

Etude des aires d'alimentation de captage
**Champ captant de 17 forages situés sur la commune de
Salomé (59)**

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

Date : 20/06/2017

Chef de projet : Jean-Philippe RIZZA

Projet : 15DRE006

Numéro du projet : 15DRE006

Intitulé du projet : Etude des aires d'alimentation de captage

Initié du document : Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES
1	MUNOZ Anthony GUERET Emilie	RIZZA Philippe	20/02/2017	Rapport intermédiaire présenté au comité de pilotage
2	MARIE Louison GANTET Marie	RIZZA Philippe	20/06/2017	Rapport définitif présenté au comité de pilotage
2	MARIE Louison GANTET Marie	RIZZA Philippe	19/07/2017	Rapport définitif corrigé après les remarques du comité de pilotage

Sommaire

1.....Préambule	9
1.1 Les enjeux	9
1.2 Le système d'alimentation en eau	10
1.3 Description des ouvrages du champ captant de Salomé.....	11
1.4 Méthodologie mise en œuvre	17
2.....Bibliographie	19
3.....Phase 1 : Contexte hydrogéologique.....	21
3.1 Contexte hydrologique.....	21
3.2 Contexte pédologique	21
3.3 Contexte géologique	22
3.4 Contexte hydrogéologique	26
3.5 Production actuelle.....	27
3.6 Piézométrie.....	28
3.7 Paramètres hydrodynamiques	35
3.8 Pluviométrie efficace	37
3.9 Qualité des eaux prélevées.....	38
3.10 Vulnérabilité de la ressource.....	43
4.....Phase 2 : Délimitation de l'aire d'alimentation de captage	45
4.1 Méthodologie.....	45
4.2 Bilan hydrologique simplifié.....	46
4.3 Zone d'appel.....	46
4.4 Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant.....	52
4.5 Contours de l'extension de la surface de l'aire d'alimentation du champ captant.....	58
4.6 Schéma de fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation	60
5.....Phase 3 : Etude pédologique	63

5.1	Méthodologie	63
5.2	Description des sols	64
5.3	Circulation des eaux	75
6.....	Phase 4 : Etude de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage	81
6.1	Méthodologie	81
6.2	Paramètres	83
6.3	Carte de vulnérabilité	95
6.4	Carte des temps de transfert	100
7.....	Conclusion	103

Tables des illustrations

Figure 1 : Extension du territoire d'étude avec localisation des captages d'eau destinée à la consommation humaine (AEAP, 2014).....	9
Figure 2 : Schéma du système d'alimentation en eau potable du champ captant de Salomé (source : NOREADE, Nov. 2016)	10
Figure 3 : Situation géographique du champ captant de Salomé.....	11
Figure 4 : Localisation des ouvrages du champ captant de Salomé	12
Figure 5 : Délimitation des périmètres de protection du champ captant.....	16
Figure 6 : Contexte géologique du secteur d'étude	23
Figure 7 : Localisation des 5 failles du bassin minier (Source : BRGM RR-40882-FR)	25
Figure 8 : Coupe géologique interprétative de la zone d'étude	26
Figure 9 : Evolutions annuelle des volumes prélevés sur l'ensemble des ouvrages du champ captant de Salomé (Source : Noréade).....	27
Figure 10 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (moyennes eaux 1959) – BRGM	28
Figure 11 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (moyennes eaux 1972) – AEAP	29
Figure 12 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Hautes eaux 1995) – AEAP	29
Figure 13 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Basses eaux 1997) – AEAP	30
Figure 14 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Hautes eaux 2001) - BRGM	30
Figure 15 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Basses eaux 2009) – BRGM	31
Figure 16 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Hautes eaux 2009) -BRGM	32
Figure 17 : Carte piézométrique schématique des hautes eaux « avril-mai » 2009 de la masse d'eau 1003 (BRGM) ..	34
Figure 18 : Carte piézométrique schématique des basses eaux « octobre-novembre » 2009 de la masse d'eau 1003 (BRGM).....	34
Figure 19 : Origine des eaux captées par les ouvrages du champ captant (CAUTERMAN et GALLIOT, 1991)	37
Figure 20 : Evolution des teneurs en Nitrates des eaux brutes du champ captant de Salomé	39
Figure 21 : Evolution des teneurs en Atrazine-2-hydroxyde des eaux brutes du champ captant de Salomé	40
Figure 22 : Evolution des teneurs en Nickel des eaux brutes du champ captant de Salomé.....	40
Figure 23 : Evolution des teneurs en Sélénium des eaux brutes du champ captant de Salomé.....	41
Figure 24 : Evolution des teneurs en Sulfates des eaux brutes du champ captant de Salomé.....	42
Figure 25 : Evolution des teneurs en ammonium des eaux brutes du champ captant de Salomé	42
Figure 26 : Evolution des teneurs en fer des eaux brutes du champ captant de Salomé	43
Figure 27 : Illustration des paramètres de la méthode de Wyssling	46
Figure 28 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Hautes Eaux 2009.....	48
Figure 29 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Basses Eaux 2009.....	49
Figure 30 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Hautes Eaux 2001.....	50
Figure 31 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Basses Eaux 1997.....	51
Figure 32 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Hautes Eaux 2009 (source : Suez Consulting).....	53
Figure 33 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Basses Eaux 2009 (source : Suez Consulting)	54
Figure 34 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Hautes Eaux 2001 (source : Suez Consulting).....	55
Figure 35 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Basses Eaux 1997 (source : Suez Consulting)	56
Figure 36 : Contour de la portion de nappe globale alimentant le champ captant regroupant les quatre portions de nappe précédemment délimitées (source : Suez Consulting)	57
Figure 37 : Délimitation de l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé (Suez Consulting).....	59
Figure 38 : Schéma du fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé (Suez Consulting).....	61
Figure 39 : Exemple de fiche STIPA	63
Figure 40 : Carte des sols agricoles (Suez Consulting, 2015)	66
Figure 41 : Exemple de profil d'un sol de limon löessique (Suez Consulting, 2015)	67

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

Figure 42 : Limon pléistocène (« ergeron » d'après la carte géologique de Béthune) (Suez Consulting, 2015)	67
Figure 43 : Croûte de battance créée par la pluie sur un sol limoneux en surface (Suez Consulting, 2015).....	68
Figure 44 : Exemple de profil d'un sol de limon loessique moyennement profond sur craie (Suez Consulting, 2015)....	69
Figure 45 : Exemple de profils de sols superficiels sur craie (ici craie grise turonienne à gauche et craie blanche sénonienne à droite)	70
Figure 46 : Exemple de profils de sol argileux sur craie.....	70
Figure 47 : Signes d'engorgement temporaire en eau (taches enrichies en fer de couleur rouille) (Suez Consulting, 2015)	71
Figure 48 : Exemple de profils de sols d'argile brune	71
Figure 49 : Profil de sol sur Grès et schistes de Pernes	73
Figure 50 : Profil de sol mettant en évidence le Landénien moyen (matériau tertiaire remanié) puis le Turonien.....	74
Figure 51 : Mode de circulation des eaux (CORPEN)	76
Figure 52 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 1, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2015)....	76
Figure 53 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 2, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2015)....	77
Figure 54 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 3, sensible à l'infiltration et localement au ruissellement (Suez Consulting, 2015).....	77
Figure 55 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 4, sensible au ruissellement par saturation et hypodermique (Suez Consulting, 2015).....	77
Figure 56 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 5, sensible au ruissellement par saturation (Suez Consulting, 2015).....	78
Figure 57 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 6, localement sensible au ruissellement par saturation (Suez Consulting, 2015).....	78
Figure 58 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 7, sensible à l'infiltration rapide (Suez Consulting, 2015) 78	78
Figure 59 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 8, sol sensible au ruissellement par saturation et hypodermique en pente (Suez Consulting, 2015).....	79
Figure 60 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 9 (Suez Consulting, 2015)	79
Figure 61 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 10 (Suez Consulting, 2015)	79
Figure 62 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 11 (Suez Consulting, 2015)	80
Figure 63 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 12 (Suez Consulting, 2015)	80
Figure 64 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)	85
Figure 65 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	88
Figure 66 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	90
Figure 67 : Carte du paramètre KZNS, perméabilité de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	92
Figure 68 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)	94
Figure 69 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque (Suez Consulting, 2017)	96
Figure 70 : Carte de la vulnérabilité simplifiée (Suez Consulting, 2016)	98
Figure 71 : Carte du mode de circulation majoritaire, ruissellement ou infiltration (Suez Consulting, 2016)	99
Figure 72 : Temps de transfert dans la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	101
Figure 73 : Captages AEP présents sur l'aire d'alimentation du champ captant	103

Table des tableaux

Tableau 1 : Principales informations du champ captant de Salomé	13
Tableau 2 : Autorisation de prélèvements pour l'ensemble des 17 ouvrages du champ captant (Arrêté de DUP, 13 août 2013)	15
Tableau 3 : Répartition des débits d'exploitation (Dossier de consultation administrative, Noréade Régie SIDEN-SIAN, Fév. 2011)	15
Tableau 4 : Schéma géologique du secteur d'étude (source : SAFEGE)	24
Tableau 5 : Synthèse des données piézométriques sur le champ captant	32
Tableau 6 : Niveaux piézométriques statiques du champ captant de Salomé	35
Tableau 7 : Paramètres hydrodynamiques du champ captant	36
Tableau 8 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère	36
Tableau 9 : Caractéristiques de l'historique des données qualité traitées	38
Tableau 10 : Caractéristiques de la zone d'appel du captage selon la méthode de Wyssling	47
Tableau 11 : Sols présents sur l'aire d'alimentation (Suez Consulting)	65
Tableau 12 : Caractéristiques de l'unité de sol 1 (Suez Consulting)	68
Tableau 13 : Caractéristiques de l'unité de sol 2 (Suez Consulting)	69
Tableau 14 : Caractéristiques de l'unité de sol 3 (Suez Consulting)	70
Tableau 15 : Caractéristiques de l'unité de sol 4 (Suez Consulting)	71
Tableau 16 : Caractéristiques de l'unité de sol 5 (Suez Consulting)	72
Tableau 17 : Caractéristiques de l'unité de sol 6 (Suez Consulting)	72
Tableau 18 : Caractéristiques de l'unité de sol 7 (Suez Consulting)	73
Tableau 19 : Caractéristiques de l'unité de sol 8 (Suez Consulting)	74
Tableau 20 : Caractéristiques de l'unité de sol 9 (Suez Consulting)	74
Tableau 21 : Caractéristiques de l'unité de sol 10 (Suez Consulting)	75
Tableau 22 : Caractéristiques de l'unité de sol 11 (Suez Consulting)	75
Tableau 23 : Caractéristiques de l'unité de sol 12 (Suez Consulting)	75
Tableau 24 : Démarche méthodologique de l'étude AAC (BRGM, 2007)	81
Tableau 25 : Paramètres de la méthode utilisée	82
Tableau 26 : Corrélation entre le type de sol et la RU max	83
Tableau 27 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation	84
Tableau 28 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard	87
Tableau 29 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation	87
Tableau 30 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation	89
Tableau 31 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone non saturée par aire d'alimentation	91
Tableau 32 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	93
Tableau 33 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque par aire d'alimentation	95

