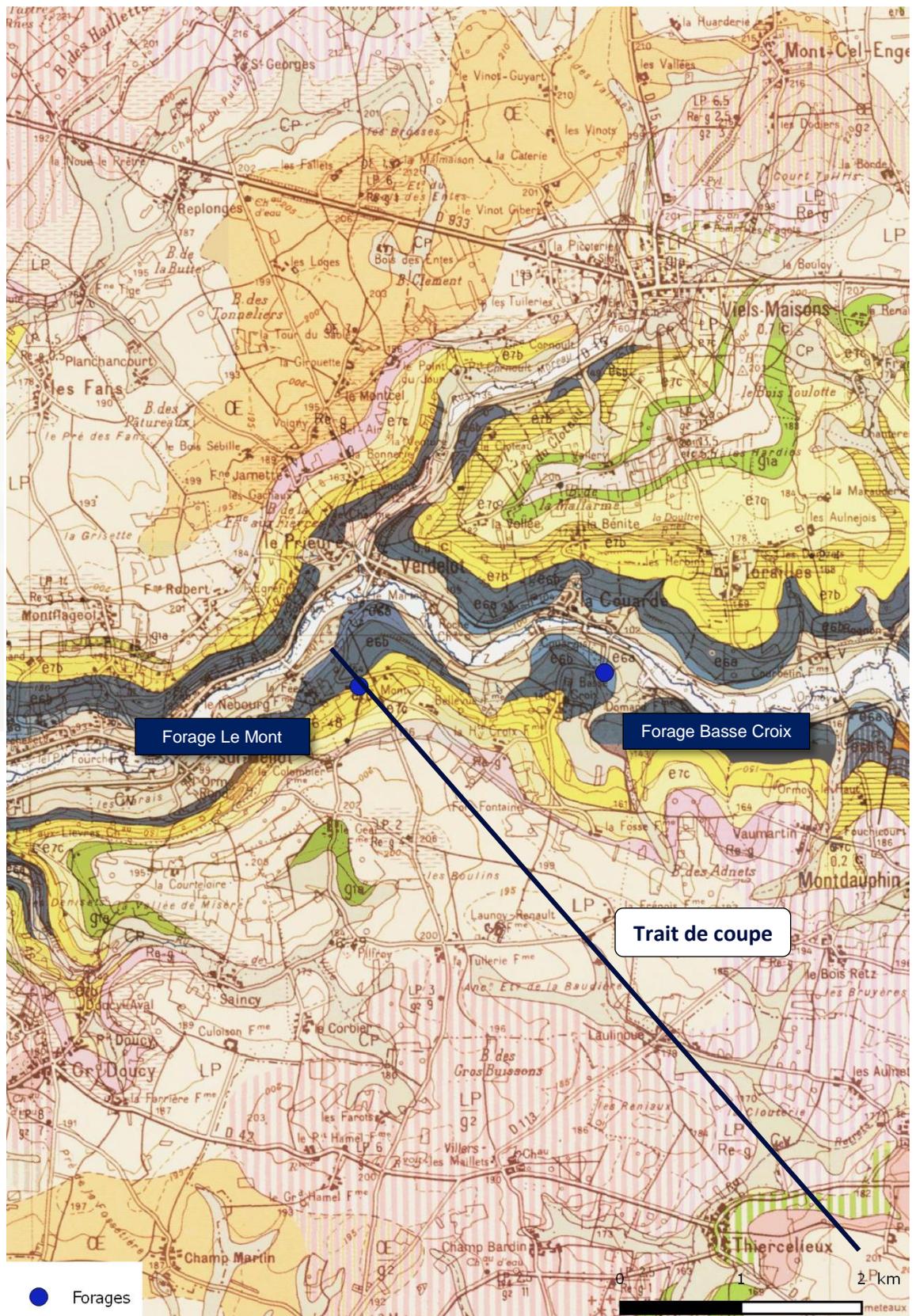
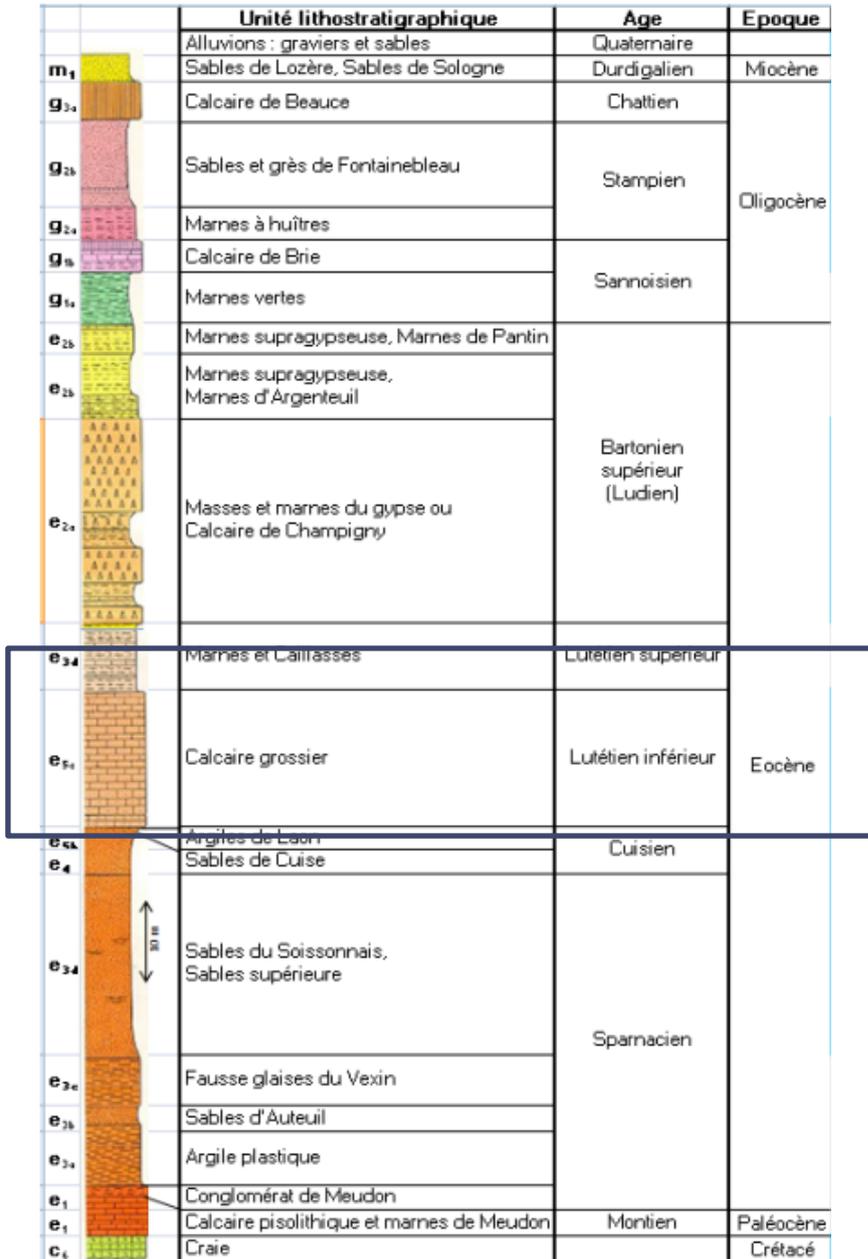


Figure 22 : Contexte géologique de la commune de Verdolot (Source : BRGM)



Formations captées par les forages

Figure 23 : Série Lithostratigraphie de la région Ile-de-France (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004)

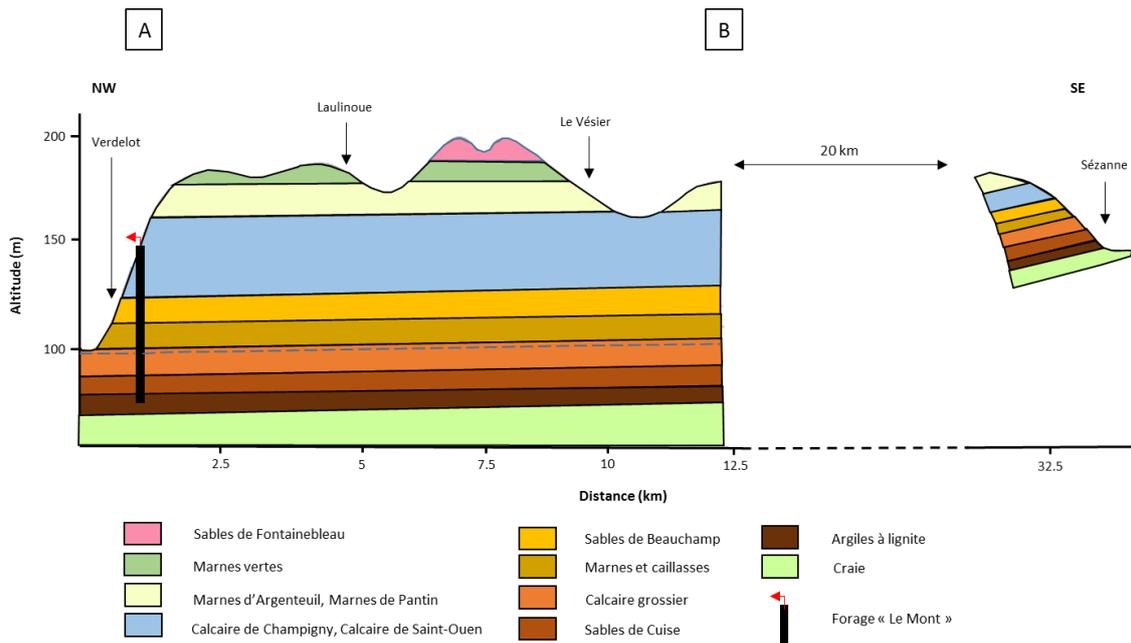


Figure 24 : Coupe géologique synthétique du secteur d'étude

4.1.2 Caractéristiques géologiques des formations de l'Eocène moyen et inférieur

L'Yprésien et le Lutétien sont des étages géologiques occupant respectivement la base et le milieu de l'Eocène.

L'Yprésien comprend deux sous-étages : le Sparnacien à la base, composé essentiellement d'argiles entrecoupées de niveaux sableux, et le Cuisien au sommet représenté par des sables.

Le Lutétien supérieur est formé de marnes et caillasses tandis que le Lutétien moyen et inférieur est caractérisé par des calcaires grossiers, devenant sableux et glauconieux à la base.

L'Eocène moyen et inférieur est donc considéré comme un ensemble multicouche complexe où les modalités de connexions entre les diverses formations varient dans l'espace, les différentes couches perméables pouvant être, par endroit individualisées par lits argileux.

Les forages captent plus particulièrement les calcaires grossiers du Lutétien.

Le Lutétien affleure dans la vallée du Petit Morin entre les communes de Le Thout-Trosnay (Marne) et La Celle-sous-Montmirail (Aisne). Cet étage correspondant à une transgression, il ne comporte pas ici les couches du Lutétien inférieur connues plus à l'Ouest dans le centre du bassin de Paris.

La partie inférieure de la série est constituée par un sable calcaire et siliceux, contenant des grains épars de glauconie, tendre, de couleur ocre. Il contient une faune très abondante et très riche en espèces, datant le dépôt du Lutétien moyen.

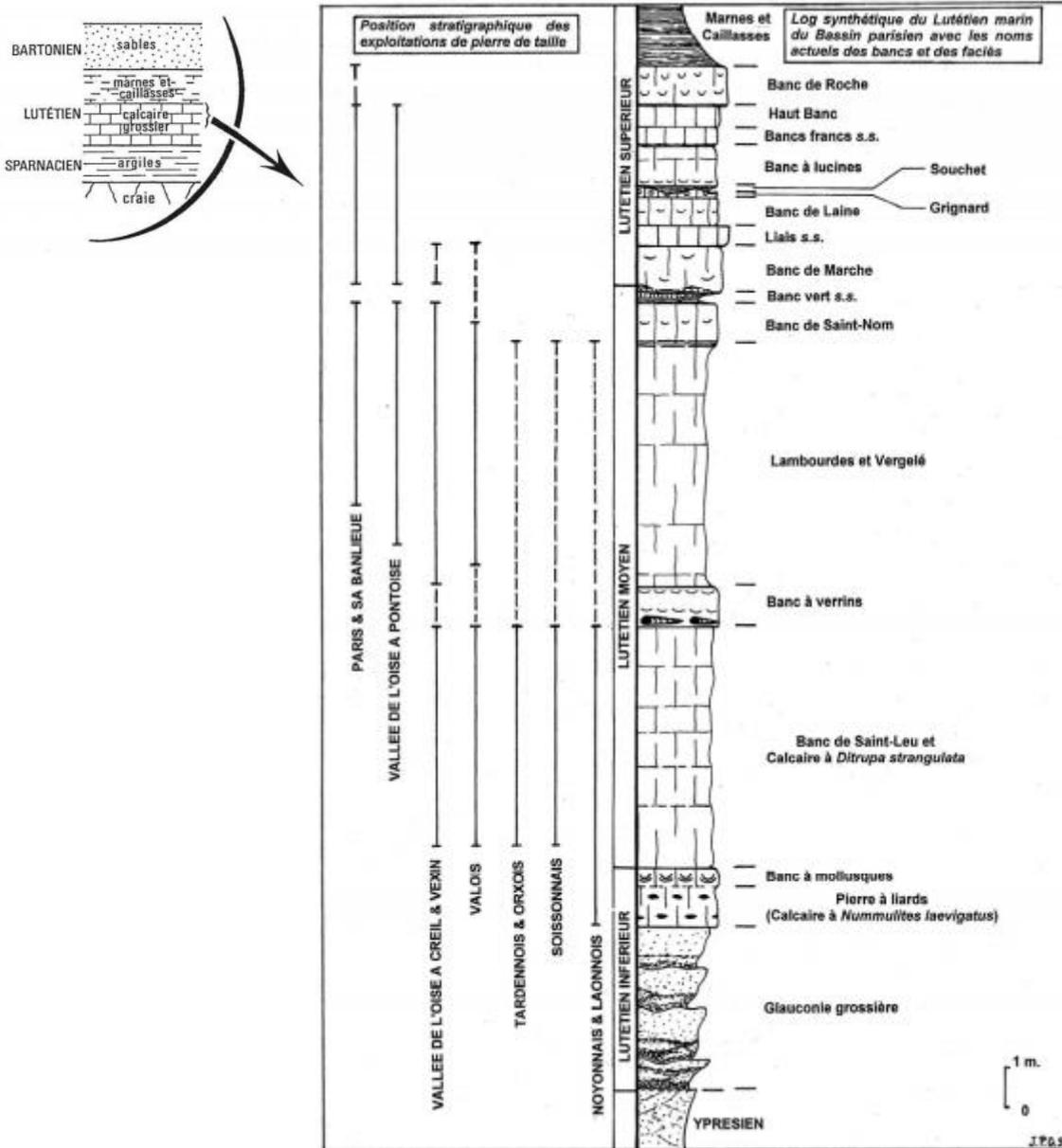


Figure 25 : - Coupe géologique synthétique du Lutétien du Bassin parisien (Source : Jean-Pierre Gély, 2009)

● Etendue du Lutétien

Ces formations couvrent le centre du bassin parisien de la Champagne jusqu'à la Normandie.

