

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

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (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 : 2

11/04/2017

Chef de projet : Jean-Philippe RIZZA

Projet : 16DRE029

Numéro du projet : 16DRE029

Intitulé du projet : Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque | Captage de la commune de Doue (77)

Intitulé du document : Rapport définitif

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 Philippe Jean-	31/01/2017	Version provisoire présentée en comité de pilotage n°2/3
2	MARIE Louison	RIZZA Philippe Jean-	11/04/2017	Version provisoire présentée en comité de pilotage n°3/3

Sommaire

1.....	Préambule.....	7
1.1	Enjeux.....	7
1.2	Contexte général.....	7
1.3	Méthodologie.....	10
2.....	Bibliographie.....	13
3.....	Contexte du captage.....	15
3.1	Description du captage.....	15
3.2	Autorisation administrative et production.....	15
3.3	Unité de distribution E.....	17
4.....	Caractérisation du système aquifère concerné.....	21
4.1	Contexte géologique.....	21
4.2	Contexte hydrogéologique.....	27
4.3	Pluie efficace ou drainance.....	39
4.4	Qualité des eaux.....	40
4.5	Vulnérabilité de la ressource.....	49
4.6	Typologie du système aquifère.....	53
5.....	Délimitation de l'aire d'alimentation de captage.....	55
5.1	Méthodologie, cas d'un système aquifère continu.....	55
5.2	Bilan hydrologique simplifié.....	55
5.3	Zone d'appel.....	55
5.4	Contours de la portion de nappe alimentant le captage.....	58
5.5	Délimitation de l'aire d'alimentation de captage.....	61
5.6	Schéma de fonctionnement hydrogéologique.....	63
6.....	Etude pédologique.....	65
6.1	Méthodologie.....	65
6.2	Description des sols.....	66

6.3	Circulation des eaux.....	70
7.....	Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage	73
7.1	Méthodologie.....	73
7.2	Paramètres	75
7.3	Carte de vulnérabilité intrinsèque.....	87
8.....	Conclusions.....	91

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Source : IGN).....	9
Figure 2 : Profils altimétriques Nord-Sud (en haut) et Ouest-Est (en bas) de la commune de Doue (Source : Géoportail).....	10
Figure 3 : Coupe technique simplifiée du forage (Suez Consulting, 2015).....	15
Figure 4 : Prélèvements du captage de Doue (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	16
Figure 5 : Évolution du volume journalier mis en distribution en 2013 (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	16
Figure 6 : Plan de situation de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	17
Figure 7 : Schéma de fonctionnement du réservoir de Doue (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	18
Figure 8 : Réseau de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	19
Figure 9 : Localisation des secteurs de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	20
Figure 10 : Synoptique de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015).....	20
Figure 11 : Carte géologique du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : BRGM).....	22
Figure 12 : Carte géologique au 1/20 000 du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963).....	23
Figure 13 : Lithostratigraphie du bassin parisien et zoom au droit de la zone d'étude (Source : BRGM).....	24
Figure 14 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'Orgeval (Source : Mégnien, 1979).....	25
Figure 15 : Coupe géologique interprétative du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : Mouhri, 2013).....	25
Figure 16 : Contexte structural du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963).....	27
Figure 17 : Echelle stratigraphique et aquifère du Bassin parisien. (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004).....	29
Figure 18 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la zone d'étude.....	30
Figure 19 : Carte piézométrique du calcaire de Brie au droit du bassin versant de l'Orgeval (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963).....	31
Figure 20 : Carte piézométrique de basses eaux du calcaire de Brie au droit du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : CEMAGREF, octobre 1981).....	31
Figure 21 : Confirmation de la piézométrie CEMAGREF à partir de la campagne piézométrique 2016 (Source : CEMAGREF, octobre 1981).....	32
Figure 22 : Evolution de la piézométrie au droit de la station de Loge située sur la commune de Doue (Source : IRSTEA Observatoire ORACLE, 2016).....	33
Figure 23 : Evolution de la piézométrie au droit de la station de Mélarchez située sur la commune de Mélarchez (Source : IRSTEA Observatoire ORACLE, 2016).....	33
Figure 24 : Synthèse des observations réalisées dans le cadre des essais 2016 (Source : SAFEGE).....	34
Figure 25 : Résultats des essais par paliers 1973 et 2016 (Source : SAFEGE).....	36
Figure 26 : Interprétation schématique des échanges entre la nappe des calcaires de Brie et le ru de l'étang de la Motte.....	38
Figure 27 : Evolution des températures des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	41
Figure 28 : Evolution de la conductivité des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	41
Figure 29 : Evolution de la turbidité des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	42
Figure 30 : Evolution de la minéralisation et des ions majeurs des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	43
Figure 31 : Evolution des teneurs en nitrates des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES, CEMAGREF, SNE77).....	44
Figure 32 : Teneurs ponctuelles en nitrates sur la zone d'étude.....	45
Figure 33 : Teneurs ponctuelles en nitrites sur la zone d'étude.....	46
Figure 34 : Evolution des teneurs en Atrazine des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	47
Figure 35 : Evolution des teneurs en Déséthyl Atrazine des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES).....	48
Figure 36 : Evolution des paramètres de qualité pendant l'essai de pompage de 2016.....	49
Figure 37 : Carte des sols du bassin versant de l'Orgeval (Source : INRA GIS SOL, 2007).....	51
Figure 38 : Carte des sols du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : Ph. Cauchie INRA, 1983).....	52
Figure 39 : Délimitation de la zone d'appel du captage de Doue (Source : IGN, CEMAGREF).....	57
Figure 40 : Délimitation de la portion de nappe alimentant le captage de Doue si absence de contribution du cours d'eau (Source : IGN, CEMAGREF).....	59
Figure 41 : Délimitation de la portion de nappe alimentant le captage de Doue si contribution du cours d'eau (Source : IGN, CEMAGREF).....	60
Figure 42 : Délimitation de l'aire d'alimentation de captage du captage de Doue (Source : IGN, CEMAGREF).....	62
Figure 43 : Schéma de fonctionnement hydrogéologique du captage de Doue (Source : SAFEGE).....	64

Figure 44 : Carte des sols (Suez Consulting, 2017)	67
Figure 45 : Mode de circulation des eaux (CORPEN)	70
Figure 46 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 1, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	71
Figure 47 : Mode de circulation des eaux dans les unités de sol 2 et 3, sensibles au ruissellement dont hypodermique (Suez Consulting, 2017)	71
Figure 48 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 4, sensible à l'infiltration et au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	72
Figure 49 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 5, sensible à l'infiltration et au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	72
Figure 50 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017)	76
Figure 51 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)	79
Figure 52 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	82
Figure 53 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	84
Figure 54 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)	86
Figure 55 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017)	88
Figure 56 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque ajustée (Suez Consulting, 2017)	90

Table des tableaux

Tableau 1 : Fiche du captage de Doue n°01858X0011	8
Tableau 2 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM)	11
Tableau 3 : Informations nécessaires pour la caractérisation d'un système aquifère (source adaptée du BRGM)	12
Tableau 4 : Coupe géologique du forage de reconnaissance de Doue	23
Tableau 5 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1973)	35
Tableau 6 : Essai de pompage par paliers 2016	36
Tableau 7 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère	37
Tableau 8 : Estimation de la recharge moyenne sur le bassin versant du ru de l'étang de la Motte à partir de la station de Changis-sur-Marne période 2002 à 2016 (Source : Météo France)	39
Tableau 9 : Tableau d'aide à la caractérisation des systèmes aquifères (source du BRGM)	54
Tableau 10 : Caractéristiques de la zone d'appel du captage selon la méthode de Wyssling	56
Tableau 11 : Sols présents sur l'aire d'alimentation (SAFEGE)	66
Tableau 12 : Caractéristiques de l'unité de sol 1 (SAFEGE)	68
Tableau 13 : Caractéristiques de l'unité de sol 2 (SAFEGE)	68
Tableau 14 : Caractéristiques de l'unité de sol 3 (SAFEGE)	68
Tableau 15 : Caractéristiques de l'unité de sol 4 (SAFEGE)	69
Tableau 16 : Caractéristiques de l'unité de sol 5 (SAFEGE)	69
Tableau 17 : Démarche méthodologique de l'étude BAC (BRGM, 2007)	73
Tableau 18 : Paramètres de la méthode utilisée	74
Tableau 19 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation	75
Tableau 20 : Détermination de la nature d'un sol en fonction de sa texture et de sa proportion de cailloux (Source : Vernoux et al. (2014), <i>Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses</i>)	77
Tableau 21 : Indexation du critère S par croisement de la nature du sol et de son épaisseur (Source : Vernoux et al. (2014), <i>Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses</i>)	77
Tableau 22 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation	78
Tableau 23 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard	81
Tableau 24 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation	81
Tableau 25 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation	83
Tableau 26 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	85
Tableau 27 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation	87
Tableau 28 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque ajustée sur l'aire d'alimentation	89

Glossaire

AAC.....	Aire d'Alimentation de Captage
ADES.....	Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AEP.....	Alimentation en Eau Potable
BAC.....	Bassin d'Alimentation de Captage
BRGM.....	Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSS.....	Banque de Données du Sous-Sol
IDPR.....	Indice De Persistance des Réseaux
IGN.....	Institut Géographique National
OROBAT.....	Résultats des analyses du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine
PNAC.....	Portion de Nappe Alimentant le Captage
SNE.....	Syndicat Nord Est
ZNS.....	Zone Non Saturée
ZOC.....	ZOne de Contribution
IRSTEA.....	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
SDAEP.....	Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable
CEMAGREF.....	Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts
ZS.....	Zone Saturée
IDPR.....	Indice de Persistance des Réseaux
IAURIF.....	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France
DIREN.....	Direction régionale de l'environnement
ARS.....	Agence Régionale de Santé
ETR.....	Evapotranspiration
P.....	Pluie
Q.....	Débit

1 PREAMBULE

1.1 Enjeux

L'objet du marché est la délimitation de l'aire d'alimentation du captage de Doue (AAC) et la cartographie de sa vulnérabilité intrinsèque vis-à-vis des pollutions diffuses.

Ce dernier fait partie intégrante du projet ORACLE visant à comprendre le fonctionnement hydrologique et biogéochimique des bassins sédimentaires en milieu rural anthropisé pour fournir des bases scientifiques nécessaires à la gestion et à la maîtrise des risques liés aux événements extrêmes (inondations, sécheresses) ainsi qu'à l'évaluation des impacts des activités anthropiques (notamment agricoles) sur le régime et la qualité des eaux.

Les enjeux de cette étude sont de :

- Caractériser le système aquifère capté.
- Schématiser le fonctionnement hydrogéologique du système aquifère capté.
- Délimiter l'aire d'alimentation de captage.
- 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 de captage 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

La commune de Doue est située dans le département de la Seine-et-Marne, à 70 km à l'est de Paris.

Situé sur le plateau de la Brie, le territoire de la commune de Doue présente une inclinaison générale vers le sud. Au nord de la commune, la grande vallée du Petit Morin engendre un important dénivelé en creusant ce plateau.

Le captage de Doue [Figure 1] se situe sur le bassin de l'Orgeval, à 140 m d'altitude. Il s'agit d'une région assez plane s'inclinant vers le Sud où l'Orgeval se jette dans le Grand Morin. Au Nord le bassin culmine à 175 m, entaillé par la vallée du Petit Morin, ce qui illustre la dissymétrie générale des affluents de la rive droite du Grand Morin et de la rive gauche du Petit Morin que l'on peut mettre en relation avec la structure géologique. A proximité du captage se trouve la butte de Doue (182 m) [Figure 2].

Le captage de Doue se situe à une quarantaine de mètres du ru de l'Etang de la Motte, ru qui est intégré au bassin versant de l'Orgeval. Sur le plateau de la Brie, ce dernier est un sous-bassin du bassin versant du Grand Morin, principal affluent de la Marne.

Le bassin versant du ru de l'Etang de la Motte possède une superficie de près de 10 km² avec une forme relativement peu aplatie aux vues de ses dimensions : 4.3 km de large sur 3.6 km de long (IRSTEA).

Tableau 1 : Fiche du captage de Doue n°01858X0011

Identifiant national de l'ouvrage	BSS000PQJR
Ancien code	01858X0011/P1
Département	SEINE-ET-MARNE (77) - SGR/IDF
Commune	DOUE (77162)
Adresse ou Lieu-dit	600 M AU N.O. DE LA MAIRIE RIVE GAUCHE AU RU DES AVENELLES
Coordonnées Lambert-93	711660 m / 6863333 m
Altitude	140 m
Nature	Puits
Profondeur atteinte	16.0 m
Date fin de travaux	Janvier 1, 1973

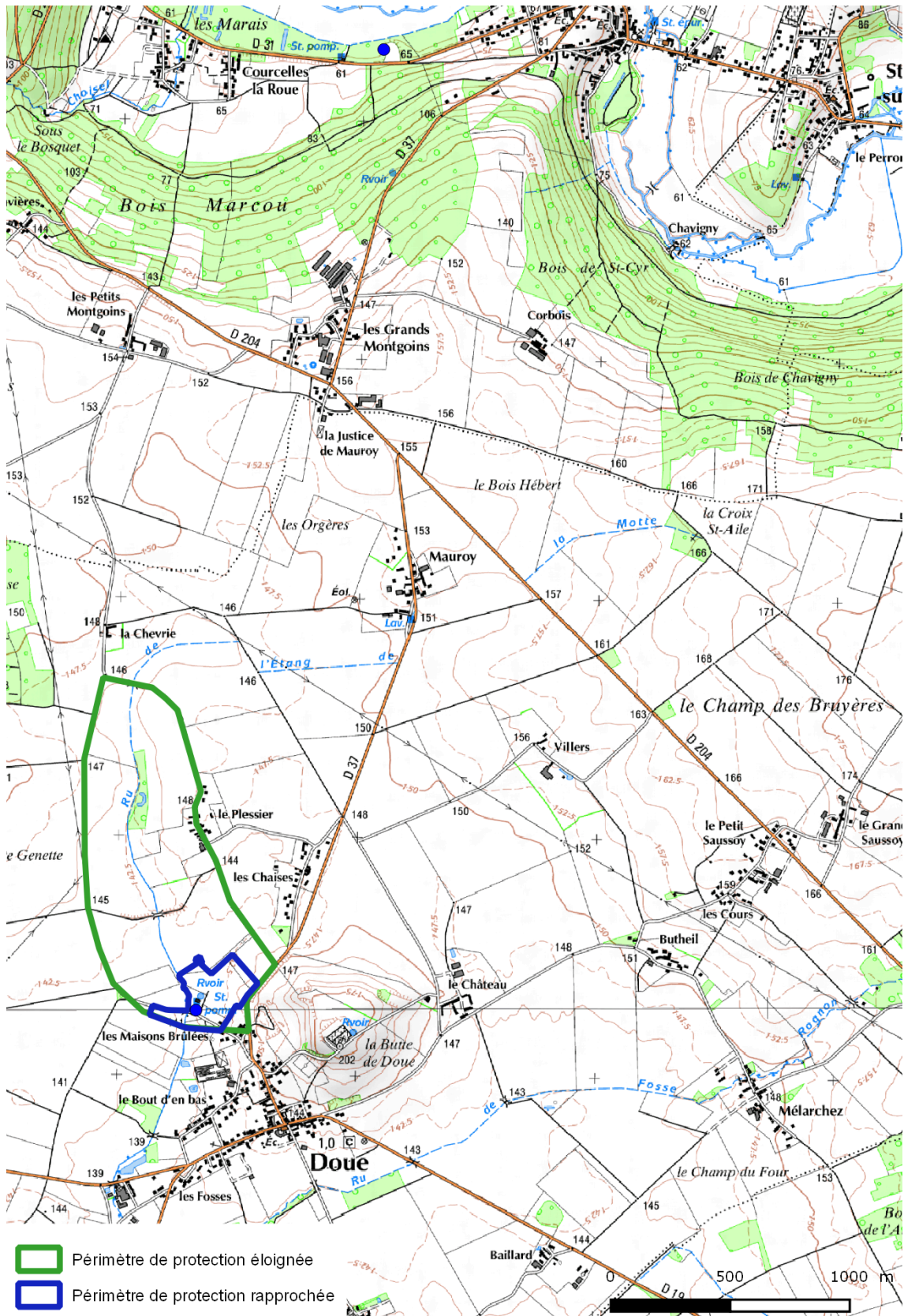


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Source : IGN)

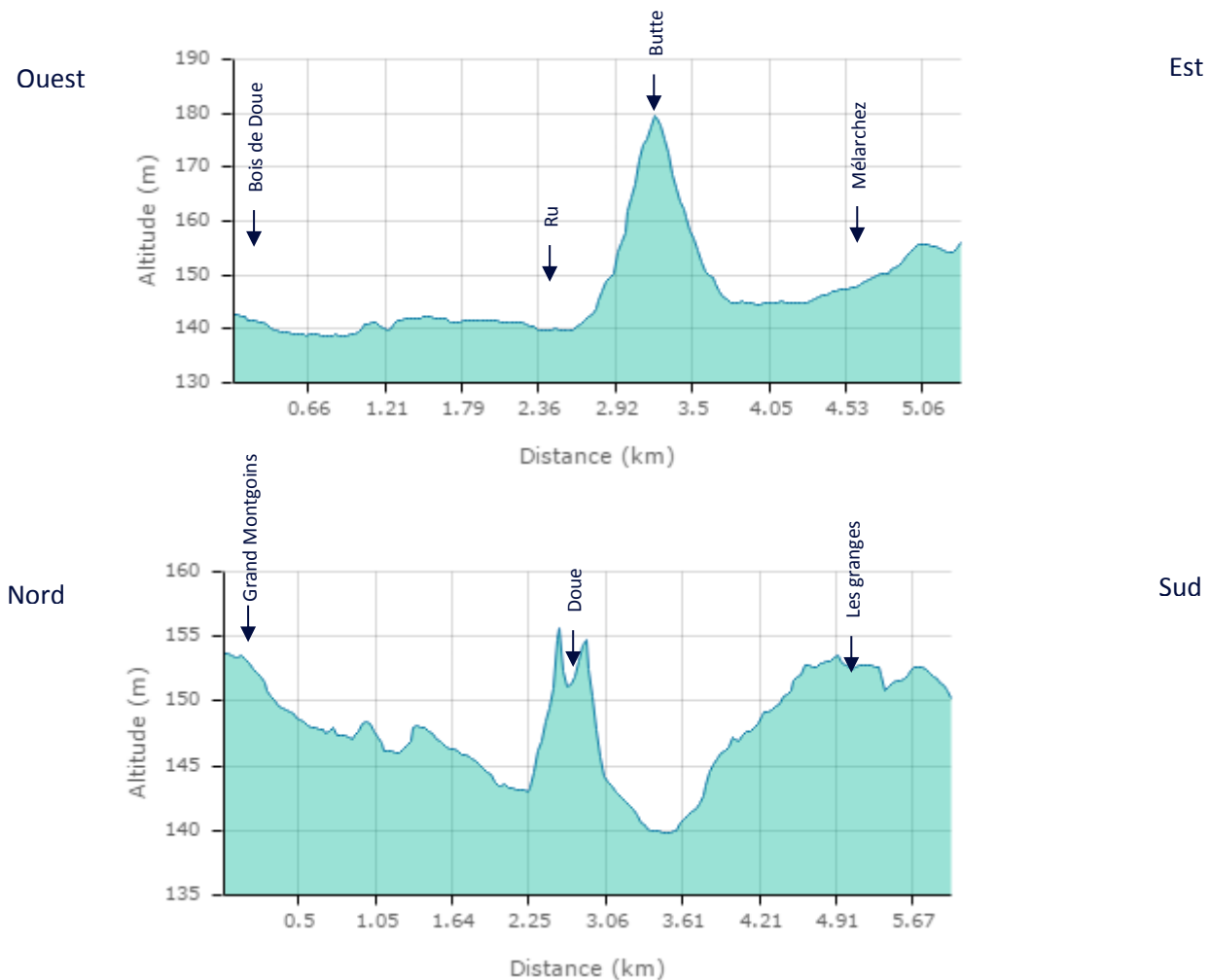


Figure 2 : Profils altimétriques Nord-Sud (en haut) et Ouest-Est (en bas) de la commune de Doue (Source : Géoportail)

1.3 Méthodologie

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

- Vernoux J.F., Wuilleumier 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., Wuilleumier A., Dörfli 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., Carluer 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, 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 voir 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.
Contexte géologique	Inventaire des ouvrages situés sur le bassin (en particulier ceux susceptibles de contaminer directement le captage indépendamment de sa vulnérabilité intrinsèque)
	Cadre géologique (stratigraphie, lithologie, structure,...).
Contexte hydrogéologique	Coupes géologiques interprétatives.
	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'emmagasinement), gradient hydraulique, drainance.
	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.

- C. Bricon, A. Cavelier, 1961, Prévisions géologiques et programme d'étude géologique du bassin versant expérimental de l'Orgeval, Rapport BRGG-A1937, <http://infoterre.brgm.fr/rapports/BRGG-A1937.pdf>

Dans le cadre de l'étude du projet d'équipement pour l'observation des bassins versants expérimentaux de la région de Coulommiers, le service central de l'hydraulique de la direction générale du génie rural et de l'hydraulique agricole a confié au bureau de recherche géologique et minières la mission d'établir l'étude géologique du bassin versant de l'Orgeval.

Le rapport BRGG-A1937 définit le programme d'investigations à mettre en œuvre sur le bassin sur la base d'une visite de terrain au triple point de vue stratigraphique, morphologique et structural.

- C. Bricon, A. Canipelle, 1963, Etude géologique du bassin versant expérimental de l'Orgeval, Rapport DS.93.A79, <http://infoterre.brgm.fr/rapports/63-DS-A079.pdf>

Le rapport expose les résultats des recherches géologiques diverses nécessités par cette étude et présente des cartes géologiques aux 1/50 000 et au 1/20 000 dressés à cet effet. Diverses observations et quelques coupes de sondages, corrélées avec un levé détaillé des affleurements visibles dans les vallées, permettent de définir la structure du bassin versant. La stratigraphie du bassin versant est précisée et complétée par des observations nouvelles.

Cette meilleure connaissance de la structure et de la stratigraphie a facilité l'étude hydrologique du bassin versant expérimental.

Ces deux documents constituent la principale source d'information géologique et hydrogéologique.

- Levandier et Panetier, 1981, Etude préliminaire de la pollution du forage de Doue par les nitrates, CEMAGREF

Ce rapport propose une analyse bibliographique de la documentation disponible sur le captage de Doue. La synthèse étant provisoire, le rapport présente les informations sans utiliser la trame d'une explication globale de la pollution.

Ces trois documents constituent la principale source d'information géologique et hydrogéologique.

- Amer Mouhri, Nicolas Flipo, Fayçal Rejiba, Chantal de Fouquet, Ludovic Bodet, Bedri Kurtulus, Gaëlle Tallec, Veronique Durand, Anne Jost, Patrick Ansart, Patrick Goblet, 2013, Designing a multi-scale sampling system of stream-aquifer interfaces in a sedimentary basin, Volume 504, 11 November 2013, Pages 194–206

L'article apporte des informations complémentaires sur la géométrie de l'aquifère. Il présente une coupe géologique schématique de la structure géologique du bassin versant du ru des Avennelles au sein duquel appartient le ru de l'étang de la Motte.

- Ph. Chauchie, 1983, Carte des sols du secteur de Doue, INRA

Cette carte des sols du périmètre présumé d'alimentation du captage de Doue à l'échelle 1/10 000 présente l'information pédologique la plus précise sur le secteur d'étude.

Les sols cartographiés sont variés dans le détail bien qu'ils appartiennent pour l'essentiel à deux grandes unités : les sols développés sur matériau limoneux et les sols où apparaît un matériau plus sableux.

- Observatoire de Recherche ORACLE: Bassins versants du Grand Morin, du Petit Morin et bassin versant de l'Orgeval (GIS ORACLE) <https://gisoracle.irstea.fr/>
- C. Loumagne, G. Tallec, 2013, L'observatoire long terme en environnement Exemple du bassin versant de l'Orgeval, Editions QUAE

L'observatoire ORACLE a pour objectif scientifique le fonctionnement hydrologique et biogéochimique des bassins sédimentaires en milieu rural anthropisé. Cette recherche passe par l'observation multi-variables et multi-échelles d'un ensemble de sous-bassins versants emboîtés (1 km² à 1800 km²) du bassin parisien.

ORACLE, fournit les bases scientifiques nécessaires à la gestion et à la maîtrise des risques liés aux événements extrêmes (inondations, sécheresses) ainsi qu'à l'évaluation des impacts des activités anthropiques et notamment agricoles, sur le régime et la qualité des eaux. (...)

ORACLE est constitué par les bassins versants du Grand Morin et du Petit Morin. Les rivières des deux Morin sont les deux principaux affluents de la Marne. Ils ont une influence directe sur les écoulements qui vont de la Marne vers la Seine jusqu'à l'agglomération parisienne. Le bassin de l'Orgeval, observé depuis 1962 par Irstea, est un sous-bassin du Grand Morin. Les bassins du Grand et du Petit Morin sont essentiellement agricoles (80% agricole, 15% forestier, 5% urbain), représentatifs des grandes cultures céréalières. Le plan d'occupation des sols est resté relativement constant depuis qu'il est observé sur ORACLE.

L'ensemble des compartiments hydrologiques et hydriques d'ORACLE sont suivis via un réseau de mesure complet : stations limnimétriques à l'exutoire de chaque sous-bassin et dans le réseau de drainage, stations piézométriques, stations pluviométriques réparties sur l'ensemble d'ORACLE et stations d'humidité des sols en surface et en profondeur. Ce dispositif est doublé d'un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface, de pluie et de la nappe. [<https://gisoracle.irstea.fr/>]

3 CONTEXTE DU CAPTAGE

3.1 Description du captage

Le captage de Doue, exploité depuis 1977, est localisé sur la parcelle cadastrée 45 section ZO de la commune de Doue.

La coupe technique et géologique du captage [Figure 3], profond de 16 m, nous indique qu'il capte par un système de lantermage à fentes la formation des meulière de Brie entre 4 à 15.5 m de profondeur.

La couche des meulière de Brie, appelé usuellement la formation des Calcaires de Brie, est constituée très largement de calcaires silicifiés surtout sur leur partie supérieure.

Elle surplombe un substratum argileux, les Argiles Vertes de Romainville, qui donne généralement des débits peu élevés car il est naturellement « drainés » par de nombreux vallons qui entament le plateau. La formation aquifère des meulière de Brie est recouverte principalement par du limon des plateaux sur le secteur d'étude.

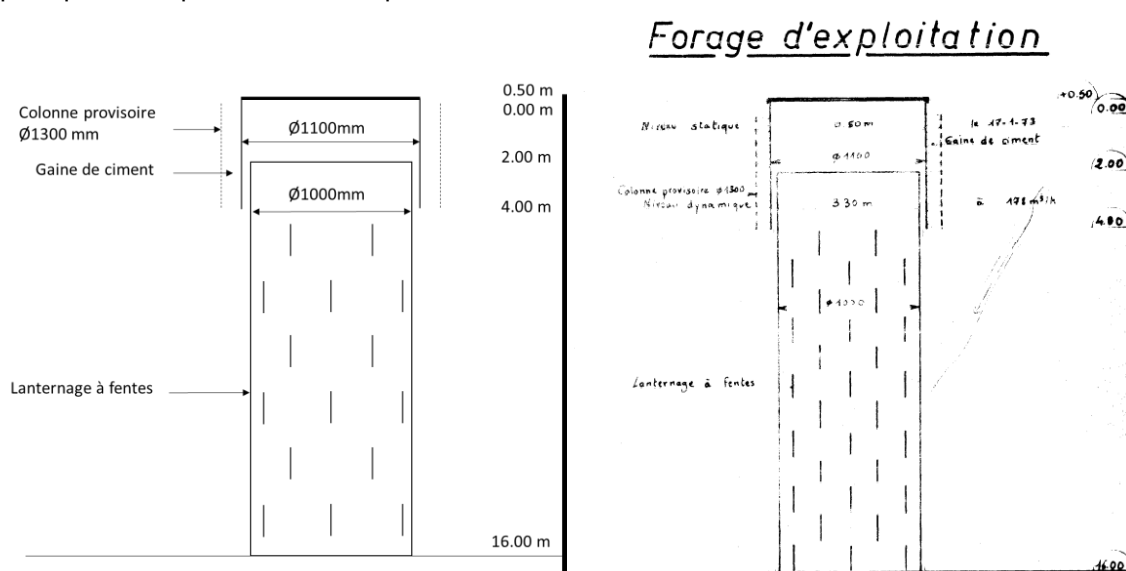


Figure 3 : Coupe technique simplifiée du forage (Suez Consulting, 2015)

Lors de sa création, un débit instantané atteignant 250 m³/h a été obtenu à partir de la formation aquifère. Des essais prolongés effectués à la fin de l'année 1973 ont montré que l'on pouvait obtenir un débit de 205 m³/h à niveau stabilisé.

Il avait été préconisé d'exploiter le captage à hauteur de 100 m³/h.

Après prélèvement, l'eau est refoulée dans un réservoir de 300 m³ avec une reprise de 30 m³/h en direction de la bache de mélange.

La nappe des Calcaires de Brie, peu profonde, est vulnérable aux pollutions diffuses. Ces pollutions ont incité le Syndicat à mélanger l'eau captée sur le captage de Doue avec une eau moins contaminée, celle d'Hondevilliers pour assurer la consommation en eau.

3.2 Autorisation administrative et production

Un rapport d'expertise hydrogéologique a été rédigé le 5 juillet 1976 par M. Robert Laffitte.

A la suite de ce dernier, le captage dispose d'une Déclaration d'Utilité publique datant du 5 décembre 1979, instaurant des 3 périmètres de protection et autorisant l'exploitation pour 100 m³/h. La figure suivante localise les périmètres de protection.

Le captage de Doue prélève en moyenne 63 000 m³ par an avec une pointe observée à 76 000 m³ en 2012 [Figure 4].

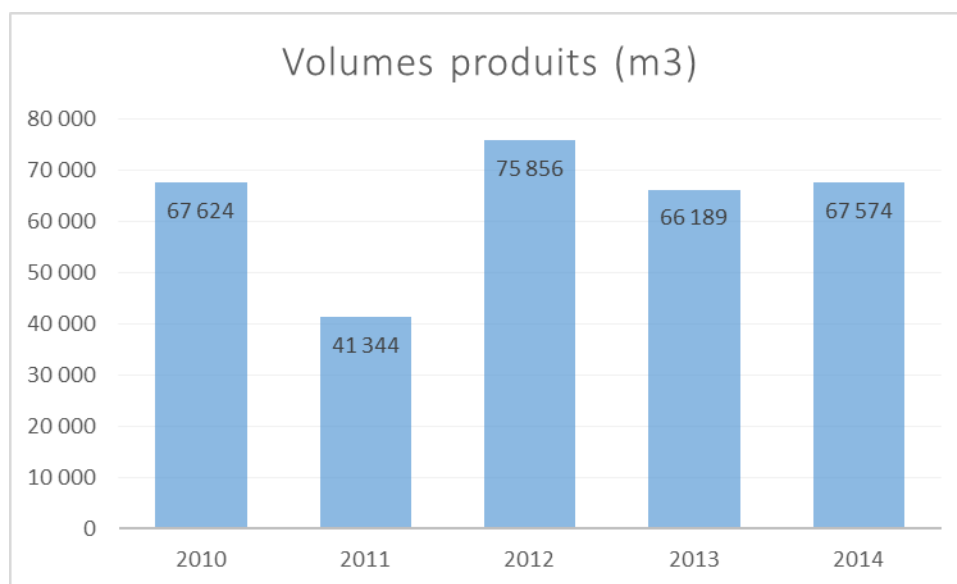


Figure 4 : Prélèvements du captage de Doue (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

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 [Figure 5] a permis de déterminer un coefficient de pointe journalière de l'ordre de 1,36. Le volume moyen produit est de l'ordre de 485 m³/j.