Glossaire

- AACAire d'alimentation de captages
ADES.....Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AEAPAgence de l'Eau Artois Picardie
AEPAlimentation en eau potable
ARSAgence Régionale de Santé
BACBassin d'alimentation de captage
BE.....Basses eaux
BRGM.....Bureau de recherche géologique et minière
DUPDéclaration d'utilité publique
HEHautes eaux
INRA.....Institut national de recherche agronomique
ISA LilleInstitut supérieur agronomique de Lille
MEMoyennes eaux
PNACPortion de nappe alimentant le captage
SIGES NPDC Système d'information pour la gestion des eaux souterraines du Nord-Pas de Calais
ZNSZone non saturée
ZS.....Zone saturée

1 PREAMBULE

1.1 Les enjeux

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 Décembre 2006 a renforcé les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection des aires d'alimentation des captages (AAC), pour lutter contre les pollutions, et notamment les pollutions diffuses d'origine agricole. La définition d'une zone de protection de l'aire d'alimentation d'un captage permet la mise en œuvre de programmes d'actions (Opération de Reconquête de la Qualité des Eaux – ORQUE) visant à modifier les pratiques agricoles, orienter la lutte contre les pollutions d'origine urbaine et industrielle, dans le but d'améliorer la qualité de la ressource.

L'application de ce dispositif nécessite de déterminer précisément l'aire d'alimentation du captage concerné.

Par ailleurs, afin de mieux définir les programmes d'actions et de cibler et hiérarchiser les territoires d'actions au sein de la zone de protection, il est également nécessaire de définir sur les aires d'alimentation les zones les plus vulnérables aux pollutions.

En 2009, 500 captages ont été désignés au niveau national dans le cadre du Grenelle de l'Environnement pour faire l'objet prioritairement d'une démarche de reconquête de la qualité de l'eau dont 14 sur le bassin Artois Picardie.

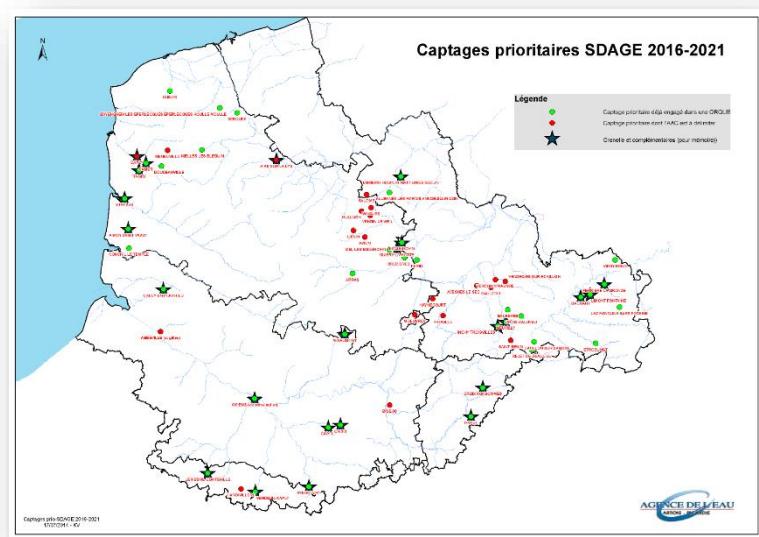
Le Conférence Environnementale de 2013 a demandé de doubler cet effort et de porter à 1000 le nombre de captages concernés en France.

Sur le bassin Artois Picardie, 60 nouveaux captages prioritaires ont ainsi été désignés en Juillet 2014 (Figure 1).

L'objet du présent marché est de procéder à la délimitation de l'aire d'alimentation de plusieurs de ces captages prioritaires, et de cartographier la vulnérabilité intrinsèque de chaque zone vis-à-vis des pollutions diffuses.

Cette démarche vient en amont du Diagnostic Territorial Multi pressions (DTMP) à engager par les collectivités, puis du programme d'actions de reconquête de la qualité des eaux à mettre en place.

Figure 1 : Extension du territoire d'étude avec localisation des captages d'eau destinée à la consommation humaine (AEAP, 2014)



1.2 Le système d'alimentation en eau

Noréade, la régie du SIDEN-SIAN, alimente actuellement en eau potable l'unité de distribution de La Gorgue à partir du champ captant de Salomé.

Situé à l'amont nappe de la partie urbanisée de la commune, en bordure du canal d'Aire, au lieu-dit « le marais d'Hantay », il exploite aujourd'hui dix-sept forages. Il alimente en partie onze communes (Bailleul, Erquinghem-Lys, Estaires, Haverskerque, La Gorgue, Le Doulieu, Lestrem, Merris, Merville, Neuf-Berquin, Nieppe, Steenwerck, Vieux-Berquin) via le réseau de distribution Noréade.

Le réseau de distribution possède une interconnexion avec les unités de distribution d'Arleux et d'Herlies.

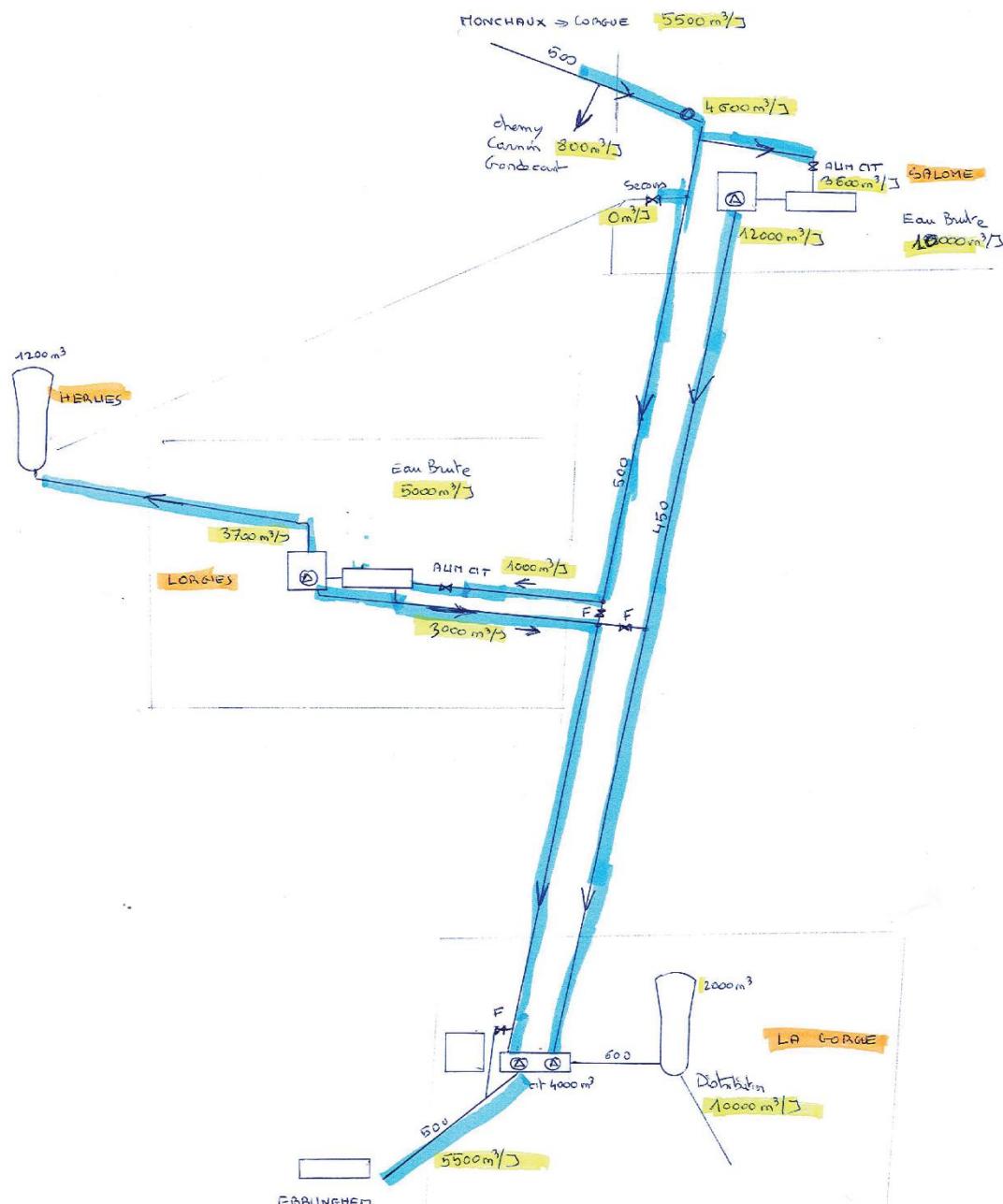
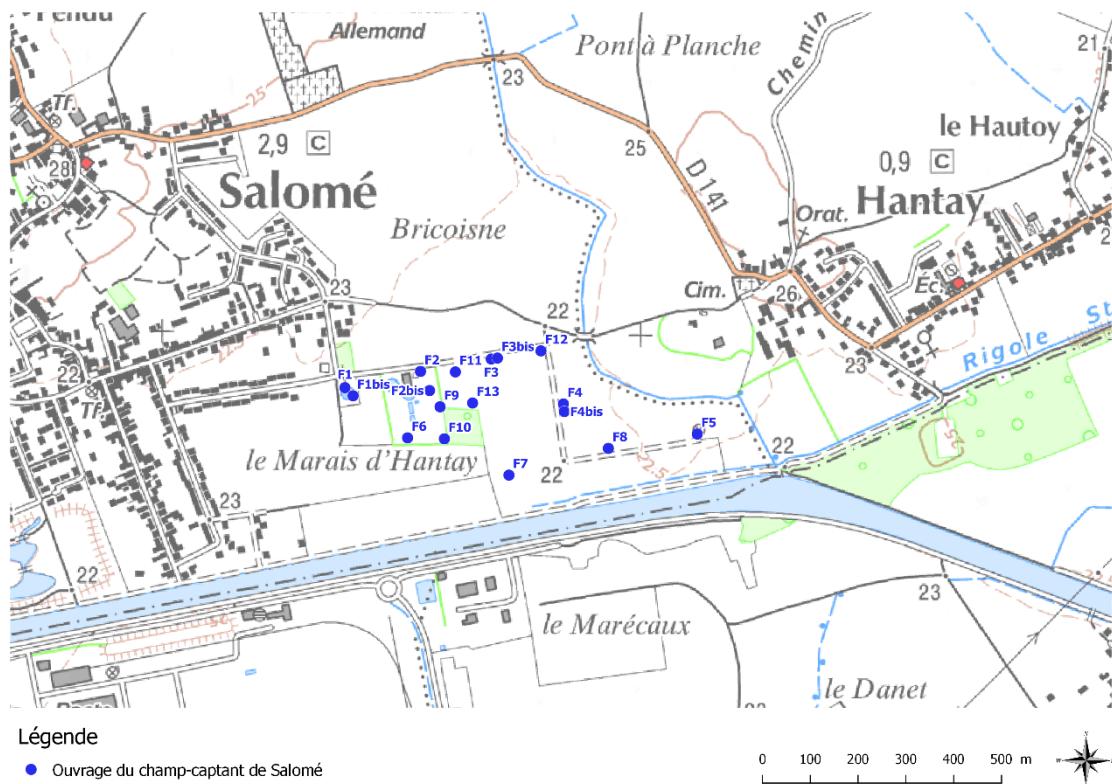