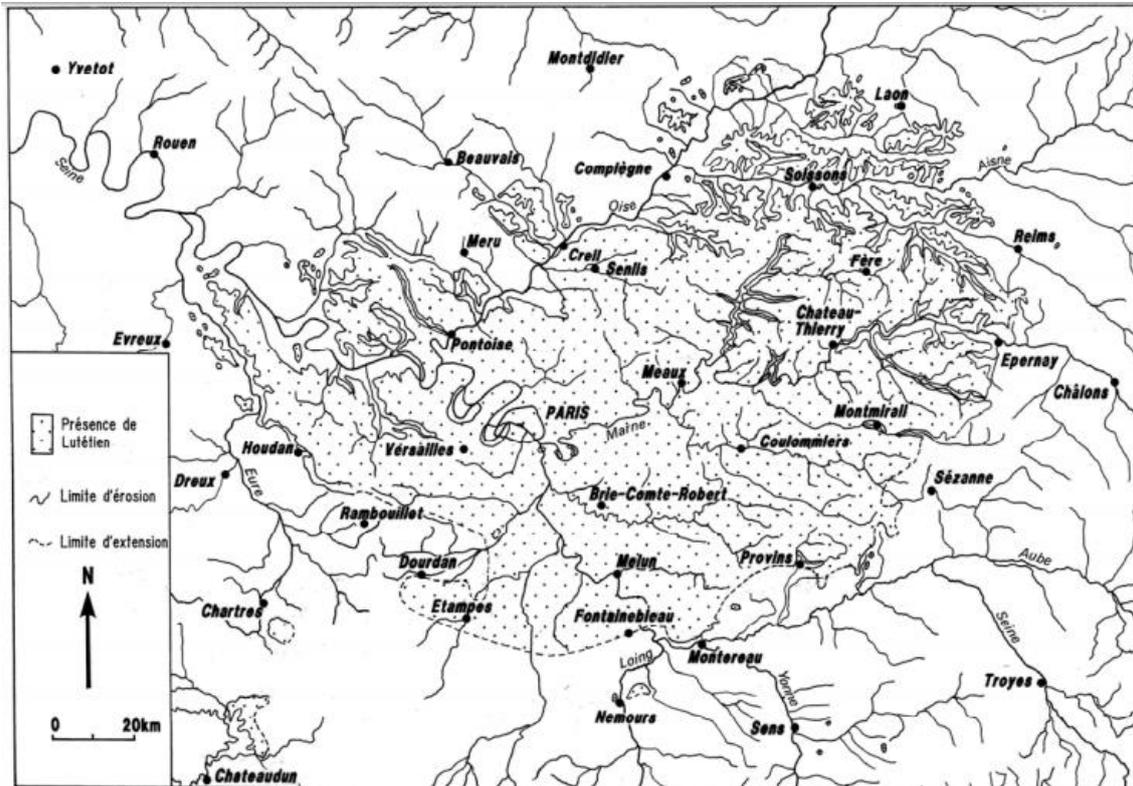


Figure 26 : Carte d'extension actuelle des formations du Lutétien dans le Bassin parisien (Source : Jean-Pierre Gély, 2009)

● Limites verticales

Les formations perméables du Lutétien moyen et inférieur forment un aquifère épais de 10 à 50 m. Au droit des forages, les calcaires grossiers y sont très fissurés. Leur puissance est d'une quinzaine de mètres.

Le toit de l'aquifère des calcaires et sables du Lutétien peut être considéré comment étant la base :

- Des marnes et caillasses du Lutétien supérieur si l'on considère le contraste de perméabilité verticale / horizontale.
- Des marnes infra-gypseuses du Bartonien, dans le Marinésien, lorsqu'il peut y avoir des échanges hydrauliques au travers des marnes et caillasses, ce qui semble être le cas dans la zone d'étude.
- Les limites de l'aquifère du Lutétien

En l'absence des argiles de Laon continues et épaisses, les calcaires inférieurs du Lutétien sont en communication hydraulique direct avec les sables de l'Yprésien supérieur. Ils ne peuvent alors en être dissociés sur le plan hydraulique.

Le mur de l'aquifère est séparé de la craie par les argiles de la base de l'Yprésien.

○ Niveaux producteurs

Il n'est cependant pas possible de considérer les marnes et caillasses comme totalement imperméable puisqu'il est admis dans la littérature que ce niveau augmente les transmissivités lorsqu'il est capté en plus des formations sous-jacentes.

De plus, l'atlas des aquifères de la région parisienne indique la possibilité de circulations horizontales et verticales au sein de ces marnes. Des échanges par drainance sont donc possibles. Enfin, les coupes foreurs signalent des faciès plutôt calcaire pour le niveau des marnes et caillasses.

La porosité est de plusieurs types : à la fois fissurale et interstitielle pour les calcaires grossiers et les marnes et caillasses, puis essentiellement interstitielle pour les sables de Cuise.

Ce réservoir est connu dans la région pour offrir des débits spécifiques souvent supérieurs à 5 m3/h/m.

4.1.3 Coupe géologique interprétative

La coupe géologique suivante est située à l'Ouest du secteur d'étude. Elle reste cependant cohérente avec le contexte Nord-Sud de la commune de Verdelot.

En dehors des alluvions quaternaires des vallées et des limons de pentes ou de plateaux, la série stratigraphique est, de haut en bas, la suivante.

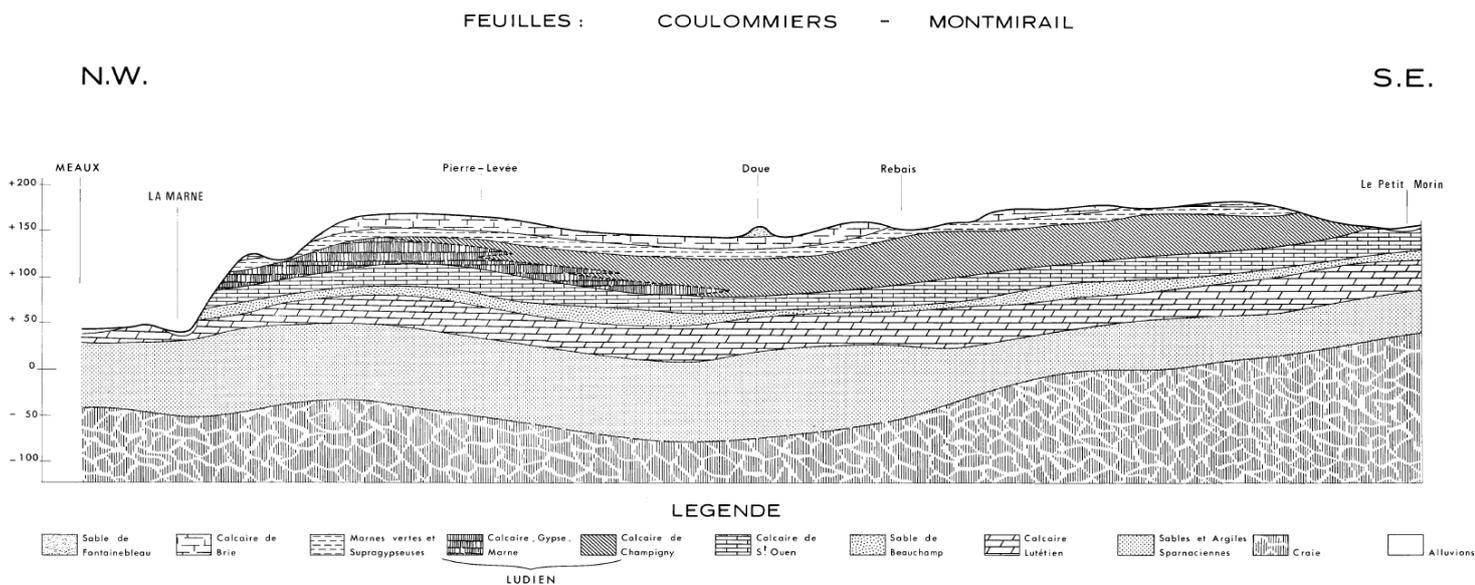


Figure 27 : Coupe géologique schématisique (Source : Rapport BRGM 64-DSGR-A-028, 1964)

4.1.4 Contexte structural

Les couches géologiques sont effectuées d'un pendage général de 0.7% s'enfonçant dans une direction Ouest (vers le centre du bassin parisien). L'effet de ce pendage est particulièrement visible avec la vallée du Petit Morin qui met à l'affleurement des formations de plus en plus anciennes d'Ouest en Est.

Le contact entre les calcaires du Lutétien et les argiles et sables de l'Yprésien est assez net pour pouvoir être apprécié au mètre près à l'échelle régionale. Elle permet donc une représentation précise des différents plis. L'étude de ce contact montre que les forages se situent entre l'anticlinal de « Rebaix-Montmirail » et le synclinal de la « Ferté Gaucher ».

Les plis structuraux ne semblent pas jouer sur l'épaisseur des couches géologiques à petites échelles.

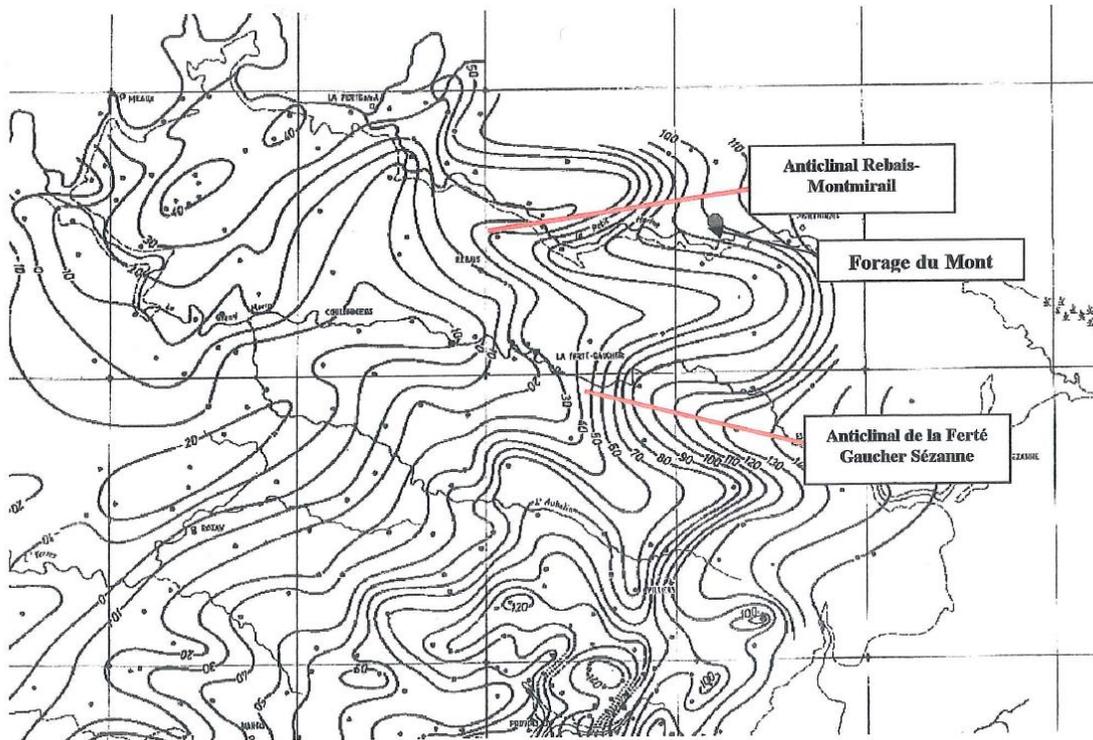


Figure 28 : Structure du contact du Lutétien et de l'Yprésien (Source : Mégnier, 1979)

4.1.5 Contexte géologique du bassin versant du Petit Morin

Le bassin versant du Petit Morin trace 2 grands secteurs géologiques.

La partie amont du bassin versant est située dans la champagne où la craie cénomaniennne affleure.

La partie aval du bassin versant du Petit Morin est située dans le plateau de la Brie Champenoise où les formations tertiaires affleurent.

Les calcaires du Lutétien sont globalement recouverts par les formations de l'Eocène supérieur (Sables de Beauchamp, Calcaires de Champigny). Cependant, ils affleurent dans la vallée sous les alluvions (récentes et anciennes) du Petit Morin entre les communes de Le Thoutl-Trosnay (Marne) et La Celle-sous-Montmirail (Aisne).

A ce stade, nous n'avons pas trouvé d'informations concernant le contact alluvions/calcaires du Lutétien.

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77)

Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

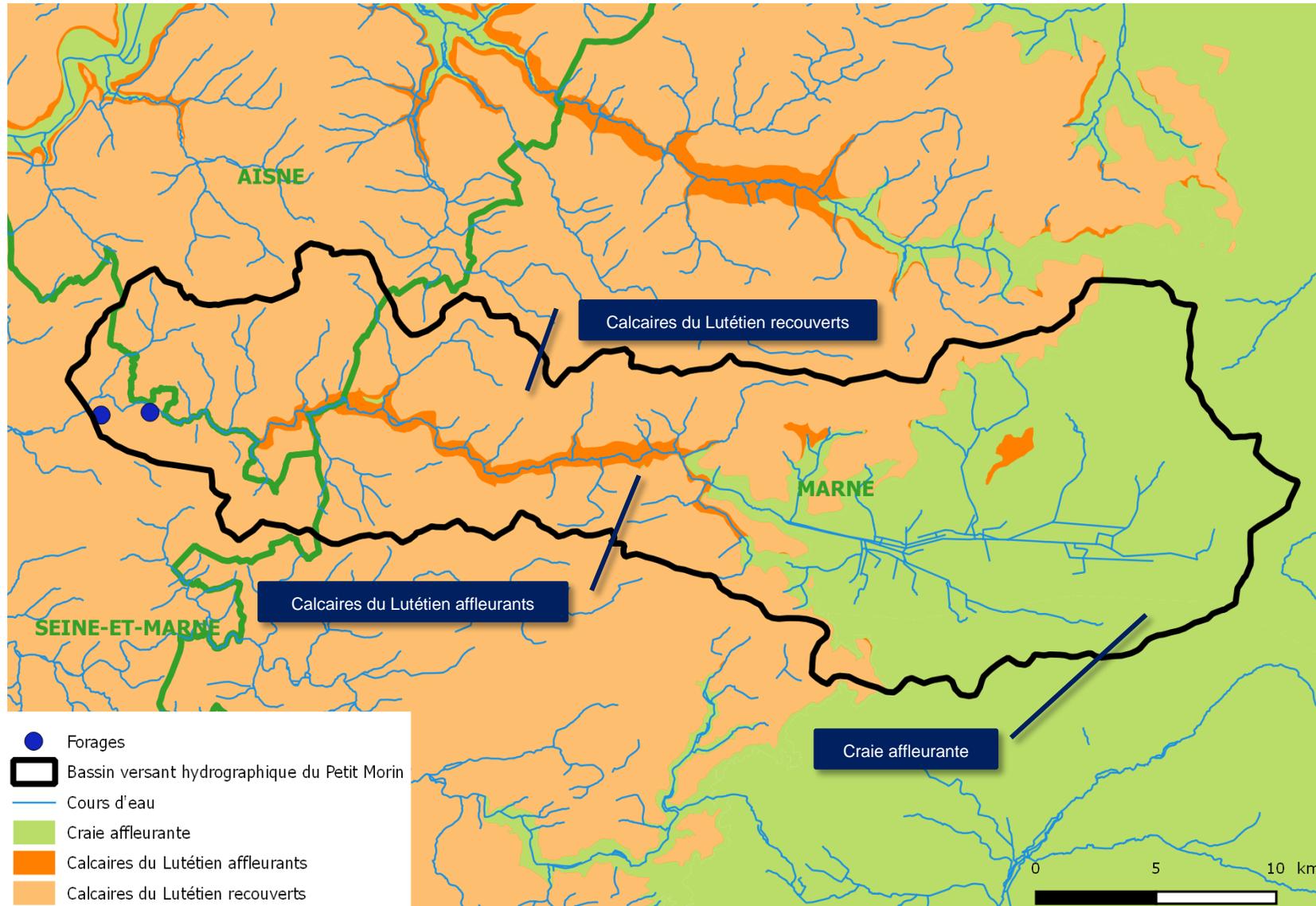


Figure 29 : Contexte géologique du bassin versant du Petit Morin à l'amont des forages de la commune de Verdelot (Source : BDcarthage, BRGM BDLISA)

4.2 Contexte hydrogéologique

4.2.1 Aquifères régionaux

A l'échelle régionale, on distingue plusieurs aquifères :

- L'aquifère des sables et grès de Fontainebleau ou de l'Oligocène

Il renferme une nappe perchée. Elle est peu importante et n'existe que plus au Sud de notre zone d'étude, dans la vallée du Grand Morin. Le mur de l'aquifère est constitué par les séries marneuses de la base du Stampien. La nappe est exploitée pour l'alimentation en eau du bétail et de quelques fermes isolées.