Remarque : l'analyse des données de production journalière n'a pas pu être effectuée sur l'année 2014 du fait du changement du compteur au niveau de l'arrivée d'Hondevilliers dans le réservoir de Doue qui a entraîné des manques de données sur plusieurs mois.

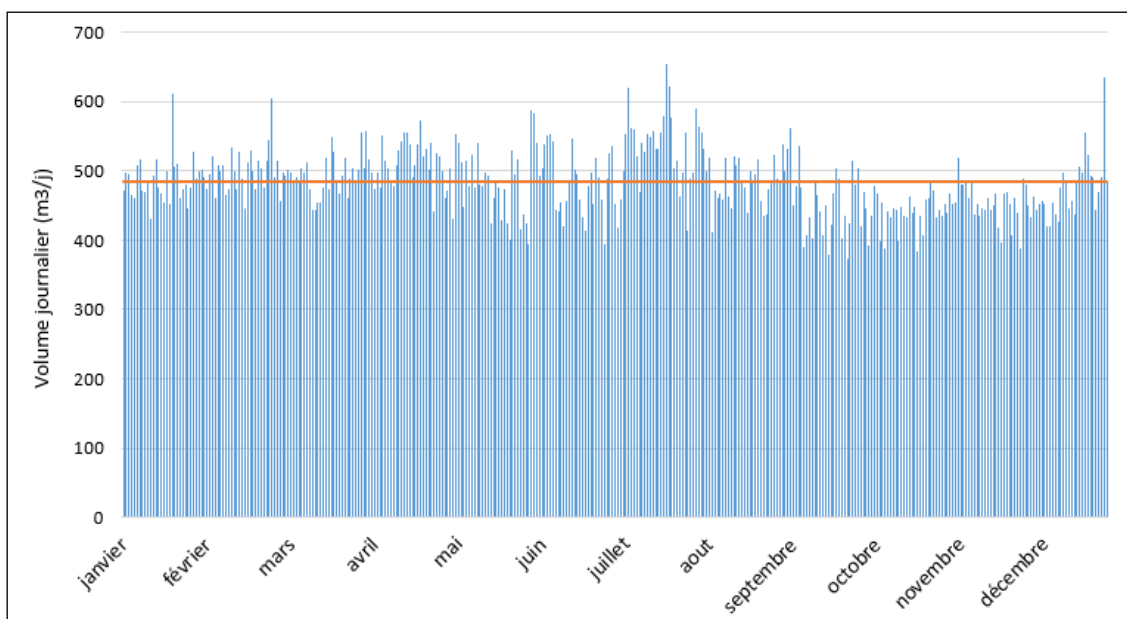


Figure 5 : Évolution du volume journalier mis en distribution en 2013 (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.3 Unité de distribution E

3.3.1 Localisation de l'unité de distribution

L'unité de distribution E est l'unité de distribution du captage de Doue, qui alimente les communes de Saint-Germain-sous-Doue, Saint-Denis-lès-Rebais, Aulnoy, Giremoutiers et une partie des communes de Doue et de Saint-Cyr-sur-Morin [Figure 6].

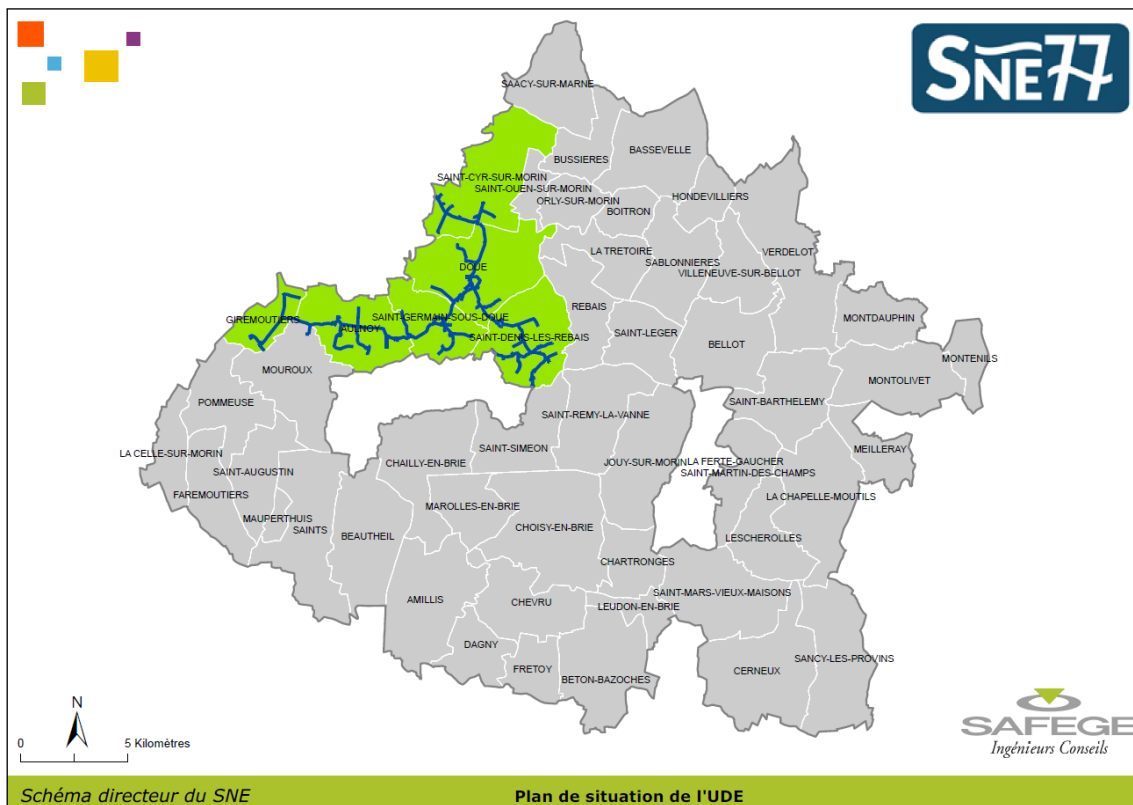


Figure 6 : Plan de situation de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

3.3.2 Fonctionnement du réseau d'alimentation

L'unité de distribution E est alimentée par le captage de Doue et par l'unité de distribution D.

La capacité de production du captage de Doue est relativement importante 100 m³/h. Néanmoins, les problèmes qualitatifs liés à ce captage ont poussé le syndicat à mélanger l'eau prélevée avec les eaux issues des captages d'Hondevilliers.

De ce fait, les pompes de reprise du captage de Doue, d'une capacité initiale de 120 m³/h (2*60 m³/h) ont été bridées à 30 m³/h afin de favoriser l'arrivée depuis Hondevilliers.

Le réservoir de Doue [Figure 7], composé de deux cuves reliées entre elles par un système de pompage, constitue l'ouvrage de mélange des deux alimentations. La répartition actuelle entre les deux alimentations est d'environ 1/3 pour le captage de Doue et 2/3 en provenance de l'unité de distribution D.

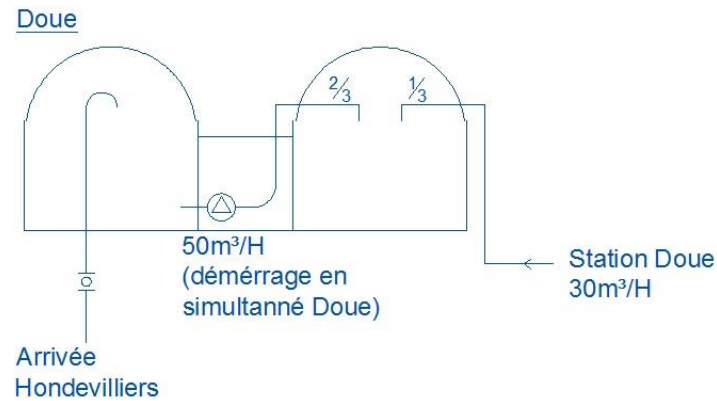


Figure 7 : Schéma de fonctionnement du réservoir de Doue (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

Le réservoir de Doue alimente ensuite l'ensemble de l'unité de distribution E gravitairement. Deux réservoirs en aval assurent le stockage :

- Le réservoir de Saint-Denis qui alimente ensuite la commune de Saint-Denis-lès-Rebais en gravitaire ;
- Le réservoir d'Aulnoy qui alimente ensuite le bourg d'Aulnoy et le hameau de Villers en gravitaire ainsi qu'une partie de la commune de Giremoutiers via un surpresseur.

Il existe aussi un accélérateur entre les réservoirs de Doue et de Saint-Denis, actionné en cas de fortes demandes sur le réseau afin d'assurer le remplissage du réservoir de Saint-Denis.

Un surpresseur est présent au niveau du hameau des Chaises mais n'est plus en service. Les hameaux de Mauroy et des Grands Montgoins sont aujourd'hui alimentés en gravitaire depuis le réservoir de Doue.

L'unité de distribution E dispose d'une interconnexion avec l'unité de distribution I au niveau du réservoir des Montgoins [Figure 8].

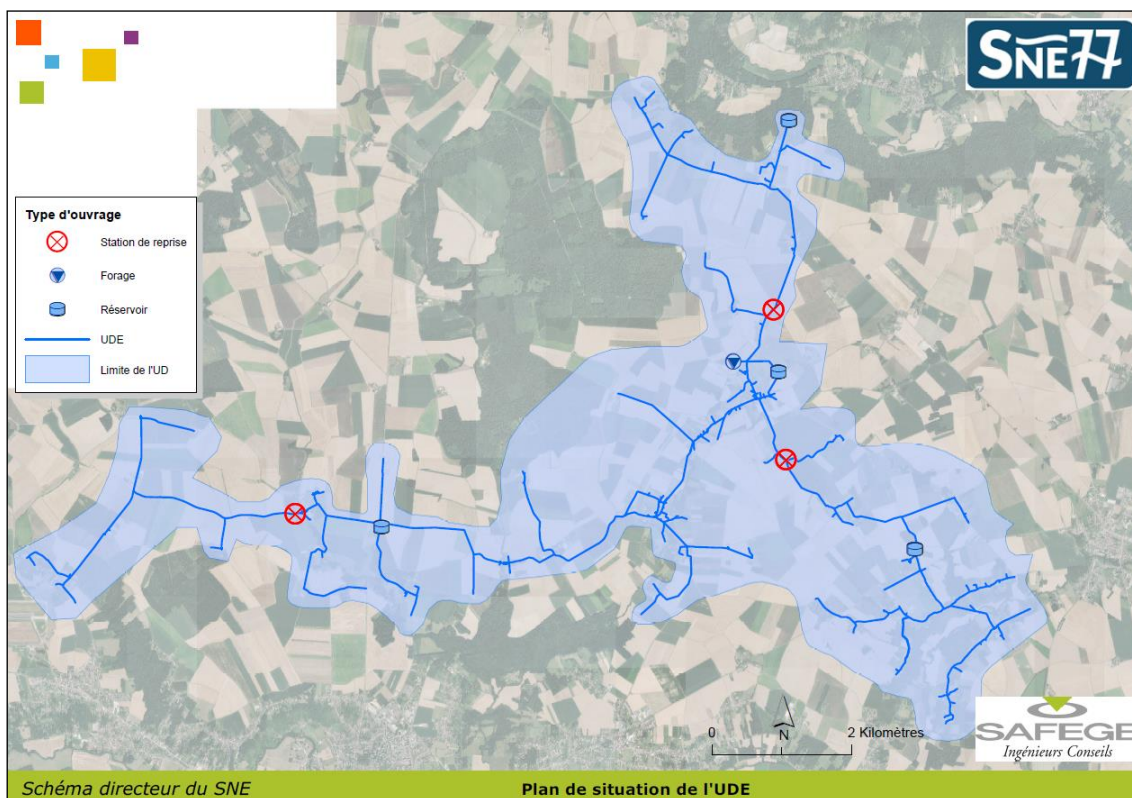


Figure 8 : Réseau de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

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

- Le secteur 1 qui correspond au bourg de Doue et le lieu-dit Le Croupet ;
- Le secteur 2, compris entre les réservoirs de Doue et de Saint-Denis, et qui dessert les hameaux du Taillis, Baillard, Les Marchés et Chantareine ;
- Le secteur 3 qui correspond au secteur de Saint-Denis-lès-Rebais, alimenté gravitairement par le réservoir de Saint-Denis ;
- Le secteur 4¹ qui englobe les hameaux de Maisons Brûlées, Les Chaises, Mauroy, Les Grands Montgoins et le ru du Vrou ; hameaux desservis en gravitaire depuis le réservoir de Doue ;
- Le secteur 5 qui correspond au bourg de Saint-Germain-sous-Doue ;
- Le secteur 6 qui correspond au hameau du Bas Ménil ;
- Le secteur 7 qui englobe le bourg d'Aulnoy ;
- Le secteur 8 qui correspond au hameau de Villers ;
- Le secteur 9 qui correspond à une partie de la commune de Giremoutiers, alimentée via un surpresseur.

¹ Le surpresseur des Chaises, localisé entre les hameaux des Chaises et de Mauroy, étant aujourd'hui hors service, il a été décidé de ne pas découper le secteur 4 en deux secteurs distincts.

La localisation des différents secteurs et le synoptique de fonctionnement du réseau de l'unité de distribution E sont présentés ci-après [Figure 9 et Figure 10].

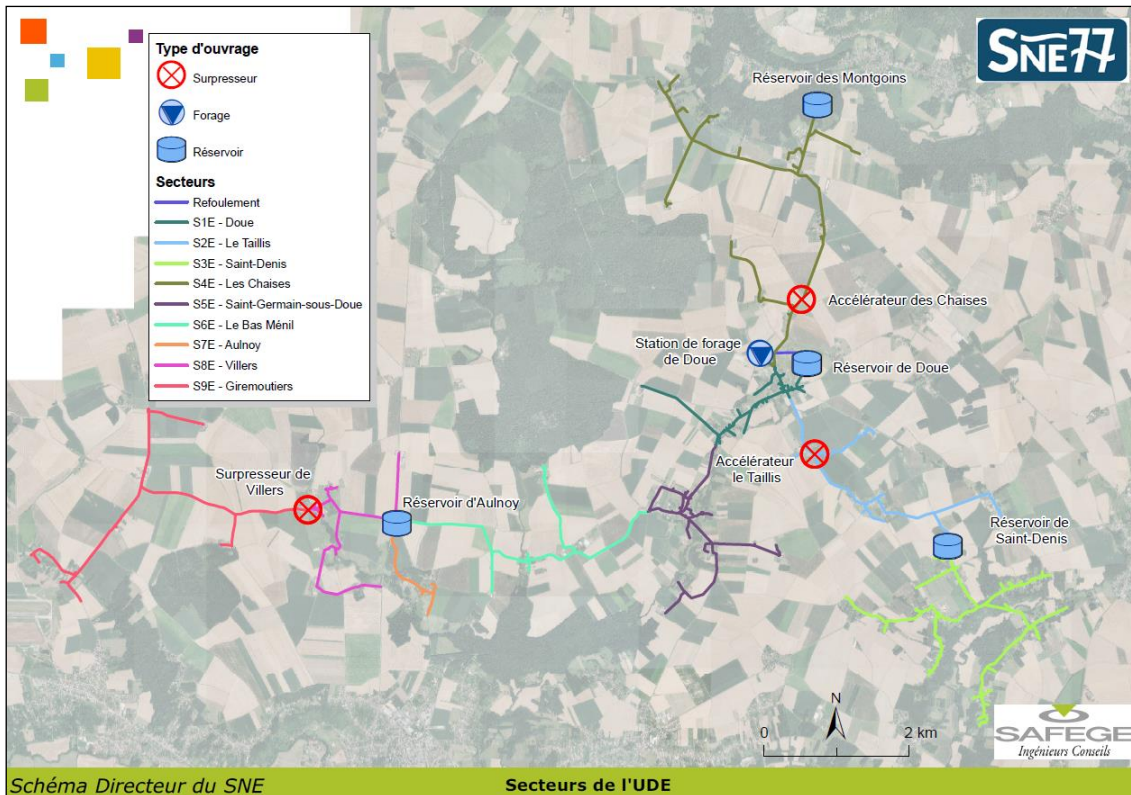


Schéma Directeur du SNE Secteurs de l'UDE

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

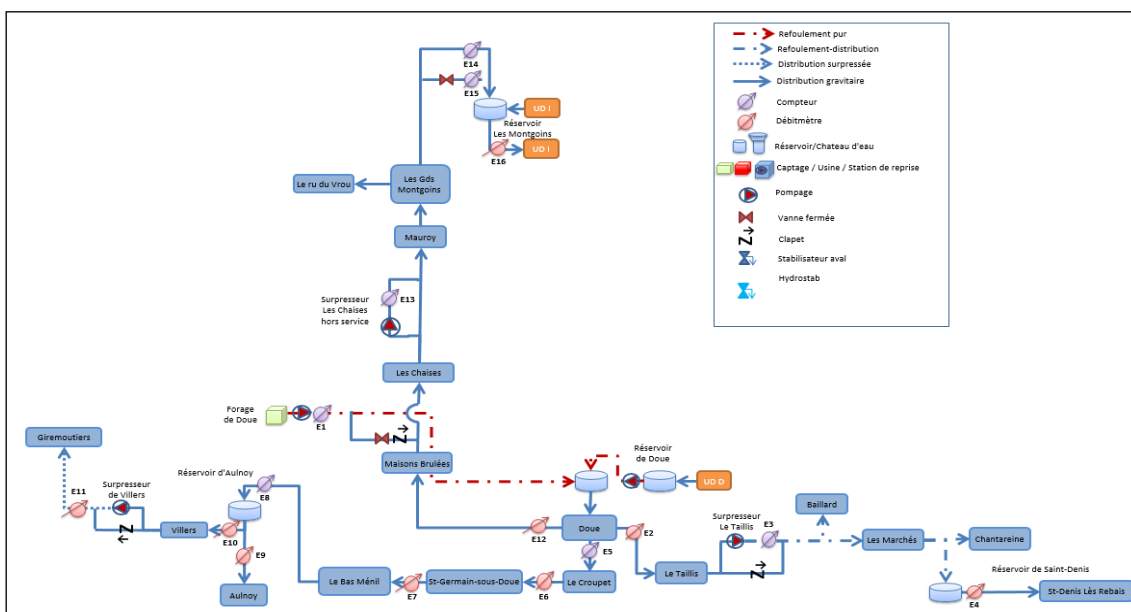


Figure 10 : Synoptique de l'unité de distribution E (Source : SDAEP SNE77, SAFEGE 2015)

4 CARACTERISATION DU SYSTEME AQUIFERE CONCERNE

4.1 Contexte géologique

4.1.1 Cadre géologique

Tout le bassin versant du ru de l'Etang de la Motte repose, suivant l'altitude successivement sur les formations suivante [Figure 11 et Figure 13] :

- Calcaire de Brie : Formation très hétérogène, elle se compose principalement de calcaires siliceux ou marneux, d'argiles grises ou brunes par altération, de meulières en amas irréguliers, ainsi que du sable à affinités éoliennes. En surface, cette formation est le plus souvent recouverte par le limon superficiel. Son épaisseur totale avoisine 18 m à Doue.
- 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.
- Sable et Grès de Beauchamp

Les calcaires de Brie affleurent sur le bassin versant du ru de l'Etang de la Motte. Ils sont recouverts par un épais manteau de limons des plateaux.

La Glaise verte se retrouve partout et constitue le substratum imperméable du Calcaire de Brie. Il constitue le niveau repère le plus étendu sur le bassin versant [Figure 12].

Au-dessus de cette série, les formations suivantes affleurent principalement à Doue où elles une butte témoin conservant la totalité de l'étage :

- Calcaire de Beauce : Calcaire siliceux lenticulaire à marnes affleurant uniquement au sommet de la butte de Doue sur 4 à 5m d'épaisseur.
- Sable de Fontainebleau : Présent principalement sur la butte de Doue, il se compose de sable fin jaune.

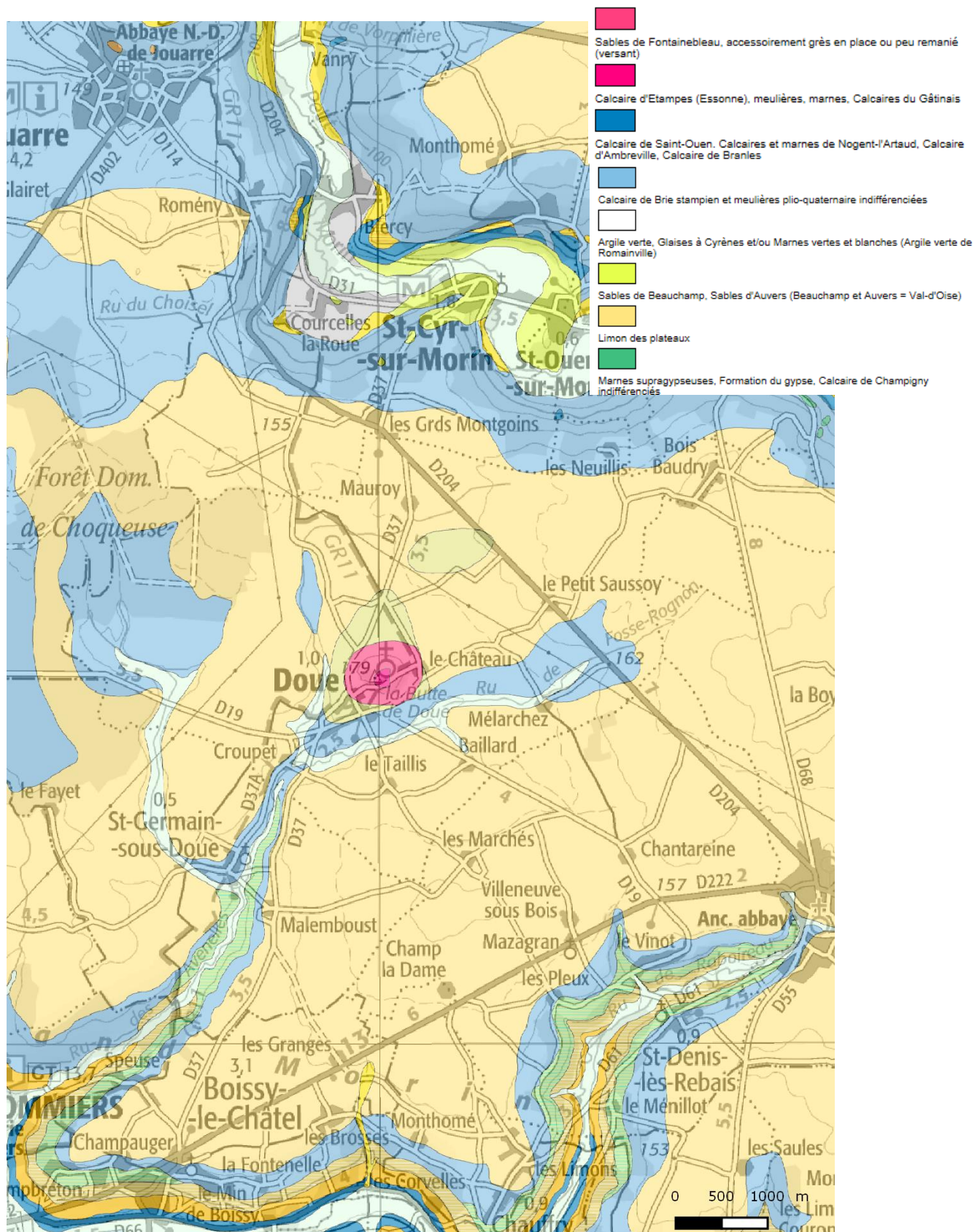


Figure 11 : Carte géologique du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : BRGM)

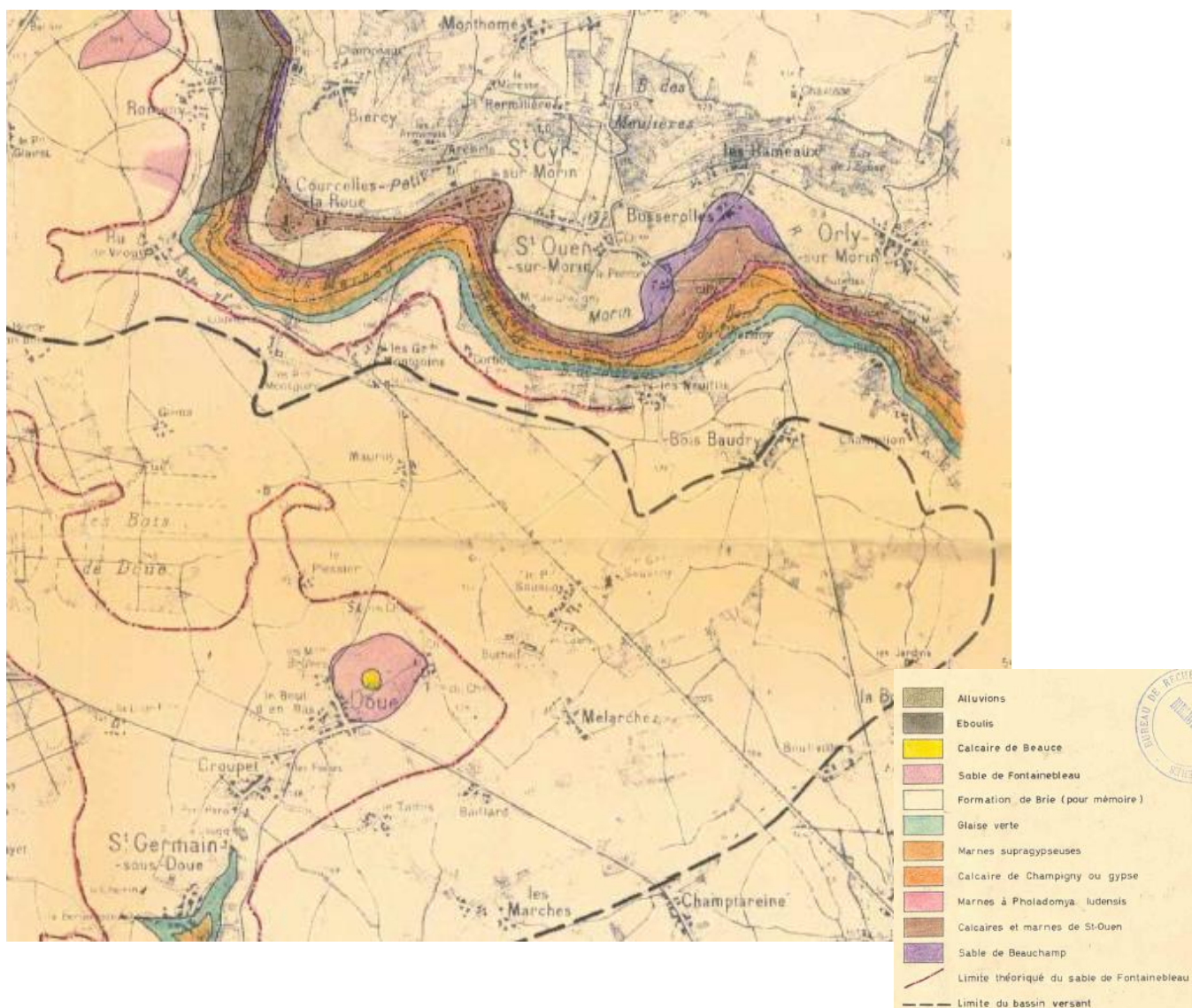


Figure 12 : Carte géologique au 1/20 000 du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963)

Un forage de reconnaissance de 132 m de profondeur a été précédé le captage de Doue. Il a permis de constater qu'il n'existait pas de formation aquifère notable sous la formation de Brie. La coupe de ce forage a été établie par C. Mégnien et F. Mégnien (1973).

Tableau 4 : Coupe géologique du forage de reconnaissance de Doue

Profondeur	Description
0 à 4 m	Sables argileux (colluvions)
4 à 16 m	Calcaires siliceux beige bréchique Calcaire de Brie
16 à 20 m	Marnes vertes
20 à 22 m	Marnes blanchâtres
22 à 27 m	Marnes verdâtres et blanchâtres
27 à 35 m	Calcaire et marnes
35 à 52 m	Argiles blanchâtres avec passage d'argiles vertes
52 à 76 m	Marnes et argiles blanchâtres très riches en gypse avec petits niveaux marneux feuilletés

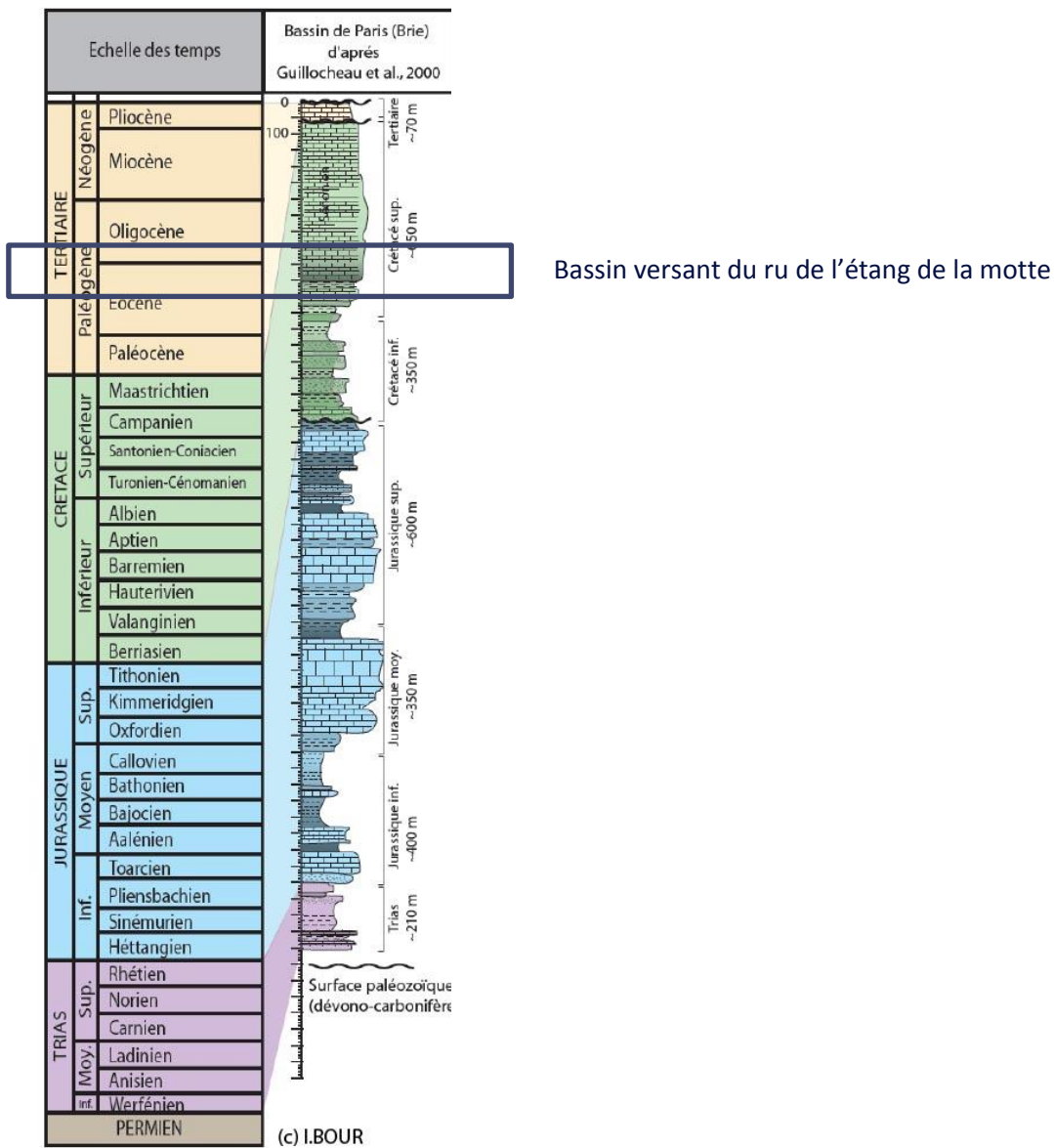


Figure 13 : Lithostratigraphie du bassin parisien et zoom au droit de la zone d'étude (Source : BRGM)

4.1.2 Coupe géologique interprétative

Du point de vue régional, la nappe du calcaire de Brie s'étend sur tout le plateau Briard, entre la Marne et la Seine. L'ensemble de la formation constitue un réservoir pelliculaire. L'épaisseur mouillée de la nappe ne dépasse pas 6 m. la nappe se situe entre 2 et 6 m de profondeur [Figure 14].