Figure 2 : Schéma du système d'alimentation en eau potable du champ captant de Salomé (source : NORADE, Nov. 2016)

1.3 Description des ouvrages du champ captant de Salomé

Le rapport concerne le champ captant de Salomé (Figure 3 et Figure 4) composé de 17 ouvrages et implanté au lieu-dit « Le marais d'Hantay » sur le territoire de la commune de Salomé (59), désigné champ captant dans le reste du rapport.

Les informations relatives à l'identification et la localisation des ouvrages de la commune du champ captant de Salomé sont synthétisées dans le tableau suivant.



Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage



Figure 4 : Localisation des ouvrages du champ captant de Salomé

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)
 Etude des aires d'alimentation de captage

Tableau 1 : Principales informations du champ captant de Salomé

Indice BSS	00194D0015	00194D0265	00194D0125	00194D0380	00194D0126	00194X0465	00194D0250	00194X0466	00194D0266	00194X0436	00194X0437	00194X0438	00194X0441	00194X0442	00194X0468	00194X0467	00194X0469
Désignation	F1	F1BIS	F2	F2BIS	F3	F3BIS	F4	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
Statut	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité	Exploité
X Lambert 93 (m)*	689324	689339	689472	689479	689620	689654	689789	689851	690059	689478	689698	689879	689519	689518	689553	689755	689631
Y Lambert 93 (m)*	7048274	7048273	7048309	7048282	7048343	7048343	7048209	7048189	7048187	7048231	7048150	7048208	7048241	7048181	7048321	7048327	7048237
X Lambert 93 (m)**	689320	689478	689626	689777	690057	689337	689497	689871	689451	689663	689519	689528	689639	689779	689551	689730	689587
Y Lambert 93 (m)**	7048287	7048321	7048347	7048253	7048190	7048270	7048281	7048160	7048182	7048104	7048247	7048180	7048349	7048237	7048320	7048364	7048255
Z sol (m NGF)	22	21.65	21.3	21	21.76	21	21.39	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Localisation parcellaire	A3 995	A3 996	A3 1998	A3 434	A3 1045	A3 444	A3 1563	A3 1564	A3 1668	A3 431	A3 2070	A3 2069	A3 435	A3 435	A3 437	A3 444	A3 439
Date de réalisation	1952	1978	1962	1986	1962	2000	1973	2000	1977	1995	1995	1994	1998	1998	2000	2000	2000
Entrepreneur	BROCHOT, 69 rue Rochechouart (Paris 9ème)	Entreprise HUILLET 235, av. de Grammont BP 40, 37005 TOURS Cedex	CHARTIEZ 101 Bd Thiers, 62400 BETHUNE	SAGE-C.G.T.H. 4 rue Gambetta, 59350 SAINT-ANDRE	CHARTIEZ & Fils 101 Bd Thiers, 62400 BETHUNE	CHARTIEZ & Fils 101 Bd Thiers, 62400 BETHUNE	SARL LECOCQ	SARL LECOCQ	/	SAGE-C.G.T.H. 1 rue L. Imbert de la Phalecque, 59463 LOMME	SAGE-C.G.T.H. 1 rue L. Imbert de la Phalecque, 59463 LOMME	SAGE-C.G.T.H. 1 rue L. Imbert de la Phalecque, 59463 LOMME	/	/	SARL LECOCQ	SARL LECOCQ	SARL LECOCQ
Profondeur (m/TN)	33.8	69.2	55	59	65	63	63	41	41	23	21	21	50	50	40	33.8	41

* Source : Infoterre / ** Coordonnées ajustées sur la base de photographies aériennes

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

Les 17 captages se situent entre le centre-ville de Salomé à l'ouest et la commune d'Hantay à l'est, en bordure nord de vallée alluvionnaire du canal d'Aire. Ces ouvrages réalisés entre 1952 et 2000 captent la craie du Séno-Turonien.

Le champ captant de Salomé a fait l'objet d'une expertise hydrogéologique en juin 2007 par Henri Maillot.

Le champ captant bénéficie d'un arrêté de déclaration d'utilité publique daté du 13 août 2013, instaurant 3 périmètres de protection (immédiate, rapprochée, et éloignée) et autorisant l'exploitation du captage aux régimes maximum suivants.

Tableau 2 : Autorisation de prélèvements pour l'ensemble des 17 ouvrages du champ captant (Arrêté de DUP, 13 août 2013)

Scénario	Débit horaire (m ³ /h)	Débit journalier (m ³ /j)	Volume annuel (m ³ /an)
Autorisé par la DUP	-	14 000	5 150 000

Les débits par ouvrages ont été répartis selon les dispositions suivantes.

Le forage F7, situé au sud du champ captant, n'est plus exploité depuis 2005. Il est cependant conservé par Noréade pour faire barrage en cas de pollution accidentelle des eaux via le canal d'Aire. Ces débits d'exploitation (cf. Tableau 3) résultent de la capacité de productivité des ouvrages.

Tableau 3 : Répartition des débits d'exploitation (Dossier de consultation administrative, Noréade Régie SIDEN-SIAN, Fév. 2011)

Désignation de l'ouvrage	Débit max. d'exploitation horaire (m ³ /h)	Débit max. d'exploitation journalier (m ³ /jour)	Débit max. d'exploitation annuel (m ³ /an)
F1	100	1000	365 000
F1 Bis	80	1120	408 800
F2	90	1350	492 750
F2 Bis	90	1080	394 200
F3	70	910	332 150
F3 Bis	0	0	0
F4	120	1560	569 400
F4 Bis	0	0	0
F5	150	1500	547 500
F6	0	0	0
F7	0	0	0
F8	155	1550	565 750
F9	45	720	262 800
F10	45	720	262 800
F11	45	720	262 800
F12	50	1000	365 000
F13	70	770	281 050
Total		14 000	5 100 000
Total autorisé		14 000	5 100 000

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

La Figure 5 présente les périmètres de protection rapprochée et éloignée du champ captant. Ils s'étendent sur les communes de Salomé, Hantay et Billy-Berclau.

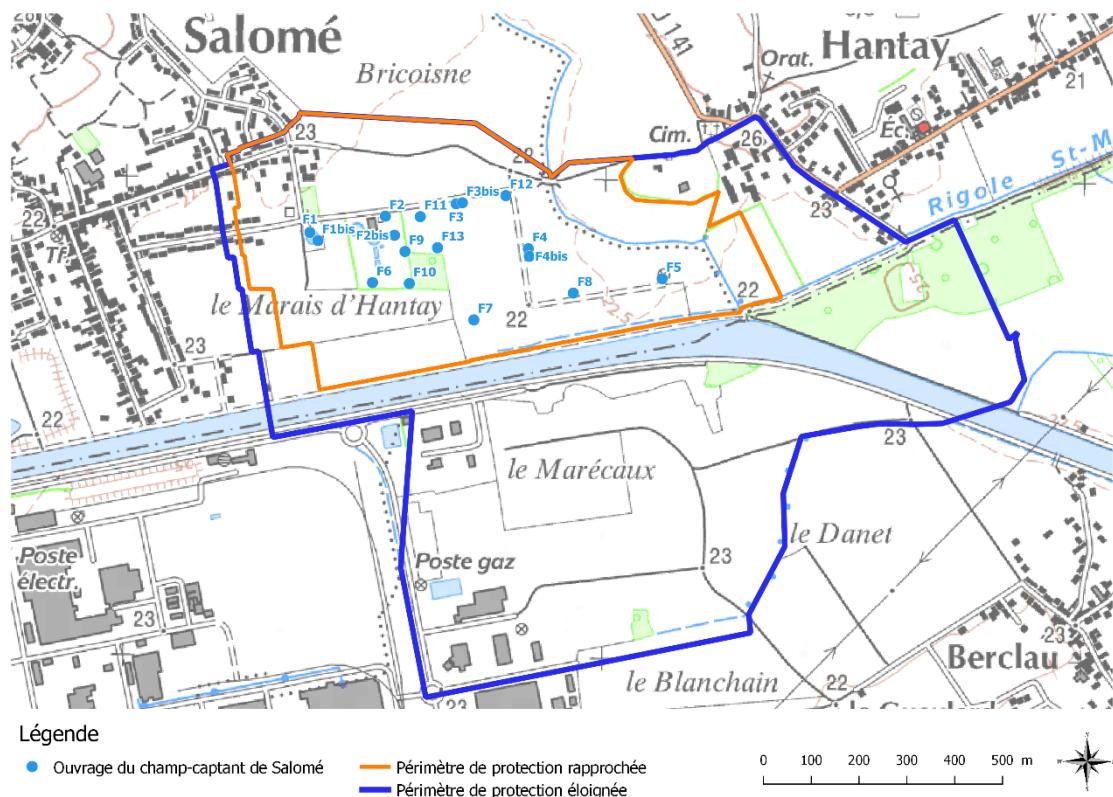


Figure 5 : Délimitation des périmètres de protection du champ captant

1.4 Méthodologie mise en œuvre

La présente étude ne concerne que la première étape d'une démarche beaucoup plus globale, allant de la définition de l'aire d'alimentation des captages étudiés jusqu'à la mise en place de mesures destinées à prévenir toute détérioration de leur qualité.

Pour répondre aux objectifs attendus, Suez Consulting est intervenu selon quatre étapes, conformément au cahier des charges.