- L'aquifère de Champigny ou de l'Eocène supérieur

Cet aquifère, est un ensemble multicouche regroupant notamment les calcaires de Champigny, les calcaires de Saint-Ouen et les formations sableuses du Bartonien. Des épontes existent entre les formations constituant cet ensemble multicouche, mais celles-ci sont d'épaisseurs variables dans l'espace et peuvent autoriser des échanges entre les diverses formations aquifères. Le mur de cet ensemble aquifère du Champigny est communément représenté par les marnes et caillasses du Lutétien supérieur.

- L'aquifère de l'Eocène inférieur et moyen

Il est considéré comme un ensemble multicouche complexe où les modalités de connexions entre les diverses formations varient dans l'espace, les différentes couches perméables pouvant être, par endroit individualisées par lits argileux. Le système regroupe les marnes et caillasses de la partie supérieure du Lutétien, les calcaires grossiers du Lutétien, puis les sables du Lutétien inférieur.

La porosité est de plusieurs types : à la fois fissurale et interstitielle pour les calcaires grossiers et les marnes et caillasses, puis essentiellement interstitielle pour les sables de Cuise.

Cet aquifère est communément séparé de celui du Champigny par les marnes et caillasses. Il n'est cependant pas possible de considérer cet horizon comme totalement imperméable puisqu'il est admis dans la littérature que ce niveau augmente la transmissivité lorsqu'il est capté en plus des formations sous-jacentes. De plus l'atlas des aquifères de la région parisienne indique la possibilité de circulations horizontales et verticales au sein de ces marnes. Des échanges par drainance sont donc possibles. Enfin, les coupes foreurs signalent des faciès plutôt calcaire pour le niveau des marnes et caillasses. Le mur de l'aquifère est caractérisé par les argiles de la base de l'Yprésien. Ce réservoir est connu dans la région pour offrir des débits spécifiques souvent supérieurs à 5 m³/h/m.

Au droit des forages, les calcaires grossiers y sont très fissurés. Leur puissance est d'une quinzaine de mètres

- L'aquifère des alluvions du Petit Morin

Les alluvions récentes, de nature limono-argileuses déposés par le Petit Morin contiennent une nappe dont l'extension est réduite du fait de l'encaissement de la vallée. Elle semble déconnectée de la nappe de l'éocène moyen et inférieur.

Le schéma suivant donne la succession des formations aquifères au regard de la colonne lithostratigraphique.

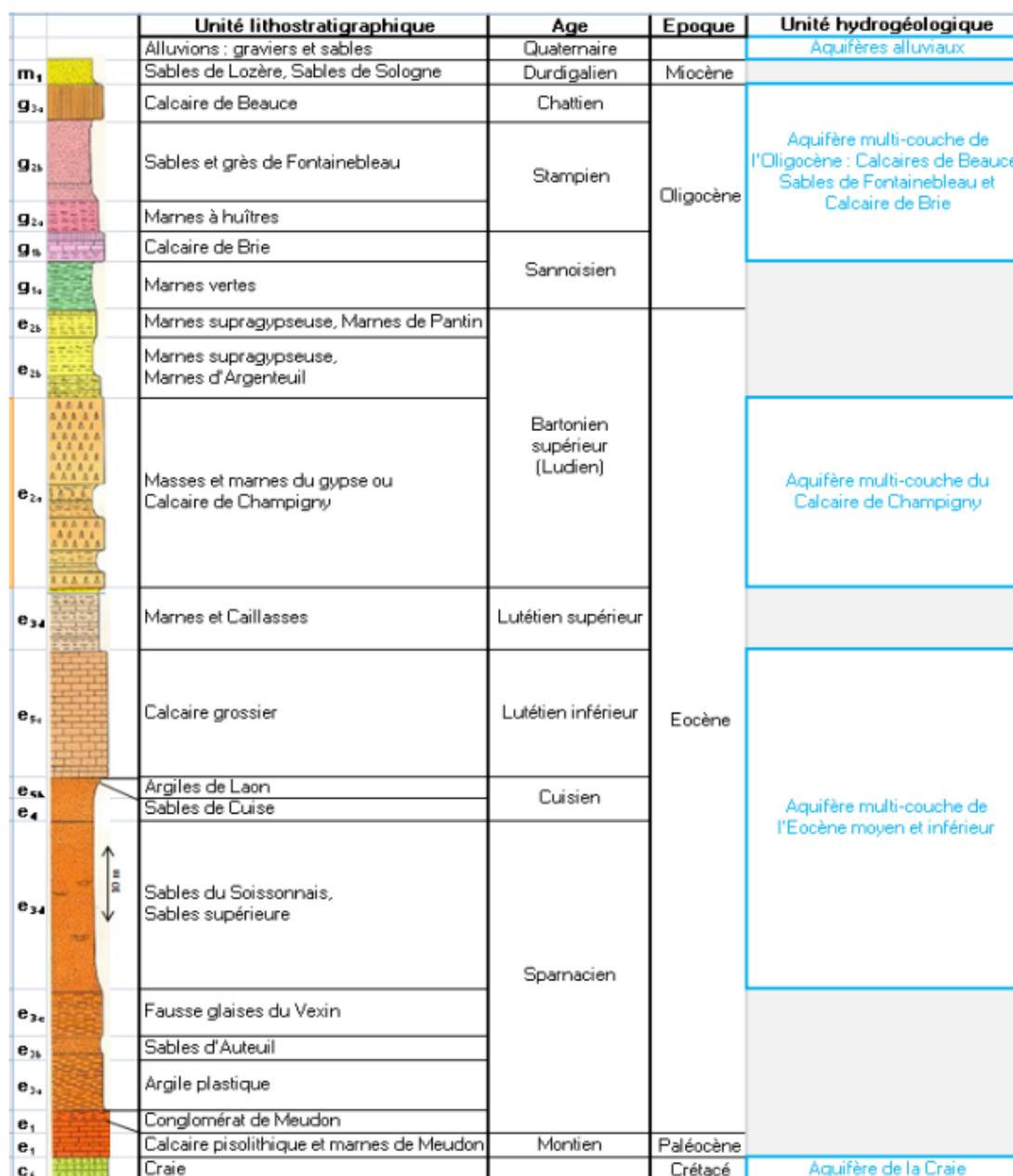


Figure 30 : Echelle stratigraphique et aquifère du Bassin parisien. (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004)

4.2.2 Aquifère concerné : Eocène moyen et inférieur

Le système aquifère de la Brie est complexe, formé d'un multicouche de réservoirs, séparés par des terrains géologiques semi-perméables. L'aquifère continu du Lutétien et de l'Yprésien supérieur est individualisé de l'aquifère sus-jacent du Bartonien par les marnes et caillasses et les sables peu perméables de Beauchamp, au travers duquel les communications sont possibles, soit par disparition de ces horizons, soit par percolation ou drainance verticale.

Les nappes supérieures recelées dans les Calcaires du Brie ou dans ceux du Champigny (Bartoniens moyen) donnent naissance à quelques petites sources. Il y a une nappe relativement puissante dans le Lutétien. Cette nappe est drainée par la vallée du Petit Morin ; elle s'écoule sensiblement vers le Nord-Ouest dans la commune de Verdelot en rive gauche du Petit Morin ;

son niveau piézométrique est voisin de la cote + 100 et se trouve donc sensiblement au niveau du fil de l'eau de la rivière.

En amont du secteur d'étude dans la vallée du Petit Morin, nous pouvons supposer que les alluvions et le Petit Morins sont en relation avec l'aquifère du Lutétien.

A l'échelle locale, les forages étudiés montrent que les formations du Marinésien sont à dominante marneuse.

Ces formations jouent donc, ici, un rôle d'un terrain semi-perméable séparant, plus ou moins parfaitement, l'aquifère des calcaires du Champigny, d'un **ensemble regroupe les sables de l'Auverisien, les calcaires du Lutétien, les calcaires grossiers et les sables de l'Yprésien**.

Ce faciès semi perméable est confirmé par :

- Les sources liées à la présence des marnes supragypseuses à la cote 170-180 m NGF
- Les sources liées à la présence des formations à dominante marneuse du Marinésien. Ce sources, plus productives que les précédentes vidangent l'aquifère formé par les calcaires de Champigny. Elles sont situées à la cote 140-150 m NGF.

L'aquifère capté par les forages est donc l'ensemble l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur composé des sables de l'Auverisien, des calcaires du Lutétien et des sables de l'Yprésien.

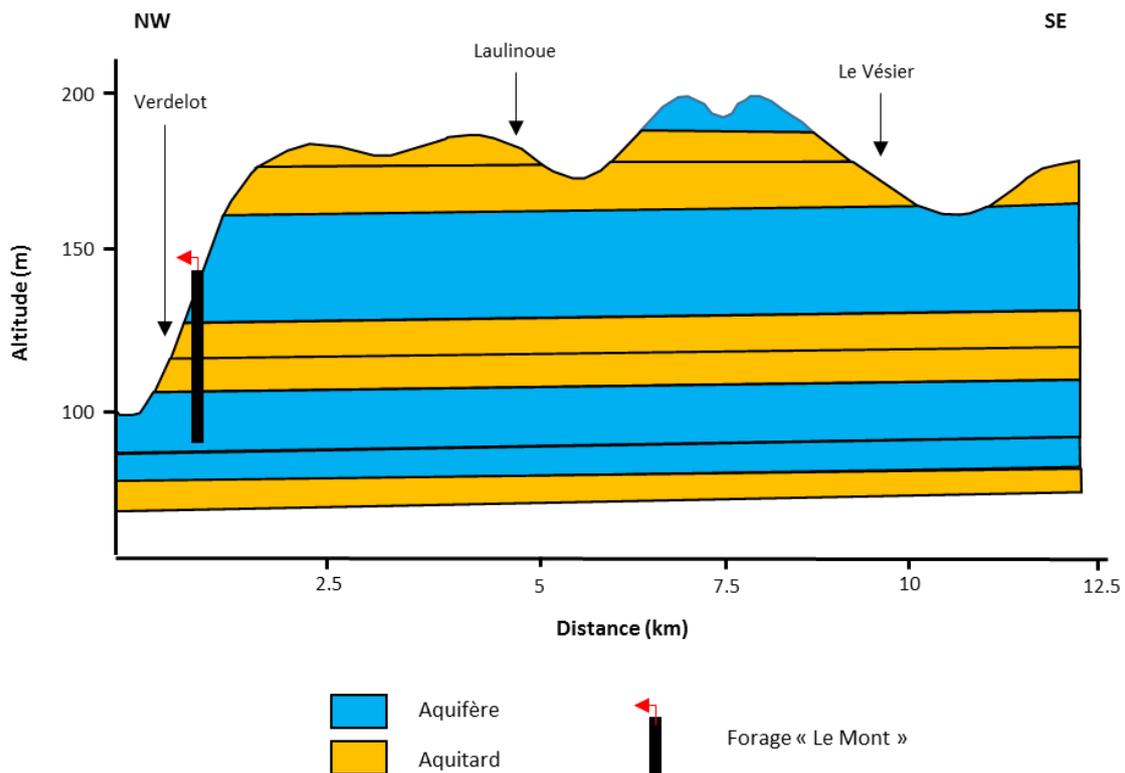


Figure 31 : Coupe hydrogéologique synthétique du secteur d'étude

4.2.3 Conditions de recharge

L'aquifère multicouches de l'Eocène inférieur et moyen non affleurant sur le secteur d'étude est alimenté par la drainance vertical des aquifères sus jacents.

Le modelé karstique caractérise un paysage affectant les régions calcaires. Il est principalement dû à la dissolution des carbonates par les eaux météoritiques chargées en gaz carbonique. On

distingue communément l'endokarst et l'exokarst, le second étant la manifestation des phénomènes de dissolution à la surface du sol (doline, mardelles et dépressions).

Peu de trace du modelé karstique ont été mise en évidence dans le secteur d'étude.

Cependant, les calcaires de Champigny qui affleurent à flanc de coteaux sont connus pour être fissurés, certaines fissures s'ouvrant en de véritables conduits karstiques.

Les bancs calcaires constitutifs du faciès Marnes et caillasses sont aussi connus pour être parcourus par des fissures d'ouverture décimétriques.

Enfin, le commentaire de la coupe stratigraphique du forage réalisé par SAFEGE mentionne des zones très fracturées dans les calcaires grossiers du Lutétien.

Une continuité des conduits karstiques ouverts dans les calcaires de Champigny avec les fissures des formations sous-jacentes pourrait conduire les eaux d'infiltration des sources jusqu'à la ressource captée par des transferts verticaux très rapides.

En amont du secteur d'étude dans la vallée du Petit Morin, nous pouvons supposer que les alluvions et le Petit Morins sont en relation avec l'aquifère du Lutétien.

Des modifications anthropiques des conditions naturelles de recharge sont constatées sur le secteur d'étude. En effet, quelques parcelles agricoles peuvent être drainées.