Au droit du bassin versant du ru de l'étang de la Motte, le calcaire de Brie recouvert par les limons forme le sous-sol du plateau. La pente topographique des plateaux coïncide fréquemment avec la pente structurale du Calcaire de Brie. L'argile verte affleure en bordure des plateaux. Elle retient l'eau de la nappe du Calcaire de Brie [Figure 15].

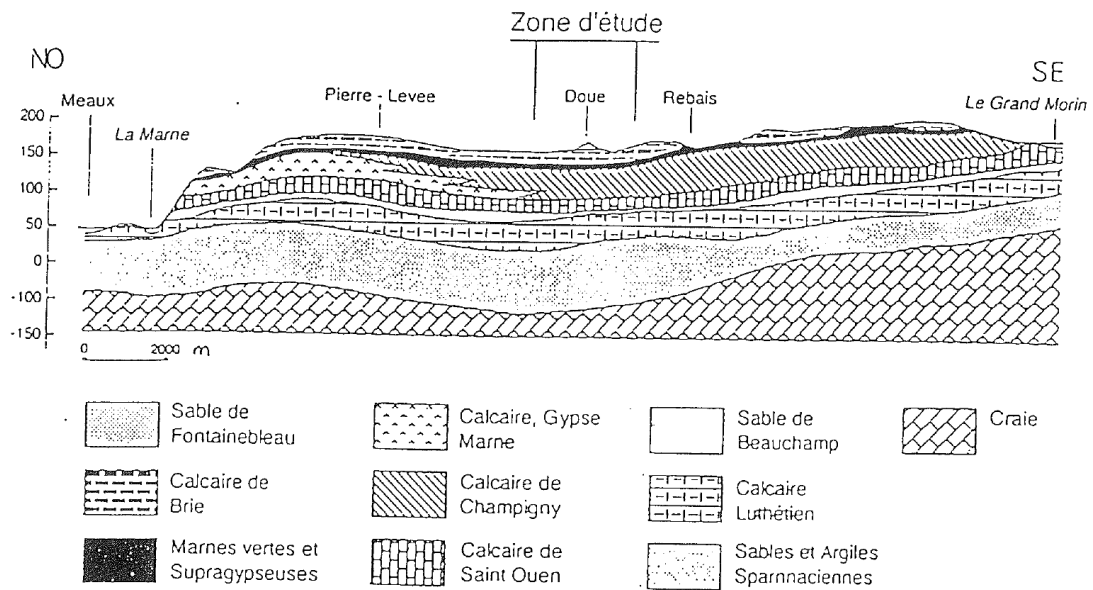


Figure 14 : Coupe géologique schématique du bassin versant de l'Orgeval (Source : Mégnién, 1979)

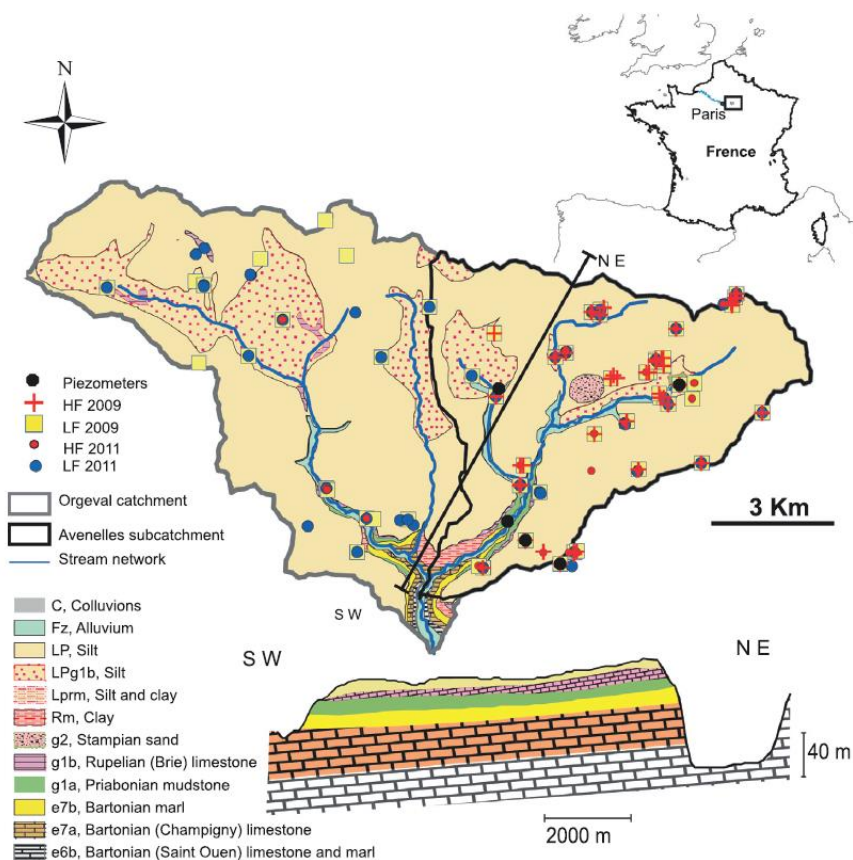


Figure 15 : Coupe géologique interprétative du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : Mouhri, 2013)

4.1.3 Contexte structural

Lors de la seconde édition de la carte géologique de Coulommiers datée de 1898 et réalisée par G.F. Dollfus et L. Janet, des informations structurales disparus sur les éditions antérieures ont été apportées.

Elles précisent :

- Un axe synclinal qui suit la vallée du Petit Morin et qui passe par Signy-Signets et Montceaux-les-Meaux
- Un axe anticlinal longeant le bord nord du plateau, correspondant à peu près à la ligne de partage des eaux entre la vallée du Petit Morin et celle du Grand Morin.
- Un axe synclinal suivant la vallée du Grand Morin.

D'autre part, les côtes du niveau repère de la Glaise verte permettent de donner une image de la structure géologique du bassin versant.

On constate que les couches géologiques du bassin sont affectées d'un pendage général Nord-Sud

Un abaissement « synclinal » du plateau aux environs de Doue déforme légèrement les structures sédimentaires, ce qui va favoriser l'accumulation d'eau dans la formation de Brie, qui est ici exceptionnellement productive [Figure 16].

La structure du bassin versant a joué un rôle déterminant pour le modelé du relief et l'écoulement des eaux, la topographie du bassin étant moulé sur la structure. Les eaux souterraines s'écoulent donc dans les mêmes directions que les eaux de surface et aboutissent toutes au sud du bassin de l'Orgeval.

Cette similitude n'est pas nette au Nord du bassin où les mouvements du relief sont trop mous pour qu'on puisse en déduire la structure du bassin en profondeur. Nous privilégierons dans le Nord du bassin le contact entre le calcaire de Brie et la Glaise verte de Romainville comme limite de l'aire d'alimentation de captage.

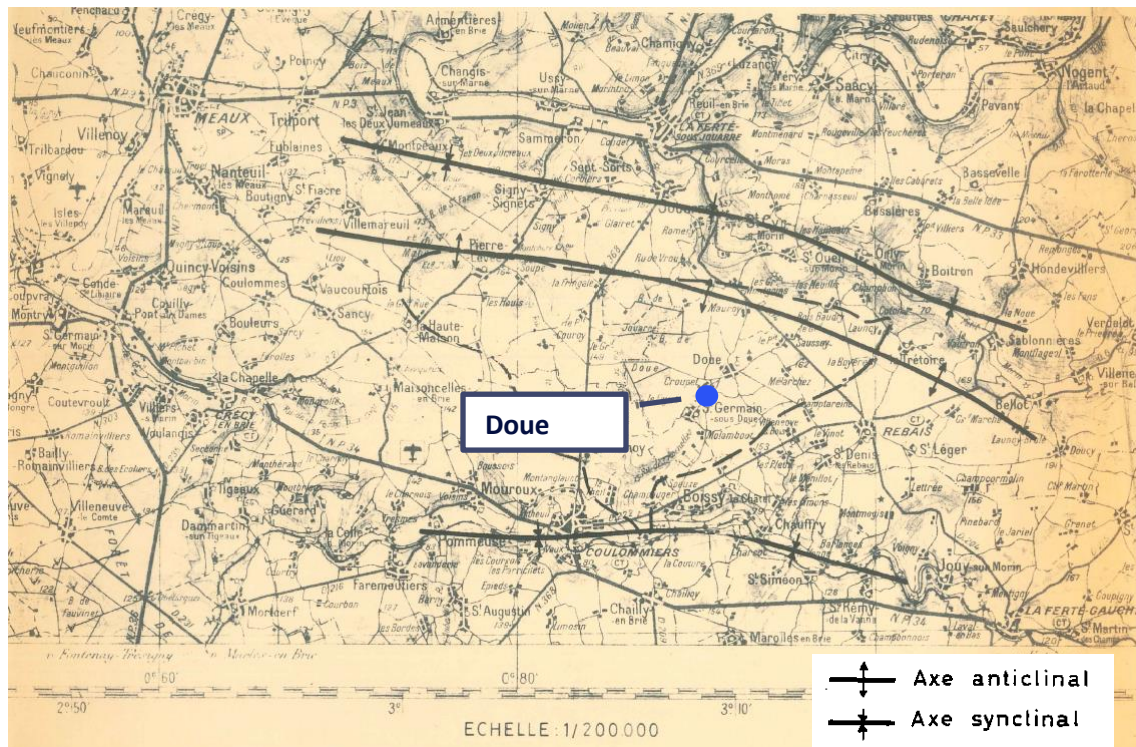


Figure 16 : Contexte structural du bassin versant du ru de l'étage de la Motte (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963)

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 les 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 facies 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'Eocène moyen et inférieur.

Le schéma suivant donne la succession des formations aquifères au regard de la colonne lithostratigraphique [Figure 17].

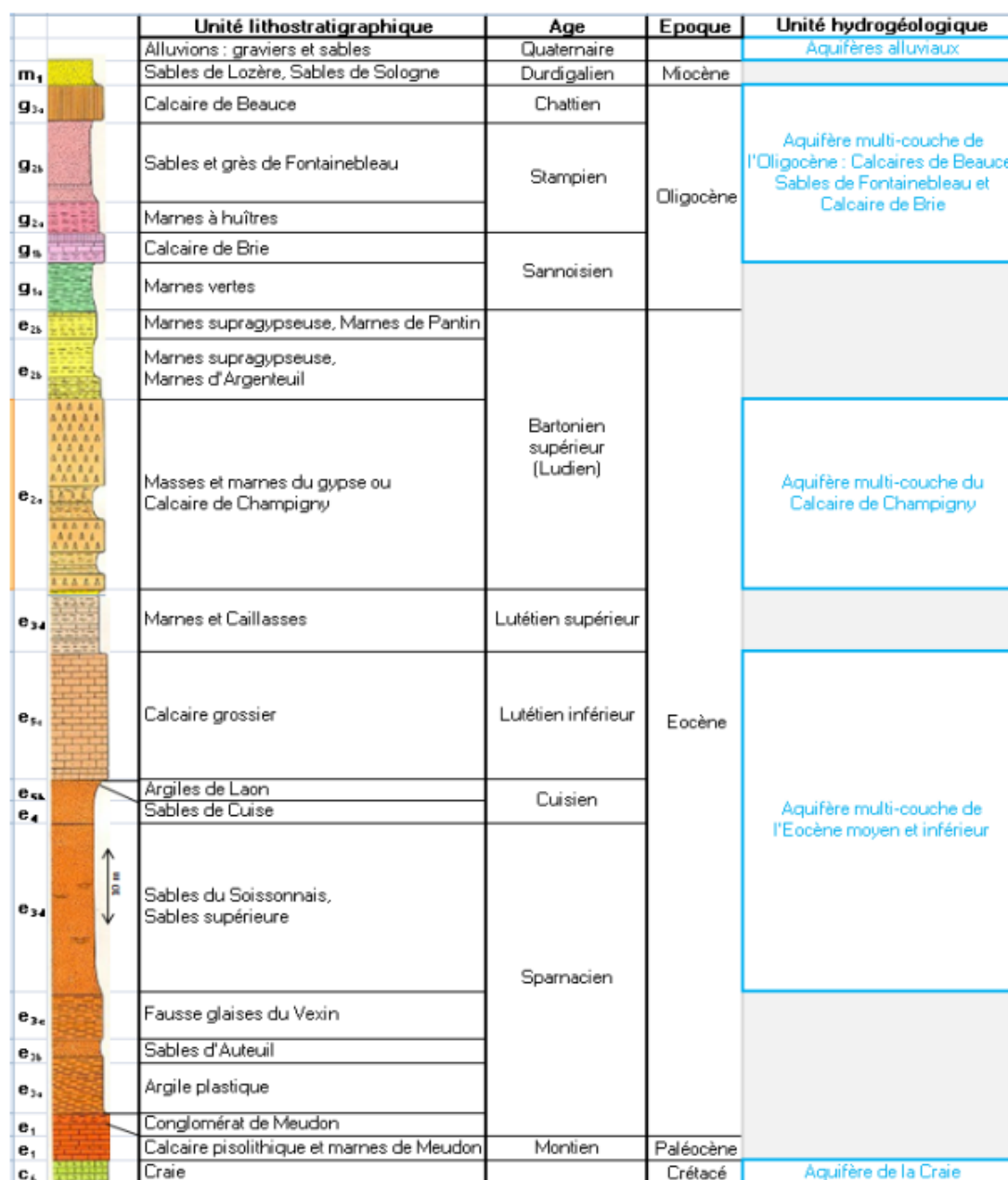


Figure 17 : Echelle stratigraphique et aquifère du Bassin parisien. (Source : BRGM/RP-53306-FR, 2004)

4.2.2 Aquifère concerné

La nappe exploitée est celle des Calcaires de Brie et de ses faciès d'altération datant de l'Oligocène. Réservoir étendu mais plutôt pelliculaire, il est épisodiquement surmonté par des buttes de Sables de Fontainebleau [Figure 18].

La formation du Calcaire de Brie, d'épaisseur moyenne de 5 à 6 mètres, repose sur un substratum peu perméable des Marnes vertes et supragypseuses, incliné vers la Seine et la cuvette de l'Yerres.

La surface piézométrique est très proche du sol et épouse assez fidèlement la topographie, qui est elle-même assez structurale.

La nappe est de type libre sur l'ensemble du bassin versant du ru de l'étage de la Motte, l'exception très locale de la butte témoin de Doue.

Par sa faible profondeur et son faible pendage, la nappe contient une eau généralement minéralisée mais aussi contaminée par des polluants chimiques et bactériologiques de surface.

Le calcaire de Brie présente une double porosité de fissuration et de fracturation. Cependant, la porosité de fracturation est assez limitée et à l'échelle de l'étude de l'aire d'alimentation, nous pouvons considérer que l'aquifère est caractérisé par une porosité de fissuration homogène.

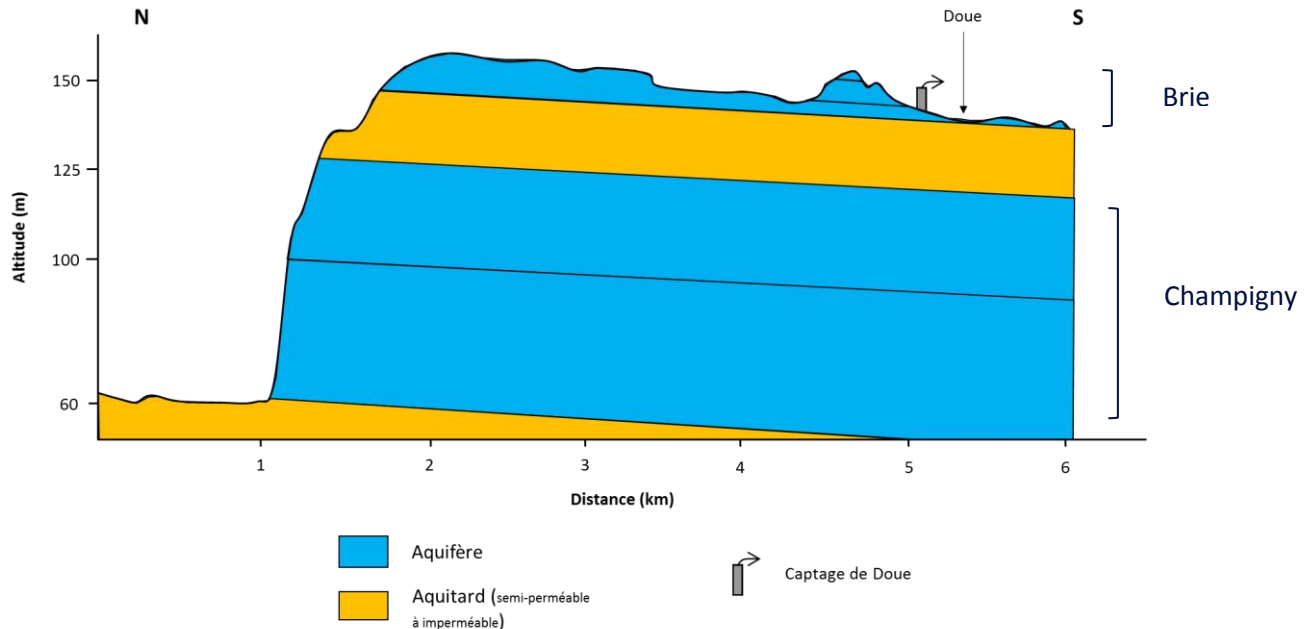


Figure 18 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la zone d'étude

4.2.3 Conditions de recharge

L'aquifère du calcaire de Brie est libre sur l'ensemble du secteur d'étude.

Les visites de terrain réalisés dans le cadre de la mission n'ont pas permis de mettre en évidence des zones d'infiltration préférentielles sur le bassin versant du ru de l'étang de la Motte.

Naturellement, il est rechargé par la pluie efficace qui s'infiltré jusqu'à la nappe.

Des modifications anthropiques des conditions naturelles de recharge sont constatées sur le bassin versant de l'étang de la Motte. En effet, les parcelles agricoles sont quasiment toutes drainées. Une part significative de la pluie efficace interceptée par le réseau de drainage ne participe plus directement à la recharge de la nappe.

4.2.4 Piézométrie

Deux cartes piézométriques existent pour le secteur d'étude. Elles montrent que les circulations d'eau souterraine sont commandées principalement par la topographie.

La première carte date de 1963 [C. Bricon, A. Canipelle, 1963]. Elle couvre le bassin versant topographique du ru de l'Orgeval [Figure 19].

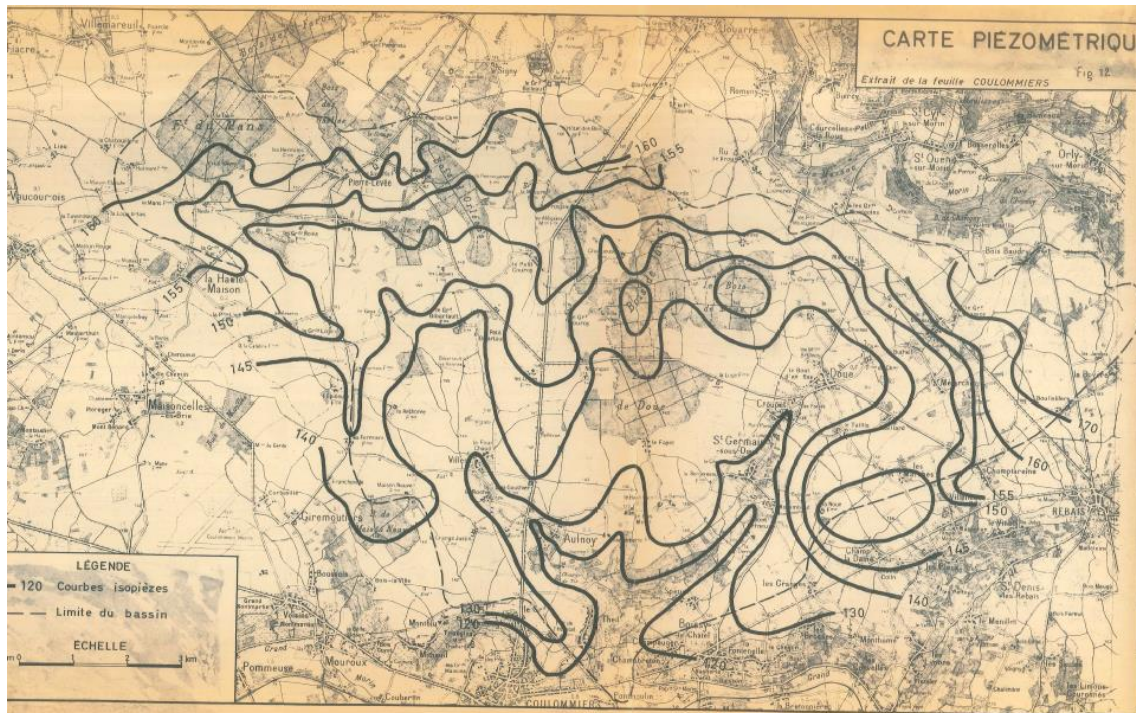


Figure 19 : Carte piézométrique du calcaire de Brie au droit du bassin versant de l'Orgeval (Source : C. Bricon, A. Canipelle, 1963)

La seconde carte date d'octobre 1981 (basses eaux) [CEMAGREF]. Elle couvre le bassin versant topographique du ru de l'Étang de la Motte [Figure 20].

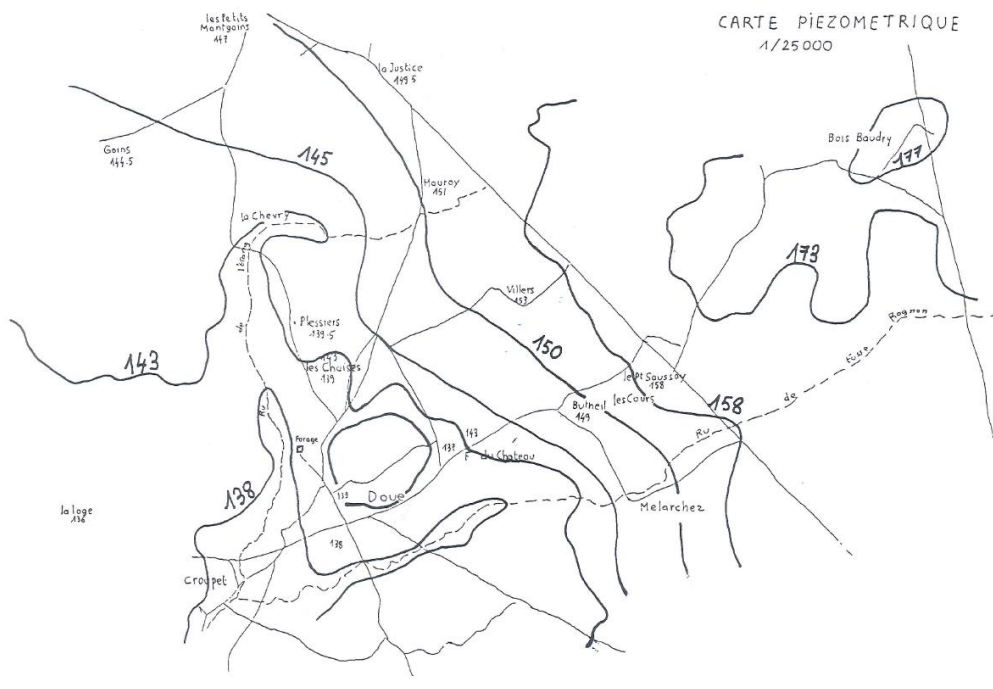


Figure 20 : Carte piézométrique de basses eaux du calcaire de Brie au droit du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : CEMAGREF, octobre 1981)

Pour justifier de sa validité actuelle, nous avons réalisé une campagne de relevé de niveaux d'eau en 10 points en novembre 2016 sur des points d'eau privés du secteur d'étude. Ces points et leur niveau piézométrique ont été comparés avec la carte piézométrique du CEMAGREF ci-dessous. La piézométrie actuelle au droit des points mesurés confirme la carte piézométrique du CEMAGREF. Cette carte piézométrique est retenue pour la délimitation de l'aire d'alimentation de captage [Figure 21].

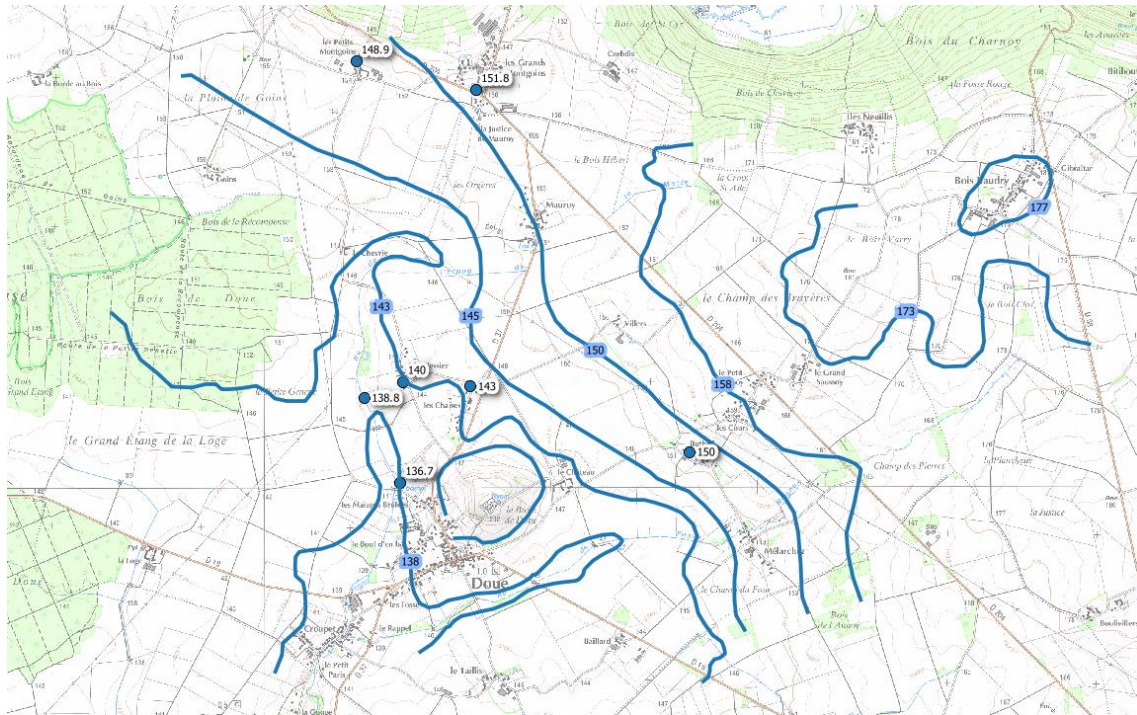


Figure 21 : Confirmation de la piézométrie CEMAGREF à partir de la campagne piézométrique 2016 (Source : CEMAGREF, octobre 1981)

Les stations piézométriques de Loge et de Mélarchez [IRSTEA Observatoire ORACLE] présentent des fluctuations de type continu annuelles moyennes de l'ordre de 2 à 3 m. Le cycle de recharge annuelle est marqué avec des hautes eaux en printemps et des basses eaux en automne [Figure 22 et Figure 23].