L'étude comprend donc :

- Phase 1 Collecte des données hydrologiques et hydrogéologiques.
- Phase 2 Détermination de l'aire d'alimentation du champ captant.
- Phase 3 Etude pédologique.
- Phase 4 Cartographie de la vulnérabilité.

La méthodologie proposée par Suez Consulting est conforme à la version révisée du guide¹ 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).

A partir du chapitre **Contexte hydrogéologique**, notre démarche vise :

- au travers du chapitre **Contexte hydrogéologique du captage** à caractériser l'ouvrage, la ressource captée et son état initial (nature de la contamination).
- au travers du chapitre **Délimitation de l'aire d'alimentation du champ captant** à identifier les contours de l'aire d'alimentation et déterminer les types de transfert mis en jeu dans la contamination des eaux prélevées.
- au travers du chapitre **Etude pédologique** à cartographier les sols en présence sur l'aire d'alimentation et à les qualifier selon les critères retenus pour le calcul de la vulnérabilité intrinsèque.
- au travers du chapitre **Etude de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation** à cartographier la vulnérabilité propre au milieu, en fonction des modes de transferts identifiés et indépendamment des pressions exercées (on parle alors de vulnérabilité intrinsèque).

¹ Vernoux J.F., Wuilleumier 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.

Pour le chapitre **Contexte hydrogéologique du captage**, nous détaillons plus particulièrement :

- la coupe technique du forage afin de comprendre la nature des captages et d'identifier la partie captante de l'ouvrage.
- le rappel de la situation administrative de l'ouvrage.
- le contexte du bassin versant topographique dans lequel est situé le captage afin de comprendre les relations entre les eaux superficielles et la nappe captée.
- le contexte géologique local des ouvrages afin d'identifier le type d'aquifère capté et l'horizon de l'aquifère capté par l'ouvrage.
- les conditions d'exploitation de l'ouvrage afin de définir les scénarios d'exploitation de captage.
- la piézométrie au droit de ouvrage afin de caractériser le comportement de la nappe captée en termes de fluctuations et de sens d'écoulement et de considérer si l'aquifère est libre ou captif.
- la zone d'appel de l'ouvrage afin de préparer la délimitation de la zone d'influence.
- la qualité des eaux prélevées par les ouvrages (données de qualité des eaux brutes de l'Agence régionale de santé, de l'Agence de l'Eau et de la commune) afin de qualifier la nature de la contamination de la ressource.

Pour le chapitre **Délimitation de l'aire d'alimentation du champ captant**, nous détaillerons plus particulièrement :

- les contours de la portion de nappe alimentant le champ captant par la méthode de la zone d'appel de Wyssling selon plusieurs situations piézométriques.
- les contours de l'extension en surface de l'aire d'alimentation au bassin versant topographique.
- la justification d'investigations complémentaires pour mieux cerner les contours de l'aire d'alimentation.
- le schéma de fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation afin de comprendre les types de transfert d'eau mis en jeu dans la recharge de l'aire d'alimentation.

Pour le Chapitre **Etude de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation du champ captant**, nous détaillerons plus particulièrement :

- les paramètres retenus pour l'indice de vulnérabilité.
- la carte de vulnérabilité intrinsèque.
- les autres cartes : carte de sensibilité au ruissellement, carte de sensibilité à l'infiltration, carte des temps de transfert.

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.

- BRGM, Septembre 2011, Modélisation de la nappe de la Craie du Nord-Pas de Calais, Calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire, RP-60217-FR.
- BRGM, Janvier 2015, Affinement du modèle hydrogéologique de la Craie du Nord-Pas-de-Calais autour des champs captants de la métropole Lilloise, Rapport final, RP-63689-FR.

Nous avons exploité les coupes géologiques régionales disponibles pour interpréter une coupe géologique schématique au droit de notre étude.

- Mai 1984, Arrêté interpréfectoral relatif à l'instauration de périmètres de protection pour le champ captant (17 forages) implanté sur le territoire de Salomé et exploité par NOREADE

Cet arrêté définit trois périmètres de protection dont les surfaces cumulées sont les suivantes :

- Périmètre de Protection Immédiat (PPI) : 2.9 ha
- Périmètre de Protection Rapproché (PPR) : 43.1 ha
- Périmètre de Protection Eloignée (PPE) : 126.5 ha

- Noréade Régie SIDEN-SIAN, Février 2011, Dossier de consultation administrative.

- Henri Maillot, Juin 2007, Détermination des périmètres de protection des 17 forages composant l'ensemble du champ captant de Salomé, Avis de l'hydrogéologue agréé.

- Août 2013, Arrêté interpréfectoral relatif à la réactualisation et à la régularisation administrative de déclaration d'utilité publique (DUP), Champ captant (17 forages) implanté sur le territoire de Salomé et exploité par NOREADE.

L'arrêté autorise pour l'ensemble des 17 ouvrages, un prélèvement total de 17 000 m³ par jour, soit 5 150 000 m³ par an. Le débit journalier de pointe pourra être porté à 19 000 m³ par jour, et ce, au maximum dix jours dans l'année sans que le débit annuel autorisé soit pour autant dépassé.

- Agence de l'eau Artois-Picardie, Modélisation mathématique des écoulements de la nappe de la Craie, simulation de transfert de bore et de nickel dans la zone non saturée, Application à des champs captants au sud-ouest de Lille : exemple de Salomé, Billy-Berclau.

Ce rapport apporte des informations concernant principalement la géologie et l'hydrogéologie au droit du champ captant de Salomé.

- Karine Vallée, 1999, Le Nickel dans les eaux alimentaires, Application à des champs captants du Bassin Artois-Picardie, Université de Lille I.

Cette étude centrée sur le nickel et l'arsenic a permis de comprendre la provenance et la migration du nickel dans les eaux et sédiments dans le complexe Deûle-alluvions-craie.

- Emilie Lefevre, 2006, Etude de la minéralisation de la nappe de la craie sous pressions naturelles et anthropiques, Application à la présence de l'azote, du soufre et du nickel dans les eaux souterraines, Laboratoire de Mécanique de Lille.

Cette thèse décrypte les causes d'évolution du chimisme des eaux souterraines de la Craie en ce qui concerne les espèces solubles de l'azote, du soufre et du nickel.

3 PHASE 1 : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le secteur d'étude correspond à la partie méridionale du plateau de Weppes, limitée à l'est par la vallée de la Deûle et à l'ouest par la plaine de la Lys. Au sud de ce plateau et séparé de lui par le canal d'Aire s'étend la plaine de Lens.

Le champ captant est concerné par :

- La masse d'eau n° FRAG003 dite Craie de la vallée de la Deûle.
- L'entité hydrogéologique BD Lisa n°121AT01 dite Craie du Séno-Turonien en Artois-Picardie.

3.1 Contexte hydrologique

Le champ captant de Salomé est situé dans la vallée alluvionnaire de la Deûle, en rive gauche du canal d'Aire.

Le canal d'Aire (ou canal d'Aire à la Bassée) de direction ouest-est est un des maillons de la ligne à grand gabarit de Dunkerque à l'Escaut. C'est un canal de jonction par dérivation de la Deûle vers la Lys. Il relie le canal de la Deûle à Bauvin à la Lys et au canal de Neufossé à Aire-sur-la-Lys.

Traversant les villes d'Aire-sur-la-Lys, Béthune et de la Bassée, la longueur totale du canal d'Aire est d'environ 39 km. Il appartient au bassin versant Meuse-Escaut.

3.2 Contexte pédologique

Les informations pédologiques disponibles sont :

- Cartes pédologiques régulières de l'institut national de recherche agronomique (INRA), le plus souvent au 1/250000, mais aussi au 1/100000,
- Base de données des sols du laboratoire des sols de l'ISA Lille sur le bassin Artois-Picardie.

A partir de Référsoils (site INRA), nous avons déjà recensé les cartes suivantes :

- Relance agronomique – Artois – connaissance de sols préliminaire à l'acquisition de références – 1/100 000.
- Etude pédologique : épandage souterrain dans le département du Nord – 1/100 000.
- Inventaire des principaux types de sols de la région Nord-Pas-de-Calais par petite région – 1/50 000^e.

Cependant, ces données sont trop fragmentaires pour couvrir le secteur d'étude de manière régulière et pertinente vis-à-vis de la caractérisation des sols nécessaire pour le calcul de l'indice de vulnérabilité.

3.3 Contexte géologique

3.3.1 Stratigraphie

Le sous-sol du secteur d'étude est composé d'une couche peu épaisse d'alluvions modernes recouvrant les formations crayeuses du Sénonien-Turonien. Au nord du canal d'Aire, la craie s'enfonce rapidement sous les formations tertiaires, devient compacte et très peu aquifère.

Le secteur d'étude est couvert par la carte géologique de Béthune (n°19) au 1/50000 (Figure 6). La succession des assises géologiques présentes sur le secteur d'étude est la suivante.

○ Les formations quaternaires

Limon de lavage (LV). Ce limon est récent, argilo-sableux. Il contient souvent des matières organiques lui donnant une teinte grisâtre. Son épaisseur est très variable et sa représentation sur la carte a surtout pour but de préciser l'emplacement des vallées et vallons sec. On le retrouve également au pied des pentes.

Limon pléistocène (LP1). Deux niveaux se distinguent : au sommet, la terre à brique, de couleur brune, correspond à la partie décalcifiée et à la base, l'érgeron est de teinte plus claire, il est généralement plus sableux. Lorsqu'il est au contact avec des formations crayeuses turoniennes ou sénonienne, sa base, alors très argileuse renferme fréquemment des silex plus ou moins brisés et provenant d'un remaniement de l'argile à silex dont l'origine est due à la dissolution de la partie supérieure de la craie.

Les **alluvions modernes (Fz)** sont généralement argileuses, brunes, jaunes ou, le plus souvent, grisâtres en raison de la présence de matières organiques d'origine végétale.

○ Les formations tertiaires

L'Argile d'Orchies (e4 – Yprésien inférieur) est plastique, gris bleuâtre (en raison de la présence de pyrite) ou noirâtre vers la base. Sa partie supérieure, lorsqu'elle est altérée, devient bicolore (jaune et gris). Par ailleurs, la décomposition de la pyrite en surface entraîne la formation de cristaux de gypse.

Les **Sables et grès d'Ostricourt (e2b – Landénien supérieur)** constituent souvent de petites buttes généralement boisées qui se superposent à la plaine cultivée et qui s'élèvent jusqu'au plateau de l'Artois. Ce sont des sables marins fins, glauconieux, surmontées de sables fluviomarins à continentaux.