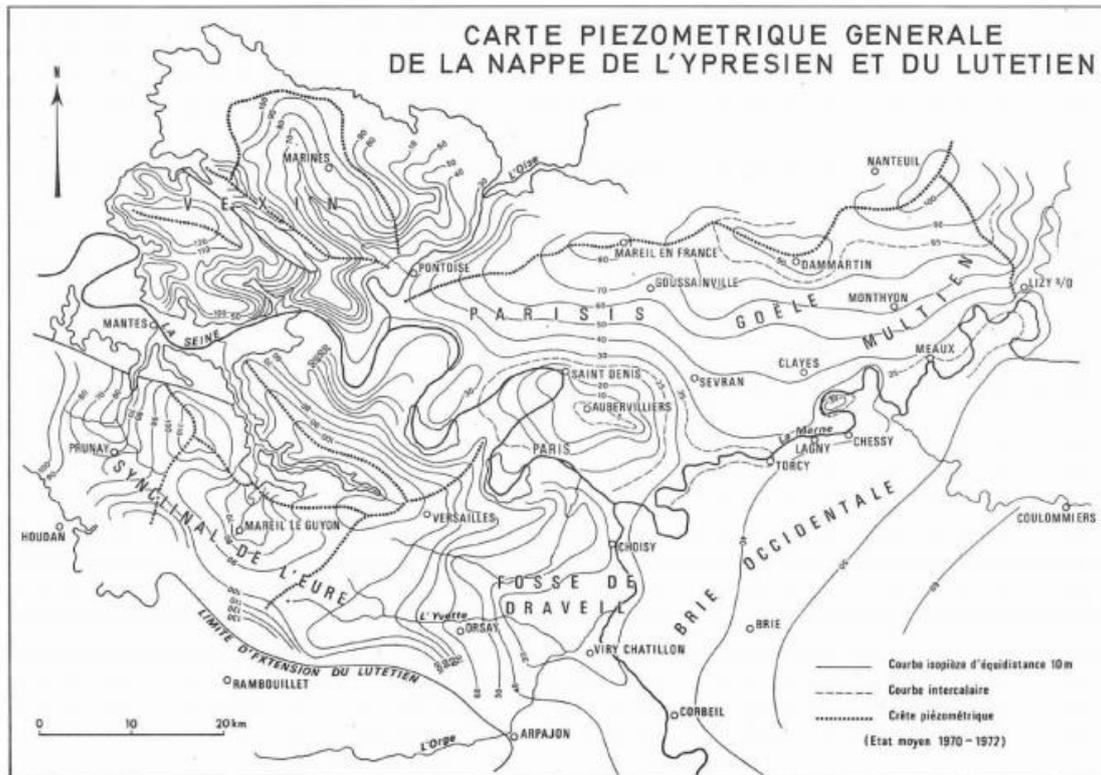
4.2.4 Piézométrie

Les cartes piézométriques de référence de la nappe de l'Eocène moyen et inférieur ont été réalisées à trois périodes :

Sur l'ensemble du Bassin parisien, les cartes piézométriques disponibles du Lutétien et de l'Yprésien supérieur ont été réalisées entre 1962 et 1975, par carte géologique au 1/50000. Chaque carte a fait l'objet d'une recherche de point d'eau et de mesures sur une année. Ces piézométries ne sont donc pas synchrones et ne distinguent pas les nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur, lorsqu'elles sont individualisées. En effet, ces cartes piézométriques ainsi que leurs synthèses régionales présentent la piézométrie d'un système unique dit de « l'Eocène moyen et inférieur » regroupant les formations du Lutétien et de l'Yprésien supérieur.

- Carte générale de la nappe du Lutétien-Yprésien, de 1970 à 1972 *source : Hydrogéologie du centre du bassin de Paris : contribution à l'étude de quelques aquifères principaux. Thèse Université Paris VI. Mémoires du BRGM n° 98 (C. Mégnien, 1979)*

La carte ne couvre pas le secteur d'étude.



Forages

Source : Mégnié C., 1976 (p416)

Figure 32 : Carte générale de la nappe du Lutétien-Yprésien, de 1970 à 1972 (Source : Cl. Mégnié, Atlas des aquifères du bassin parisien, 1976)

- Carte de la nappe de l'Éocène inférieur dans le secteur de la Brie, année 1974 source : Alimentation en eau potable des villes nouvelles du sud-est de la région parisienne. Note technique n°6 - Relations entre la nappe des calcaires de Champigny et celle de l'Yprésien, Rapport BRGM - NOTE/74-BDP-005.

La première carte date de 1974 et représente les hautes eaux estimées par BURGEAP-BRGM [Mégnié et al., 1979]. Le sens d'écoulement des eaux est orienté Est-Ouest. La vallée du Petit Morin est l'exutoire principal de cette nappe dans la zone d'étude.

La carte concerne uniquement la rive gauche du Petit Morin. Les forages sont situés en limite de la zone couverte par la carte. Elle est peu précise à l'échelle des forages, elle ne sera pas retenue pour la suite du projet.

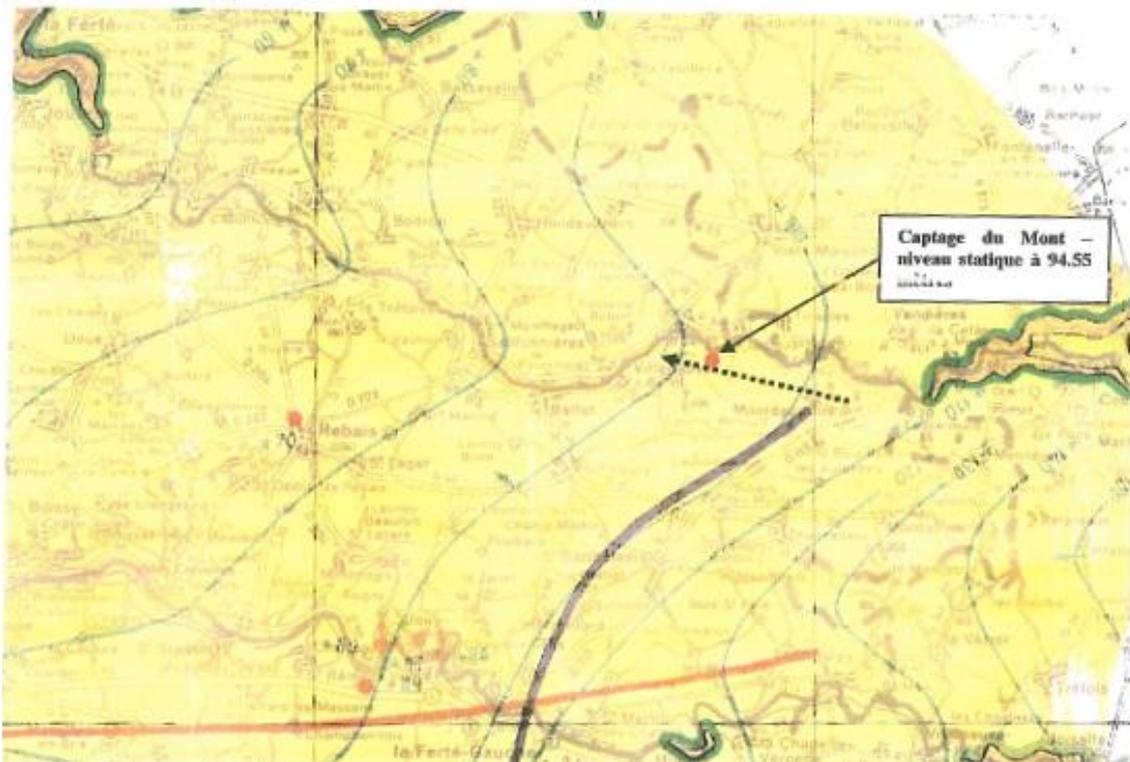


Figure 33 : Carte de la nappe de l'Éocène inférieur dans le secteur de la Brie, année 1974 (Source : Cl. Mégrien, Atlas des aquifères du bassin parisien, 1979)

○ Cartes piézométriques basses eaux 2013 et hautes eaux 2014 des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans le Bassin Parisien. source : Rapport BRGM/RP-64887-FR

La carte de la nappe du Lutétien hautes eaux 2014 couvre largement la zone d'étude.

Les situations de basses eaux et de hautes eaux sont identiques sur le secteur d'étude nous retiendrons la situation de basses eaux pour délimiter la portion de nappe du captage.

Cependant, il faut noter que les points d'eau sont principalement situés dans les vallées de la Marne, du Petit Morin et du Grand Morin où les calcaires du Lutétien sont les moins profonds. Les isopièzes sur les plateaux sont donc fiables.

Il est difficile de distinguer les surfaces piézométriques du Lutétien et de l'Yprésien supérieur puisqu'en général les niveaux statiques s'équilibrent. Les argiles de Laon ne seraient présentes qu'à l'extrême nord-est de la Brie et les nappes du Lutétien et de l'Yprésien sont souvent considérées comme étant en continuité.

Le sens d'écoulement général s'effectue vers l'ouest et fait ressortir la forte influence des vallées de la Seine et de la Marne et des structures synclinales qu'elles empruntent : fosse de Draveil Melun d'un part et fosse de Saint-Denis d'autre part. De manière générale, les crêtes piézométriques sont présentes sous les plateaux et les cours d'eau jouent un rôle important de drainage de la nappe.

La nappe est très plate et les gradients hydrauliques demeurent faibles. Au droit des captages, le gradient hydraulique est d'environ 3‰.

En amont du secteur d'étude au droit de la commune de Montmirail dans la vallée du Petit Morin, l'interprétation de la piézométrie par le BRGM laisse penser à une zone de recharge significative de l'aquifère des calcaires du Lutétien affleurants. Toutefois à ce stade, nous ne disposons pas d'informations de relation entre cette zone de recharge des calcaires du Lutétien et les forages de la commune de Verdelot.

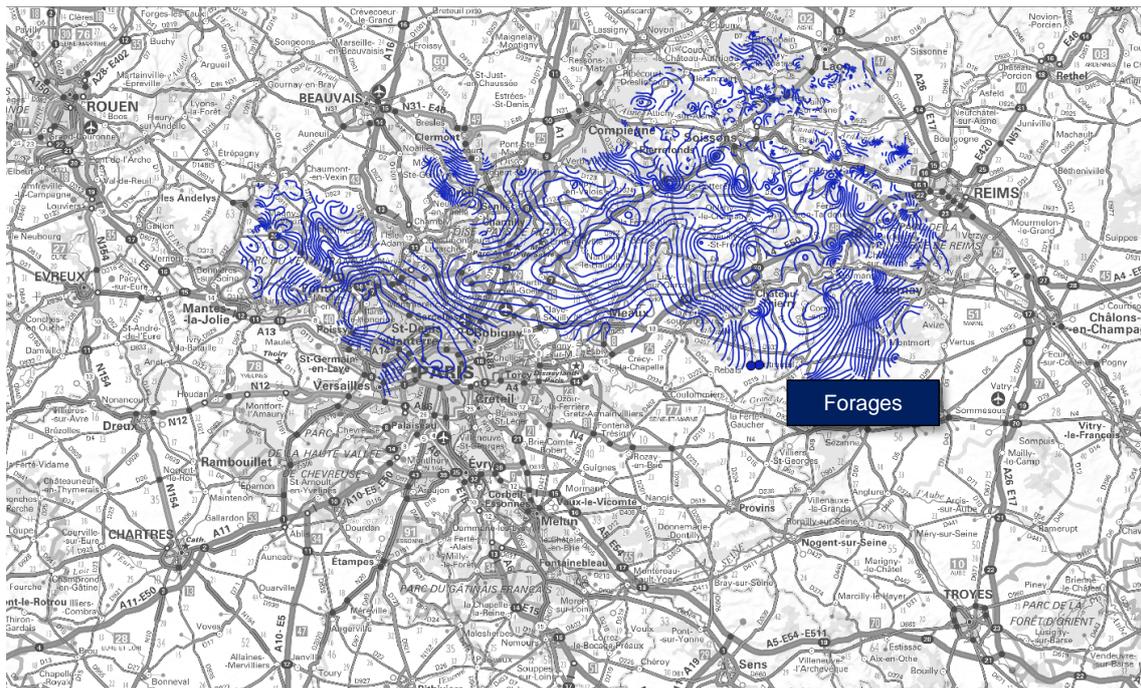


Figure 34 : Carte piézométrique de l'aquifère du Lutétien basses eaux 2013 (Source : RP-64887-FR, 2015)

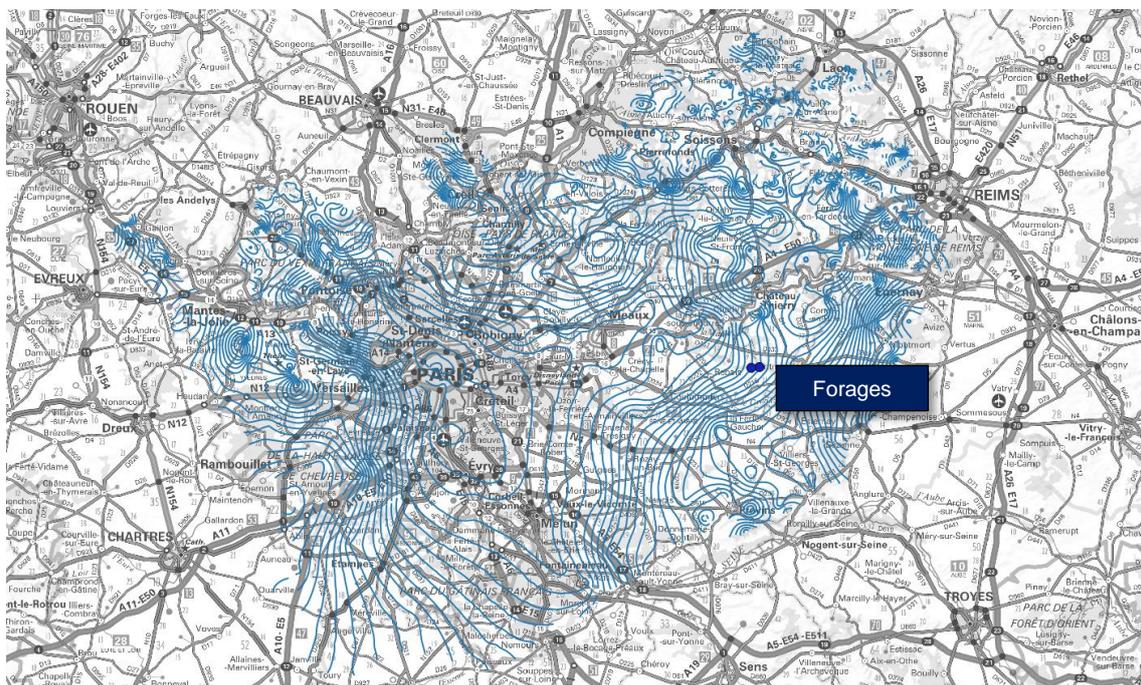


Figure 35 : Carte piézométrique de l'aquifère du Lutétien hautes eaux 2014 (Source : RP-64887-FR, 2015)

Il n'existe pas de périmètre à proximité du secteur d'étude permettant d'apprécier les fluctuations piézométriques de la nappe.

4.2.5 Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

4.2.5.1 Résultats d'essai

○ Pompage MASSE, octobre 1992, essais par paliers

Deux essais par paliers ont été réalisés sur le captage Le Mont en octobre 1992 : le premier avant l'acidification de l'ouvrage et le second après. L'essai retenu par la suite est le second, après l'acidification. Cet essai a comporté quatre paliers de 1 heure non enchaînés avec une durée de remontée d'aussi 1 heure. Les caractéristiques de l'essai sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1992)

Débit (m3/h)	Niveau initial (m)	Niveau dyn. (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m3/h/m)	Rabattement spécifique (m/m3/h)	Pertes de charge quadratique (% rabattement)
14.6	48.05	48.26	0.21	69.5	1.43E-2	30%
30.5	48.05	48.60	0.55	55.5	1.80E-2	47%
46.3	48.05	49.10	1.05	44.1	2.27E-2	58%
59.6	48.05	49.68	1.63	36.6	2.68E-2	64%

Les conclusions de l'essai par paliers après acidification sont :

- Débit critique non atteint à 59.6 m3/h.
- Débit spécifique de 36.5 m3/h à 59.6 m3/h.
- Equation de perte de charge de l'ouvrage : $s = 0.00975*Q + 0.000288*Q^2$

En novembre 1992, un pompage complémentaire a été réalisé afin de mieux cerner le débit critique de l'ouvrage. Cette opération a comporté deux paliers d'une heure, chaque palier étant suivi d'une remontée d'une durée équivalente. Les résultats des essais sont présentés ci-dessous.

Tableau 6 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1992)

Débit (m3/h)	Niveau dyn. (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m3/h/m)
46	48.61	0.91	50.5
65	49.38	1.68	38.7

Les nouvelles conclusions apportées sont :

- Débit critique en-deçà de 65 m3/h.
- Rabattement maximal admissible inférieur à 5 m.