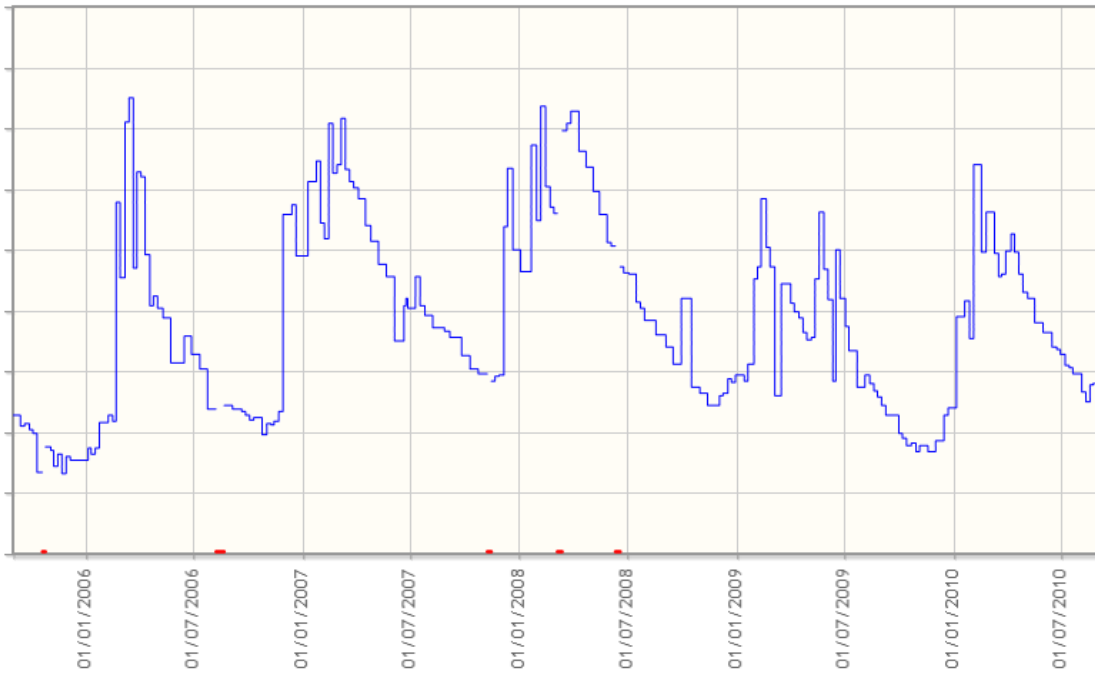


Figure 22 : Evolution de la piézométrie au droit de la station de Loge située sur la commune de Doue (Source : IRSTEA Observatoire ORACLE, 2016)

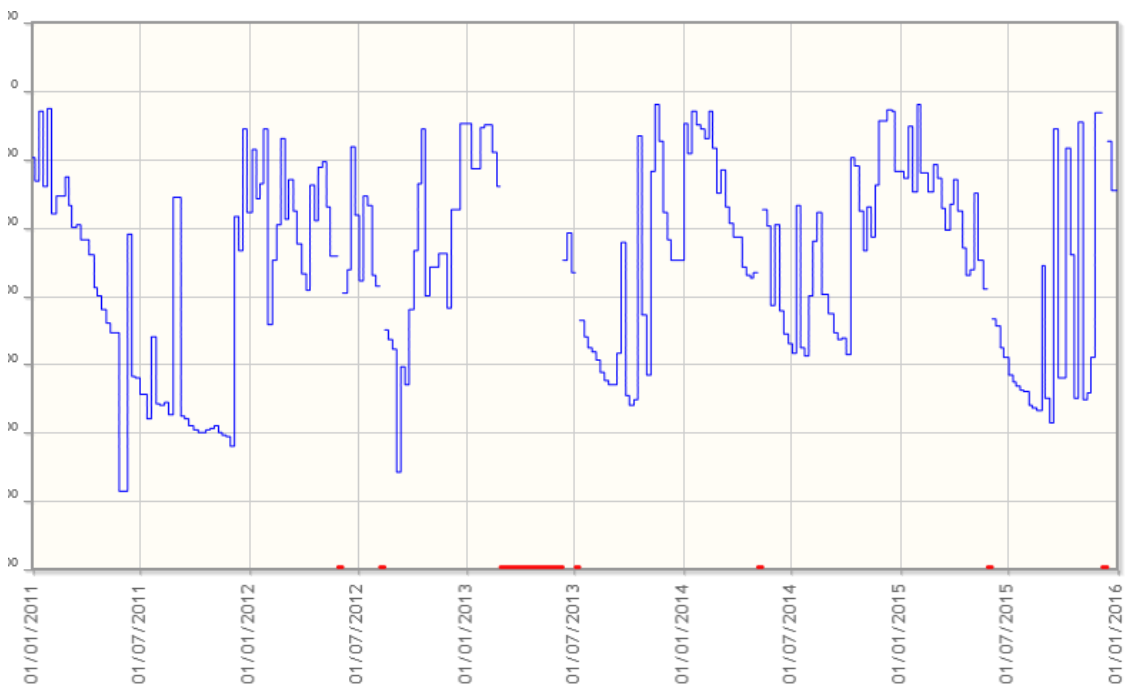


Figure 23 : Evolution de la piézométrie au droit de la station de Mélarchez située sur la commune de Mélarchez (Source : IRSTEA Observatoire ORACLE, 2016)

4.2.5 Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

4.2.5.1 Résultats d'essai

Nous avons réalisé un suivi des niveaux d'eau, présenté ci-dessus, dans le captage de Doue et dans le ru de l'Etang de la Motte du 29 novembre 2016 au 8 décembre 2016 [Figure 24].

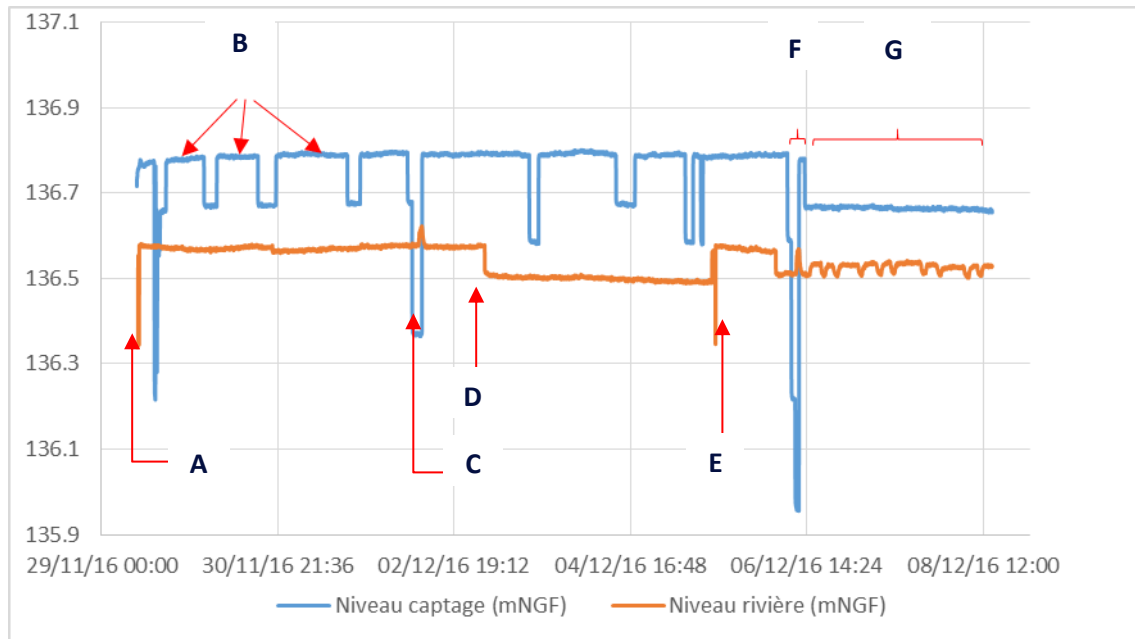


Figure 24 : Synthèse des observations réalisées dans le cadre des essais 2016 (Source : SAFEGE)

Nous devons retenir du suivi les informations suivantes

- A : Mise en place des sondes.
- B : Fonctionnement normal de la station de pompage à 20 m³/h pendant 5 à 8 heures selon les besoins. Cela représente un débit de 100 à 160 m³.
- C : Test du réseau d'exhaure lorsque le réservoir de la station de pompage est plein. Une remontée locale du niveau d'eau montre que l'eau en excès s'est bien évacuée dans le ru. Cette élévation dans le ru est de l'ordre de 3 cm.
- D : La sonde de niveau a changé de place pendant la nuit.
- E : Les sondes de niveau ont été retirées provisoirement pour en extraire les données.
- F : L'essai de pompage par paliers est réalisé avec les 3 paliers visibles sur le graphique.
- G : L'essai de pompage de longue durée est réalisé. Des rejets temporaires dans le ru sont visibles sur la courbe de niveau d'eau du ru lorsque le réservoir est plein. La non stabilisation du rabattement au bout de 48h de pompage implique le débit de 20 m³/h ne suffit pas à atteindre la limite de réalimentation du ru.

○ Pompage SADE, janvier 1973, essais par paliers

Des essais par paliers en date ont été réalisés en 1973 et 1974 par la SADE suite à la création de l'ouvrage. Les conclusions de ce dernier était que jusqu'au début de 250 m³/h aucune perte de charge anormale n'apparaissait.

Un premier essai a été effectué avant acidification avec plusieurs paliers de débits pendant les 7 premières heures, le débit étant ensuite presque constant pendant les 44 dernières heures. Les

deux piézomètres ont été observés dès la mise en route, mais le deuxième relevé n'a été fait qu'après 1 heure.

Un deuxième essai a été effectuée après acidification avec plusieurs paliers séparés par des intervalles sans pompage. Le premier palier de 11 se décompose en réalité en 3 paliers de 132, 153 et 178 m³/h. après interruption de 13 heures, un palier a été réalisé à 178 m³/h pendant 12 heures et après une seconde interruption de 2 jours, un troisième pompage de 11 heures à 178 m³/h puis 110 m³/h.

3 piézomètres ont été observés mais leur niveau initial n'a pas été noté.

Tableau 5 : Essai de pompage par paliers suite à la création de l'ouvrage (1973)

Débit (m ³ /h)	Niveau initial (m)	Niveau dyn. (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	Rabattement spécifique (m/m ³ /h)	Pertes de charge quadratique (% rabattement)
101.5	2.27	3.13	0.88	115	0.87E-2	49%
201.7	2.27	4.91	2.64	76	1.22E-2	65%
248.2	2.28	5.98	3.70	67	1.5E-2	70%

○ Pompage CTGREF, Octobre 1973, essai par paliers et essai de longue durée

Il se décompose en un pompage de 72 heures à 205 m³/h, un pompage par paliers et un pompage de longue durée au débit maximal de la pompe.

Pendant le pompage de longue durée deux à trois piézomètres ont été observés dès le début, mais sans aucune mesure pendant les phases de descente et de remontée.

Le pompage par paliers n'a pas laissé d'observation piézométrique.

Le pompage à débit maximale de 258 m³/h a donné lieu à quelques observations piézométriques mais très peu pendant les phases de variation.

La conclusion avait été que la transmissivité était de 6.10⁻² m²/s et la perméabilité excellente, et que le rabattement résiduel pouvait faire craindre une réalimentation faible.

○ Pompage CTGREF, Octobre 1974, essai par paliers et essai de longue durée

Il comprend un essai de pompage par paliers et un pompage de longue durée de 51h à 248 m³/h avec poursuite des observations pendant 3 jours. Deux de trois piézomètres ont été observés depuis le début. Il n'y a pas de mesure pendant l'abaissement rapide mais il y en a pendant la remontée. C'est après ce pompage que l'hypothèse du schéma de Boulton avait été émise. Cependant, il n'avait pas pu en être tenu compte dans l'estimation des paramètres qui était la suivante :

- Transmissivité : 5.10⁻⁶ m²/s
- Coefficient d'emmagasinement : 0,63.10⁻²

L'interprétation selon le schéma de Boulton conduit aux paramètres suivants :

- Transmissivité : 2.6 à 3 10⁻² m²/s
- Coefficient d'emmagasinement immédiat : 75 à 3.67 10⁻⁵
- Coefficient d'égouttement : 1057 à 1250 m
- Coefficient d'emmagasinement retardé : 11.8 à 8.5 10⁻³

○ Pompage SAFEGE, 2016, Essai par paliers et de longue durée

En 2016, nous avons réalisé **un essai par paliers le 6 décembre 2016** aux débits suivants : 30, 60 et 80 m³/h. Cet essai a pour but de :

- Apporter des informations sur les débits inférieurs à 100 m³/h (débits approchant le débit actuel d'exploitation).
- Observer si le puits s'est dégradé depuis 1973.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous [Figure 25].

Tableau 6 : Essai de pompage par paliers 2016

Débit (m ³ /h)	Niveau initial (m)	Niveau dyn. (m)	Rabatement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	Rabatement spécifique (m/m ³ /h)	Pertes de charge quadratique (% rabatement)
30	3.1	3.3	0.2	150.0	6.67E-03	31%
60	3.1	3.67	0.57	105.3	9.50E-03	44%
80	3.1	3.92	0.82	97.6	1.03E-02	45%

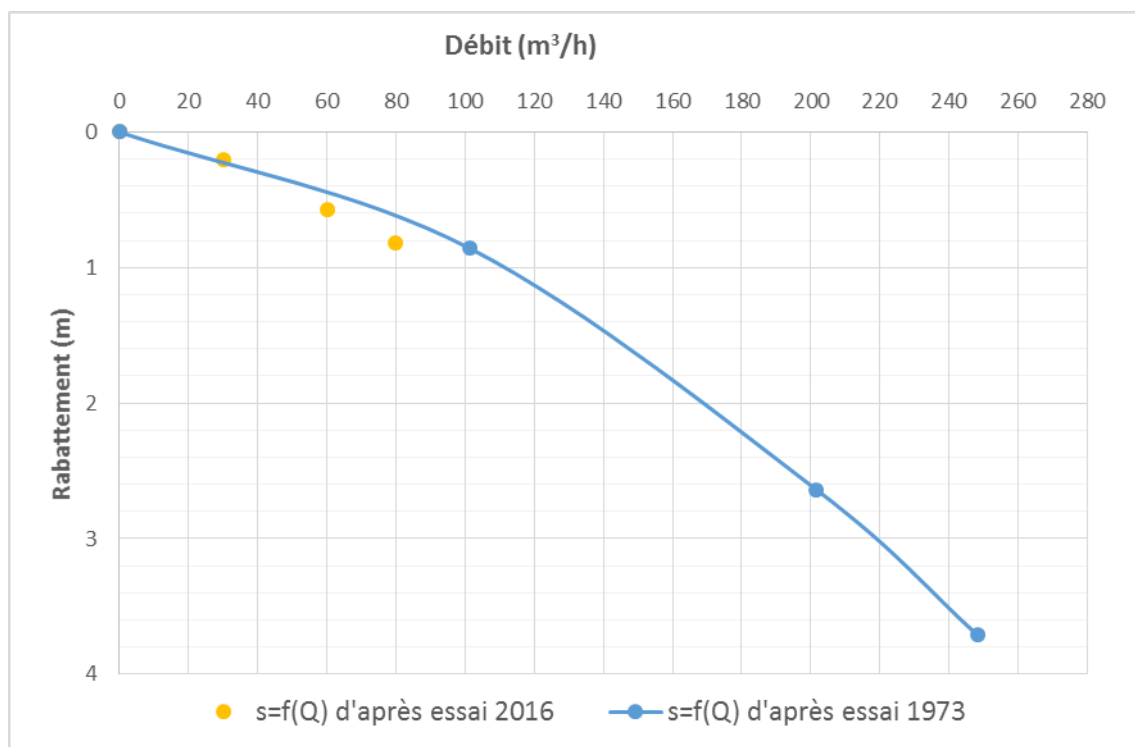


Figure 25 : Résultats des essais par paliers 1973 et 2016 (Source : SAFEGE)

Les rabattements engendrés durant l'essai de novembre 2016 sont légèrement plus importants que ceux observés suite à la mise en service du captage.

Les crépines du puits se sont probablement colmatées depuis 1793. Pour un débit d'environ 80 m³/h, le rabattement engendré 2016 est quasi identique à celui obtenu pour un pompage de 100 m³/h en 1973.

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	3.10^{-2} m ² /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	5.10^{-5}	Donnée bibliographique
Gradient hydraulique	30 m / 2000 m soit 1.5%	Données mesurée sur la base de la carte piézométrique CEMAGREF de 1981
Drainance	-	Drainance verticale des limons
Vitesse moyenne	730 m/an	

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

Les essais de pompage de longue durée disponibles ne mettent pas en évidence de limite d'alimentation par le ru de l'étang de la Motte. L'essai de 2016 n'a pas permis de mettre en évidence une relation avec le ru.

En revanche, les travaux de C. Loumagne et G. Tallec sur le bassin de l'Orgeval permettent d'avancer l'hypothèse que le ru de l'étang de la Motte court sur le calcaire de Brie. Par conséquent, les échanges avec le ru de l'étang de la Motte ne sont pas à écarter pour des débits plus importants d'où la prise en compte du bassin versant topographique du ru pour la délimitation de l'aire d'alimentation du captage de Doue.

Pour confirmer ou non cette dernière hypothèse plusieurs sondages carottés à la tarière manuelle ont été réalisés dans le lit du ru de l'Etang de la Motte. Il s'est avéré que le lit était tapissé d'une épaisseur importante (supérieur à 70 cm au droit du captage) d'argile noirâtre plastique. Cette argile, pouvant être considérée comme très peu perméable, permet de qualifier les échanges nappe-ru selon les cycles hydrologiques.

En effet, en période de basses eaux, le ru va s'écouler principalement sur les argiles qui vont représenter une barrière imperméable entre le ru et la nappe : les échanges seront donc limités [Figure 26].

Cependant, en période de hautes eaux, le niveau d'eau dans le ru est tel qu'il se retrouve en contact avec les limons et par conséquent avec le calcaire de Brie : la relation nappe-ru est alors envisageable avec apport d'eau du ru de l'étang de la Motte vers la nappe des calcaires de Brie [Figure 26].

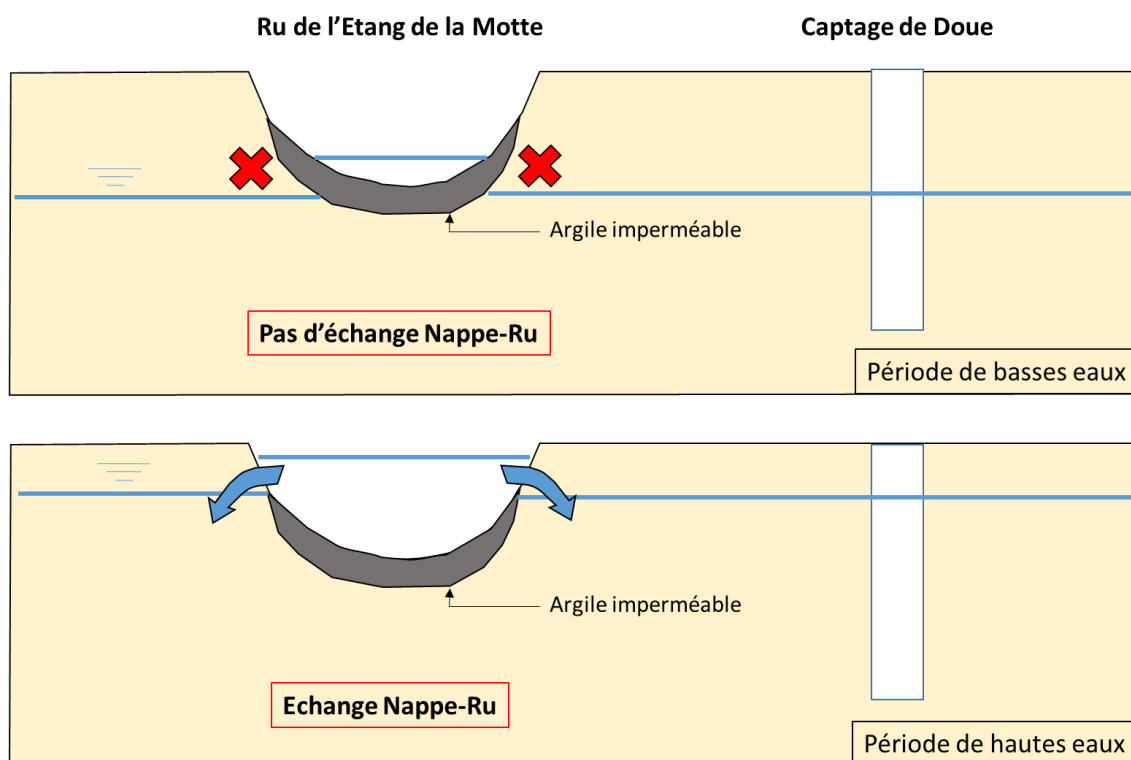


Figure 26 : Interprétation schématique des échanges entre la nappe des calcaires de Brie et le ru de l'étang de la Motte

4.2.7 Echanges avec d'autres aquifères

Le schéma de Boulton imaginé au droit du captage de Doue envisage une drainance verticale depuis les limons de plateaux très développés et les calcaires de Brie sous-jacent. Il s'agit d'une drainance verticale gravitaire.

Les seuls échanges avec d'autre aquifères identifiés correspondent à la contribution des sources de déversement des sables de Fontainebleau au droit de la butte témoin de Doue.

Ces contributions sont non significatives au regard de la pluie efficace rechargeant directement l'aquifère du calcaire de Brie.

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

A partir de ces données brutes et de la méthode de Thornthwaite, nous avons calculé un bilan hydrique mensuel permettant de connaître la pluie efficace, correspondant aux lames d'eau susceptibles d'alimenter le captage.

Un bilan hydroclimatique sur un bassin versant consiste à dresser le bilan des entrées et des sorties d'eau de ce système. Il peut se résumer par la relation suivante :

$$P = ETR + Q$$

avec

P = précipitations (mm)

ETR = évapotranspiration réelle (mm)

Q = pluie efficace correspondant à la somme de R (ruissellement) + I (infiltration),

P constituant le terme entrant (E) et ETR, I et R constituant les termes sortants (S), ce bilan peut se révéler :

- équilibré, si $(E) = (S)$
- déficitaire, si $(E) < (S)$, ce qui se traduira par un appauvrissement de la réserve globale en eau.
- ou enfin excédentaire, si $(E) > (S)$, ce qui permettra une recharge de l'aquifère.

Le calcul du bilan hydroclimatique nécessite en premier lieu d'estimer l'évapotranspiration réelle (ETR). Celle-ci se détermine à partir des valeurs mensuelles de d'ETP et de la pluviométrie P (méthode de Thornthwaite).

Nous admettons que les premières couches du sol et du sous-sol contiennent un stock optimum d'eau (soit la portion de réserve hydrique mobilisable, RFU) qu'il faut reconstituer avant qu'il puisse y avoir ruissellement, et dont une partie est mobilisée par l'ETP en cas de déficit pluviométrique.

Plusieurs cas de figures se posent :

- Si $P > ETP$, on admet qu'il y a suffisamment d'eau disponible, et dès lors $ETR = ETP$.
- Si $P < ETP$, on admet que toute la pluie est reprise par l'évaporation. La valeur d'ETR se situera alors entre la valeur d'ETP (valeur maximale), et la valeur des précipitations (valeur minimale). C'est ensuite la réserve hydrique mobilisable stockée dans le sol, la RFU, qu'il faut estimer et qui déterminera la valeur définitive de l'ETR.

La RFU dépend des caractéristiques du sol. Nous avons retenu les valeurs de deux sols caractéristiques.

Tableau 8 : Estimation de la recharge moyenne sur le bassin versant du ru de l'étang de la Motte à partir de la station de Changis-sur-Marne période 2002 à 2016 (Source : Météo France)

Recharge	Sol 21	Sol 42
Recharge moyenne à 60 cm de profondeur	153 mm	93 mm
Recharge moyenne à 80 cm de profondeur	135 mm	56 mm

4.4 Qualité des eaux

4.4.1 Mesures de contrôle de la qualité de l'eau

L'eau prélevée par le captage de Doue 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. Pour les teneurs en nitrates, nous avons complété les données jusqu'à 1972 à l'aide de données disponibles dans le programme de l'Orgeval.

Le captage de Doue dispose de 104 prélèvements d'eau brute durant la période du 18/06/1997 au 04/12/2014, soit 28724 analyses disponibles.

Le captage prélève 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 captage, nous n'avons pas pu compléter les données d'eau brute avec des données d'eau distribuée en raison du mélange avec les eaux d'Hondevilliers.

4.4.2 Caractérisation de l'aquifère

4.4.2.1 Température

La température de 1998 à 2015 est relativement stable avec une variation générale entre 10 et 12°C. Les points de mesures extérieurs à cet intervalle sont isolés et par conséquent non représentatifs de l'évolution de la température sur cette période. Ce paramètre est caractéristique d'un aquifère continu [Figure 27].

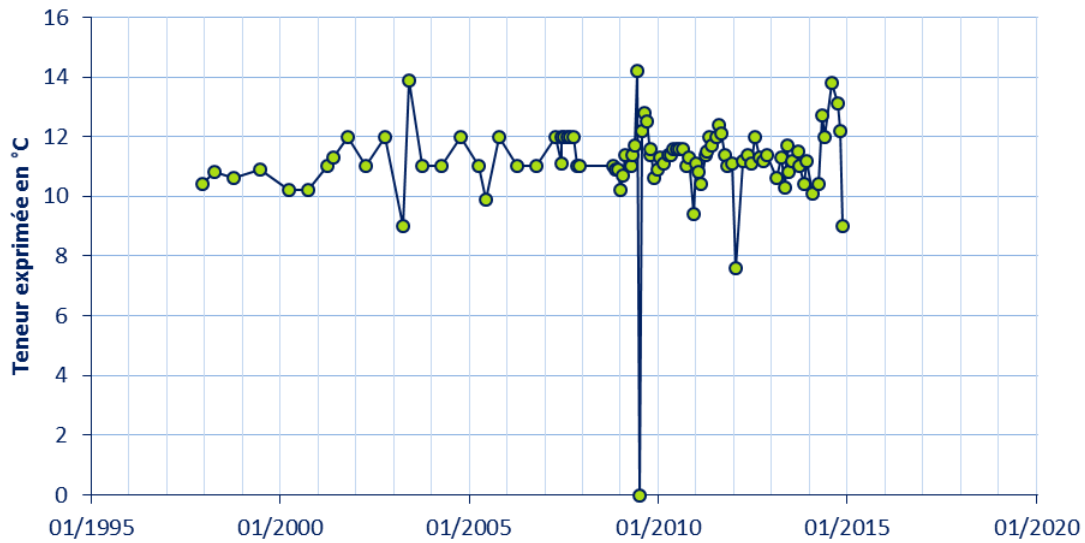


Figure 27 : Evolution des températures des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.2.2 Conductivité

La conductivité semble être un paramètre stable d'après le graphique ci-dessous et donc représentative d'un aquifère continu. Toutefois, seulement six valeurs ont été mesurées sur la période de 1997 à 2007, il est par conséquent nécessaire de relativiser l'affirmation précédente [Figure 28].

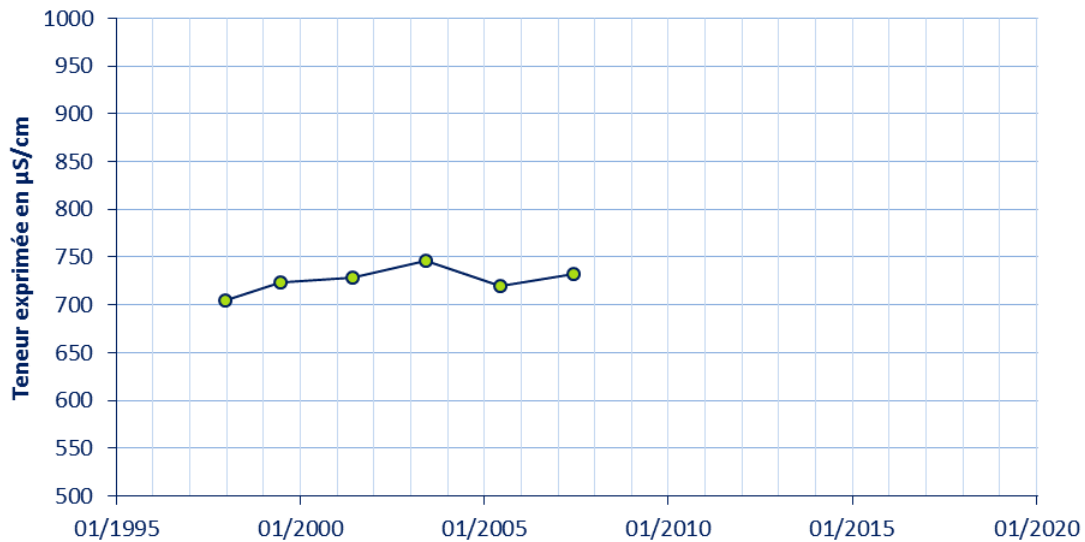


Figure 28 : Evolution de la conductivité des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.2.3 Turbidité

La turbidité [Figure 29] possède deux tendances sur la période de 1998 à 2015 :

- La première de 1997 à 2006, assez sporadique, donc synonyme d'un système karstique, mais avec une faible densité de valeurs.
- La seconde de 2006 à 2015, relativement homogène et avec une forte densité de données, oscillent entre 0 et 1.5 NFU. Elle est donc, contrairement à la précédente, représentative d'un aquifère continu.

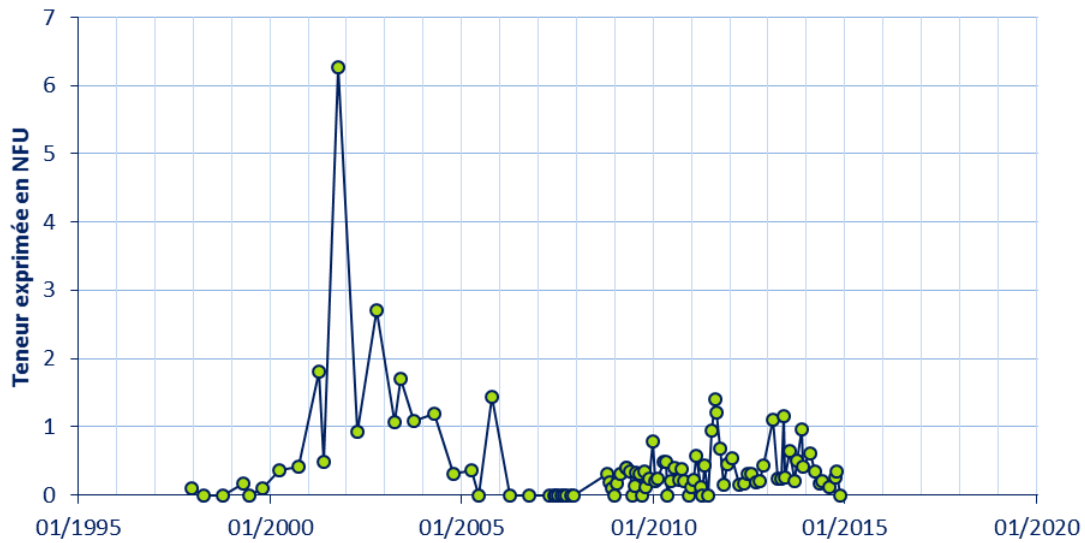


Figure 29 : Evolution de la turbidité des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.2.4 Hydrochimie

L'évolution de l'hydrochimie [Figure 30 des eaux captées par le forage montre une évolution stable, caractéristique d'un aquifère continu. Les valeurs s'écartant de la tendance générale sont isolés et donc non représentatives de l'évolution des teneurs en éléments au cours du temps.



Figure 30 : Evolution de la minéralisation et des ions majeurs des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.3 Caractérisation des pollutions diffuses

4.4.3.1 Cas des nitrates

Les nitrates ont une tendance à l'augmentation sur la période de 1973 à 2015, dépassant de nos jours la valeur limitée de potabilité de 50 mg/L. L'augmentation lente révèle une pollution diffuse synonyme d'un aquifère continu [Figure 32].

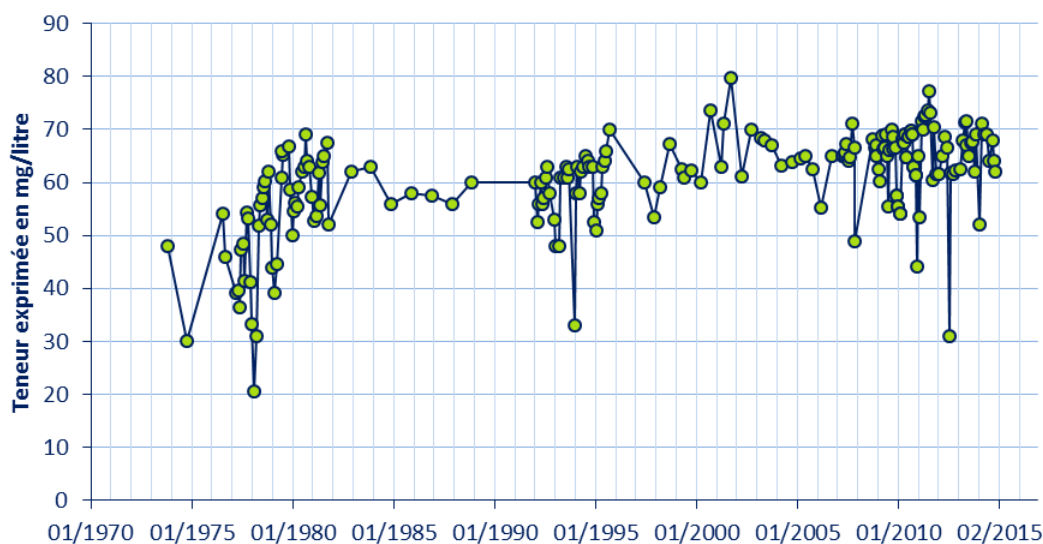


Figure 31 : Evolution des teneurs en nitrates des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES, CEMAGREF, SNE77)

4.4.3.2 Campagne de mesures des teneurs en nitrates et nitrites

En novembre 2016, une campagne de terrain a été réalisée par SAFEGE dans le but d'analyser les teneurs en nitrates et nitrites de plusieurs échantillons d'eau d'ouvrages captant les calcaires de Brie et appartenant à des particuliers ou non. Cette investigation a permis de récupérer sept échantillons d'eau répartis sur la zone d'étude.