L'Argile de Louvil (e2a – Landénien inférieur) se présente soit à l'état d'argile, soit, assez souvent, à l'état de sable fin, glauconieux, parfois argileux, passant insensiblement vers le haut au sable d'Ostricourt.

○ Le Crétacé

La craie blanche sénonienne (c4 – Coniacien et Santonien). L'ensemble de cette craie atteint une cinquantaine de mètres. La partie supérieure correspond à de la craie blanche très pure, très fine et ne renferme pas de silex. La partie inférieure correspond à de la craie blanche à silex. Les silex sont disséminés dans la masse ou disposés en lits, plus rarement en filonnets. Les bancs inférieurs de cette craie sont plus gris, légèrement glauconieux, et plus résistants. Ils sont exploités comme pierre de taille.

La craie du Turonien supérieur (c3c). Cette assise est beaucoup moins épaisse que la précédente, son épaisse moyenne n'est que d'une dizaine de mètres. Elle est constituée par une craie grise, glauconieuse, d'aspect plus grenu.

La partie supérieure, durcie par cristallisation de calcite dans les pores de la craie, est désignée sous le nom de « meule ».

Dans la craie grise turonienne, les silex sont généralement plus nombreux et de plus grande taille que la craie sénonienne.

Les **Marnes du turonien moyen (c3b)** sont des marnes crayeuses lourdes, épaisses d'une vingtaine de mètres, désignées sous les noms de « bleus » ou « dièves bleues ». Elles sont constituées par une alternance de bancs crayeux assez durs, plus ou moins irréguliers et de lits plus marneux.

Les **Marnes du turonien inférieur (c3a)** constituent 10 à 20 m de marnes plus ou moins verdâtres, généralement moins crayeuses que les précédentes ; ce sont les « dièves vertes ». Ce niveau marneux imperméable protège les travaux houillers de l'invasion par les eaux superficielles.

La **Tourtia et la craie marneuse cénomanien (c2)**. La partie supérieure du Cénomanien est représentée, dans la région, par quelques mètres de craie marneuse et de marnes blanches (dièves blanches). Vers le bas, les marnes se chargent en glauconie et passent à des marnes grises ou verdâtres. A l'extrême base, en fin, les premiers dépôts cénomaniens transgressifs sur les terrains primaires sont souvent constitués par un conglomérat à galets de roches paléozoïques (grès et quartz notamment) et à ciment calcaire, c'est le « Tourtia ».

Les terrains primaires sont donc présents directement sous ces formations.

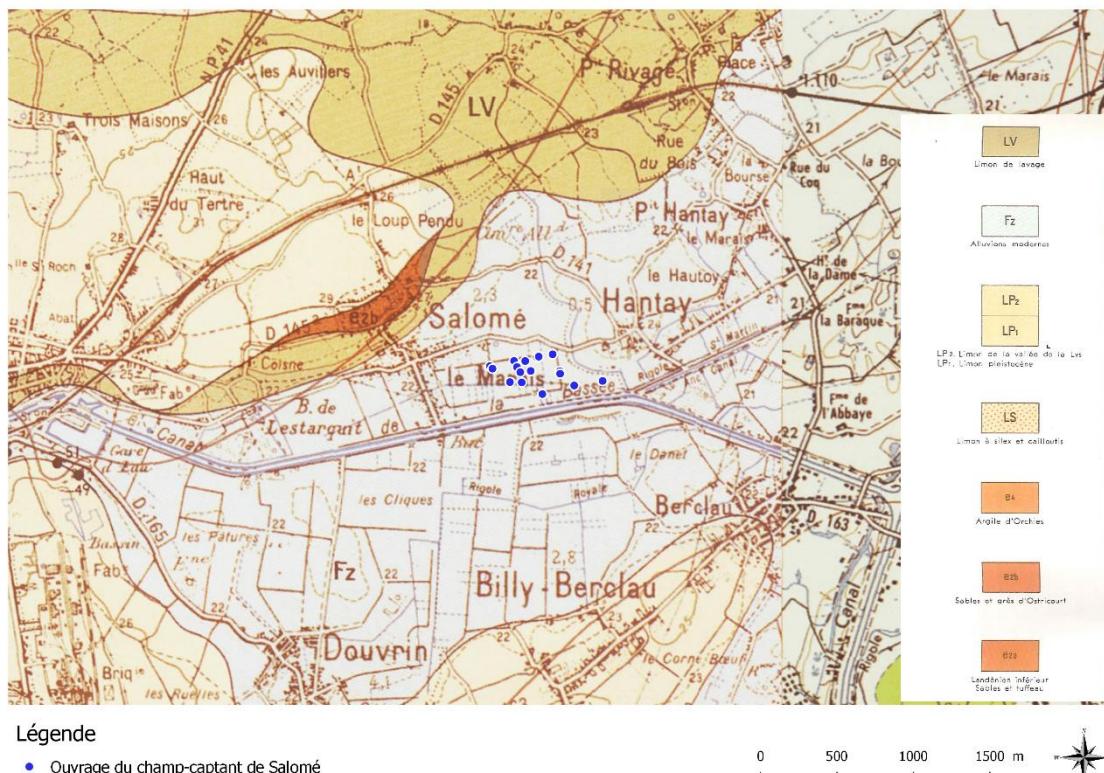


Figure 6 : Contexte géologique du secteur d'étude

Au droit des 17 forages composant le champ captant de Salomé, la description lithologique des premiers terrains recoupés est très variable notamment pour des ouvrages très proches. Le tableau suivant synthétise l'interprétation que nous en avons fait.

Tableau 4 : Schéma géologique du secteur d'étude (source : SAFEGE)

Temps géologique	Description lithologique				
Quaternaire (Alluvions)	Limons argilo-sableux	Limons argilo-sableux	Limon calcaire	Sable gris-jaune	Argile / Argile jaunâtre
	Sables fins	Limons sableux crayeux		Sable verdâtre argileux	
Sénonien	Craie fracturée/altérée	Craie roulée	"Marnette"		
	Craie blanche sans silex				
	Craie blanche à silex				
Turonien supérieur	Craie dure	"Meule"			
	Craie grise				
Turonien moyen	Marnes gris bleu	« Dièves bleues »			

L'épaisseur des formations quaternaires rencontrées varie entre 3 et 7 m sur les ouvrages du champ captant. La description de ces formations tend à définir un secteur plus argileux à l'est qui concerne plus particulièrement les ouvrages F4, F8 et F5.

3.3.2 Tectonique

Le Crétacé supérieur, discordant sur des structures paléozoïques complexes, sont largement recouvertes par des limons sur le territoire. Les formations crétacées s'appuient à l'est sur le massif paléozoïque ardennais (Avesnois) alors qu'elles s'envoient au nord sous les bassins tertiaires des Flandres et d'Orchies, séparés par l'anticlinal du Mélantois (SIGES NPdC).

Dans le secteur du bassin minier, cinq failles sont distinguables :

- La « faille de Carvin » est dessinée au droit du contact en profondeur Dinantien-Namurien. Elle n'a pas d'expression cartographique en surface. Son dessin proposé par les houillères ne correspond pas au style tectonique régional observable en surface.
- La « faille de Leus » n'a pas non plus d'expression en surface. Elle correspondrait en profondeur à la faille subverticale à l'aplomb sud du village de l'Epinette.
- La « faille de Ruitz » est observable sur le terrain, elle met en contact des formations primaires, crétacées et tertiaires. Elle correspond à un affaissement du compartiment nord-ouest, plus net dans le secteur sud-est de la faille, non identifié comme actif par le bassin minier.
- La « faille de Pernes », située au nord de la faille cartographiée de Pernes s.s., d'après la carte géologique à 1/50 000 correspond en surface à une faille satellite de la faille de Ruitz. Elle délimite des sédiments tertiaires et crétacés. Elle est nommée faille de Marqueffles sur la carte géologique. En profondeur, elle s'enracinerait sur la « faille limite », faille de charriage hercynienne limitant le bassin houiller vers le sud.
- D'après la carte géologique, la « faille de Marqueffles » n'est pas exprimée en surface. Cette « zone tectoniquement anormale », se situe géographiquement entre la faille de Ruitz et la faille satellite de Marqueffles au sens de la carte géologique. Elle serait liée en profondeur au prolongement occidental de la faille subverticale des Agaches.

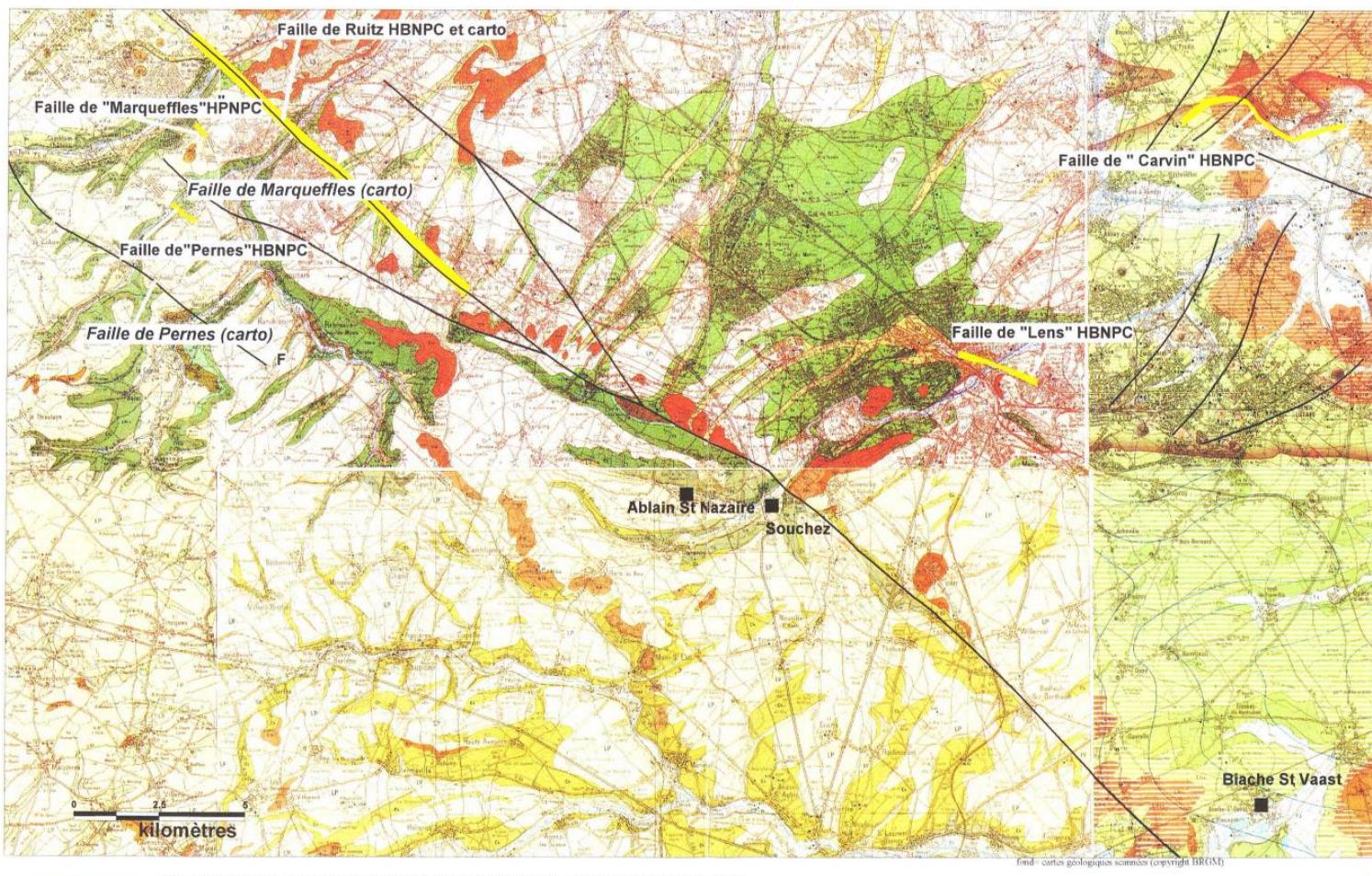


Figure 7 : Localisation des 5 failles du bassin minier (Source : BRGM RR-40882-FR)