○ Pompage MASSE, octobre 1992, essai de longue durée

Pendant la même année, un essai de longue durée a été réalisé sur le captage Le Mont pendant 49.5 heures à un débit de 59.6 m3/h. Cet essai a fait l'objet d'un suivi de niveaux uniquement sur l'ouvrage de pompage. On ne peut donc en déduire un coefficient d'emmagasinement. Ce dernier a donc été évalué à l'aide du pompage d'essai par paliers en ne prenant en compte que les pertes de charges de la nappe (linéaires).

Les paramètres hydrodynamiques retenus lors de cet essai sont ;

- $T = 1.5.E-2 \text{ m}^2/\text{s}$
- $S = 5.E-3$

4.2.5.2 Synthèse des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

Nous retiendrons les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère suivantes.

Tableau 7 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

Paramètre	Valeurs	Commentaire
Transmissivité	10^{-2} à $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Donnée de terrain mesurée au droit du captage de Doue considérée comme homogène sur le bassin versant
Porosité efficace	5%	Donnée bibliographique
Coefficient d'emmagasinement	$5 \cdot 10^{-3}$	Donnée bibliographique
Gradient hydraulique	4‰	Données mesurées sur la base de la carte piézométrique CEMAGREF de 1981
Drainance	-	Drainance verticale des calcaires de Champigny vers l'aquifère capté
Vitesse moyenne	126 m/an	

4.2.6 Relation avec les cours d'eau, distance, alimentation (pourcentage), colmatage,...

Pour rappel, les essais de pompage n'ont pas montré de relation avec des cours d'eau.

4.2.7 Echanges avec d'autres aquifères

Le schéma hydrogéologique du secteur d'étude confirme une drainance verticale des aquifères sus jacent des calcaires de Champigny vers l'aquifère capté. Il s'agit d'une drainance verticale gravitaire.

L'aquifère capté est rechargé par drainance verticale uniquement.

4.2.8 Rôle des failles

Pour rappel, aucune faille n'a été identifiée sur le secteur d'étude.

4.3 Pluie efficace ou drainance

D'après [S. Bellier, 2013], la drainance verticale de l'aquifère des calcaires de Champigny vers l'aquifère Marinésien/Lutétien/Yprésien (Eocène moyen et inférieur) à travers les marnes infraludiennes est estimée à 42 mm/an.

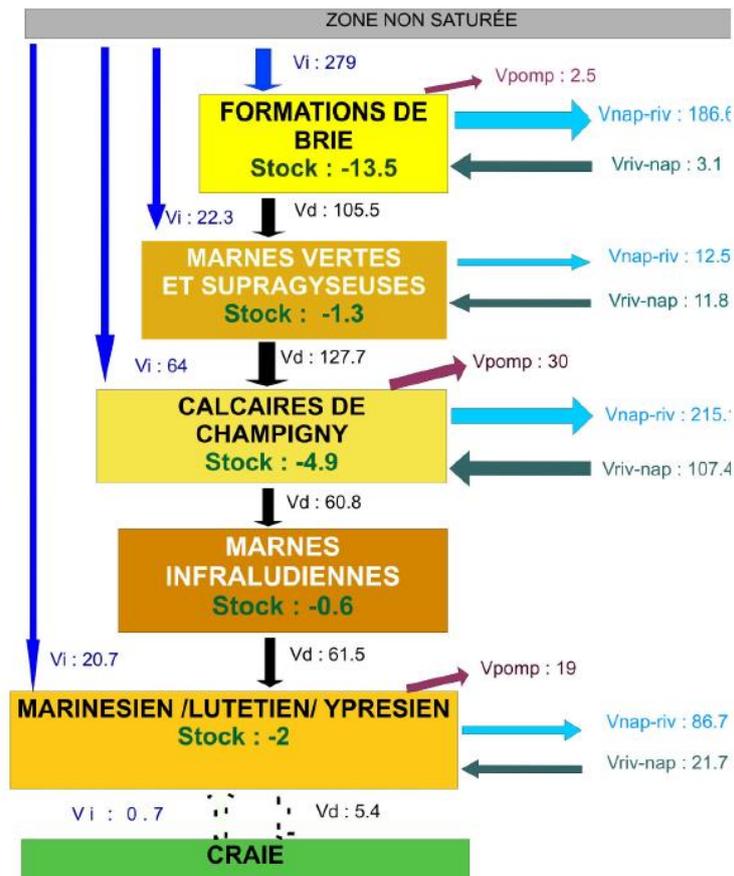


Figure 36 : Bilan en Mm3.an-1 sur l'ensemble de la zone d'étude entre 1971 et 2011. (Source : S. Bellier, 2013)

Vi : volume provenant des zones d'affleurements, *Vpomp* : volume pompé, *Vnap-riv* volume sortant par les rivières, *Vriv-nap* volume échangé entre les rivières et les nappes, *Vd* : volume échangé par drainance descendante, *Vstock* volume d'eau déstocké (< 0) ou stocké dans l'aquifère (> 0).

4.4 Qualité des eaux

4.4.1 Mesures de contrôle de la qualité de l'eau

L'eau prélevée par les forages présente régulièrement des non-conformités aux nitrates et aux pesticides d'après les relevés de l'ARS disponible sur la banque de données ADES pour la période 1997-2014.

Le forage Le Mont dispose de 9 prélèvements d'eau brute durant la période du 19/06/1997 au 13/06/2013, soit 831 analyses disponibles.

Le forage Basse Croix dispose de 9 prélèvements d'eau brute durant la période du 24/06/1998 au 29/05/2012, soit 830 analyses disponibles.

Les forages prélèvent au maximum 500 m3/j. Conformément à l'arrêté du 21 janvier 2010 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, la fréquence des prélèvements d'échantillons d'eau et d'analyses à effectuer chaque année est :

- sur la ressource :
 - une analyse de type RP tous les deux ans.

- 2 analyses de type RS.
- 4 analyses de type RSadd.
- Sur la distribution :
 - 3 analyses de type P1.
 - 1 analyse de type P2.
 - 9 analyses de type D1.
 - 1 analyse de type D2.

Pour le forage Basse Croix, nous avons complété les données d'eau brute, avec certaines données d'eau distribuée issues de la base de données OROBNAT à partir de 2000 (historique complet pour les nitrates). En effet, ce complément est acceptable en raison de l'absence de traitement avant distribution, à l'exception d'une désinfection par chloration. Etant le forage le plus proche du Petit Morin, nous avons cherché à identifier en priorité des indices des variations importantes au cours du cycle hydrologique mais aussi d'éventuels indices de relation avec le cours d'eau Petit Morin.

Pour le forage Le Mont, nous avons uniquement compléter les données d'eau brute, avec toutes les données disponibles d'eau distribuée issues de la base de données OROBNAT.

4.4.2 Caractérisation de l'aquifère

Pour rappel, un aquifère continu se caractérise par des paramètres stables ou des variations limitées au cours du cycle hydrologique. Un aquifère discontinu fissuré ou karstique se caractérise par des variations importantes au cours du cycle hydrologique.

4.4.2.1 Température

L'évolution de la température des eaux captées par les forages montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu.

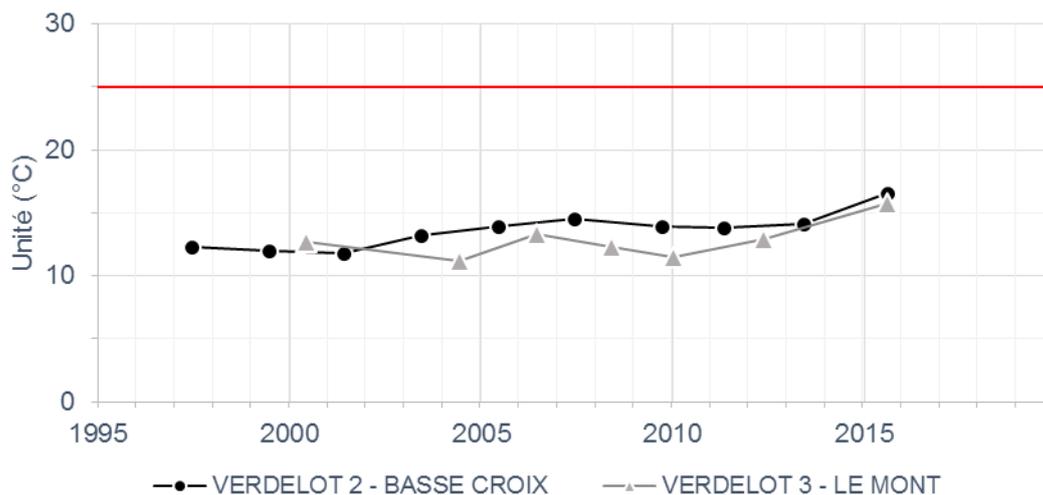


Figure 37 : Evolution des températures des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.2.2 Conductivité

L'évolution de la conductivité des eaux captées par les forages montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu.

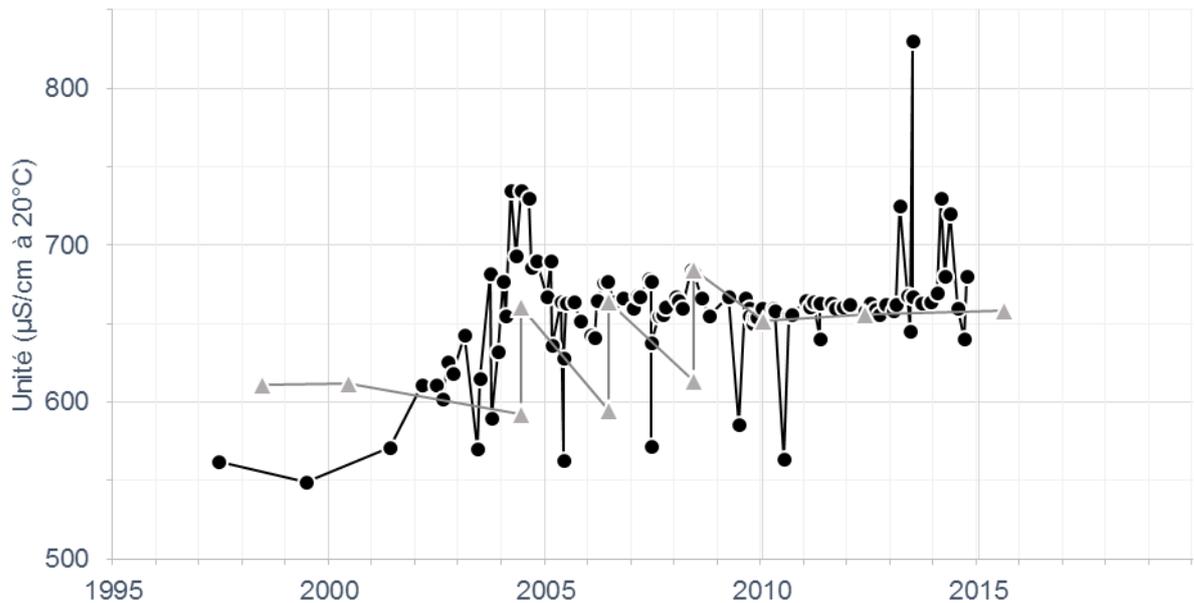


Figure 38 : Evolution de la conductivité des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.2.3 Turbidité

L'évolution de la turbidité des eaux captées par les forages montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu.

Les valeurs élevées observées sur le forage Basse Croix entre 2013 et 2015 sont dues au réseau de distribution.

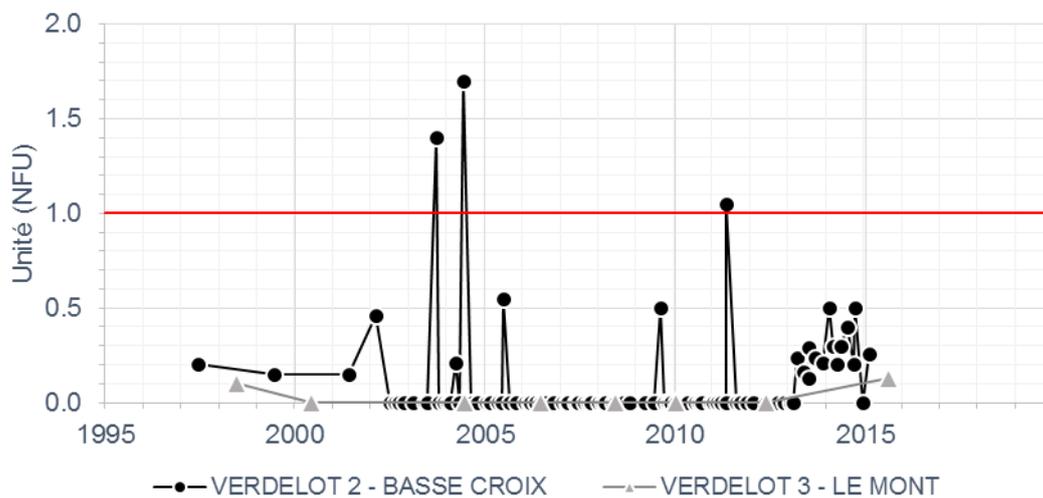


Figure 39 : Evolution des teneurs en turbidité des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.2.4 Hydrochimie

L'évolution de l'hydrochimie des eaux captées par les forages montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu. Elles sont conformes à la qualité de la nappe du Lutétien.