Les cartes suivantes [Figure 32 et Figure 33] montrent que :

- Les teneurs en nitrates sont croissantes du nord vers le sud de la zone d'étude avec quelques valeurs qui dépassent la limite de potabilité de 50 mg/l
- Les teneurs en nitrites sont plus variables : aucune tendance ne s'observe sur la zone d'étude. En revanche, au droit du captage de Doue, la teneur en nitrites reste élevée avec une valeur de 4.5 mg/l, bien supérieure à la limite de potabilité de 0.5 mg/l. Le voisinage direct du captage est un environnement favorable à la dégradation des nitrates en nitrites.

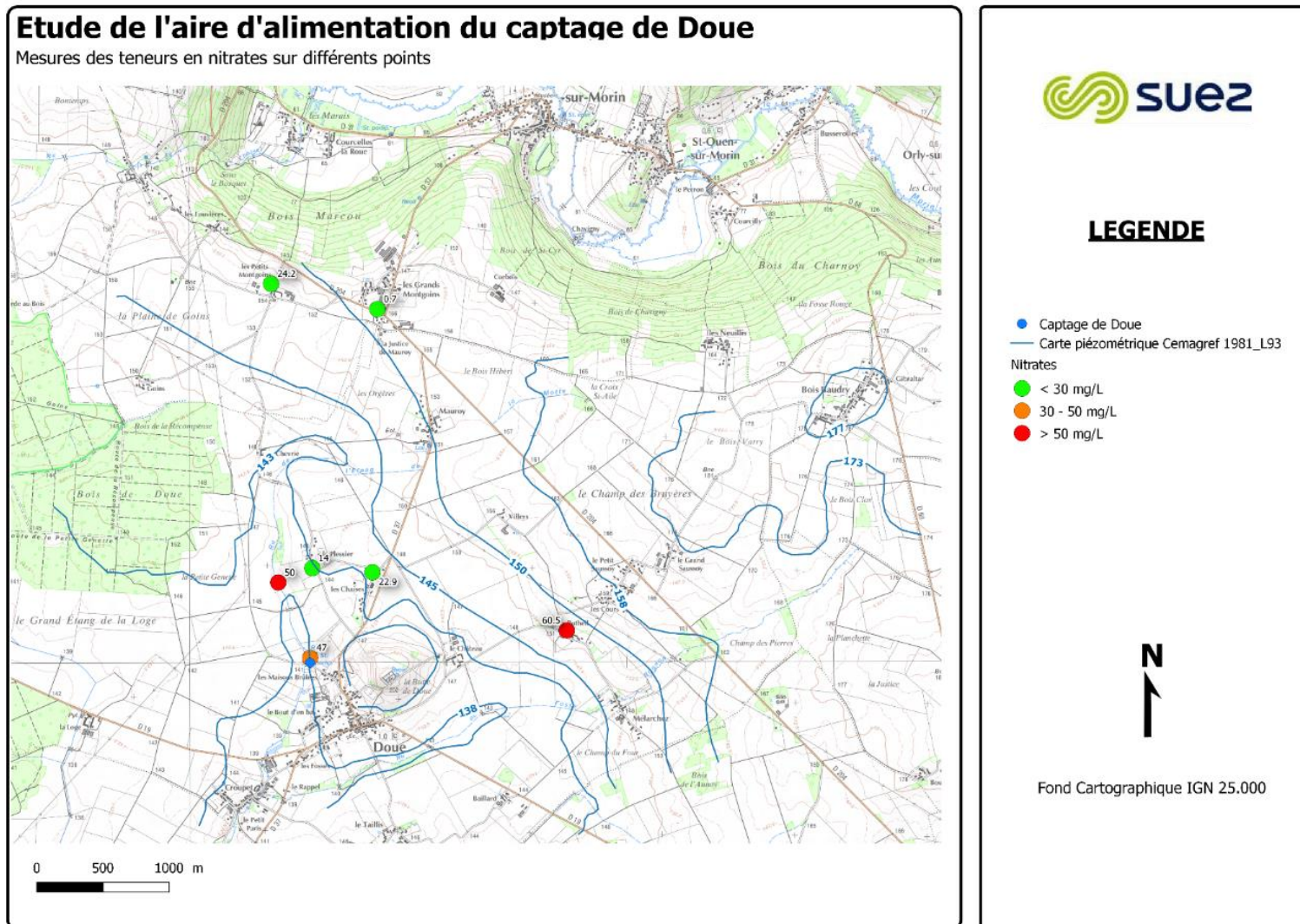


Figure 32 : Teneurs ponctuelles en nitrates sur la zone d'étude

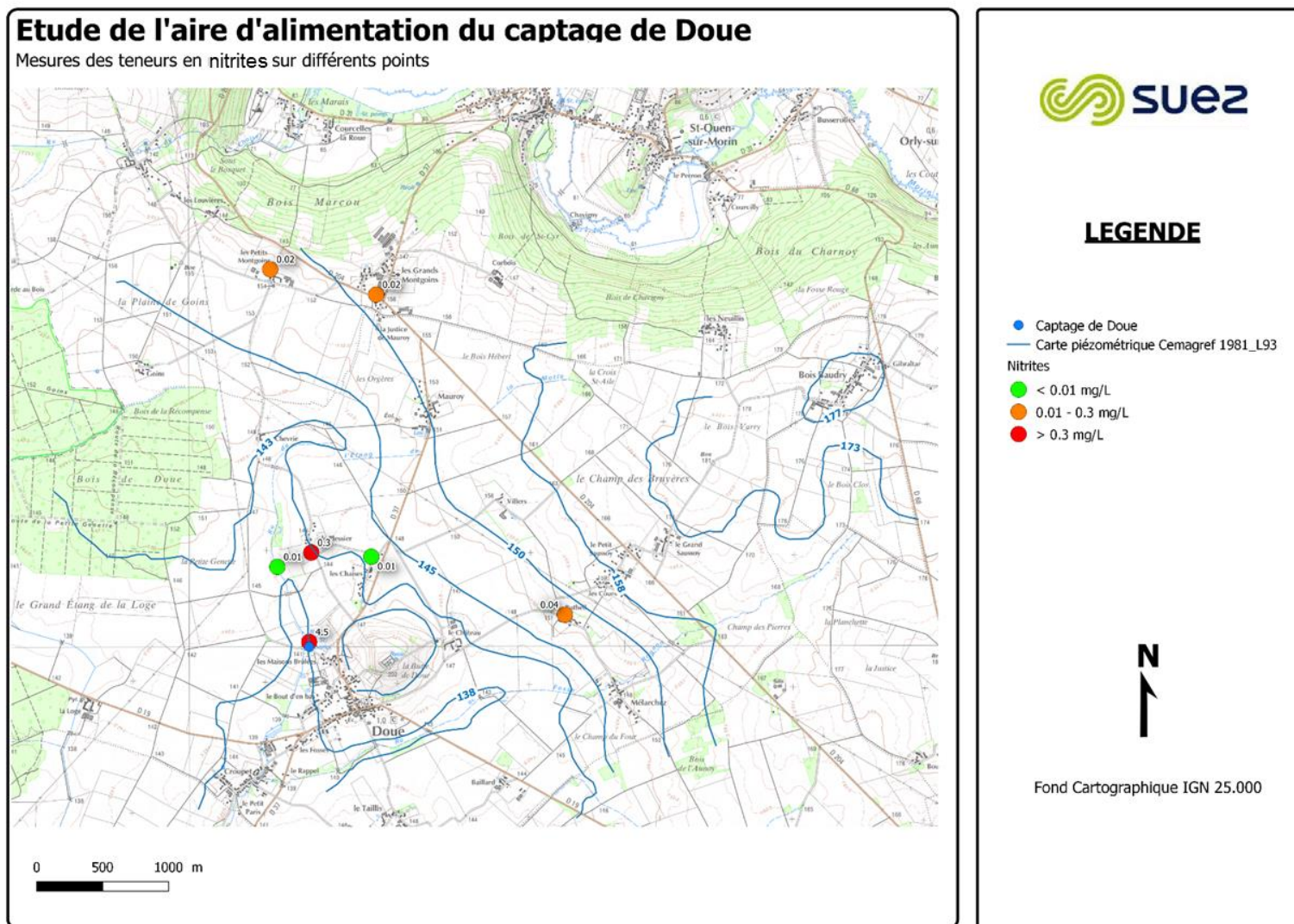


Figure 33 : Teneurs ponctuelles en nitrites sur la zone d'étude

4.4.3.3 Cas des pesticides

Les eaux brutes des forages sont concernées par la présence de deux pesticides courants que sont l'Atrazine [Figure 34] et la Déséthyl Atrazine [Figure 35], signes d'une pollution diffuse. D'autres pesticides, moins fréquents, ont aussi été mesurés :

- Atrazine Désisopropyl : Une teneur de 0.38 µg/L le 30/10/1997 qui se suit d'une disparition de cette molécule jusqu'en juillet 2009 où l'Atrazine Désisopropyl tend à l'augmentation avec des teneurs autour de 0.05 µg/L.
- Atrazine Désisopropyl Déséthyl : Des valeurs relativement homogènes autour de 0.12 µg/L
- Glyphosate : L'apparition de glyphosate est relevée uniquement pour deux valeurs de 0.41 et 0.18 respectivement le 06/07/2010 et le 13/09/2010. Le glyphosate est un désherbant utilisé le plus souvent en interculture.
- AMPA : Une seule teneur à 0.14 µg/L relevée le 01/06/2010, le reste des mesures ne détectant pas la molécule entre 2000 et 2015. Cette molécule est un produit de dégradation du glyphosate.
- Oxadixyl : Ce fongicide est apparu depuis la fin des années 2000 avec des valeurs très hétérogènes, pouvant passer de 0.02 à 0.14 µg/L. Il était couramment utilisé pour le traitement des vignes, oignons et pommes de terre avant son interdiction en janvier 2004. Les propriétés physico-chimiques de la molécule expliquent sa persistance dans le milieu (DT50 de 90 jours en moyenne).

4.4.3.3.1 Atrazine

Les teneurs en atrazine [Figure 34] mesurées dans les eaux brutes sont en diminution depuis le début des années 2000. Aujourd'hui, elles tendent à se stabiliser autour de 0.02 µg/L, en-deçà de la valeur limite de potabilité qui est de 0.1 µg/L.

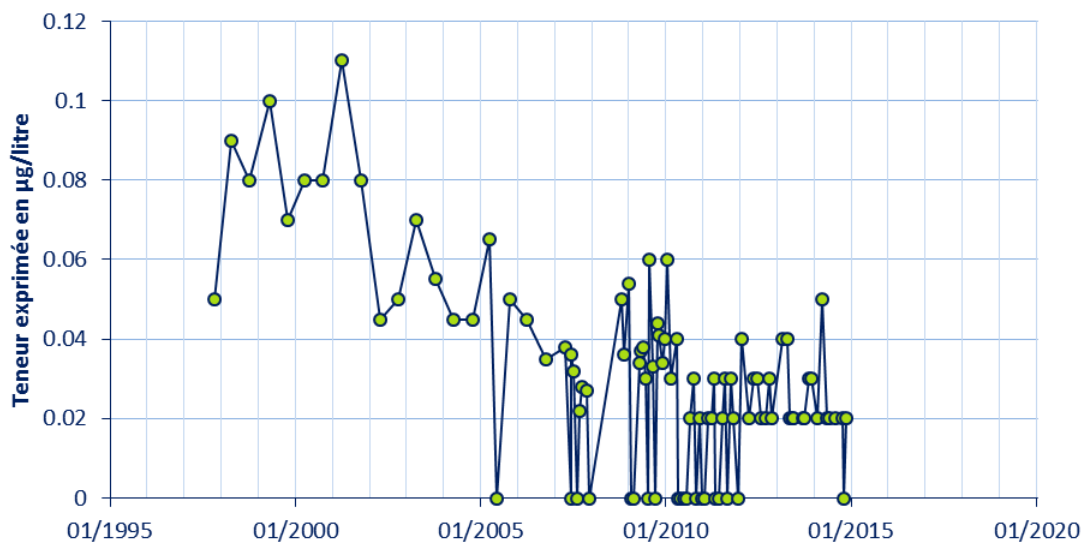


Figure 34 : Evolution des teneurs en Atrazine des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.3.3.2 Déséthyl atrazine

La Déséthyl Atrazine [Figure 35] apparaît à partir de 2010 et tend à augmenter depuis pour atteindre des teneurs d'environ 0.06 µg/L. Cette évolution progressive implique un aquifère de type continu.

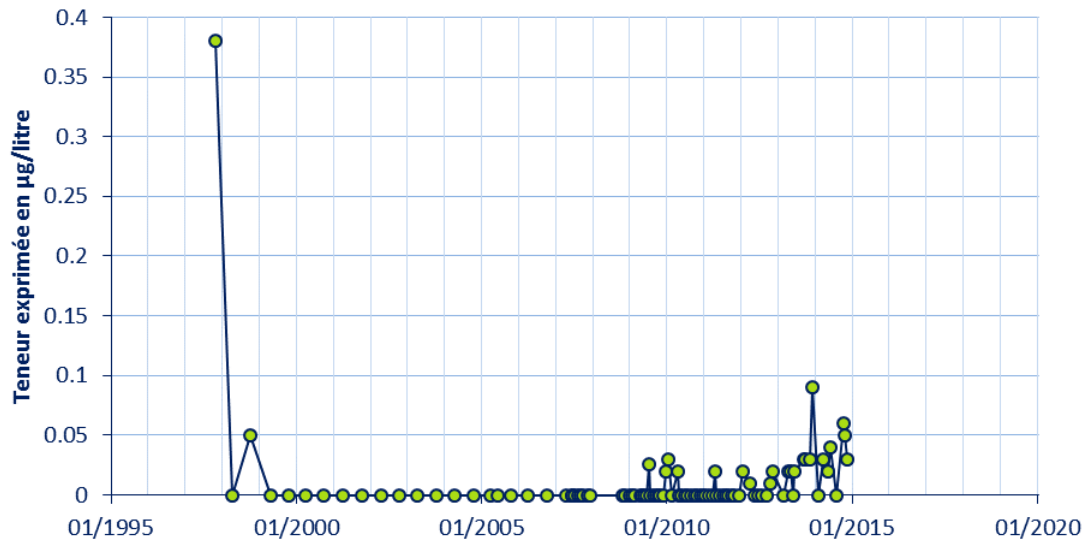


Figure 35 : Evolution des teneurs en Déséthyl Atrazine des eaux brutes du captage de Doue (Source : ADES)

4.4.4 Informations issues du suivi de l'essai pompage de 2016

Les données qualité recueillies lors de l'essai de longue durée sont présentées dans les graphes ci-dessous [Figure 36]. Un appareil de mesure situé sur le ru de l'étang de la motte a subitement cessé de mesurer suite probablement à une défaillance de l'appareil ce qui explique le manque de données sur les courbes. En ce qui concerne la turbidité, le capteur installé dans le puits enregistre des valeurs incohérentes ce qui laisse entendre une défaillance de la sonde de mesure l'appareil.

En ce qui concerne la turbidité, le capteur installé dans le puits enregistre des valeurs incohérentes ce qui laisse entendre une défaillance de l'appareil.

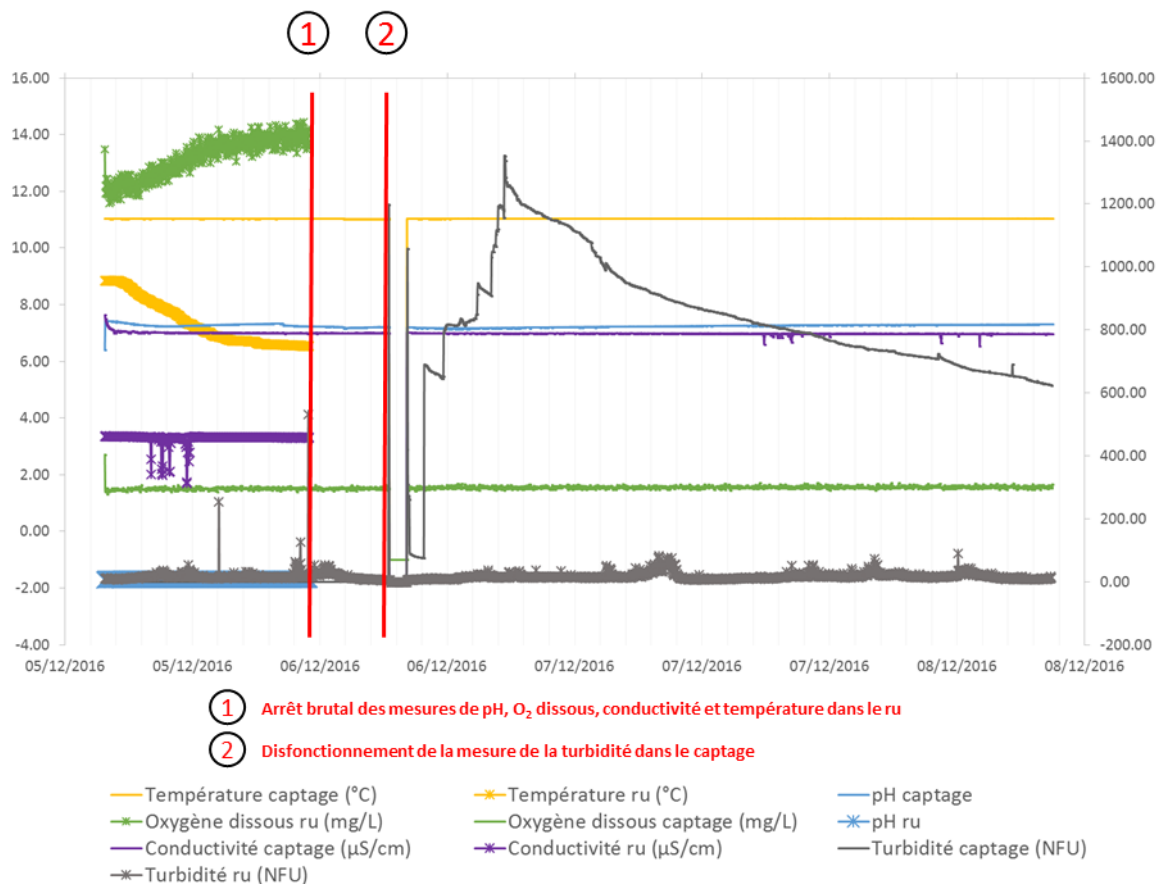


Figure 36 : Evolution des paramètres de qualité pendant l'essai de pompage de 2016.

Les paramètres de dioxygène dissous, de pH et de conductivité mesurés dans le captage de Doue confirment que ce dernier ne subit pas de réalimentation de la part du ru puisque les valeurs dans le captage restent relativement stables sans approcher les valeurs enregistrées dans le ru de l'étang de la Motte.

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)

Cette carte localise le forage dans des zones vulnérables à très vulnérables pour la première ressource rencontrée. Pour rappel, le forage capte un aquifère libre.

4.5.2 Contexte pédologique

La carte des sols [Figure 37] ci-dessous établie par le GIS Sol, en 2007, localise autour de Doue les sols suivants :

- Sols lessivés dégradés et lessivés podzoliques hydromorphes
- Sols lessivés dégradés hydromorphes
- Sols lessivés dégradés à pseudogley
- Sols bruns lessivés et sols lessivés à pseudogley
- Sols lessivés acides, sols podzoliques
- Sols peu évolués d'apport alluvial ou colluvial, hydromorphes

L'accumulation d'eau à faible profondeur pendant les périodes humides a nécessité l'implantation d'un réseau de drainage très développé (drain en poterie à la profondeur moyenne de 60 à 80 cm.

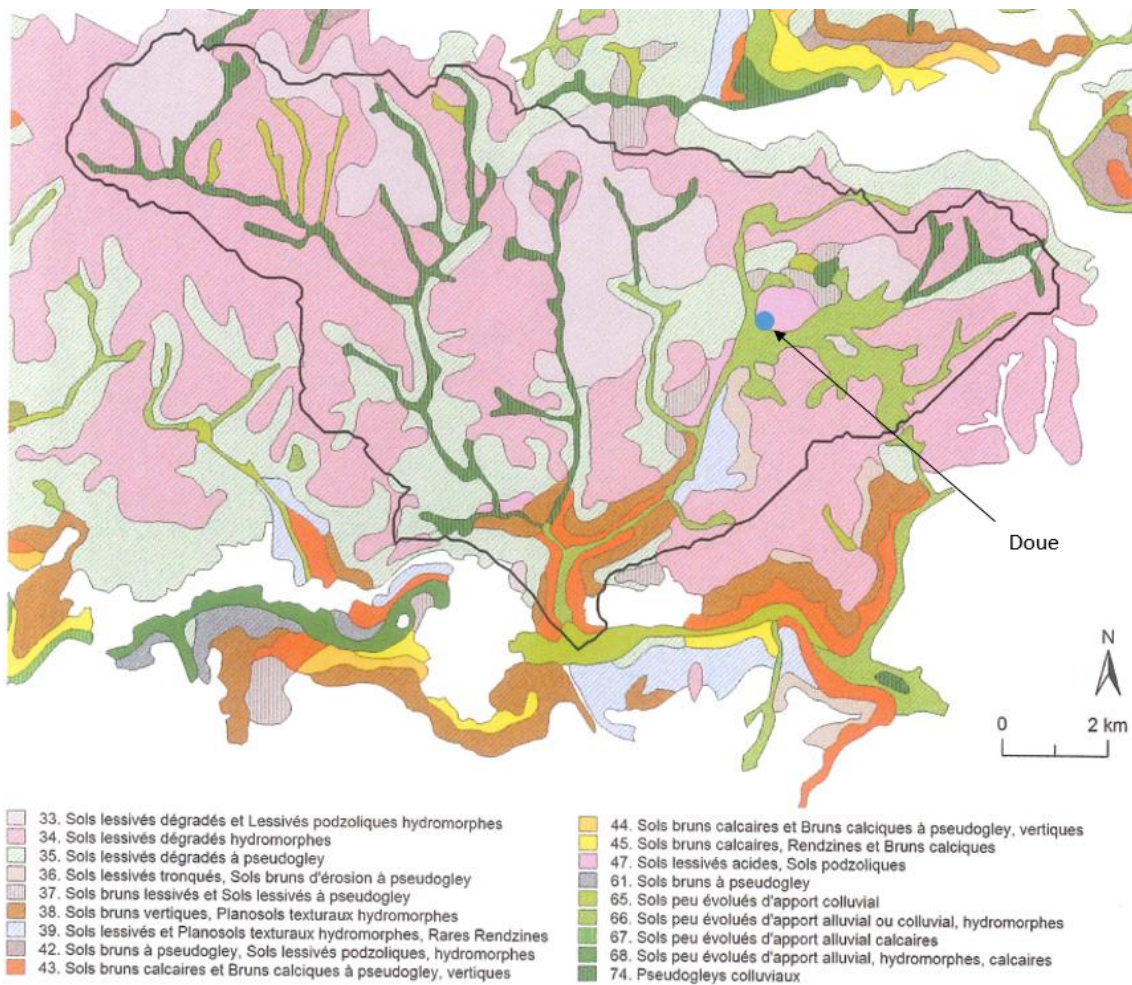


Figure 37 : Carte des sols du bassin versant de l'Orgeval (Source : INRA GIS SOL, 2007)

Cette carte fait suite à la carte des sols du secteur de Doue à l'échelle 1/10 000 réalisée en Ph. Cauchie de l'INRA [Figure 38]. Elle est la carte de référence pour le bassin versant du ru de la Motte.

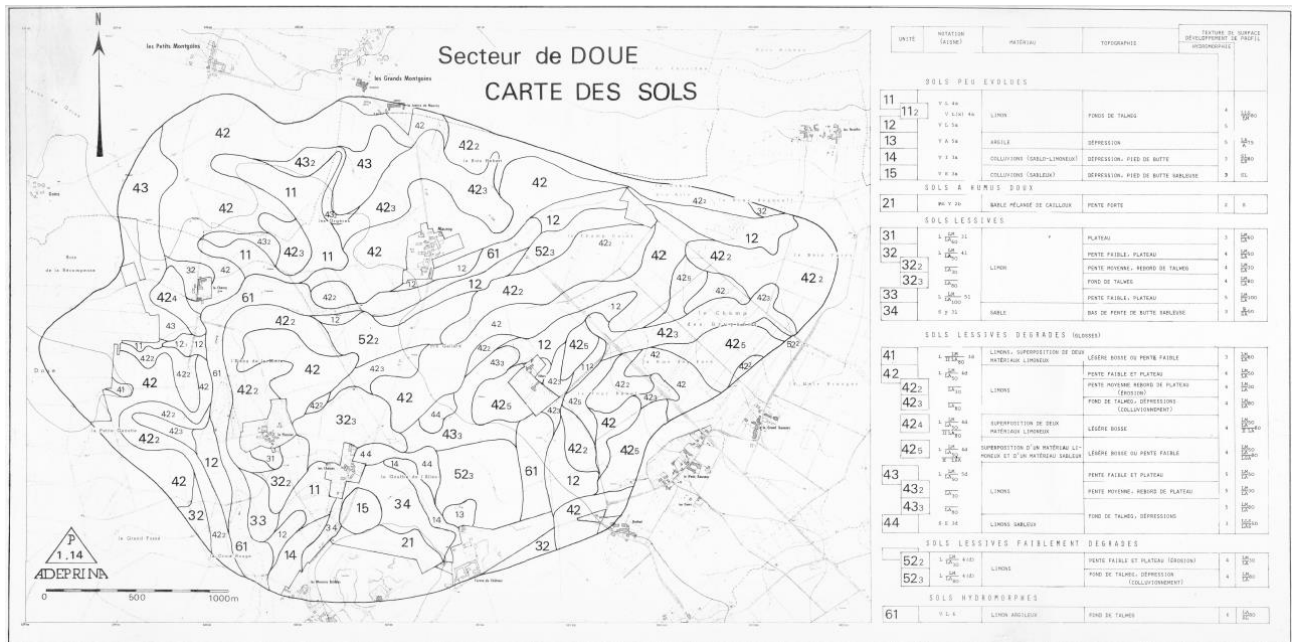


Figure 38 : Carte des sols du bassin versant du ru de l'étang de la Motte (Source : Ph. Cauchie INRA, 1983)

D'après la notice de la carte des sols, le sol majoritaire sur le bassin d'alimentation de captage est le sol 42. Il s'agit d'un sol limoneux, brun beige, sur limon argileux ocre bariolé de gris, pseudogley apparaissant entre 20 et 40 cm (drainage faible). **Il présente une réserve utile, la plus élevée du territoire, de 110 mm jusqu'à 60 cm de profondeur (réseau de drainage) et 150 mm jusqu'à une profondeur de 80 cm.**

Le sol à la réserve utile la plus faible est représenté par le sol 21. Il s'agit d'un sol sableux, brun roux, sur sable argileux roux, caillouteux à partir de 70 cm, pseudogley, apparaissant à partir de 80 cm (éléments grossiers 10 à 30%). **Il présente une réserve utile, la plus élevée du territoire, de 45 mm jusqu'à 60 cm de profondeur (réseau de drainage) et 65 mm jusqu'à une profondeur de 80 cm.**

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 Doue ou les communes limitrophes.

4.5.4 Réseaux de drainage agricole

M. Jean-Marie Philippe, président de l'Agence Foncière Rurale, possède une bonne connaissance des parcelles agricoles drainées. L'ensemble des parcelles agricoles sont drainées en direction des fossés qui eux-mêmes s'écoulent vers le ru de l'Etang de la Motte. Ces parcelles agricoles couvrent plus de 80% de la zone d'étude. Le reste englobe les hameaux avec leurs habitations et les prairies non drainées.

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 le captage de Doue est de type continu, fissuré faiblement hétérogène.

Tableau 9 : 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 voir 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 de 76 000 m³ (maximum observé sur les 5 dernières années) et une recharge annuelle moyenne de 93 mm (sol majoritaire), **la surface théorique nécessaire pour alimenter le captage est estimée à environ 7 ha.**

5.3 Zone d'appel

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

- Épaisseur mouillée de l'aquifère = 12 m,
- Transmissivité = $3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$,
- Porosité cinématique : 5 %,
- Gradient hydraulique local = 1.5 %,
- Débit d'exploitation = 100 m³/h (débit autorisé à la DUP bridé actuellement à environ 30 m³/h).

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)

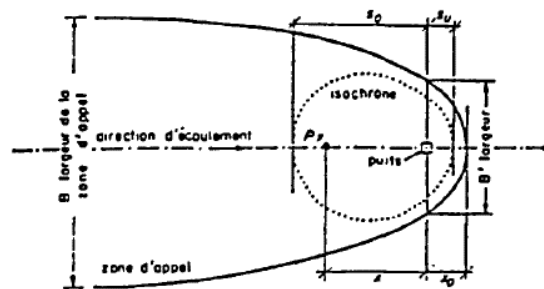


Illustration des paramètres de la méthode de Wyssling

Nous retiendrons les résultats suivants pour la délimitation de la zone d'influence du captage. La zone d'appel du captage n'atteint pas le ru de l'étang de la Motte à l'aval du captage [Figure 39].