3.3.3 Coupe géologique schématique au droit du secteur d'étude

La coupe géologique (Figure 8) passant par le champ captant diffère bien de la coupe précédente d'où la singularité de la zone d'étude. Les limites des formations sénoniennes et turoniennes ne sont pas distinguables sur la carte géologique de Béthune c'est la raison pour laquelle ces dernières ne possèdent pas de couleurs distinctes sur la coupe.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

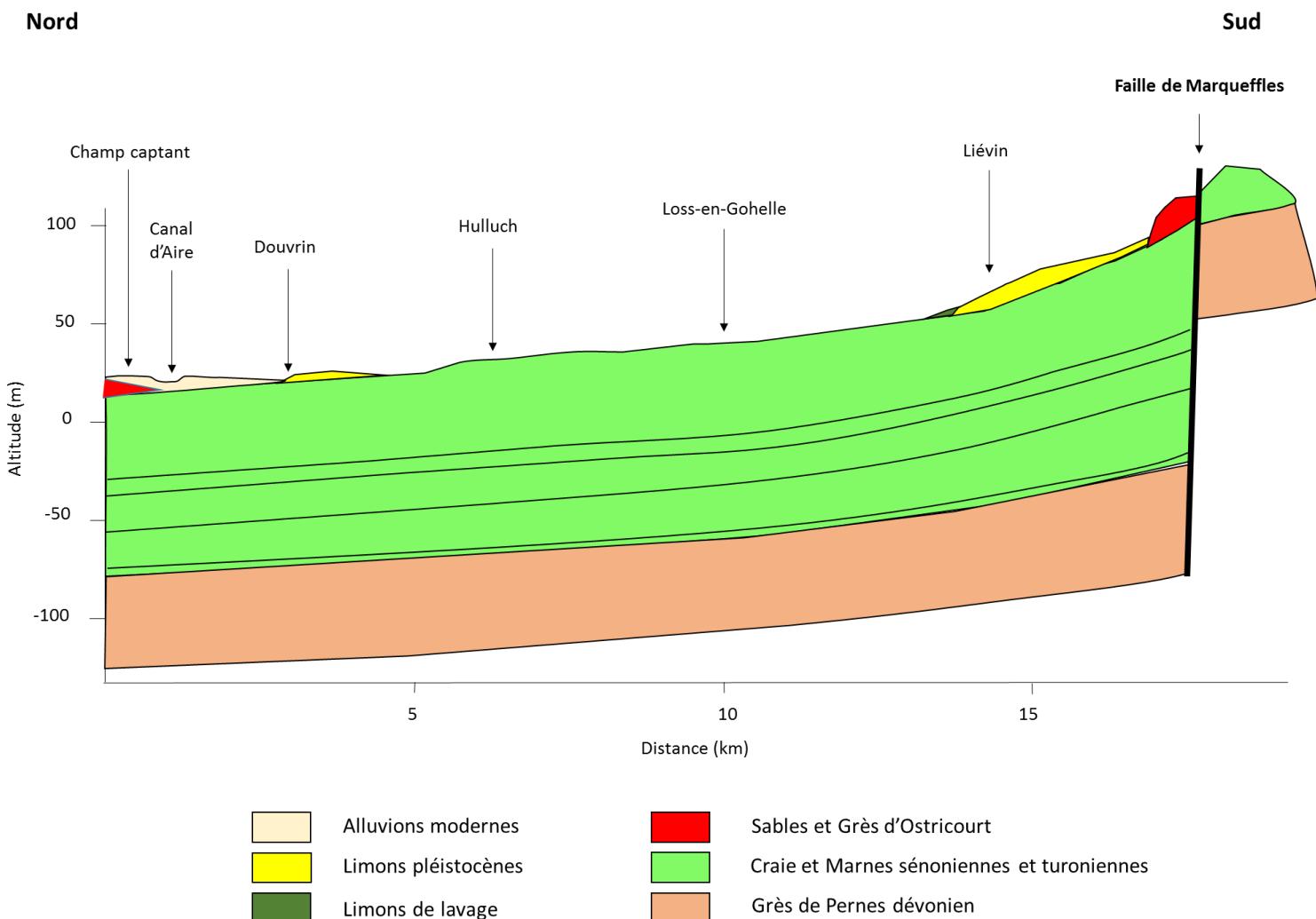


Figure 8 : Coupe géologique interprétative de la zone d'étude

3.4 Contexte hydrogéologique

L'aquifère principal est représenté par les craies perméables du Turonien supérieur et de l'ex-Sénonien (remplacé aujourd'hui par ses anciennes subdivisions, ici le Coniacien et le Santonien).

La craie est une roche à double porosité (matrice et fissures), caractéristique de bonnes propriétés hydrauliques. D'une épaisseur moyenne de 50 à 60 m, elle présente trois configurations hydrogéologiques :

- **en affleurement** où elle constitue les plateaux de la région et où elle est directement alimentée par les précipitations ;
- **sous recouvrement alluvionnaire** en vallée, elle est très aquifère dans la zone de circulation de l'eau et reçoit d'important débits de drainance en provenance des alluvions (nappe semi-captive ou libre suivant la période de l'année et des volumes d'eau prélevés) ;
- **sous recouvrement argileux landénien**, elle est de moins en moins perméable au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la zone d'affleurement et ne reçoit aucun apport par son toit (nappe captive).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

On distingue également deux aquifères pouvant alimenter par endroit la nappe de la craie :

- **les sables du Landénien** (tertiaire) peuvent contenir une nappe de productivité et de qualité médiocre ;
 - **les alluvions du quaternaire** (horizons sableux et argilo-sableux) contiennent une nappe alimentant par endroit la nappe de la craie.

La nappe de la craie est principalement alimentée par impluvium direct mais également par les nappes superficielles et les voies d'eau environnantes (canal d'Aire, de la Deûle).

Au nord d'une ligne La Bassée-Salomé s'incurvant vers le nord-est, la craie est recouverte par l'Argile de Louvil (Landénien) imperméable.

Au sud de cette ligne, la craie n'est recouverte que par des limons argilo-sableux (quaternaire) ou formations alluviales, celles-ci pouvant avoir jusqu'à 10 m d'épaisseur vers l'est dans la vallée de la Deûle.

3.5 Production actuelle

Les volumes prélevés sur l'ensemble du champ captant oscillent entre 3 000 000 et 4 600 000 m³ sur les dix dernières années.

La répartition des prélèvements par ouvrage (Figure 9) est variable selon les années. Ce changement a pour but de minimiser le colmatage des différents forages en limitant le rabattement sous les formations alluviales de la nappe.

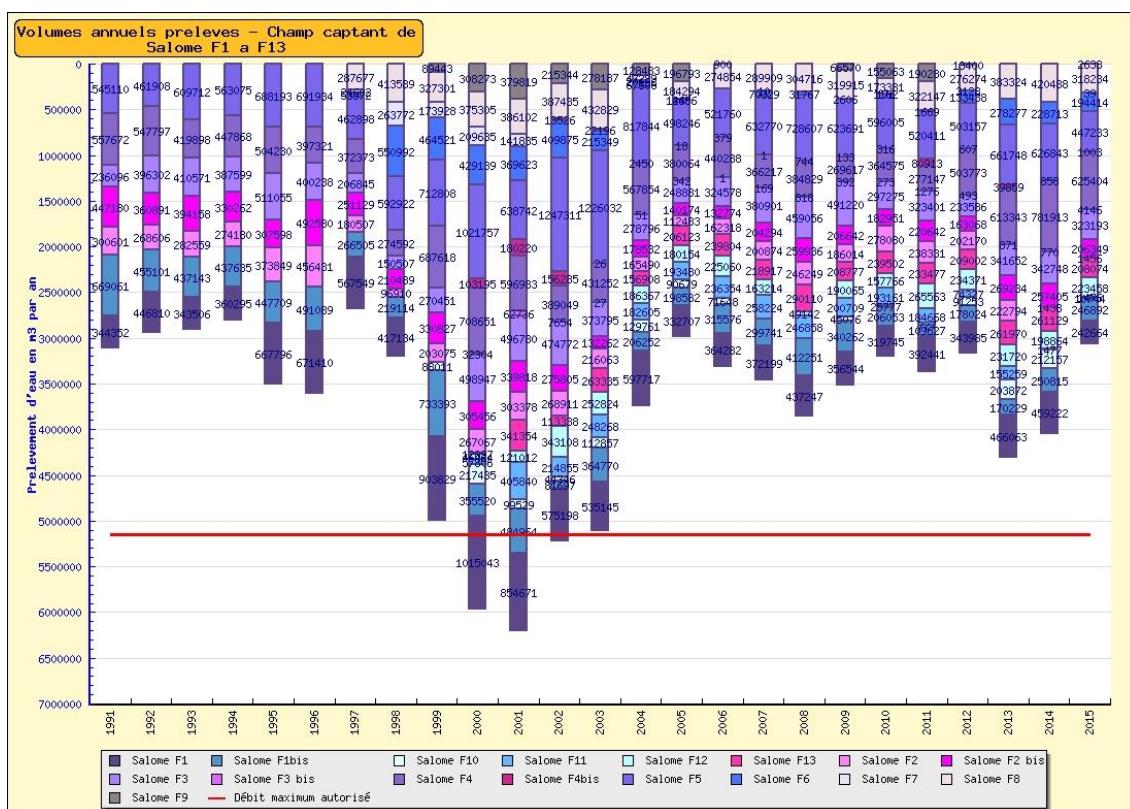


Figure 9 : Evolutions annuelle des volumes prélevés sur l'ensemble des ouvrages du champ captant de Salomé (Source : Noréade)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

3.6 Piézométrie

D'un point de vue régional, plusieurs campagnes piézométriques de la nappe de la craie sénon-turonienne ont été réalisées.