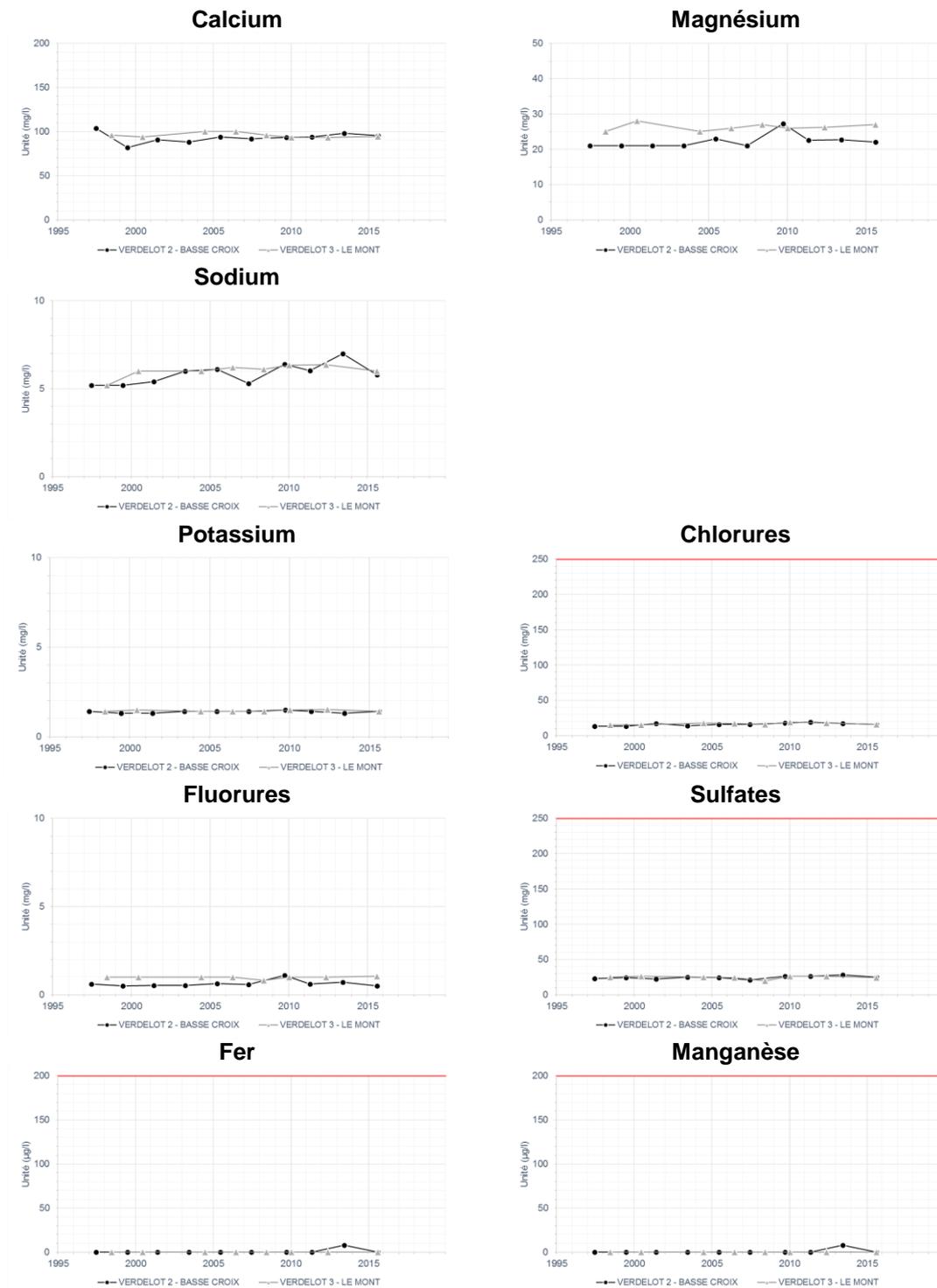


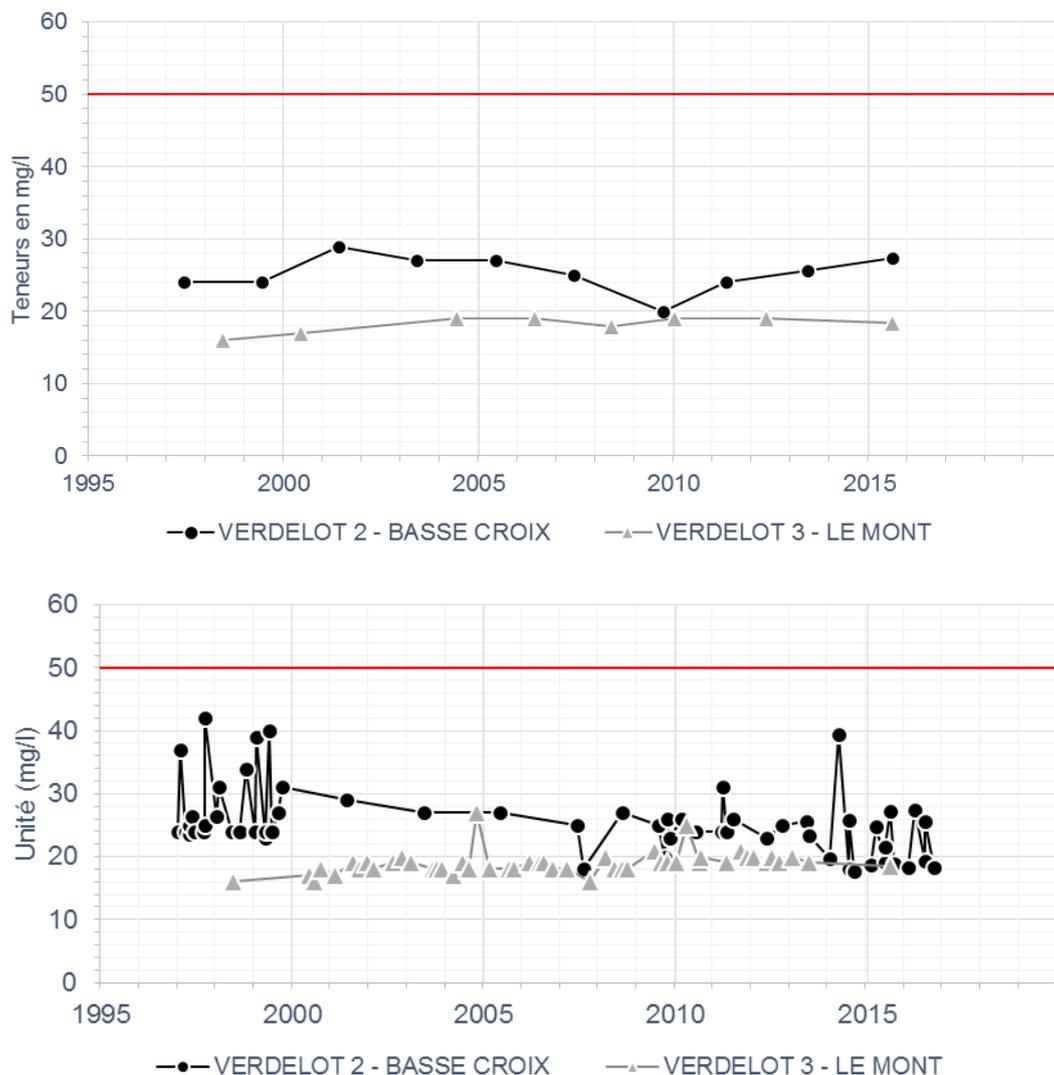
Figure 40 : Evolution de la minéralisation et des ions majeurs des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.3 Caractérisation des pollutions diffuses

4.4.3.1 Cas des nitrates

L'évolution des teneurs en nitrates des eaux captées par le forage Le Mont montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu. La valeur moyenne des teneurs en nitrates est de 20 mg/l.

L'évolution des teneurs en nitrates des eaux captées par le forage Basse Croix montre des variations ponctuelles importantes au cours du cycle hydrologique pouvant atteindre 5 à 10 mg/l, caractéristique d'un aquifère discontinu ou karstique ou en relation avec un cours d'eau. Ces variations sont plus particulièrement observées au mois d'avril à mai et en octobre. Ce comportement est un indice potentiel de l'influence de la zone de recharge de la nappe par le cours d'eau. La valeur moyenne des teneurs en nitrates est de 25 mg/l.



4.4.3.2 Cas des pesticides

Les eaux brutes des forages sont concernées par la présence d'Atrazine et de Déséthyl Atrazine, signes d'une pollution diffuse.

4.4.3.2.1 Atrazine

L'évolution des teneurs en Atrazine des eaux captées par les forages montre une évolution stable à la baisse depuis les années 2010, caractéristique d'un aquifère continu.

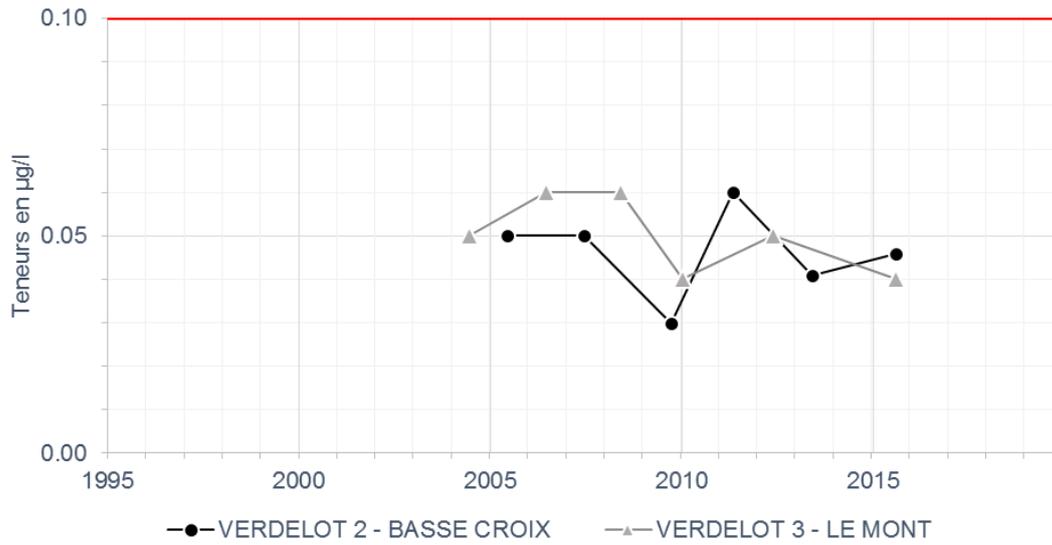


Figure 42 : Evolution des teneurs en Atrazine des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.3.2.2 Déséthyl atrazine

L'évolution des teneurs en Déséthyl Atrazine des eaux captées par les forages montre une évolution stable indépendante du cycle hydrologique, caractéristique d'un aquifère continu. Les valeurs sont élevées et supérieures à la limite de qualité.

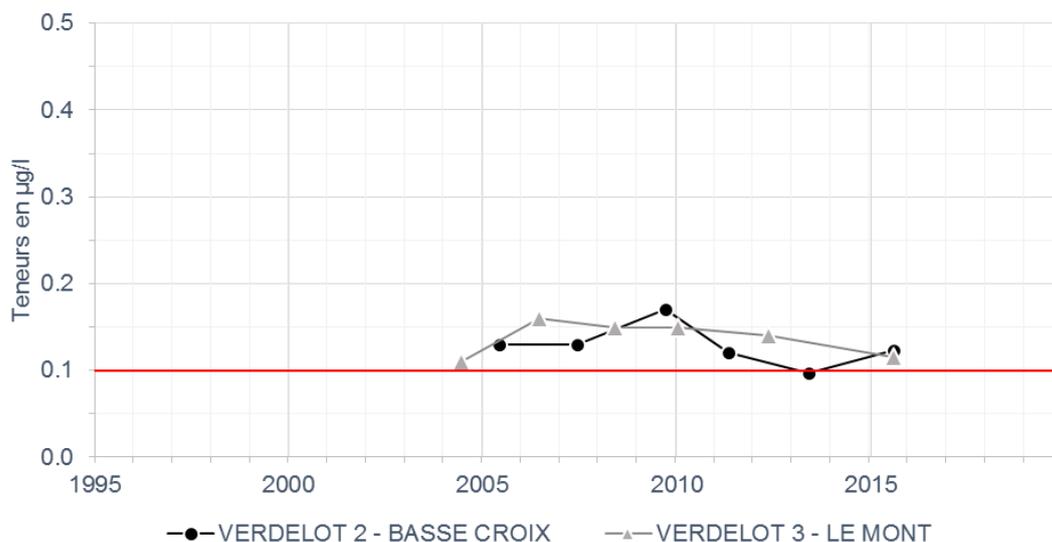


Figure 43 : Evolution des teneurs en Déséthyl Atrazine des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.3.3 Sélénium

L'évolution des teneurs en sélénium des eaux captées par les forages montre une variation importante. Dans le cas des forages, l'origine du Sélénium est géologique et naturelle. Les variations sont le reflet de modification de condition d'exploitation des ouvrages ou de lessivage d'horizons à Sélénium.

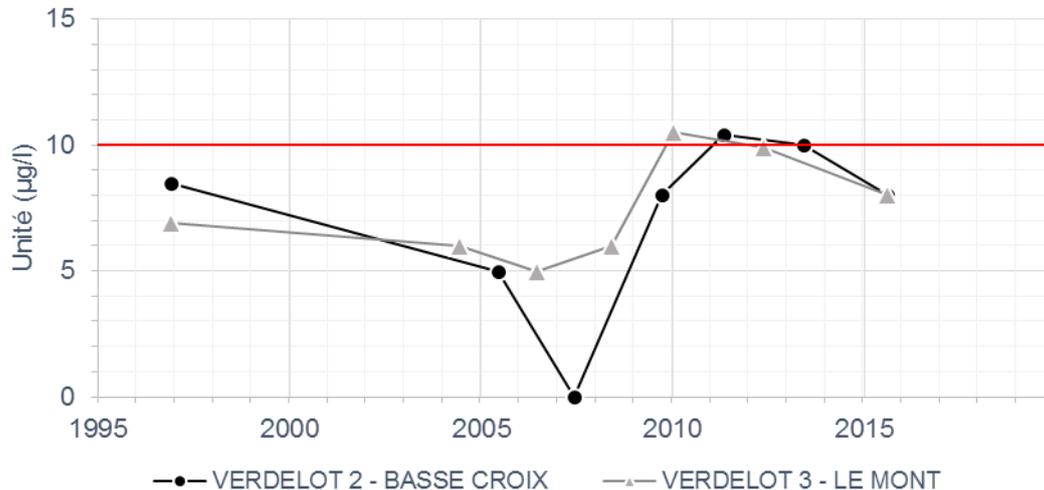


Figure 44 : Evolution des teneurs en Sélénium des eaux brutes des forages (Source : ADES)

4.4.4 Causes probables de pollution

Les causes probables de la pollution observée sont :

- Anthropique
 - pour les nitrates : pratiques agricoles et/ou pratiques d'assainissement individuel ou collectif.
 - Pour les pesticides : pratiques agricoles et/ou pratiques privées.
- Naturelle et géologique pour les teneurs en Sélénium.

4.5 Vulnérabilité de la ressource

4.5.1 Cartes de vulnérabilité existantes

Le secteur d'étude est concerné par les cartes de vulnérabilité suivantes :

- Carte de vulnérabilité des nappes d'Ile-de-France (source : carte de synthèse établie par la DRE, à partir d'études du BRGM, numérisée par l'IAURIF et complétée par la DIREN).
- Carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie

Compte-tenu de ces méthodologies et des retours d'expérience qui leurs sont associés, la carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie s'est basée sur la combinaison de deux critères :

L'épaisseur de la zone non saturée (ZNS) : déduite de l'approche régionale des niveaux d'eau souterraine comparée au modèle numérique de terrain au pas de 50 m.

L'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) qui tend à unifier et simplifier l'approche géomorphologique relative à la nature des formations de couverture des premières nappes rencontrées. Il permet une analyse régionale simplifiée de la vulnérabilité des eaux qui en l'absence de données précise du milieu saturé, s'applique aux nappes dites phréatiques.

La carte réalisée correspond à une combinaison 50/50 des critères ZNS et IDPR, à laquelle s'ajoute :

- un seuil, lorsque la ZNS est inférieure à 3 m, pour lequel la vulnérabilité intrinsèque est classée très forte
- le recensement de cavités, gouffres, dolines (exprimé par une densité de cavités au km²)

Ces cartes localisent les forages dans des zones vulnérables à très vulnérables pour la première ressource rencontrée. Pour rappel, les forages captent un aquifère semi captif sous la première nappe rencontrée.