Tableau 10 : Caractéristiques de la zone d'appel du captage selon la méthode de Wyssling

Paramètres	Valeur calculée	Dénomination
Largeur du front d'appel (m)	62	B
Rayon d'appel (m)	10	xo
Largeur du front d'appel à la hauteur du captage (m)	31	B'

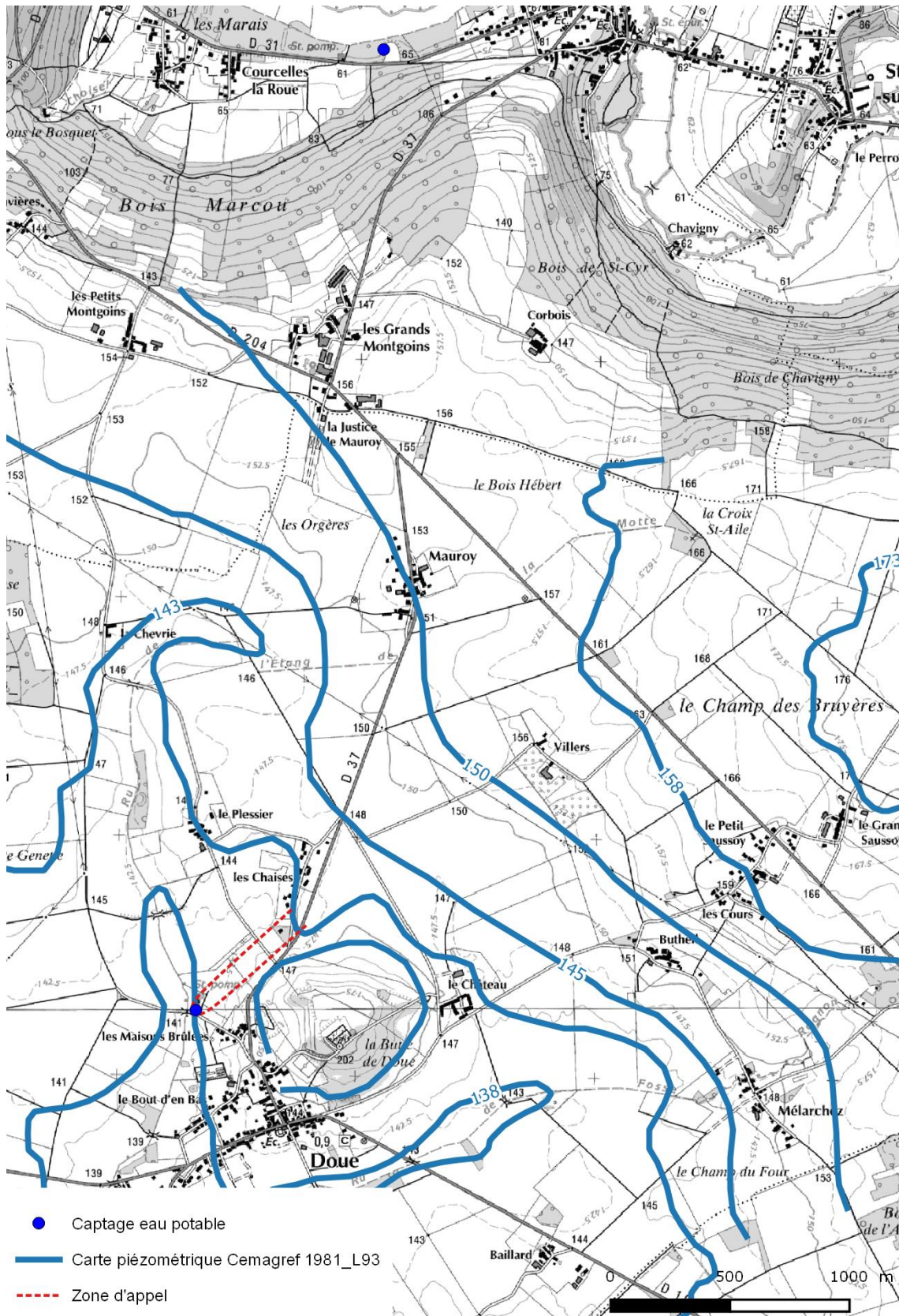


Figure 39 : Délimitation de la zone d'appel du captage de Doue (Source : IGN, CEMAGREF)

5.4 Contours de la portion de nappe alimentant le captage

Deux portions de nappe peuvent être distinguées selon la participation du cours d'eau concernant l'alimentation du captage de Doue :

○ Dans le cas d'une absence de contribution du cours d'eau [Figure 40]

La portion de nappe alimentant les captages (PNAC) est délimitée selon les critères de la zone d'appel précédemment déterminés et selon la carte piézométrique de 1981 du CEMAGREF. Elle présente les contours suivants.

La **limite A vers B**, est tracée à partir du rayon d'appel déterminé et de la largeur du front d'appel par la méthode de Wyssling déterminé.

Elle correspond à la limite aval de la PNAC. Elle ne couvre pas toute la partie aval du périmètre de protection éloignée. Il sera nécessaire d'étendre le bassin d'alimentation de captage au périmètre de protection éloignée.

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 de Brie (CEMAGREF, étude préliminaire de la pollution du forage de Doue par les nitrates, oct. 1981). Elle correspond à la ligne de partage des eaux souterraines Nord.

L'indice de confiance de cette limite présente une forte incertitude en l'absence de cartes piézométries détaillées couvrant plusieurs périodes de recharge de la nappe de la craie.

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 de Brie. 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 de Brie (CEMAGREF, étude préliminaire de la pollution du forage de Doue par les nitrates, oct. 1981). Elle correspond à la ligne de partage des eaux souterraines Sud. L'indice de confiance de cette limite présente une forte incertitude en l'absence de cartes piézométries détaillées couvrant plusieurs périodes de recharge de la nappe de la craie.

Elle représente une superficie de 100 ha.

○ Dans le cas d'une contribution du cours d'eau [Figure 41]

La PNAC précédente intègre le bassin versant topographique du ru de l'étang de la Motte étendu à l'extension des argiles vertes, substratum imperméable des calcaires de Brie.

Elle représente une superficie de 600 ha.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77) Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

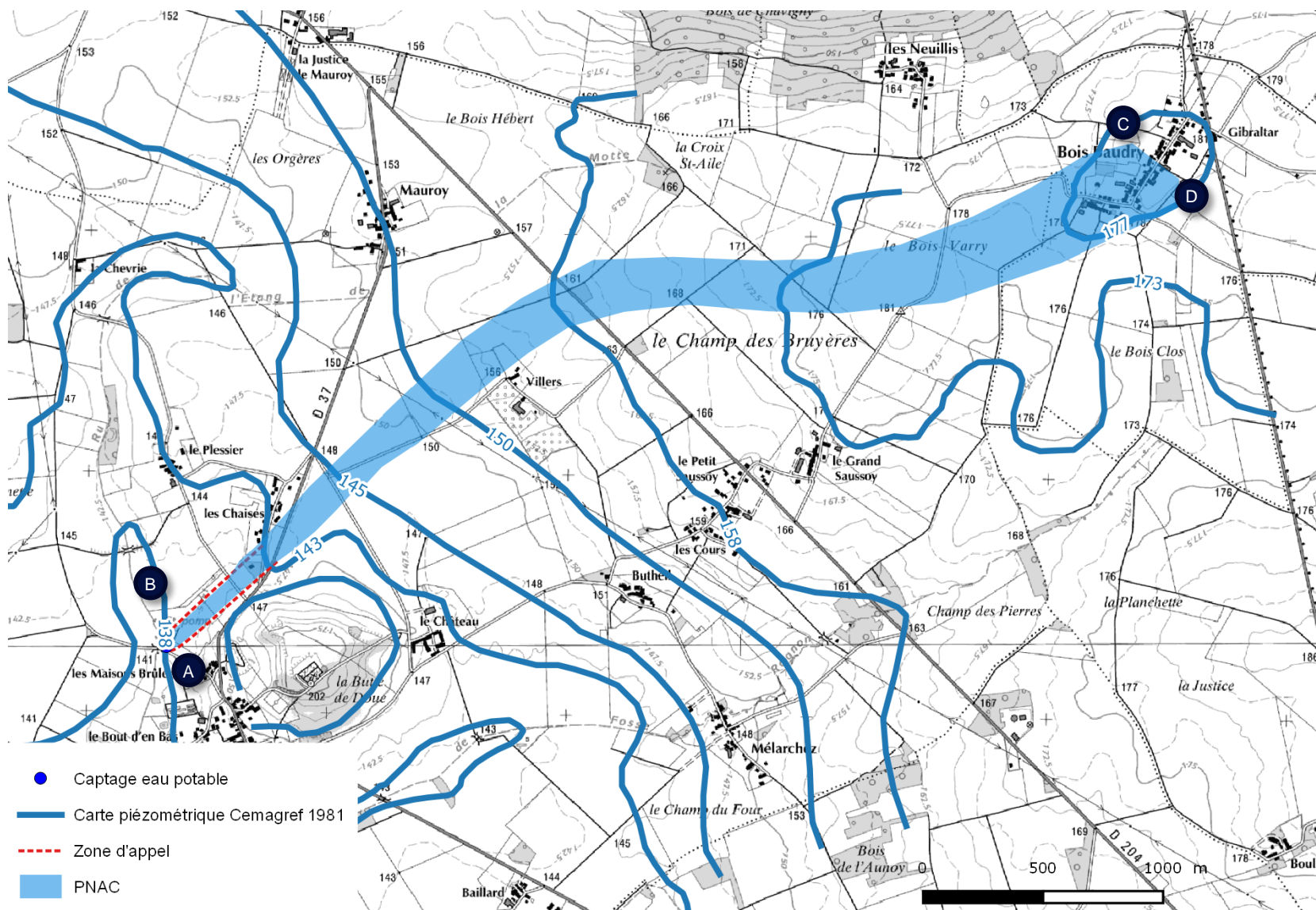


Figure 40 : Délimitation de la portion de nappe alimentant le captage de Doue si absence de contribution du cours d'eau (Source : IGN, CEMAGREF)

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)

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

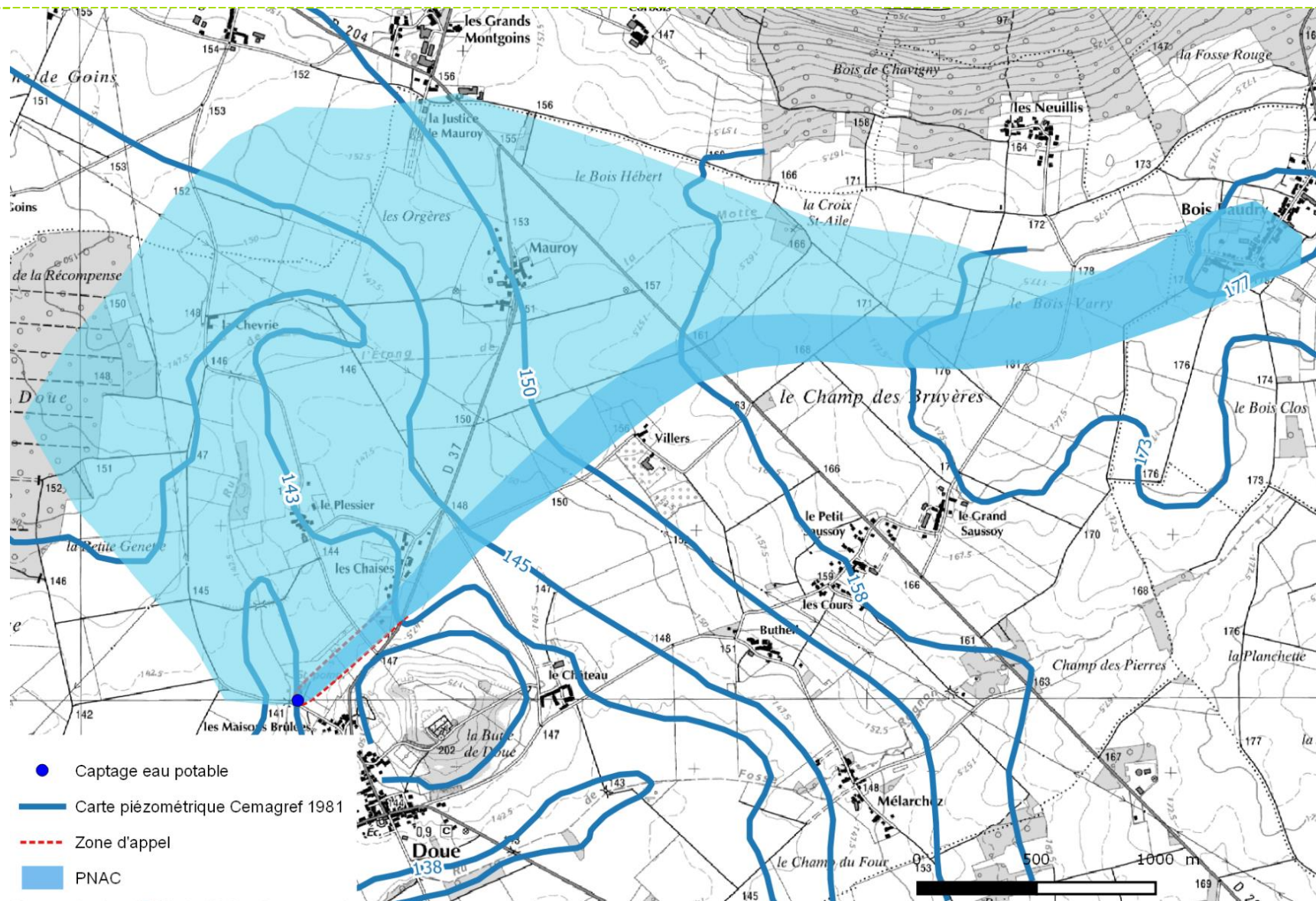


Figure 41 : Délimitation de la portion de nappe alimentant le captage de Doue si contribution du cours d'eau (Source : IGN, CEMAGREF)

5.5 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage

L'aire d'alimentation du captage de Doue correspond à l'extension à la surface de la portion de nappe alimentation le captage précédemment délimitée ainsi que le bassin versant topographique associé au captage et à celui du cours d'eau [Figure 42].

L'aire d'alimentation de captage a été étendue à l'aval pour couvrir le périmètre de protection éloignée du captage de Doue.

L'aire d'alimentation du captage de Doue représente une superficie de 11,2 km².

Les besoins de production du captage de Doue représentent 0.6 % de cette superficie.

L'aire d'alimentation du captage de Doue couvre tout ou partie de la commune de Doue.

Dans l'extension de l'aire d'alimentation de captage, il faut noter l'absence d'autres captages d'eau potable.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77) Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

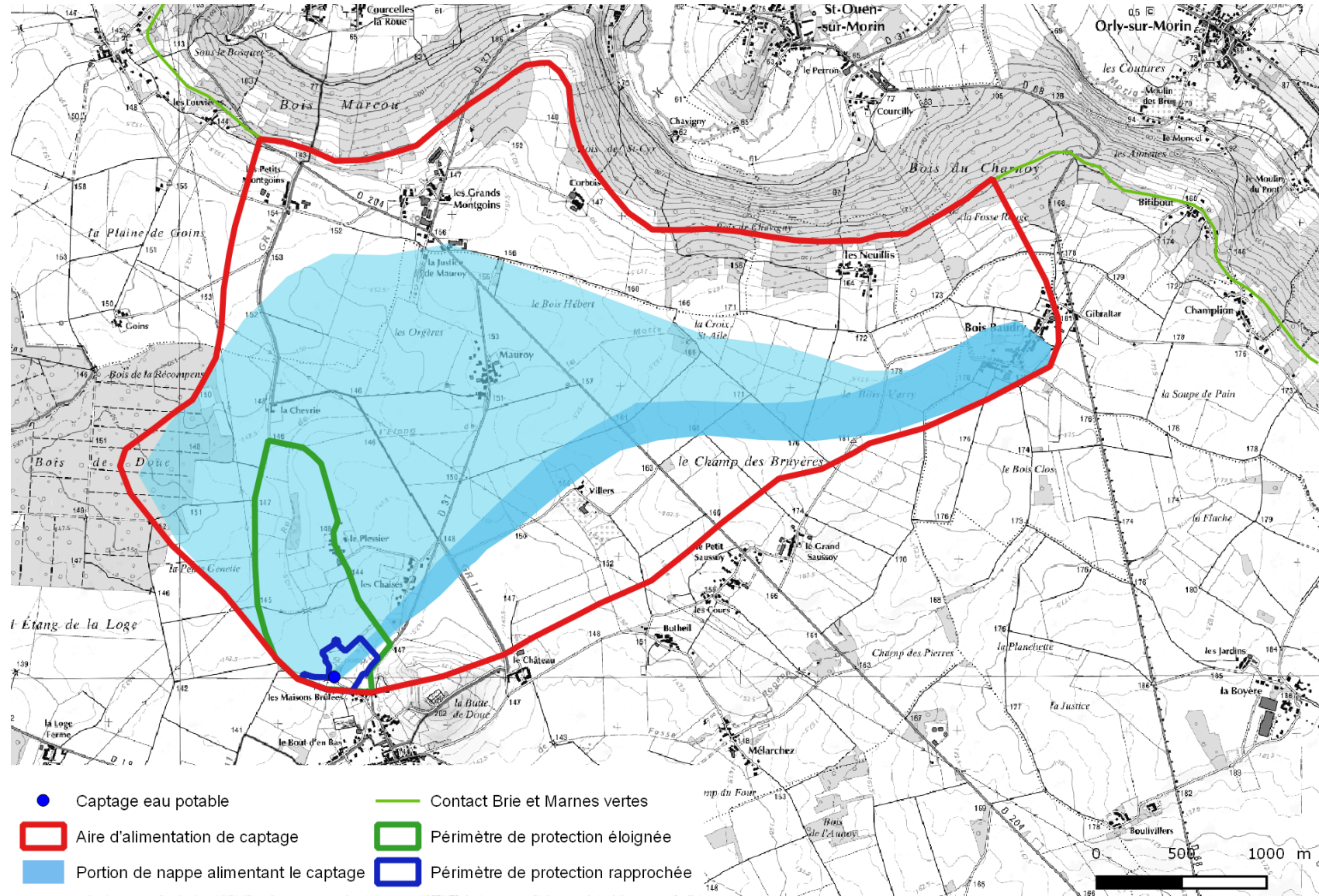


Figure 42 : Délimitation de l'aire d'alimentation de captage du captage de Doue (Source : IGN, CEMAGREF)

5.6 Schéma de fonctionnement hydrogéologique

La compréhension du bassin d'alimentation de captage ne doit pas se limiter uniquement à sa délimitation. Il est nécessaire d'expliquer son fonctionnement même de manière schématique [Figure 43], 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 l'aire 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
 - Exutoire de la nappe

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)

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

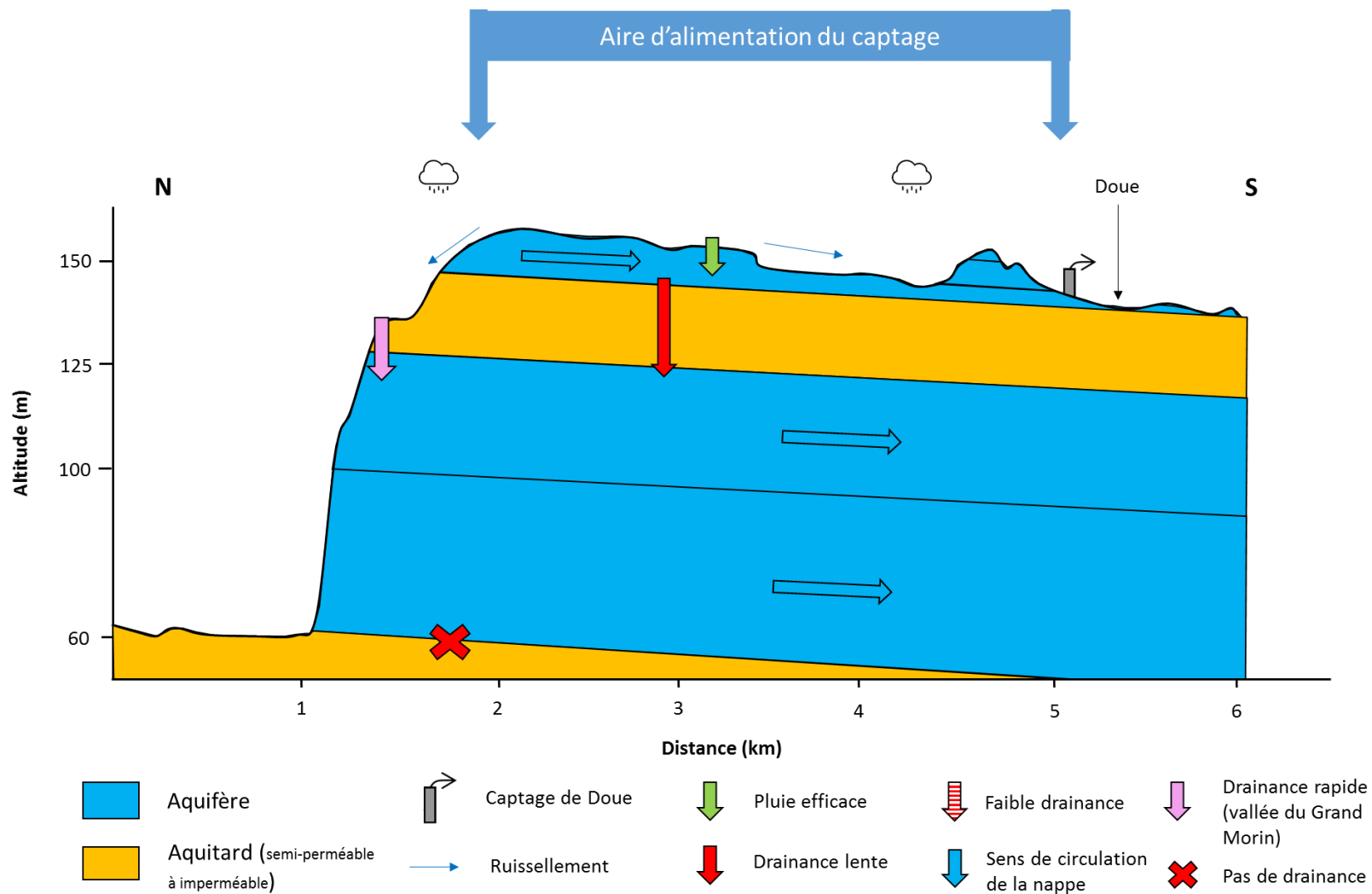


Figure 43 : Schéma de fonctionnement hydrogéologique du captage de Doue (Source : SAFEGE)

6 ETUDE PEDOLOGIQUE

6.1 Méthodologie

La carte des sols sur le territoire de l'aire d'alimentation du captage a été réalisée d'après la carte des sols du bassin versant du ru de l'étang de la Motte de Ph. Cauchie de l'INRA (1983).

Cette carte présentait 15 types de sols (Figure 38) qui ont été regroupés en 5 unités de sols principales en fonction de leur texture et de leur réserve utile.

L'objectif est de déterminer des zones homogènes du point de vue des types de sol et du fonctionnement hydrologique dominant (ruissellement et écoulements latéraux, infiltration) ainsi que la vitesse de la circulation de l'eau.

Les facteurs observés portent donc sur :

- la réserve utile

Les différents critères pour déterminer la réserve en eau du sol sont : la profondeur, la texture (taux d'argile, limon et sable) et le taux de cailloux

La texture des horizons du sol est évaluée selon le triangle de texture de Jamagne.

La texture et le taux de cailloux déterminent la perméabilité du sol et sa capacité à maintenir les éléments minéraux à portée des racines.

Les réserves utiles des sols sont calculées grâce à des références de réserve en eau par texture, adaptées aux profils de sol rencontrés en fonction de leur profondeur et de leur teneur en cailloux.

Quatre critères (battance, hydromorphie, présence de drain et rupture de perméabilité) permettent de caractériser la sensibilité d'un type de sol au risque de pollution des eaux superficielles par les produits phytosanitaires.

- L'hydromorphie

Un sol hydromorphe est rapidement saturé en eau en période pluvieuse. S'il n'est pas drainé, un ruissellement superficiel par refus d'infiltration apparaît fin de printemps-début d'été. On considère un sol hydromorphe lorsque des traces d'oxydo-réduction apparaissent à partir de 25 cm de profondeur ou moins.

- La présence ou non d'une rupture de perméabilité (semelle de labour)

La présence d'une rupture de perméabilité, créée par un tassement en profondeur lors du travail du sol (semelle de labour) ou par un horizon imperméable, se traduit par un ruissellement hypodermique.

- La battance en surface

La présence d'une croûte de battance en surface témoigne des caractéristiques des sols à former une croûte sous l'effet de l'impact des gouttes de pluie. La formation d'une croûte de battance est caractéristique des sols riches en limons. Elle témoigne de phénomènes de ruissellement.

A partir de l'ensemble de ces critères (réserve utile, hydromorphie, rupture de perméabilité, battance en surface), le mode de circulation de l'eau est déterminé.

6.2 Description des sols

Au total, la carte des sols du bassin versant du ru de l'étang de la Motte de Ph. Cauchie de l'INRA (1983) a permis de définir 5 unités de sol (cf. Tableau 11). Ces sols sont issus de 3 matériaux parentaux distincts décrits par la carte géologique de Coulommiers : les colluvions, limons des plateaux et calcaire et meulière de Brie.

Tableau 11 : Sols présents sur l'aire d'alimentation (SAFEGE)

Unité de sol	Numéros des sols correspondant sur la carte des sols de Ph. Cauchie de l'INRA (1983)	Type de sol	Matériau parental	Superficie (ha)	%
1	11, 12, 44	Sol limoneux à limono-argileux	Colluvions, limons des plateaux	90	8
2	13, 31, 32, 33, 43, 61	Limon sur limon argileux	Limons des plateaux	158	14,1
3	41, 42, 52	Limon sur limon argileux à forte RU	Limons des plateaux	830	74,1
4	14, 21, 34	Sol sableux limoneux à argileux	Colluvions, calcaire et meulière de Brie	38	3,4
5	15	Sol sableux	Colluvions	4	0,4

Les limons sur limon argileux recouvrent majoritairement les formations sous-jacentes. Les sols sableux apparaissent au niveau de la butte de Doue, le reste de l'aire d'alimentation de captage est recouverte par des sols à texture principalement limoneuse.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

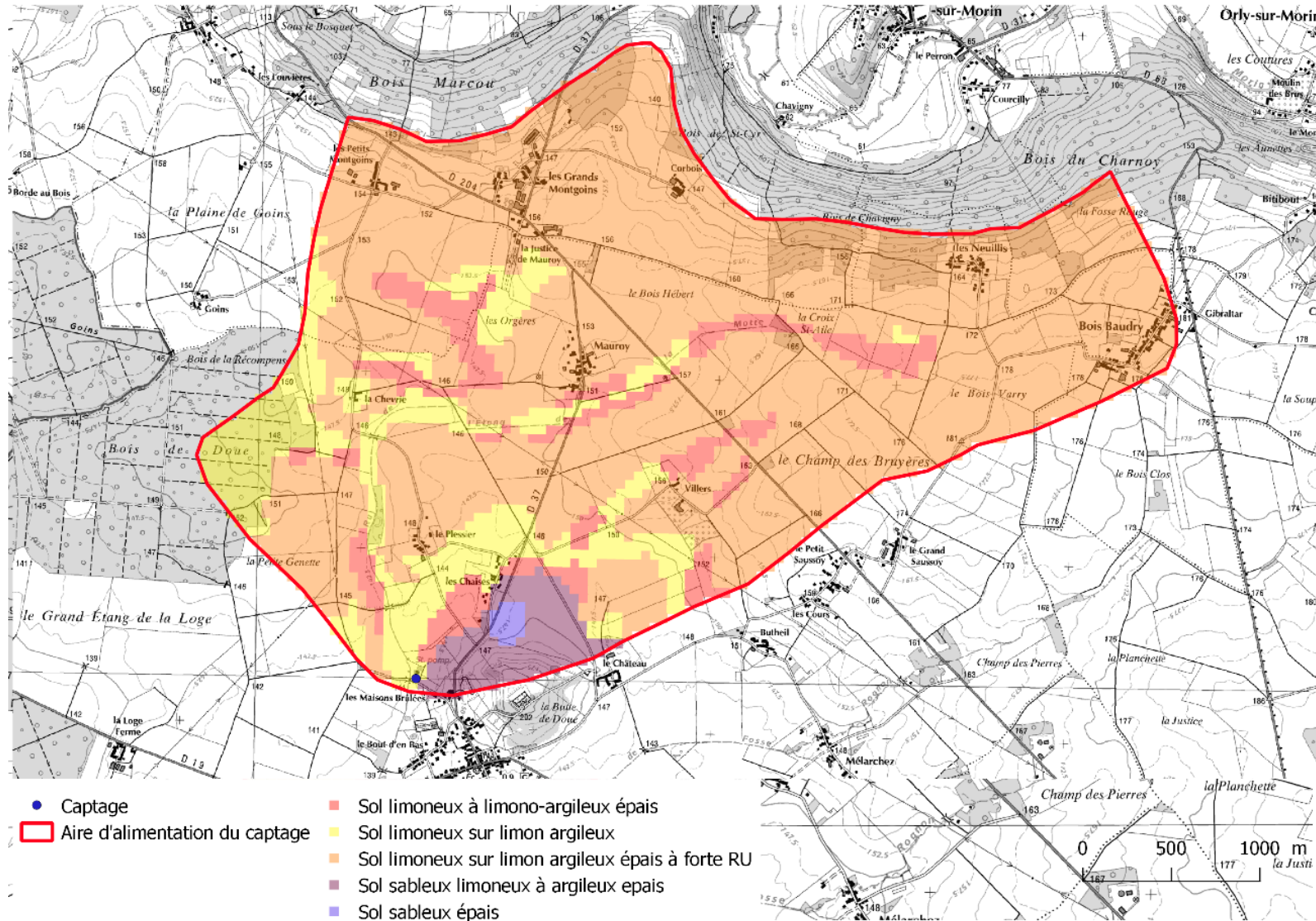


Figure 44 : Carte des sols (Suez Consulting, 2017)

6.2.1 Sols limoneux à limono-argileux

Unité de sol 1 : Limons profonds (d'une épaisseur de 120 cm).

Il s'agit des sols limoneux brun beige à brun gris, pseudogley dès la surface ou à 20 cm de profondeur. Localement, on retrouve des sols limono-argileux, pseudogley apparaissant alors entre 40 et 80 cm.

Ces sols profonds de fond de vallée sont peu évolués ou dégradés et présentent un drainage interne faible.

Ces sols présentent globalement très peu ou pas d'éléments grossiers.

L'horizon de surface est très limoneux, ce qui peut entraîner une fragilité structurale et une sensibilité à la battance (formation d'une croûte par la pluie, qui résulte en une imperméabilisation du sol) de ces sols. Une faible pente suffit pour qu'un sol battant soit sensible à l'érosion.

Tableau 12 : Caractéristiques de l'unité de sol 1 (SAFEGE)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Sols limoneux à limono argileux	120 cm	0-15% %	160-200 mm

6.2.1 Limon sur limon argileux

Unités de sols 2 et 3 : Sols profonds issus des limons des plateaux

Les sols bruns limoneux sur limon argileux sont profonds (supérieurs à 120 cm) et ne présentent pas (ou très peu) d'éléments grossiers.

Ils sont souvent lessivés et présentent un faible drainage interne, pseudogley généralement dès la surface, parfois à partir de 20 ou 40 cm de profondeur.

Ces sols majoritairement représentés sur l'aire d'alimentation du captage (88%) présentent les réserves utiles les plus élevées (215 à 300 mm).

Tableau 13 : Caractéristiques de l'unité de sol 2 (SAFEGE)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limon sur limon argileux	120 cm	0-5%	215-235 mm

Tableau 14 : Caractéristiques de l'unité de sol 3 (SAFEGE)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limon sur limon argileux à forte RU	140-165 cm	0-5%	250-300 mm

6.2.1 Sols sableux limoneux à argileux

Unité de sol 4 : Sols sableux limoneux à argileux profonds

Il s'agit de sols brun, tirant parfois sur le roux, issus des colluvions et des sables et grès de Fontainebleau. Ces sols profonds (120 cm) se retrouvent au niveau de la butte de Doue. Ils peuvent parfois présenter des éléments grossiers (cailloux de meulière) et des traces de

lessivages. Le drainage interne de ces sols est globalement moyen, pseudogley apparaissant à partir de 40 cm de profondeur.

Tableau 15 : Caractéristiques de l'unité de sol 4 (SAFEGE)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Sol sableux limoneux à argileux	120 cm	0-15 %	110-150 mm

6.2.2 Sols sableux

Unité de sol 5 : Sols sableux

Ces sols situés au pied de la butte sableuse sont peu représentés sur l'AAC (0,4%). Il s'agit de sols épais roux peu évolués d'origine colluviale, pseudogley apparaissant entre 40 et 80 cm. Ces sols présentent une sensibilité à la battance.