Toutes les cartes ainsi obtenues indiquent globalement que la nappe de la craie suit d'une manière générale la topographie naturelle des terrains traversés. Une ligne principale de partage des eaux souterraines d'un axe nord-ouest vers le sud-est est présente à l'ouest de la région. Cet axe coïncide avec les altitudes les plus élevées de l'Artois. Les isopièzes y sont relativement serrées et montrent que les écoulements sont liés au relief et aux vallées généralement drainantes.

A l'est, dans le bassin de la Scarpe et de l'Escaut, les isopièzes deviennent plus lâches et les écoulements moins tributaires du système hydrographique.

3.6.1.1 Carte piézométrique de 1959

En 1959, une campagne piézométrique de la nappe libre de la craie a été réalisée par le BRGM sur le secteur de la présente étude sur les coupures 7 et 8 de la feuille de Béthune- n°19 (BRGG-A-1534, 1959).

La réalisation de la carte (Figure 10) s'appuie sur 109 mesures piézométriques effectuées entre Février et Juillet 1959.

Cette carte montre que la direction de l'écoulement de la nappe est orientée SW-NE. Elle met également en évidence la présence, sur le côté est, d'une importante dépression occasionnée par les pompages de l'agglomération lensoise. Au SW de la carte, l'écoulement des eaux se fait en sens inverse (du NE au SW) par suite du relèvement des couches sur l'anticlinal de l'Artois (BRGG-A-1534, 1959).

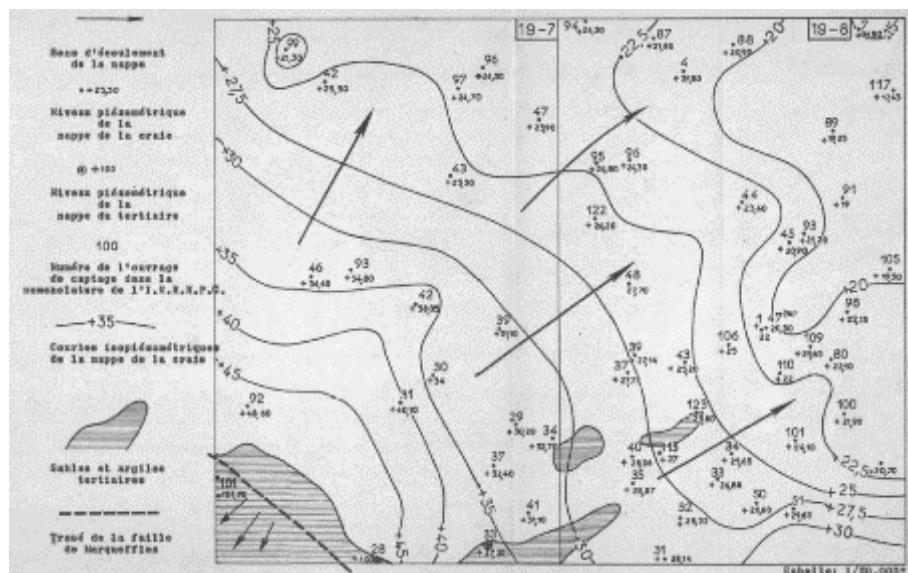


Figure 10 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (moyennes eaux 1959) – BRGM

3.6.1.2 Carte piézométriques des moyennes eaux de 1972

La carte piézométrique des moyennes eaux de 1972 (Figure 11) est publiée par l'Agence de l'eau. Cependant, le rapport correspondant n'est pas accessible.

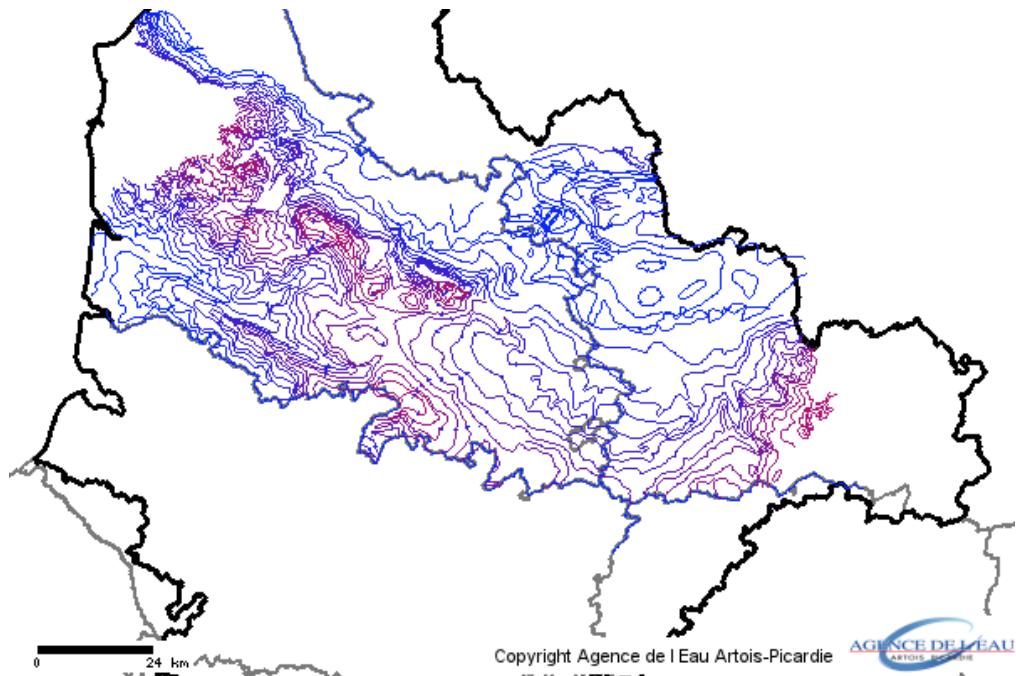


Figure 11 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (moyennes eaux 1972) – AEAP

3.6.1.3 Carte piézométrique des hautes eaux 1995

La carte piézométrique des hautes eaux de 1995 (Figure 12) est publiée par l'Agence de l'eau. Cependant, le rapport correspondant n'est pas accessible.

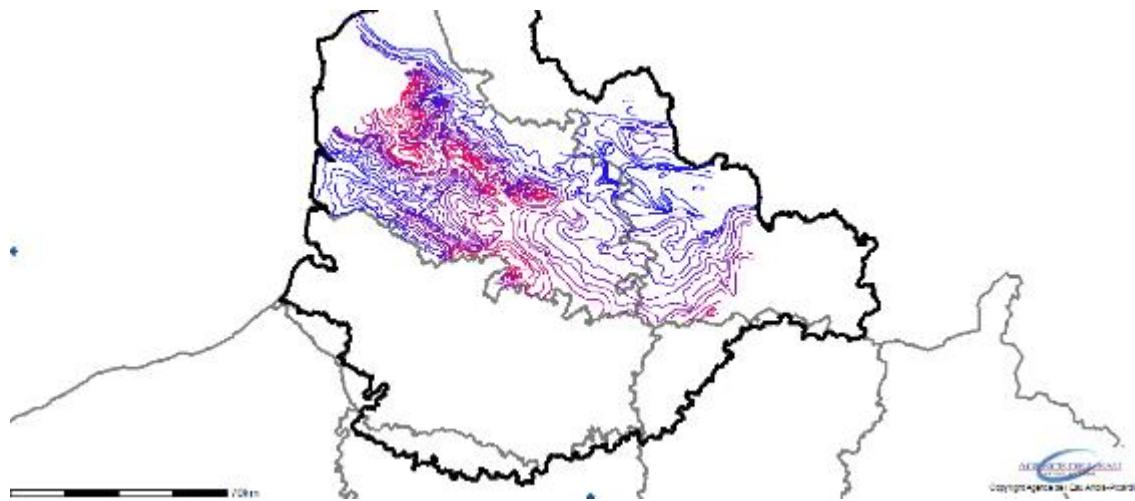
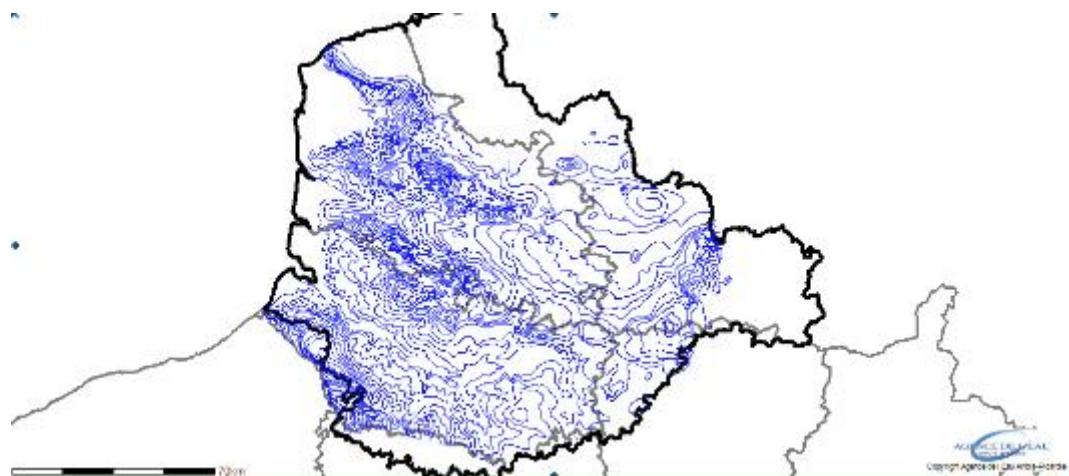


Figure 12 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Hautes eaux 1995) – AEAP

3.6.1.4 Carte piézométrique des basses eaux 1997

La carte piézométrique des basses eaux de 1997 (Figure 13) est publiée par l'Agence de l'eau. Cependant, le rapport correspondant n'est pas accessible.