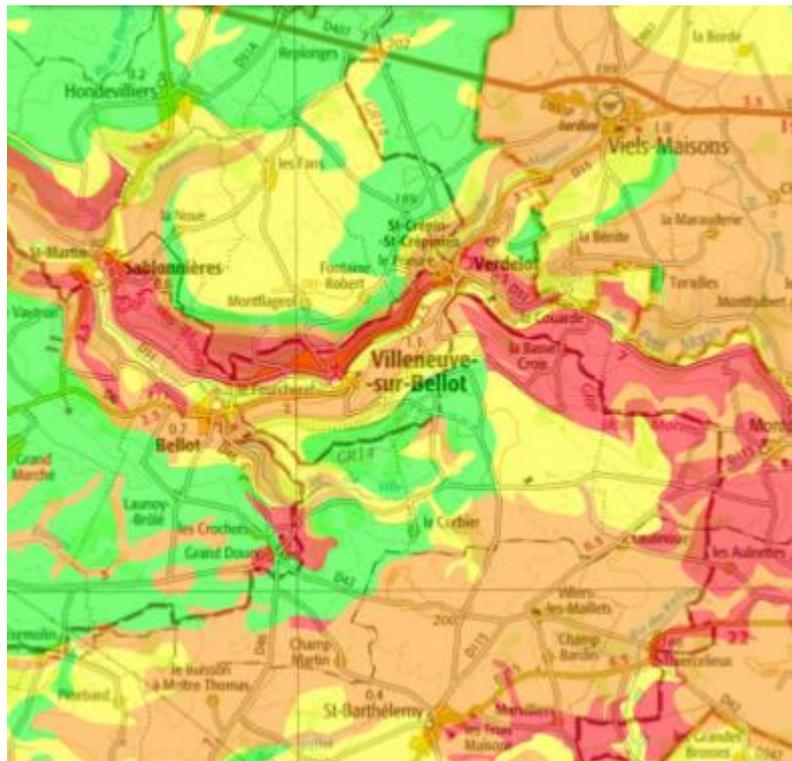


Figure 45 : Carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie (Source : BRGM)

4.5.2 Nature et épaisseur des couches de protection

A l'aplomb du plateau et au droit des captages, l'horizon constitué par les Calcaires du Lutétien inférieur est surmonté par les Marnes et Caillasses (Lutétien supérieur) épais d'une quinzaine de mètres, puis par les Sables plus ou moins argileux de Beauchamp (Bartonien inférieur) dont la puissance est d'environ 10 m.

Au vu des teneurs en nitrates mesurées entre 20 et 30 mg/l sur les captages, nous considérons que ces couches forment une bonne protection de l'aquifère des calcaires du Lutétien.

4.5.3 Points d'absorption naturels ou artificiels

Aucune cavité souterraine, points d'absorption naturels ou artificiels n'est recensé sur la commune de Verdelot ou les communes limitrophes.

4.5.4 Contexte pédologique

La zone d'étude est couverte par deux cartes pédologiques à l'échelle 1/ 250 000 couvrant l'Île-de-France et la Marne.

Nous disposons des données de l'Île de France et nous sommes en cours d'acquisition de la carte de la Marne.

Dès réception, nous pourrions harmoniser les deux cartes (temps supplémentaire à prévoir) sous réserve de l'accord du comité de pilotage (cf. Chapitre 6).

4.5.5 Réseaux de drainage agricole

A ce stade, nous sommes toujours en cours de collecte d'information (Communes, Chambre d'agriculture et DDT).

4.6 Typologie du système aquifère

L'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain a permis de définir le type d'aquifère concerné par le captage en répondant aux principales questions suivantes :

- Quelle est la nature du captage ?
- Quel type d'aquifère captée par l'ouvrage ?
- Le système considéré est-il libre, semi captif, ou captif ?
- Quelles sont les limites du bassin versant hydrogéologique à l'intérieur duquel se trouve le captage ?
- L'écoulement des eaux souterraines dans l'aquifère est-il unidirectionnel
- En cas de présence avec un cours d'eau, quelle est la nature de la relation nappe rivière ?
- Des phénomènes de drainance peuvent ils se produire et alimenter l'aquifère ?
- La protection naturelle de l'aquifère capté a-t-elle été modifiée par l'homme ?

Les priorités des cellules en **trame verte** gras ont été mises en évidence par l'étude.

Les propriétés des cellules en **trame orange** n'ont pas été mises en évidence par l'étude.

Le système aquifère concerné par les forages de Verdelot est de type continu, fissuré faiblement hétérogène, même si l'aquifère est susceptible de développer aussi un caractère karstique.

Tableau 8 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM)

Formation	Roches sédimentaires, socle, altéré	Roches sédimentaires et métamorphiques, socle	Roches sédimentaires
Lithologie	Calcaire, sable, grès, craie, arène granitique	Calcaire, grès, craie, granite, schistes, gneiss	Calcaire, dolomie, craie calcaires marneux
Structure	Milieu poreux homogène ou fissurée homogène	Milieu hétérogène : présence de discontinuités délimitant des blocs avec réseaux de fractures	Structure karstique : milieu très hétérogène : réseau de drainage souterrain
Géomorphologie	Absence de zones d'infiltration préférentielle	Présence de zones d'infiltration préférentielle, d'érosion le long de fractures ou d'ouverture importante des systèmes de discontinuité	Présences de zones d'infiltration préférentielles : dolines gouffres, avens, pertes en rivières, bétoires
Taille du bassin versant souterrain	Variables : pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres	Généralement de petite taille : quelques km ²	Variables : pouvant atteindre plusieurs dizaines voire centaines de km ²
Débit de production	Moyen à élevé : 30 à 200 m ³ /h	Faible < 5 m ³ /h	Peut être très élevé : 1000 m ³ /h
Fluctuation de débit (source)	faibles	fortes	Très fortes : réponse impulsionnelle à un épisode pluvieux
Température	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Conductivité	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Hydrochimie	stable	Variations importantes au cours du cycle hydrologique	Variations importantes au cours du cycle hydrologique
Turbidité	rare	Possible après de fortes pluies	Possible après de fortes pluies
Surface piézométrique	Relativement plane	Souvent corrélée à la surface topographique	
Variation du niveau piézométrique	Fluctuations annuelles faibles à moyennes	Fluctuations annuelles faibles	Hétérogène en fonction des vides recoupées ; mise en charge rapide, plusieurs dizaines de mètres
Infiltration	lente	Mixte : rapide au niveau des discontinuités principales et lente ailleurs	Mixte : très rapide au niveau des pertes... et diffuse et lente ailleurs
Perméabilité	Variable mais généralement < 0.1 m/s	Mixte : forte au niveau des fractures, faible ailleurs	
Porosité	D'interstices comprise entre 5 et 30%	Double porosité : interstices et fractures ; porosité d'interstices très faibles < 5%	Double porosité : interstices et fractures ; porosité d'interstices très faibles < 5%
Vitesse de transit	Globalement faible < 1 m/j	Importante : de 1 m/j à 1 m/h	Très importante : de 10-50 m/h voir 100 m/h
Temps de transits entre le captage et les zones du BAC	Augmente globalement à mesure que l'on s'éloigne du captage	Rapides : quelques jours à quelques heures ; n'augmente pas forcément à mesure que l'on s'éloigne du captage	Très rapide : quelques heures
Essai de traçage	Dispersion du pic sur une longue période	Taux de restitution élevé et pic peu dispersé dans le temps en fonction du degré de connexion hydraulique	Taux de restitution élevé et pi peu dispersé dans le temps
Temps de séjour de l'eau dans l'aquifère	Peut-être important sauf dans les alluvions	Mélange des eaux à temps de résidence court et long	Court de manière générale, fonction de l'inertie du système (quelques jours à quelques mois)
Système aquifère	Continu	Discontinu fissuré	Discontinu karstique

5 DELIMITATION DE L'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

5.1 Méthodologie, cas d'un système aquifère continu

Conformément au guide méthodologique, la délimitation de l'aire d'alimentation de captage passe par :

- La détermination de la surface approximative de l'aire d'alimentation de captage par un bilan hydrique annuel
- La délimitation de la zone d'appel du captage en pompage par une approche analytique (logiciel BRGM ZAPPEL) et la fermeture de la courbe enveloppe en amont par la crête piézométrique.
- L'identification de la zone en surface susceptible d'influer sur la qualité de l'eau du captage.

5.2 Bilan hydrologique simplifié

Un bilan hydrologique simplifié permet d'estimer la surface nécessaire à l'alimentation du captage, en supposant une alimentation intégralement par la craie du coteau.

Considérant des prélèvements moyens annuels des deux forages de 250 000 m³ (maximum observé sur les 5 dernières années et une recharge annuelle moyenne de 42 mm (drainance verticale à travers les marnes infraludiennes), **la surface théorique nécessaire pour alimenter les forages est estimée à environ 60 ha.**

5.3 Zone d'appel

Les paramètres suivants ont été pris en compte pour les calculs :

- Épaisseur mouillée de l'aquifère = 15 m,
- Transmissivité = 1.5×10^{-2} m²/s,
- Porosité cinématique : 5 %,
- Gradient hydraulique local = 4 ‰,
- Débit d'exploitation = 60 m³/h pour le forage Le Mont et pour le forage Basse Croix.

Une zone d'appel théorique du pompage a été calculée à l'aide de la méthode de Wyssling dont les formules sont rappelées ci-dessous, avec :

b = épaisseur de l'aquifère (m)

K = perméabilité de l'aquifère (m/s)

i = gradient piézométrique

Q = débit de pompage (m³/s)

B, la largeur du front d'appel est égale à $B = \frac{Q}{Kbi}$ (en m),

x₀, le rayon d'appel est égale à $x_0 = \frac{Q}{2\pi Kbi}$ (en m)

B', la largeur du front d'appel à la hauteur du captage $B' = \frac{B}{2}$ (en m)

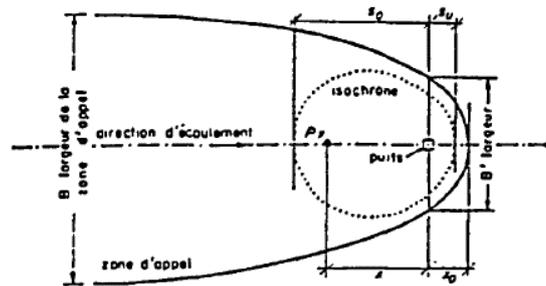


Figure 46 : Illustration des paramètres de la méthode de Wyssling (Source : BRGM)

Nous retiendrons les résultats suivants pour la délimitation de la zone d'influence des captages. La zone d'appel des forages est en limite de la vallée du Petit Morin.

Tableau 9 : Caractéristiques de la zone d'appel des captages selon la méthode de Wyssling

Paramètres	Valeur calculée	Dénomination
Largeur du front d'appel	278	B
Rayon d'appel	44	x0
Largeur du front d'appel à la hauteur du captage	139	B'

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdelot (77)
Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

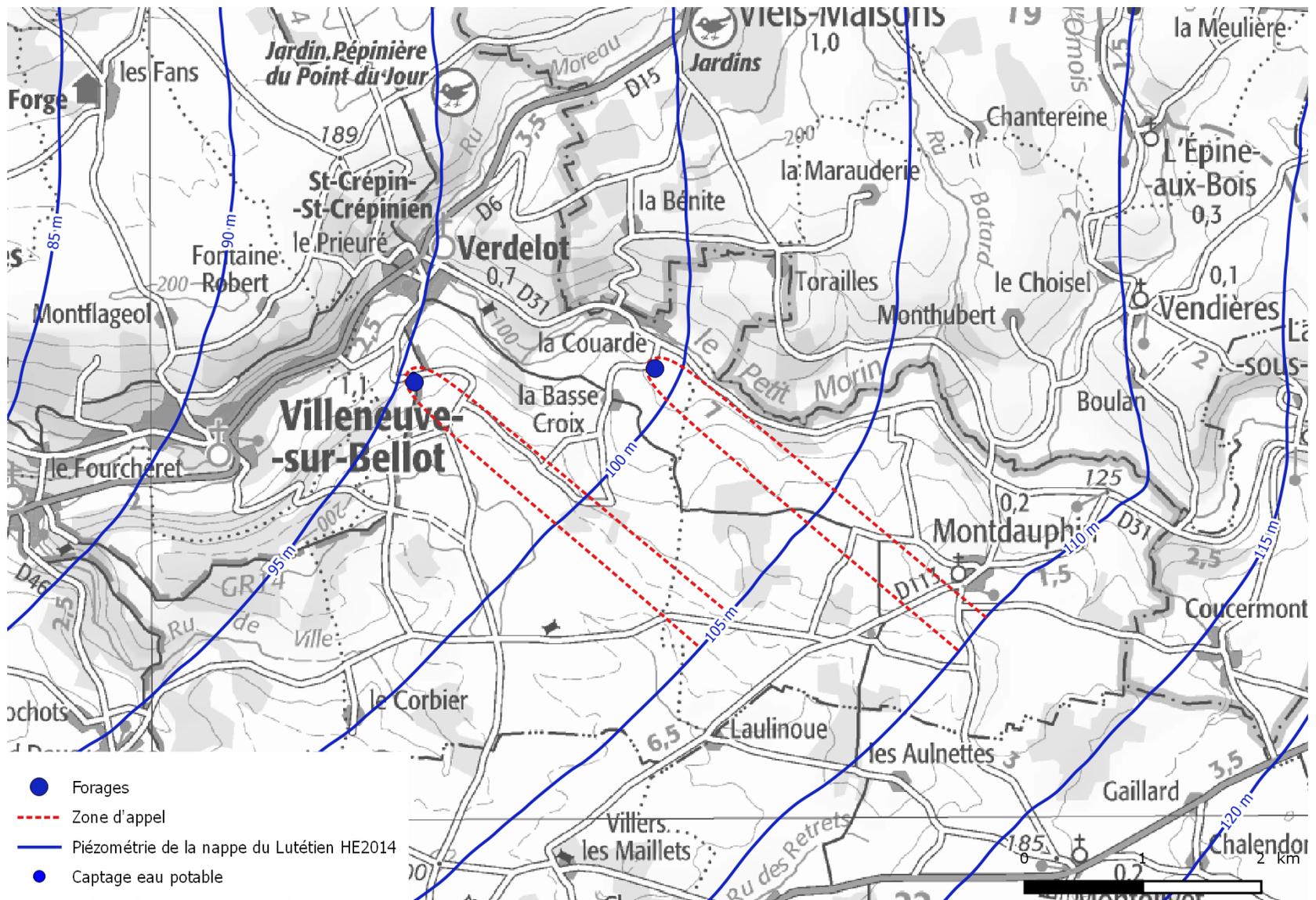


Figure 47 : Délimitation des zones d'appel des forages (Source : IGN, BRGM RP-64887-FR)

5.4 Contours de la portion de nappe alimentant les captages

La portion de nappe alimentant les captages (PNAC) est délimitée selon les critères de la zone d'appel précédemment déterminés pour la carte piézométrique de la nappe du Lutétien Hautes Eaux 2014 (BRGM RP-64887-FR) et du bassin versant topographique du captage. Elle présente les contours suivants.

Les limites A vers B sont tracées à partir du rayon d'appel et de la largeur du front d'appel déterminés par la méthode de Wyssling. L'outil ZAPPEL du BRGM a été utilisé pour calcul et dessiner cette zone d'appel. Elles correspondent à la limite aval de la portion de nappe alimentant le captage. L'indice de confiance de cette limite présente une faible incertitude.

La limite B vers C est tracée sur les isopièzes de la carte piézométrique de la nappe des calcaires du Lutétien Hautes Eaux 2014 (BRGM RP-64887-FR). Elle correspond à la ligne de partage des eaux souterraines Nord de la portion de nappe du forage Basse Croix. L'indice de confiance de cette limite présente une faible incertitude. Nous signalons que le tracé de cette limite ne concerne pas la vallée du Petit Morin.

La limite C vers D correspond à la limite amont des portions de nappe alimentant les captages. Elle se ferme par la crête piézométrique de la nappe des calcaires du Lutétien. Elle correspond à la limite d'extension des calcaires du Lutétien. L'indice de confiance de cette limite présente une faible incertitude.