Tableau 16 : Caractéristiques de l'unité de sol 5 (SAFEGE)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Sols sableux	120 cm	0-5 %	85-90 mm

6.3 Circulation des eaux

Les propriétés des sols identifiés ont été exploitées pour caractériser les circulations de l'eau dans les sols et pouvoir déterminer le pouvoir de limitation ou pouvoir épurateur des flux vers les formations géologiques aquifères.

L'eau circulant est le principal vecteur de transfert des produits appliqués sur les parcelles. Selon son mode de circulation, le risque de transfert des nitrates et produits phytosanitaires est variable, et dépend également du type de précipitations (pluies régulières remplissant la réserve en eau du sol ou pluies orageuses occasionnant la formation d'une croûte de battance).

L'eau des précipitations, après avoir reconstitué la réserve hydrique du sol et avoir été évapotranspirée par les plantes, est susceptible de :

- Ruisseler en surface par refus d'infiltration (présence d'une croûte de battance, prise en masse) ;
- Ruisseler en surface par saturation en milieu hydromorphe ;
- Ruisseler de manière hypodermique sur un horizon peu perméable ;
- S'infiltrer rapidement ;
- S'infiltrer lentement.

Le schéma suivant illustre ces différentes circulations possibles de l'eau dans les sols.

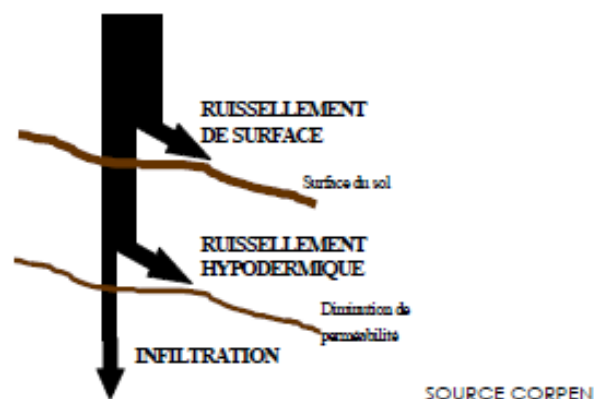


Figure 45 : Mode de circulation des eaux (CORPEN)

6.3.1 Unité de sol 1 : Sols limoneux à limono-argileux

Pour rappel, il s'agit de sols principalement limoneux profonds sains. Ces sols présentent une réserve utile importante (180 mm en moyenne). Ils présentent peu de sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration, de par leur profondeur et leur bonne réserve en eau.

L'horizon limoneux de surface de ces sols peut être sensible à la battance. Une croûte de battance se forme généralement lors d'épisodes pluvieux brefs et intenses. Les passages répétés d'engins peuvent aussi transformer les traces de roues en rigoles sur lesquelles l'eau ruisselle.

En situation de pente, ces sols sont sensibles au ruissellement

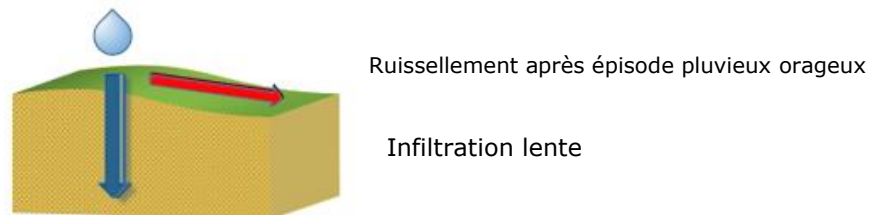


Figure 46 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 1, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

6.3.2 Unités de sol 2 et 3 : Limon sur limon argileux

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux sur limon argileux profonds présentant une réserve utile importante (215 à 300 mm). Ces caractéristiques leur confèrent une faible sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration. Ils sont intrinsèquement peu sensibles au ruissellement de par leur teneur en argile. La présence d'un horizon plus argileux en profondeur peut entraîner un ruissellement de subsurface (ruissellement hypodermique).

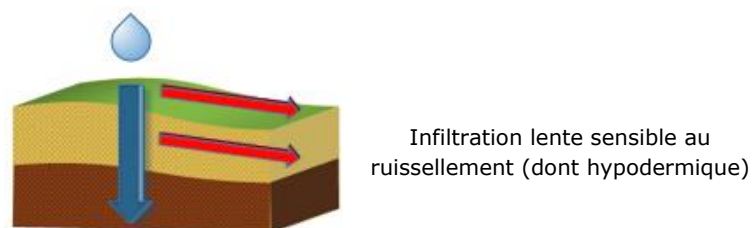
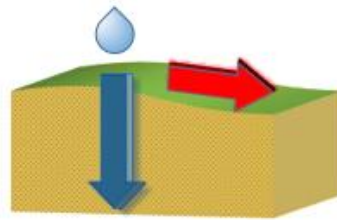


Figure 47 : Mode de circulation des eaux dans les unités de sol 2 et 3, sensibles au ruissellement dont hypodermique (Suez Consulting, 2017)

6.3.3 Unité de sol 4 : Sol sableux limoneux à argileux

Pour rappel, il s'agit de sols sableux limoneux ou argileux profonds parfois caillouteux. Ces sols présentent une bonne réserve utile (130 mm en moyenne). Ils présentent une sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration de par leur texture sableuse parfois argileuse et la présence d'éléments grossiers (Figure 48). D'autre part, leur réserve utile élevée et localement la présence

de limons est susceptible de leur conférer une sensibilité au ruissellement, accentuée par le relief de la butte.

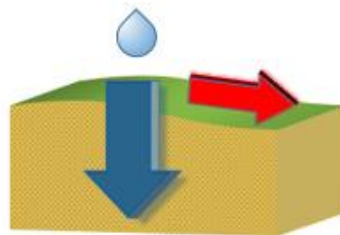


Infiltration lente, sensible au ruissellement

Figure 48 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 4, sensible à l'infiltration et au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

6.3.4 Unité de sol 5 : Sols sableux

Pour rappel, il s'agit de sols sableux profonds. Ces sols présentent une faible réserve utile (85-90 mm). Ils présentent une sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration de par leur texture sableuse, mais également une sensibilité à la battance et donc au ruissellement suite à un épisode pluvieux intense (Figure 48).



Infiltration rapide sensible au ruissellement après un épisode pluvieux

Figure 49 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 5, sensible à l'infiltration et au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

7 CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE DE L'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

7.1 Méthodologie

La méthodologie proposée par Suez Consulting est conforme à la version révisée du guide² méthodologique de délimitation des aires d'alimentation de captage d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses (Rapport BRGM-ONEMA 2014).

Le tableau ci-après présente les différentes méthodes classiquement utilisées dans le calcul de la vulnérabilité et appliquées aux différents types de réservoirs.

Tableau 17 : Démarche méthodologique de l'étude BAC (BRGM, 2007)

Phase 3 - Cartographie de la vulnérabilité						
5 classes par paramètre, de 0 à 4 (- vulnérable à + vulnérable)						
Pondération linéaire (somme des poids=1) <i>méthode existante</i>	Continu		Karstique		Discontinu	
	Vulnérabilité = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 IDPR + 0,2 H + 0,15 K		Vulnérabilité = 0,3 R + 0,5 I + 0,1 P(S,E) + 0,1 K		Vulnérabilité = 0,5 D + 0,3 IDPR + 0,2 S	
	<i>adapté de DRASTIC</i>		<i>adapté de RISK modifié</i>		<i>adapté de DISCO</i>	
Paramètres	Critère à évaluer		Critère à évaluer		Critère à évaluer	
	Eléments à prendre en compte		Eléments à prendre en compte		Eléments à prendre en compte	
nature du sol et formations superficielles (couverture protectrice)	S (Sol)		S (Sol)		S (Sol)	
	épaisseur, texture, pierrosité		épaisseur, texture, pierrosité		épaisseur, texture, pierrosité	
Pluie efficace	P (pluie efficace)					
	Pluie, ETP, RU* en mm/an spatialisée si possible					
Capacité d'infiltration du milieu (par rapport à sa capacité de ruissellement)	T (topographie)	IDPR**	I (infiltration)	zones d'infiltration en fonction de la pente, infiltration ponctuelle en fonction des pertes et bassin versant, drainage, et dolines, vallées sèches	R (ruissellement)	IDPR**
	ZNS (zone non saturée)				P (couverture protectrice)	
	zones d'infiltration en fonction de la pente, échange nappe/rivière; pertes locales				bassins versants locaux alimentant par ruissellement les zones vulnérables	
	nature lithologique				nature lithologique, épaisseur	
épaisseur de la zone non saturée perméabilité de l'aquifère (conditionne la vitesse de migration d'un polluant)	H (hauteur piézométrique)	K (perméabilité)	R (roche)	nature : du plus marneux vers le plus karstifié	D (discontinuités)	
	isopiezés, MNT				rapidité de la liaison entre les discontinuités et le captage (perméabilité de fissures)	
Degré de karstification			K (karstification)	d'unaire non fonctionnel à binaire fonctionnel		
Epikarst			E (épikarst)	épikarst pour son rôle de retard à l'infiltration, pris en compte uniquement si identifiable et sélection par défaut (le + vulnérable) en comparant avec S		

* ETP : Evapotranspiration Potentielle ; RU Réserve Utile

** IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) permet de calculer le rapport infiltration / ruissellement par une méthode indirecte prenant en compte la pente et la nature des terrains situés au dessus de la première nappe

Les méthodes utilisées sont des méthodes à cotation numérique empirique qui repose sur trois hypothèses :

- les sources de contamination potentielles se trouvent à la surface du sol ;
- de la surface du sol, les contaminants potentiels atteignent l'aquifère par infiltration (infiltration efficace) ;
- la nature des contaminants potentiels n'est pas prise en compte dans le calcul de l'indice.

Nous avons démontré que le système aquifère capté est de type continu à double porosité. L'état de l'aquifère est libre, y compris sous recouvrement par les limons des plateaux profonds.

Ainsi, nous proposons une méthode avec 5 paramètres retenus pour des pondérations variant de 10 à 30% selon leur importance. On attribue à chaque paramètre une note selon les propriétés physiques du milieu. Les paramètres hydrogéologiques retenus sont les suivants.

² Vernoux J.F., Wulleumier A., Perrin J. (2014a). Délimitation des aires d'alimentation de captage d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique. Rapport BRGM-ONEMA, 150 pp.

Tableau 18 : Paramètres de la méthode utilisée

Sigle	Paramètre	Propriétés	Poids
P	Pluie efficace	Plus la réserve utile est importante, plus la pluie efficace est faible et donc plus la vulnérabilité est faible	10%
S	Sol : sensibilité au lessivage	Plus le sol est riche en argile et matière organique, plus l'absorption des métaux et des cations est importante, et plus la vulnérabilité est faible.	25%
R	Ruissellement et infiltration	Plus la pente des terrains est grande, plus le ruissellement des eaux est important et l'infiltration faible, augmentant ainsi la vulnérabilité. Ce paramètre dépend également du type de sol et de l'occupation du sol	30%
H ZNS	Profondeur de la nappe, ou épaisseur de zone non saturée	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met de temps pour atteindre la surface piézométrique, et plus il peut être adsorbé ou dégradé. L'épaisseur de zone non saturé retarde le polluant et diminue la vulnérabilité	20%
K	Perméabilité de l'aquifère	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés ou leur degré de fissuration. Elle intervient dans le piégeage du polluant qui peut s'échapper au pouvoir d'absorption du sol. Plus ce paramètre est grand, plus le transfert du polluant est rapide et la vulnérabilité élevée.	15%

Ainsi, l'indice de vulnérabilité correspond à la formule suivante :

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,1P + 0,25 S + 0,3 R + 0,2 H_{zns} + 0,15 K$$

La vulnérabilité augmente avec l'indice qui représente une **mesure relative** de la vulnérabilité des eaux souterraines.

Ainsi, un site avec un **indice de vulnérabilité faible** n'est pas à l'abri d'une contamination, mais il est moins vulnérable à la contamination par rapport à un site ayant un indice élevé (Osborn et al., 1998).

La cartographie de la **vulnérabilité** est réalisée sous SIG, après discrétisation de l'aire d'alimentation des captages avec un maillage 50×50 m.

7.2 Paramètres

7.2.1 Paramètre (P), pluie efficace

La pluie efficace hivernale a été calculée sur la base des données météo de la station de Changis-sur-Marne. Cette pluie efficace est variable en fonction de la réserve utile et dépend donc des différents types de sols présents sur l'aire d'alimentation du captage. Les réserves utiles et les pluies efficaces ont été calculées pour les types de sols identifiés sur la carte des sols réalisée par Suez Consulting [Figure 44].

Par exemple, pour un sol de l'unité 1 (sol limoneux à limono argileux), le réservoir utilisable est en moyenne de 1,5 mm par cm de sol, soit pour un sol de 120 cm une RU moyenne de 180 mm.

En fonction de la valeur de la pluie efficace, une note est attribuée au paramètre P selon la méthodologie BRGM (Tableau 19).

Tableau 19 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Pluies efficaces (mm)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	<50	2963	66%
1	Faiblement vulnérable	50-100	994	22,2%
2	Moyennement vulnérable	100-200	530	11,8
3	Fortement vulnérable	200-300	0	0%
4	Très fortement vulnérable	>300	0	0%

En l'absence des données de pédologie pour la partie nord de l'aire d'alimentation du captage, la vulnérabilité a été considérée comme légèrement plus vulnérable (passage d'une note de 0 à une note de 1) au-delà de la cote altimétrique 150 m en raison d'une rupture de pente plus importante.

L'aire d'alimentation est globalement faiblement à très vulnérable.

Notons que les zones de plus forte vulnérabilité (note de 2) correspondent aux fonds de vallée et à la butte sableuse de Doue.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

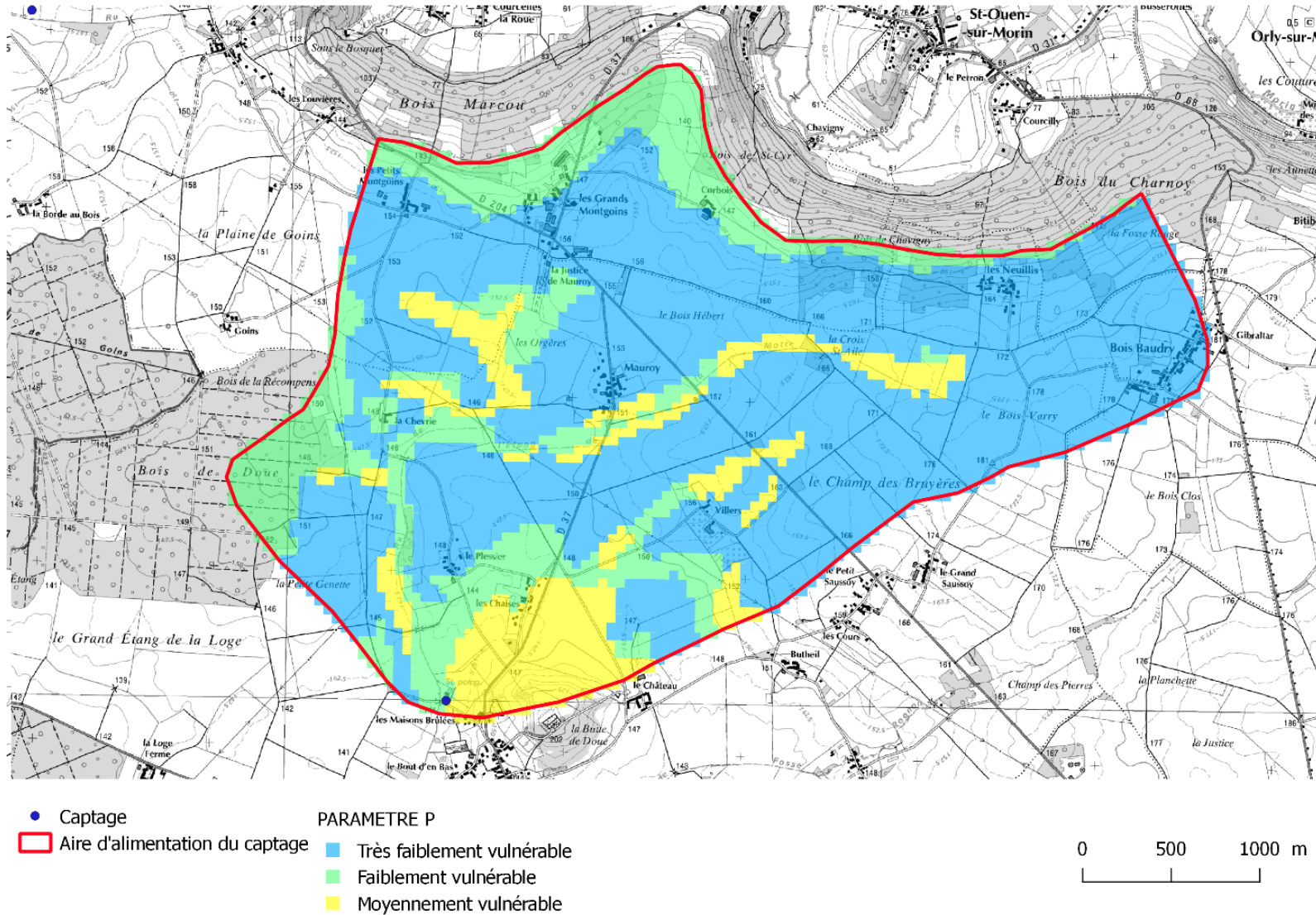


Figure 50 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017)

7.2.2 Paramètre (S), sensibilité au lessivage

La pondération de ce paramètre dans le calcul de la vulnérabilité totale est de 25%.

Les sols ont une importance particulière pour la vulnérabilité. On retient surtout leur capacité d'adsorption et de rétention de l'eau. Cette capacité induit une forte dégradation des polluants organiques par l'activité bactérienne qui est maximale dans le sol. La réutilisation de l'azote est elle aussi conditionnée par cette capacité de rétention.

La carte des sols (Figure 44), réalisée par Suez Environnement Consulting pour l'étude à partir de la carte des sols du bassin versant du ru de l'étang de la Motte de Ph. Cauchie de l'INRA (1983) présente les différents types de sols sur l'aire d'alimentation du captage de Doue.

On observe des sols en majorité limoneux (cf. légende de la carte des sols jointe à la carte) hormis au niveau de la butte de Doue où les sols présentent une texture principalement sableuse.

Le paramètre S sensibilité au lessivage a été apprécié sur la base des méthodes préconisées par le BRGM dans le « guide méthodologique de délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses » (février 2014), c'est-à-dire la texture, le taux de cailloux et l'épaisseur du sol. Une note est attribuée à la nature du sol en fonction de sa texture principale et de son taux de cailloux (cf. Tableau 20).

Tableau 20 : Détermination de la nature d'un sol en fonction de sa texture et de sa proportion de cailloux (Source : Vernoux et al. (2014), Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses)

		TEXTURE		
		Argile A > 12 %	Limons A < 12 % et S < 60 %	Sable S >= 60 %*
CAILLOUX	0-15 %	1	1	2
	30-60 %	1	2	3
	> 60 %**	2	3	4

Le facteur S est ensuite affecté d'une note de vulnérabilité variant de 0 (très faiblement vulnérable) à 4 (très fortement vulnérable) en fonction de la nature du sol et de son épaisseur (cf. Tableau 21 et Tableau 22).

Tableau 21 : Indexation du critère S par croisement de la nature du sol et de son épaisseur (Source : Vernoux et al. (2014), Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses)

S		NATURE DU SOL				
		Inconnue (Se)	1	2	3	4
Zones imperméabilisées		S0				
EPAISSEUR	> 5m	S1	S1	S1	S2	S3
	1-5m	S1	S1	S2	S3	S3
	60-100cm	S2	S2	S3	S4	S4
	30-60cm	S3	S3	S4	S4	S4
	0-30cm	S4	S4	S4	S4	S4

Tableau 22 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0	0%
1	Faiblement vulnérable	4317	96,2%
2	Moyennement vulnérable	170	3,8%
3	Fortement vulnérable	0	0%
4	Très fortement vulnérable	0	0%

L'épaisseur et le taux de cailloux des sols présents sur l'aire d'alimentation du captage étant compris dans les mêmes intervalles, le seul paramètre de différenciation est donc la texture.

L'aire d'alimentation est globalement faiblement vulnérable au lessivage (96,2%), en raison de la texture limoneuse prédominante des sols qui s'y trouvent. Seule la butte de Doue où l'on retrouve des sols sableux est moyennement vulnérable (3,8% de l'AAC).

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

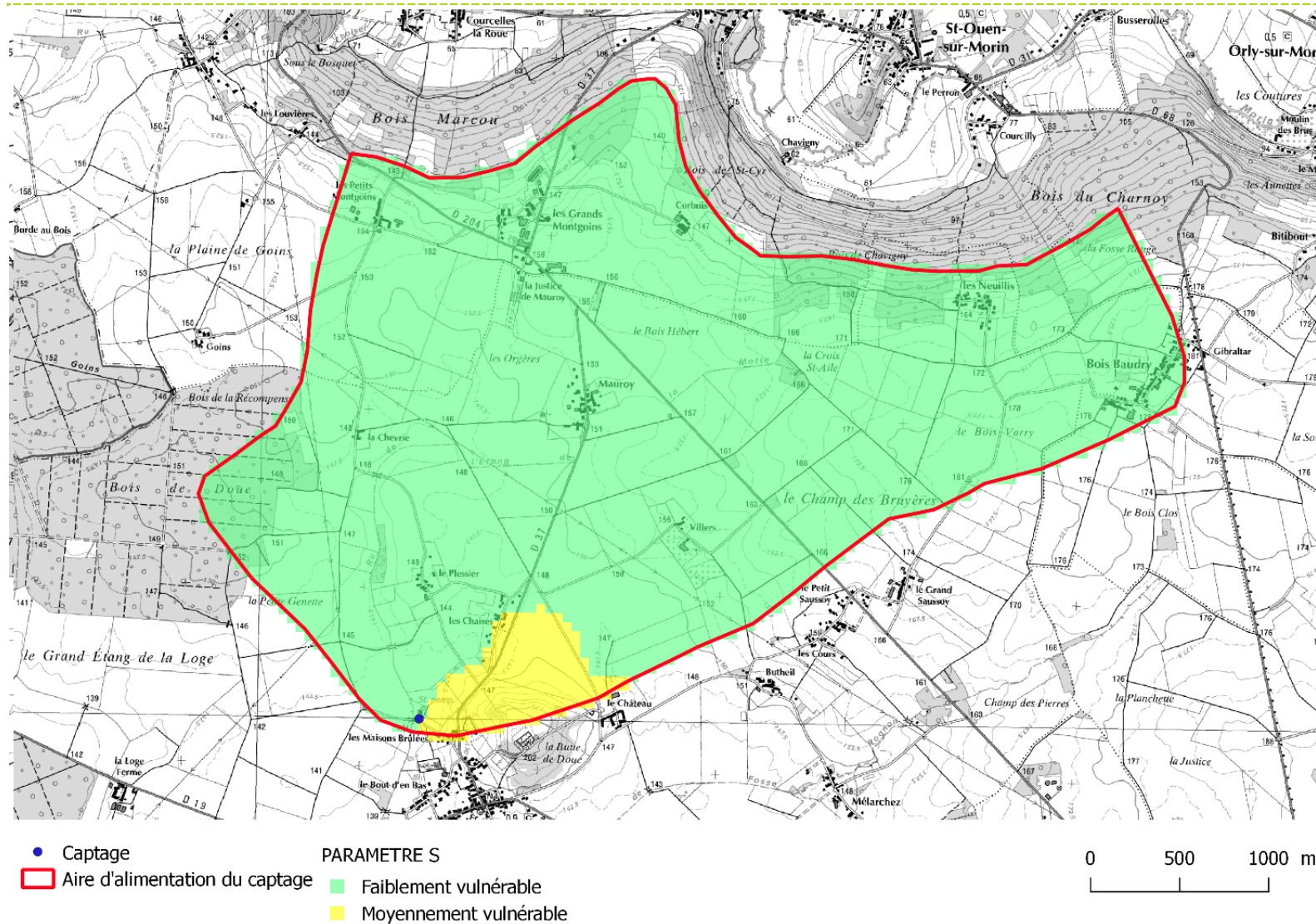


Figure 51 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)

7.2.3 Paramètre (R), sensibilité au ruissellement

Le **paramètre ruissellement** a été apprécié sur la base des méthodes préconisées par le BRGM, c'est à dire la topographie (pente), l'occupation des sols et la pédologie.

D'après le « guide méthodologique de délimitation des bassins d'alimentation et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses » (BRGM/RP55874-FR septembre 2007 » la méthode de Bussard (Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eau souterraine contre les polluants chimiques persistants, thèse de l'école polytechnique fédérale de LAUSANNE - 2005) est préconisée pour le calcul de l'infiltration. Le guide propose d'utiliser pour chaque maille de travail, l'équation du bilan hydrique suivant.

$$I_{e_i} = P_{b_i} - R_i - ETR_i \text{ (m/s)}$$

- I_{e_i} = Infiltration efficace moyenne sur la cellule i (m/s);
- P_{b_i} = Précipitations brutes annuelles ;
- R_i = Ruissellement annuel moyen sur la cellule i (m/s) ;
- ETR_i = Évapotranspiration annuelle moyenne réelle sur la cellule i (m/s)

A l'échelle de laire d'alimentation, les données météo ne permettent pas de différencier de zones pour l'appréciation des précipitations et de l'évapotranspiration. Le paramètre faisant varier l'infiltration est donc uniquement le ruissellement à l'échelle de l'AAC.

D'après la méthode de Bussard, le ruissellement est abordé par le calcul d'un **coefficient de ruissellement** sur la base de 3 paramètres :

- La pédologie ;
- La pente ;
- L'occupation des sols

L'occupation des sols a été obtenue d'après des photos aériennes et la base de données Corine Land Cover - 2012.

Pour les pentes, nous avons utilisé le modèle numérique de terrain de l'institut géographie national au pas de 75 m.

Le sol et ses caractéristiques sont issus de la carte pédologique de Suez Consulting déjà présentée.

Des notes de vulnérabilité ont été réparties proportionnellement aux coefficients de ruissellement définis par Bussard (Tableau 23). Afin de caractériser la sensibilité des sols au ruissellement, à l'érosion et à l'entraînement de particules, la vulnérabilité a été appréciée de la manière suivante : fort coefficient de ruissellement = faible infiltration = forte vulnérabilité au paramètre sensibilité au ruissellement.

Tableau 23 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard

Occupation sol	Sensibilité battance	% pente	Coeff. Ruissellement retenu	Risque ruissellement
culture	A : limoneux très battant	< 2%	12%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	20%	2 – Moyennement vulnérable
		> 5%	30%	3 – Fortement vulnérable
	B : limoneux à limono-argileux moyennement battant	< 2%	6%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	10%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	15%	2 – Moyennement vulnérable
	C : argilo-limoneux et autres peu battant et non battant	< 2%	2%	0 – Très faiblement vulnérable
		2-5%	5%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	8%	1 – Faiblement vulnérable
bois / prairie			0%	0 – Très faiblement vulnérable
voirie			90%	4 – Très fortement vulnérable
zone batie peu dense			20%	2 – Moyennement vulnérable
zone batie dense			40%	3 – Fortement vulnérable
zone imperméable			100%	4 – Très fortement vulnérable
moyenne urbain			45%	3 – Fortement vulnérable

Tableau 24 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	364	8%
1	Faiblement vulnérable	3092	69%
2	Moyennement vulnérable	678	15%
3	Fortement vulnérable	353	8%
4	Très fortement vulnérable	0	0%

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

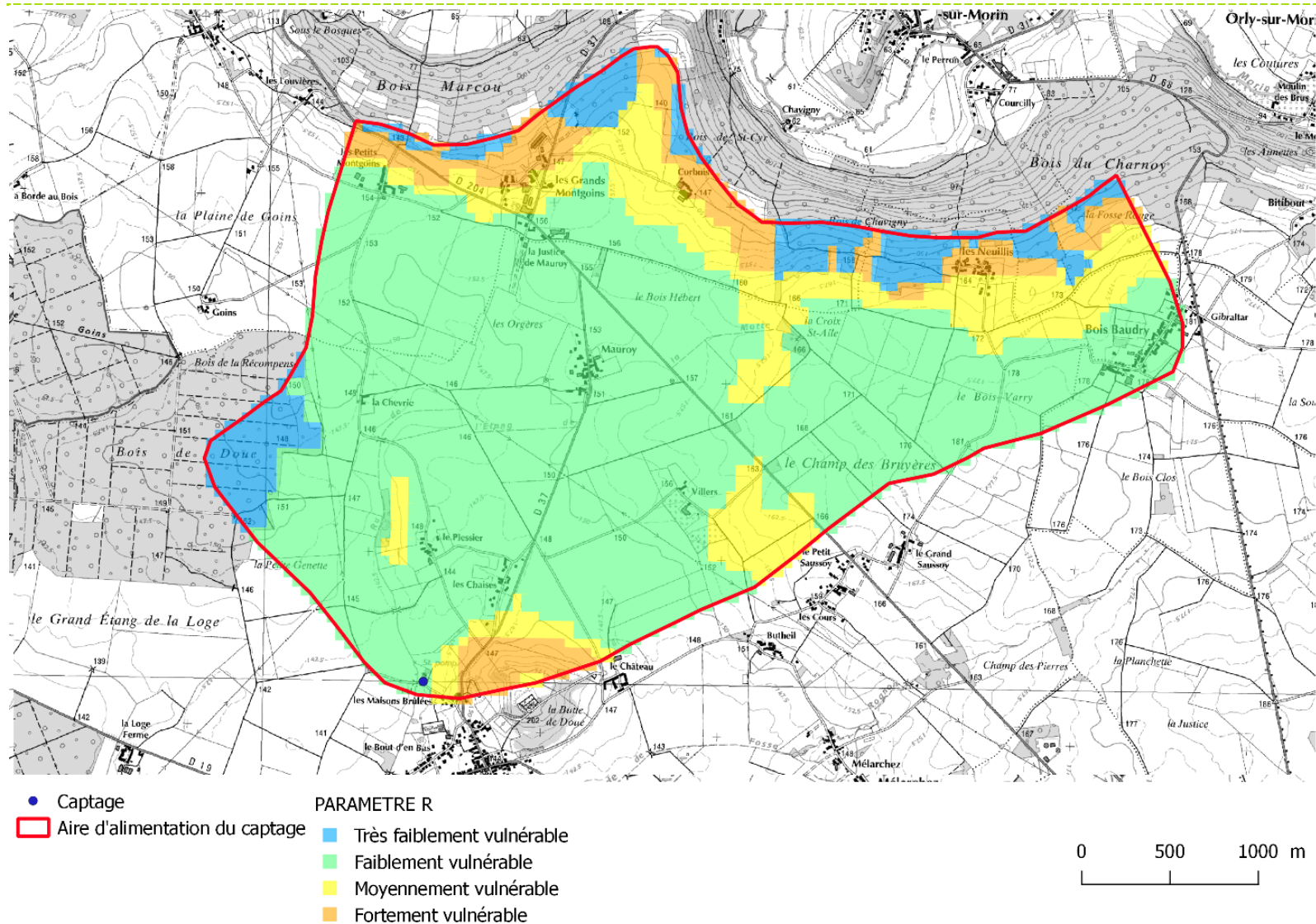


Figure 52 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

7.2.4 Paramètre (HZNS), profondeur de nappe

La profondeur de nappe est un paramètre de vulnérabilité estimé par la différence entre la piézométrie et le modèle numérique de terrain de l'institut géographique national. Plus la nappe est profonde, plus le transit du polluant vers la nappe sera long, et plus il aura de chances d'être dégradé (activité bactérienne ou simplement durée), ou fixé par adsorption, par des particules argileuses par exemple.

La carte piézométrique utilisée pour le calcul est la carte de basses eaux du CEMAGREF octobre 1981 ainsi que les 10 relevés de niveaux d'eau réalisés par Suez Consulting en novembre 2016.

Les notes appliquées pour la vulnérabilité sont les suivantes :

Tableau 25 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Épaisseur de la ZNS (m)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	>50	0	0%
1	Faiblement vulnérable	20-50	27	0,6%
2	Moyennement vulnérable	5-20	363	8,1%
3	Fortement vulnérable	2-5	3791	84,5%
4	Très fortement vulnérable	<2	306	6,8%

L'aire d'alimentation du captage est globalement fortement vulnérable (84,5%).

Retenons que :

- La zone la plus faiblement vulnérable (note de 1) se situe au niveau de la butte de Doue
- Les zones très fortement vulnérables situées au niveau de la vallée du ru de l'étang ne représentent que 76 Ha de l'aire d'alimentation du captage

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

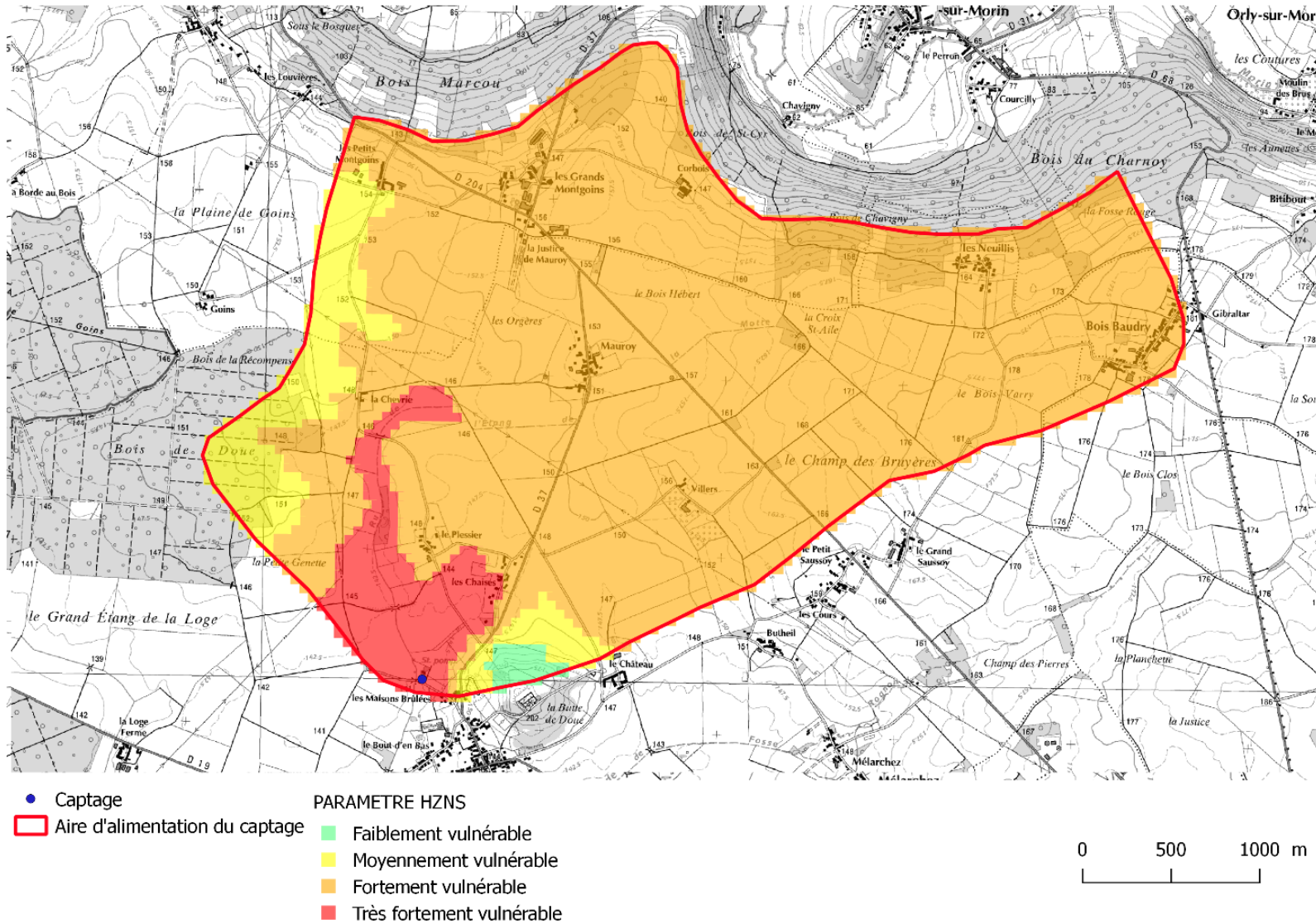


Figure 53 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

7.2.5 Paramètre (KZS), perméabilité de l'aquifère saturée

La perméabilité comporte des notes de vulnérabilité définies par la méthodologie BRGM pour les aquifères continus. Ces notes ont été retenues pour la réalisation de la carte de vulnérabilité du paramètre KZS perméabilité de l'aquifère.

Tableau 26 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité K (m/s)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-7} > K$	0	0%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$	0	0%
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$	3879	86,4%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$	608	13,6%

La perméabilité du bassin a pu être appréciée localement grâce aux données bibliographiques. Les valeurs sont plus faibles sur les plateaux que dans la vallée, ce qui se traduit par des secteurs beaucoup plus vulnérables dans la vallée.

Globalement, la vulnérabilité de l'aire d'alimentation pour ce paramètre est forte en raison des fortes perméabilités notamment dans la vallée mais également sur le reste de l'aire d'alimentation de captage.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

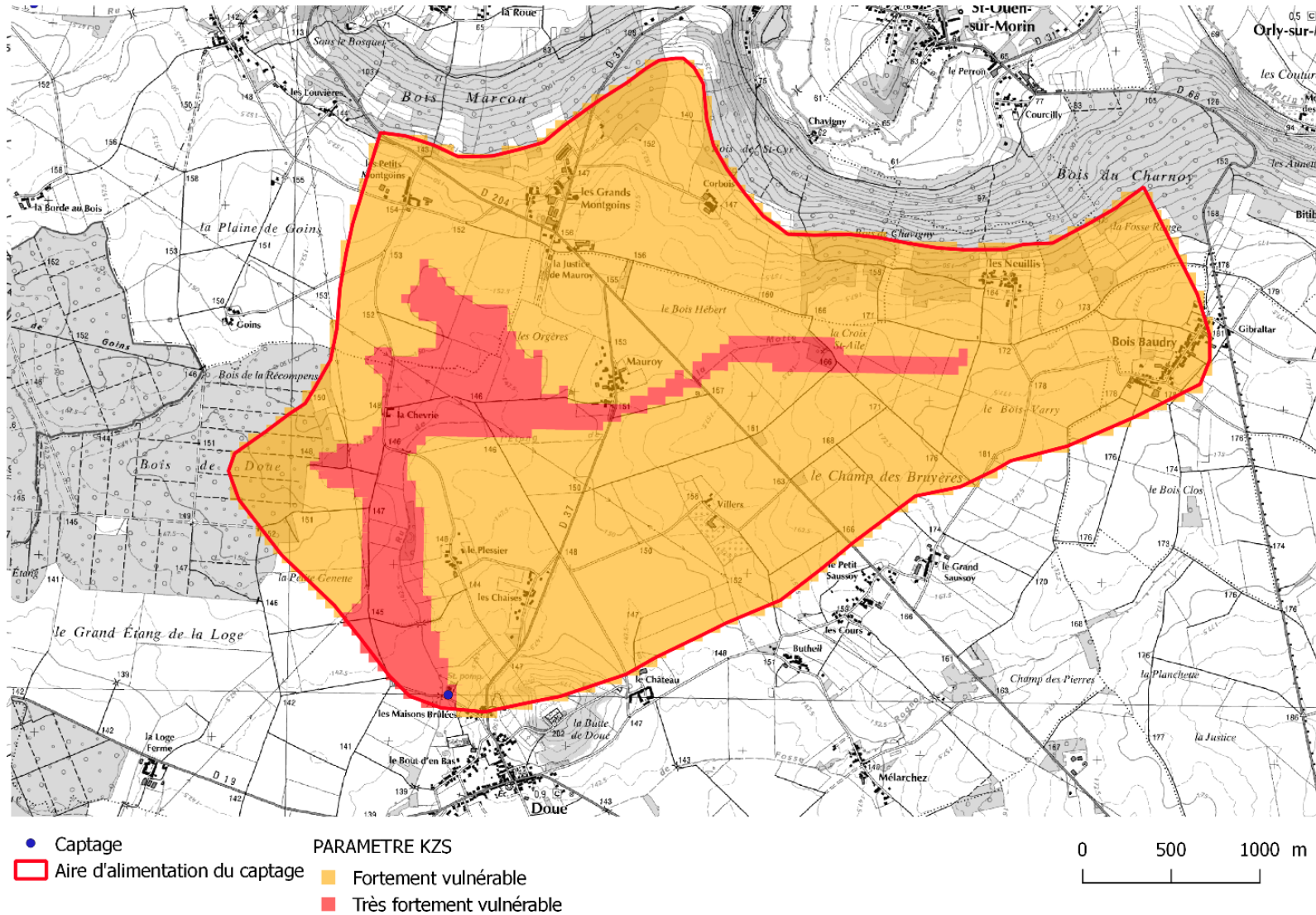


Figure 54 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)

7.3 Carte de vulnérabilité intrinsèque

La combinaison des cinq paramètres selon la pondération retenue permet de cartographier la vulnérabilité sur l'aire d'alimentation du captage de Doue.

Ainsi, l'indice de vulnérabilité correspond à la formule suivante :

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,1P + 0,25 S + 0,3 R + 0,2 \text{ Hzns} + 0,15 K$$

Tableau 27 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.79	0	0%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.59	565	12,6%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.39	3864	86,1%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.19	58	1,3%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	0	0%

Il faut retenir que :

- 12,6 % de l'aire d'alimentation est faiblement vulnérable.
- 86,1 % de l'aire d'alimentation est moyennement vulnérable.
- 1,3% de l'aire d'alimentation est fortement vulnérable.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)
 Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

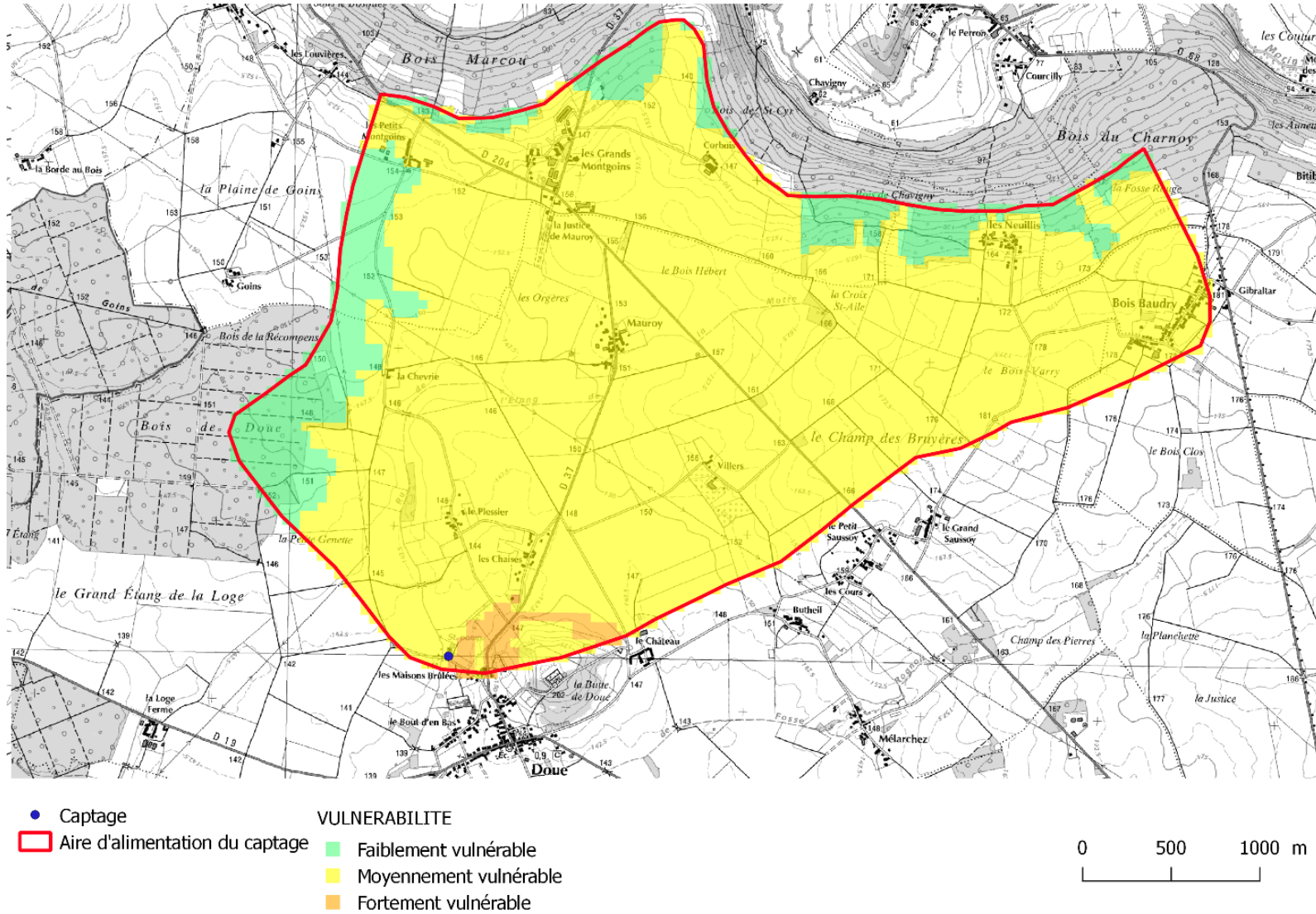


Figure 55 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017)

En ajustant légèrement les classes de vulnérabilité, certaines zones sont déclassées d'une note, mettant en évidence des zones prioritaires d'intervention au sein de la zone moyennement vulnérable (Tableau 28 et Figure 56).

Tableau 28 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque ajustée sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.8	0	0%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.6	2361	52,6%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.4	2069	46,1%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.2	57	1,3%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	0	0%

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77) Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque

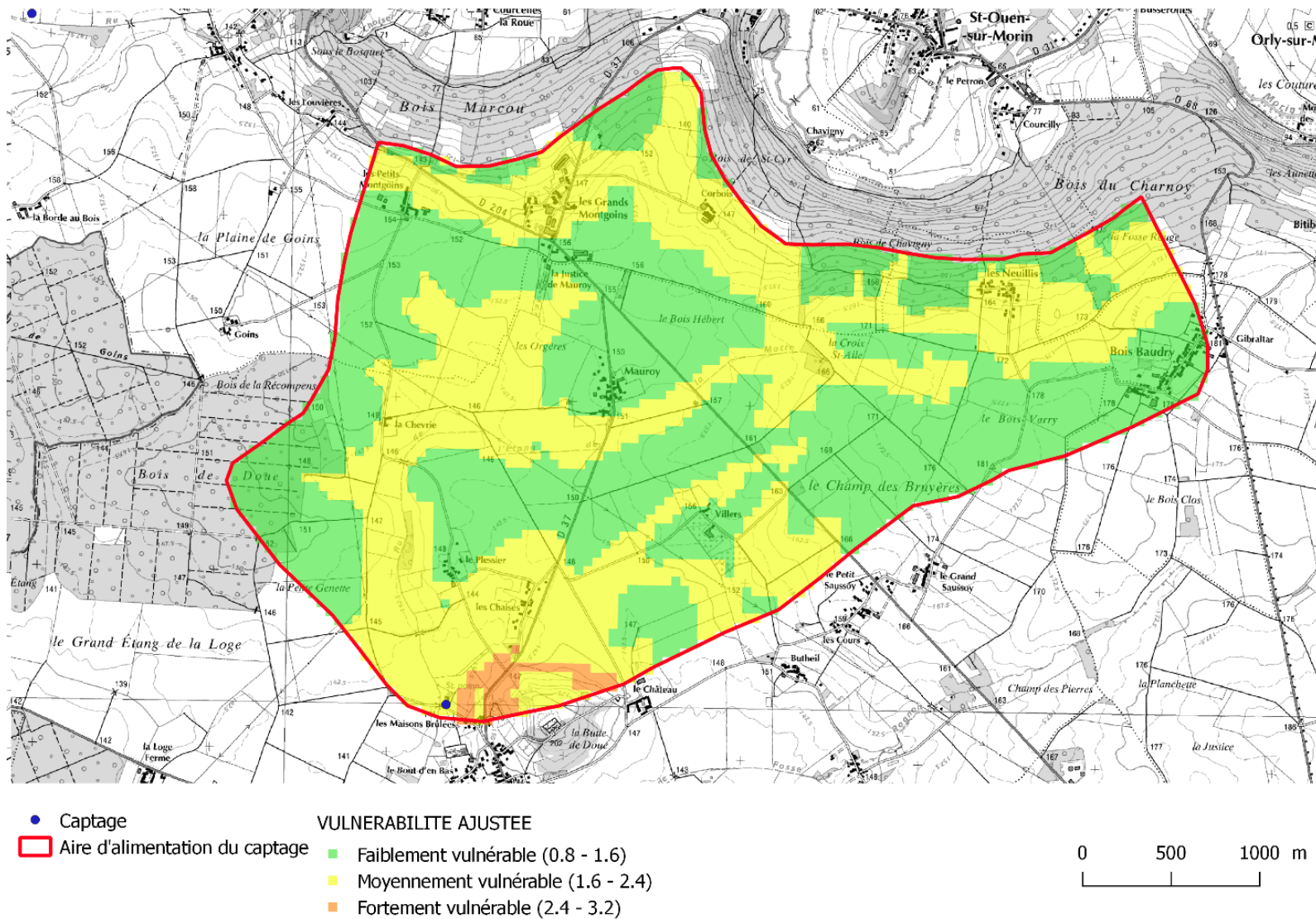


Figure 56 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque ajustée (Suez Consulting, 2017)

8 CONCLUSIONS

L'étude a permis d'améliorer la connaissance de l'aire d'alimentation du captage de Doue et de justifier sa délimitation.

La première phase de l'étude a permis de caractériser le système aquifère capté et son fonctionnement.

Les observations réalisées ont permis de conclure que le système aquifère des calcaires de Brie concerné par le captage de Doue est de type continu, fissuré faiblement hétérogène.

Nous préconisons de schématiser le fonctionnement hydrogéologique du système aquifère capté de la manière suivante, conforme aux observations réalisées par le projet ORACLE.

Le système aquifère concerné correspond à la première formation aquifère rencontrée en profondeur sur le territoire de Doue.

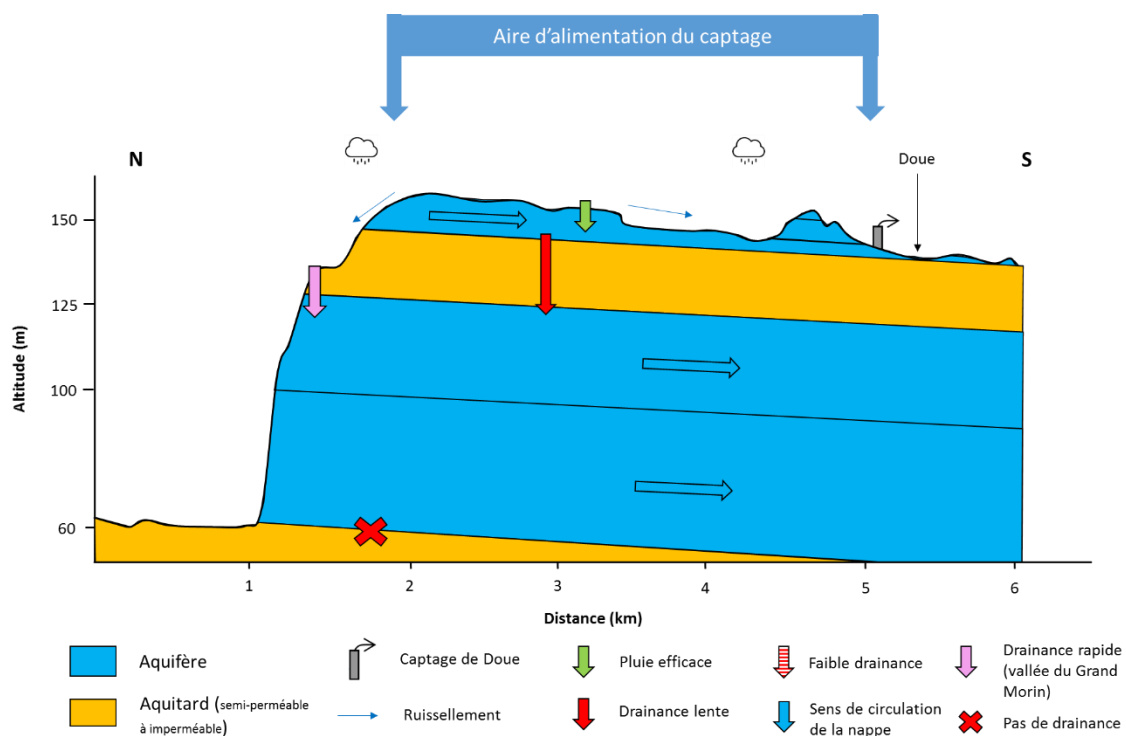


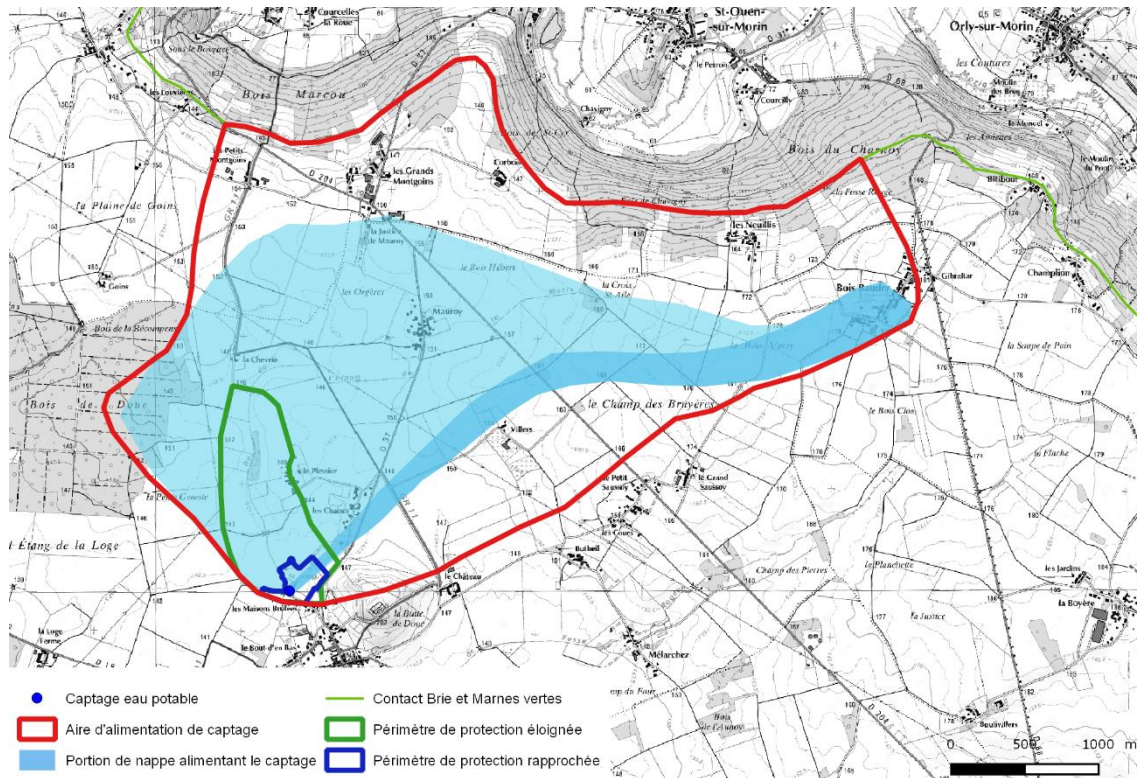
Schéma de fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation de captage

L'aire d'alimentation du captage de Doue correspond à l'extension à la surface de la portion de nappe alimentation le captage précédemment délimitée ainsi que le bassin versant topographique associé au captage et à celui du cours d'eau. L'aire d'alimentation de captage a été étendue à l'aval pour couvrir le périmètre de protection éloignée du captage de Doue. Elle représente une superficie de 11,2 km². Les besoins de production du captage de Doue représentent 0.6 % de cette superficie.

L'aire d'alimentation du captage couvre tout ou partie de la commune de Doue.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)

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

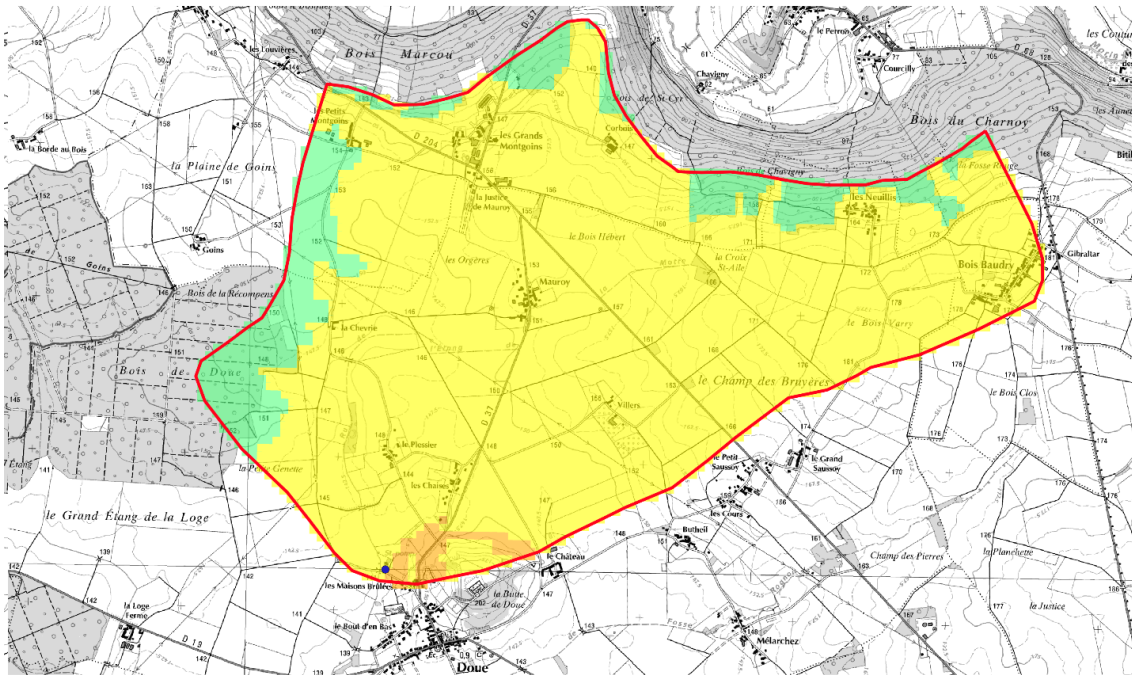


Délimitation de l'aire d'alimentation de captage

La cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage montre que le territoire est globalement moyennement vulnérable en raison de la présence de sols limoneux très profonds. Les zones les plus sensibles sont situées dans l'axe du ru de l'étang de la Motte.

Captage [01858X0011] de la commune de Doue (77)

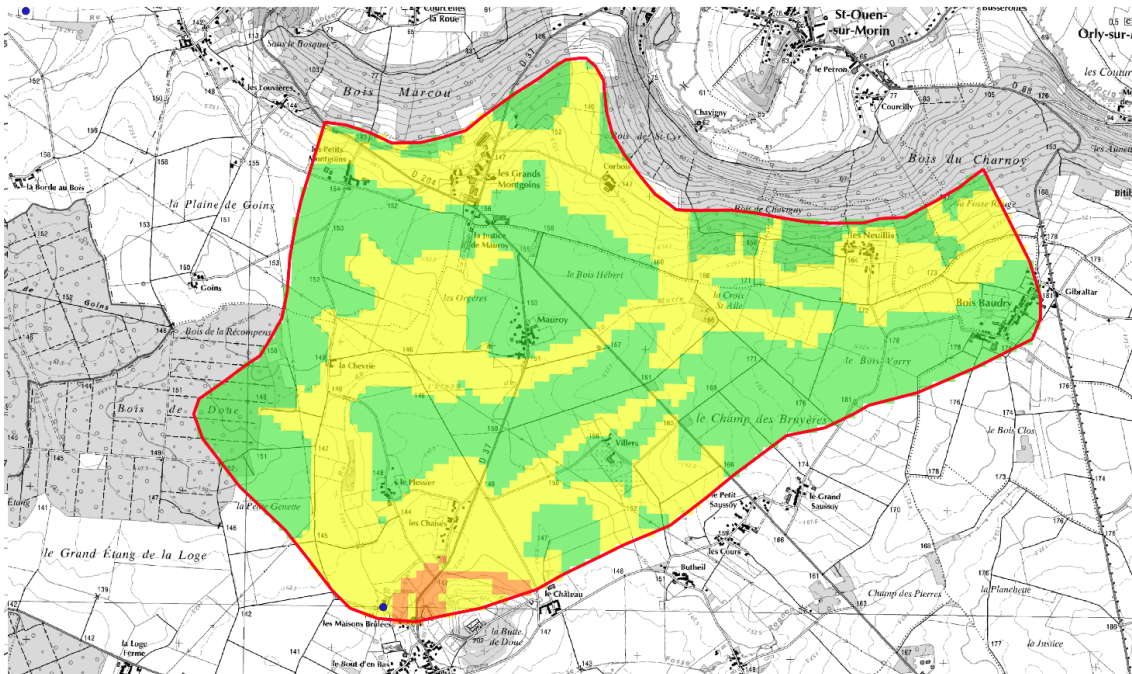
Délimitation de l'aire d'alimentation de captage et cartographie de la vulnérabilité intrinsèque



- Captage
 - ▭ Aire d'alimentation du captage
- VULNERABILITE**
- Faiblement vulnérable
 - Moyennement vulnérable
 - Fortement vulnérable

0 500 1000 m

Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC



- Captage
 - ▭ Aire d'alimentation du captage
- VULNERABILITE AJUSTEE**
- Faiblement vulnérable (0.8 - 1.6)
 - Moyennement vulnérable (1.6 - 2.4)
 - Fortement vulnérable (2.4 - 3.2)

0 500 1000 m

Carte de la vulnérabilité intrinsèque ajusté faisant apparaître le rôle des axes de ruissellement et des plateaux.