La limite D vers A est tracée sur les isopièzes de la carte piézométrique de la nappe des calcaires du Lutétien Hautes Eaux 2014 (BRGM RP-64887-FR). Elle correspond à la ligne de partage des eaux souterraines Nord de la portion de nappe du forage Basse Croix. L'indice de confiance de cette limite présente une faible incertitude. Nous signalons que le tracé de cette limite ne concerne pas la vallée du Petit Morin.

Les deux portions de nappe représentent une superficie totale d'environ 2 400 ha. Les besoins de production des captages représentent 2.5% de cette superficie.

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdolot (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

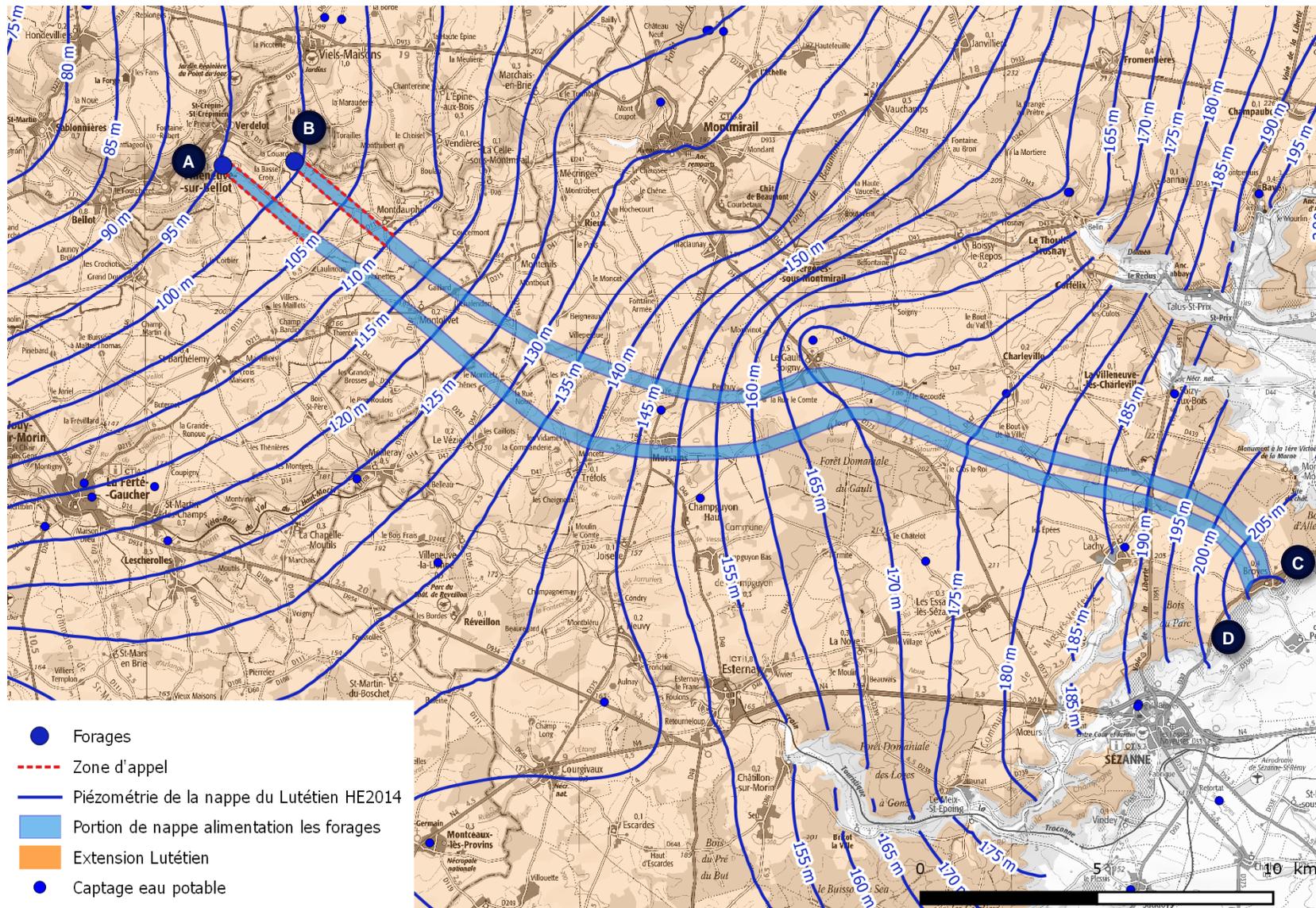


Figure 48 : Délimitation de la portion de nappe alimentant les forages (Source : IGN, BRGM RP-64887-FR)

5.5 Délimitation de l'aire d'alimentation des captages

L'aire d'alimentation des forages de Verdelot correspond à l'extension à la surface de la portion de nappe alimentation les captages précédemment délimitée.

L'aire d'alimentation des forages de Verdelot représente une superficie totale de 10 000 ha.

Les besoins de production des captages de Verdelot représentent 0.6 % de cette superficie.

L'aire d'alimentation du captage de Brie couvre tout ou partie des communes :

- de la Seine-et-Marne (77) :
 - VERDELOT (77492)
 - MONTDAUPHIN (77303)
 - MONTENILS (77304)
 - MONTOLIVET (77314)
- de la Marne (51) :
 - TREFOLS (51579)
 - MECRINGES (51359)
 - MONDEMENT-MONTGIVROUX (51374)
 - CHARLEVILLE (51129)
 - LE VEZIER (51618)
 - LES ESSARTS-LES-SEZANNE (51235)
 - LA VILLENEUVE-LES-CHARLEVILLE (51626)
 - SOIZY-AUX-BOIS (51542)
 - LACHY (51313)
 - RIEUX (51460)
 - BROYES (51092)
 - CHAMPGUYON (51116)
 - MORSAINS (51386)
 - LE GAULT-SOIGNY (51264)

Au vu de la superficie de l'aire d'alimentation des captages, il est nécessaire de délimiter des sous-zones de contribution prioritaire.

Nous préconisons de retenir les 4 communes les plus proches aux forages au titre de communes les plus contributives. Elles appartiennent au département de la Seine-et-Marne.

Dans l'extension de l'aire d'alimentation de captage, il faut noter la présence de captages d'eau potable :

- Captage n°01868X0057 situé sur la commune de Morsains (51).
- Captage n°01875X0022 situé sur la commune de Charleville (51).

Forages Le Mont (01866X0016) et Basse Croix (01866X0015) situés sur la commune de Verdolot (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

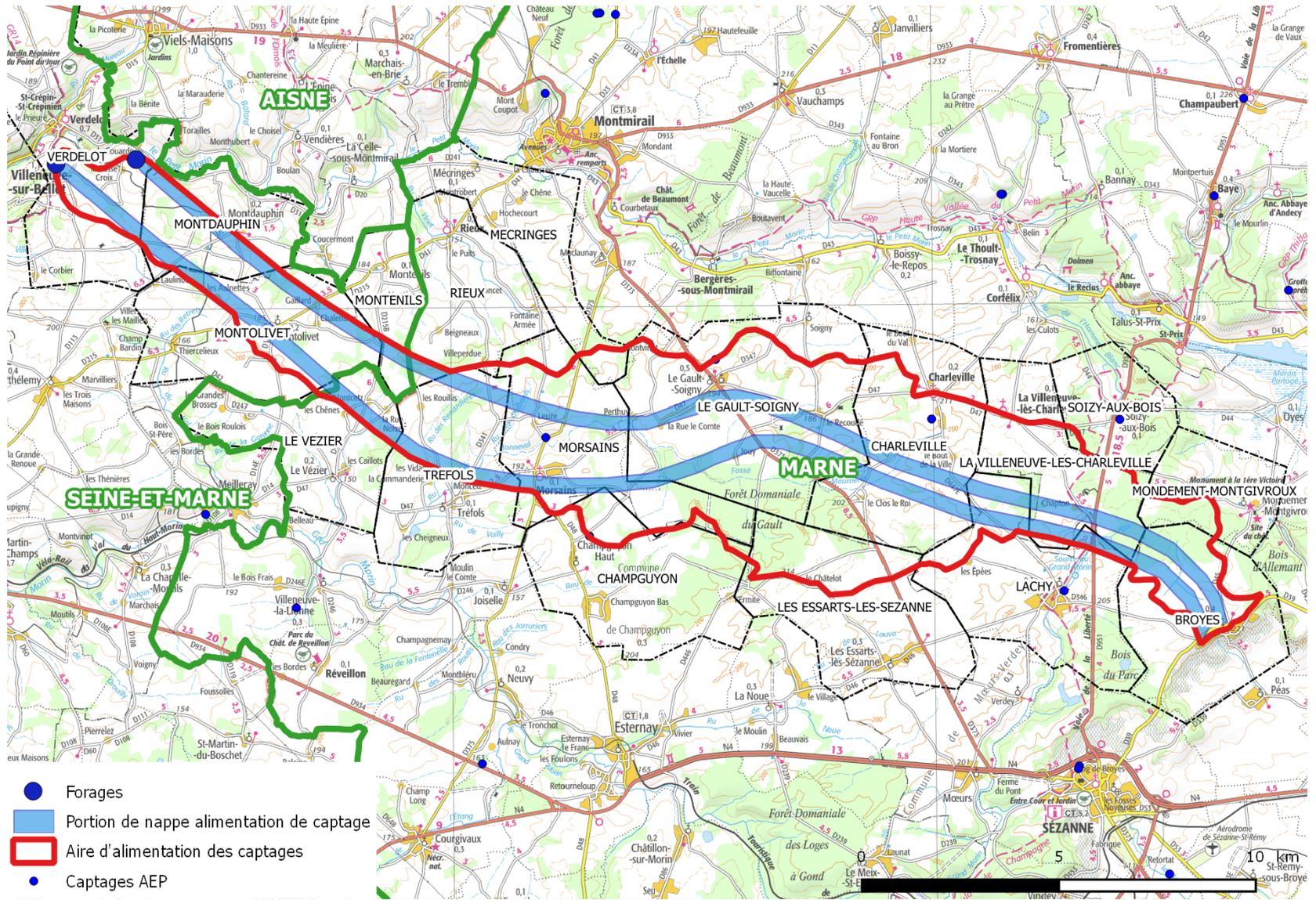


Figure 49 : Délimitation de l'aire d'alimentation des captages (Source : IGN, BRGM)

5.6 Schéma de fonctionnement hydrogéologique

La compréhension du bassin d'alimentation des forages ne doit pas se limiter uniquement à sa délimitation. Il est nécessaire d'expliquer son fonctionnement même de manière schématique, notamment de la portion de la nappe alimentant le captage et de son extension au bassin versant topographique. Plus particulièrement, le schéma suivant explique :

- Les flux entrants dans le bassin d'alimentation de captage qui participent à sa recharge, tels que :
 - La pluie.
 - La pluie efficace, représentant la part de la pluie s'infiltrant dans les sols et participant à la recharge directe de la nappe.
 - Le ruissellement, pour pouvant contribuer à une recharge dite « déportée » de la nappe.
 - La drainance verticale d'une nappe vers une autre nappe.
- les flux sortants du le bassin d'alimentation de captage qui participent à sa vidange, tels que :
 - Les points de prélèvements d'eau dans la nappe

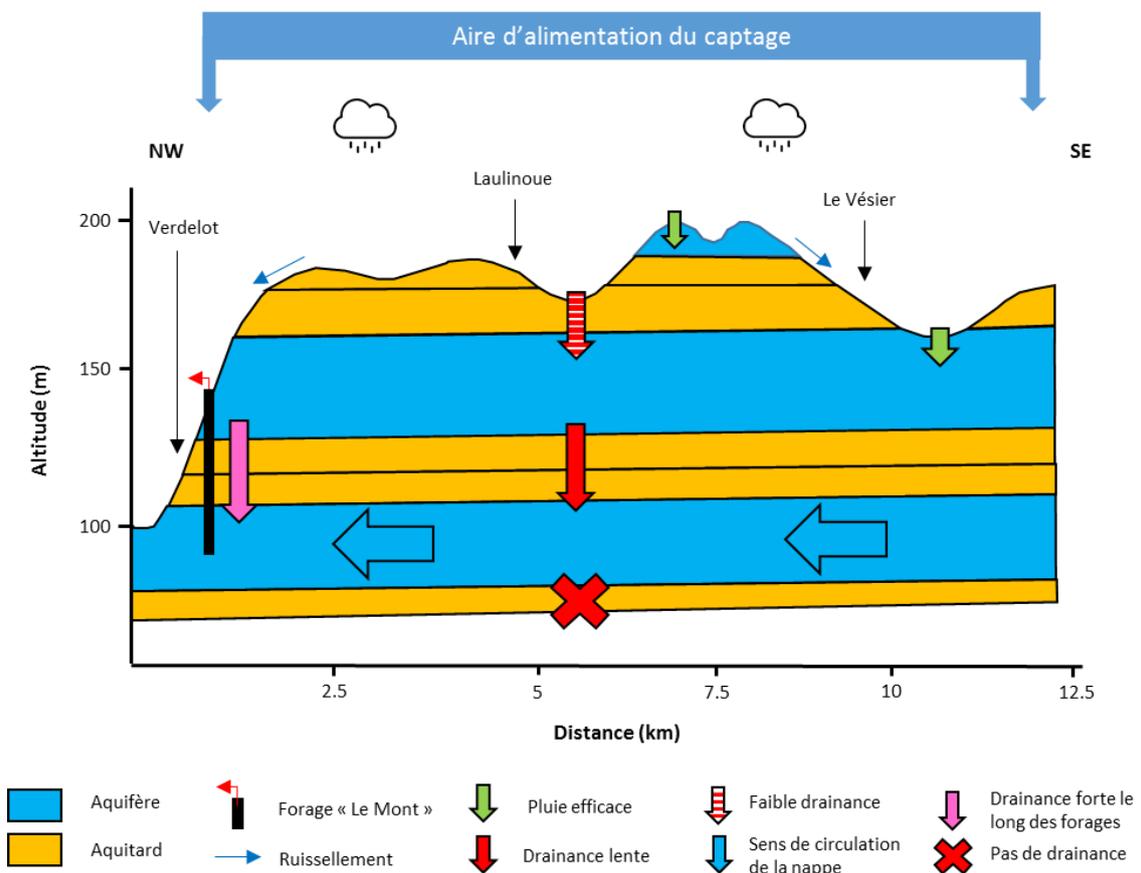


Figure 50 : Schéma de fonctionnement hydrogéologique des forages de Verdelot (Source : SAFEGE)

6 PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

L'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain a permis de définir le type d'aquifère et de délimiter l'aire d'alimentation de captage.

L'incertitude la plus importante concerne le rôle de la zone de recharge du Lutétien dans la vallée du Petit Morin et de l'absence de contribution à l'alimentation des forages de Verdelot.

Aucune étude ne précise l'existence de contribution de la zone de recharge à l'alimentation des forages de Verdelot.

En raison de l'éloignement des forages à cette zone de recharge, nous n'avons pas identifié d'investigation complémentaire permettant de confirmer mettre en évidence l'existence d'une relation.

A ce stade, nous préconisons de **compléter la caractérisation des paramètres de vulnérabilité à l'échelle de l'aire d'alimentation des captages.**

Plus particulièrement concernant le paramètre Sols, nous préconisons de compléter et d'harmoniser la connaissance pédologique sommaire des sols situés sur l'aire d'alimentation des captages.

L'investigation complémentaire proposée permettra à partir des données bibliographiques d'harmoniser une carte des sols orientée sur la caractérisation des paramètres de vulnérabilité. Nous évaluons cette prestation à 2 jours de travail répartis entre une cheffe de projet et une ingénieure de projet Agronome, soit environ 1500€HT.