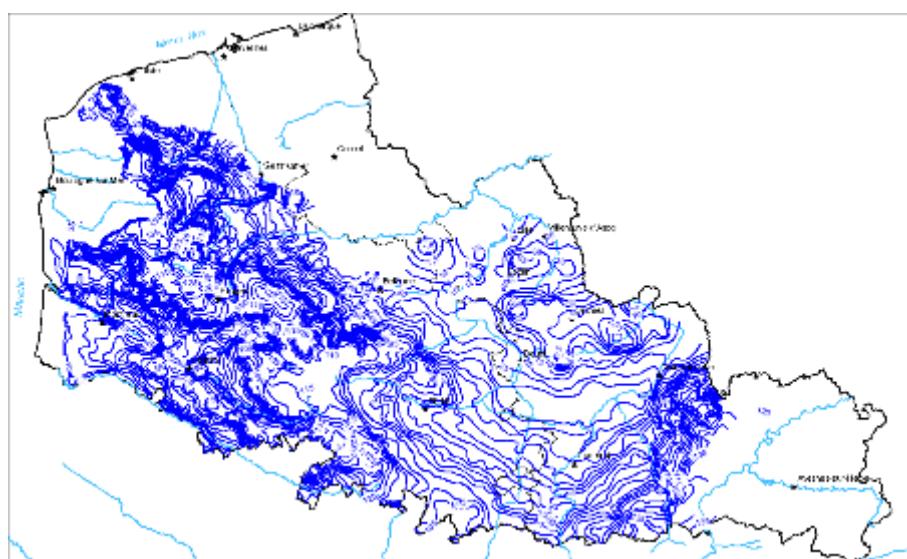


3.6.1.5 Carte piézométrique des hautes eaux 2001

En 2001, une campagne piézométrique de très « hautes eaux » de la nappe libre de la craie a été réalisée par le BRGM au printemps sur l'ensemble du bassin Artois-Picardie. Elle fait l'objet du rapport RP-51149.

La réalisation de la carte (Figure 14) s'appuie sur 791 mesures piézométriques effectuées entre le 21 mars et le 25 mai 2001 dont 160 points du réseau patrimonial Artois-Picardie.

Cette campagne est représentative des niveaux exceptionnels des fleuves côtiers ainsi que de la pluviométrie des mois d'octobre 2000 à avril 2001 dont le temps de retour dépasse les trente ans sur l'ensemble du bassin.



3.6.1.6 Cartes piézométriques des hautes eaux et des basses eaux 2009

Deux campagnes de mesures piézométriques de la nappe de la craie ont été réalisées en 2009 en période de hautes et basses eaux par le BRGM (Figure 15 et Figure 16).

Les mesures s'étendent sur l'aire géographique des 6 masses d'eau qui alimentent l'aire métropolitaine lilloise. Elles font l'objet du rapport RP-58542.

La campagne des hautes eaux s'est déroulée du 27 avril au 15 mai 2009 sur un total de 223 points.

La campagne des basses eaux a été réalisée sur un total de 362 points mesurés du 28 septembre au 16 octobre 2009.

Les isopièzes calculées sont au pas de 5 m NGF.

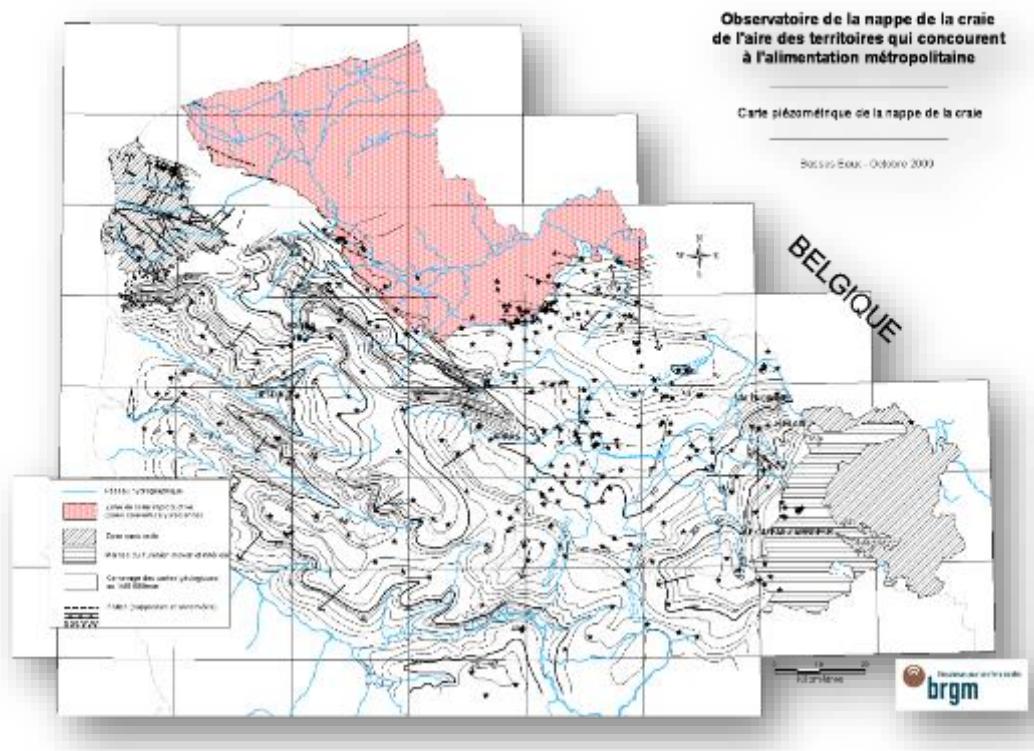


Figure 15 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Basses eaux 2009) – BRGM

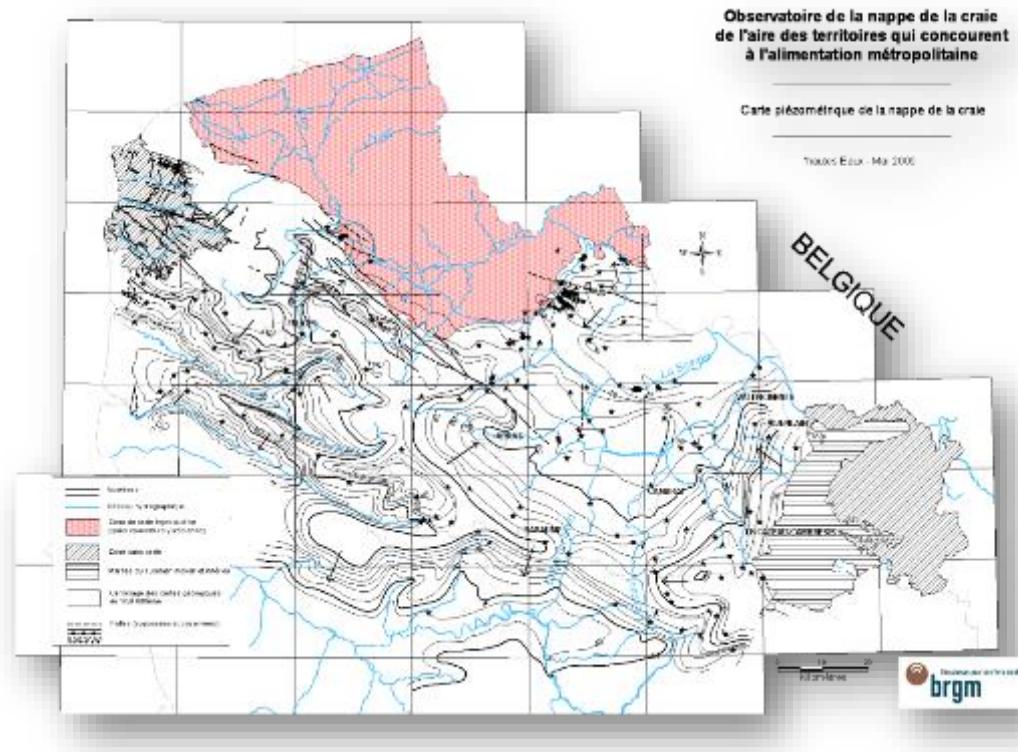


Figure 16 : Carte piézométrique de la nappe de la craie (Hautes eaux 2009) -BRGM

3.6.1.7 Avis sur la connaissance apportée par les cartes piézométriques

L'écoulement naturel de la nappe de la craie s'effectue globalement du sud-est vers le nord-ouest, avec un gradient hydraulique général moyen de 0,15 à 0,7% (SIGES, 2015).

A l'échelle du secteur d'étude, les cartes régionales ne sont pas toujours suffisamment précises. En effet, les points d'appui à la réalisation des cartes piézométriques sont relativement peu nombreux au sein du secteur d'étude.

Cependant en l'absence de carte piézométrique de détail à l'échelle du champ captant, nous retiendrons les cartes piézométriques suivantes pour délimiter les portions de nappe alimentant les captages :

- Les cartes piézométriques des basses eaux de 1997 et 2009,
- Les cartes piézométriques des hautes eaux de 2001 et 2009.

Tableau 5 : Synthèse des données piézométriques sur le champ captant

Situation piézométrique	Direction de l'écoulement	Gradient	Angle // Nord
HE 2009	SW-NE	2 – 3‰	Entre 150 et 270°
BE 2009	SW-NE	2‰	170°
HE 2001	SW-NE	6‰	140°
BE 1997	SW-NE	4‰	140°

3.6.2 Masse d'eau n°1003

L'écoulement naturel de la nappe de la craie s'effectue globalement du sud-ouest vers le nord-est : cet écoulement correspond à une alimentation à partir des reliefs de l'Artois vers des exutoires naturels, tels que les sources et les drainages par les rivières ou anthropiques (pompages de Lille). On observe également une remontée piézométrique locale située au droit du dôme anticinal du Mélantois, au sud/sud-est de Lille, et un cône de dépression localisé dans la zone des champs captants.

Le gradient hydraulique général est en moyenne de 0,1%.

Latéralement, on distingue les deux types de limites suivants :

- en zone libre, dans la partie sud, les crêtes piézométriques sont relativement stables dans l'espace et séparent les bassins versants voisins de la Lys (au nord-ouest) et de la Scarpe (masse d'eau « 1006 » au sud). Ce sont des limites à potentiel variable dans le temps.
- en zone captive, dans la partie nord-ouest, nord et nord-est, près de la frontière franco-belge, la limite est à flux quasiment nul (limite étanche) due à la baisse sensible et relativement rapide de la perméabilité du réservoir, elle-même liée à la diminution notable de la fissuration de la roche.
- vers l'est, en direction du Bassin d'Orchies, les limites de la masse d'eau correspondent plutôt à des changements de faciès liés à la présence de formations tertiaires. Des flux se produisent par drainage vers l'extérieur de la masse d'eau.

L'examen des courbes isopièzes « basses et hautes eaux » de la nappe de la craie montre que la faille de Marqueffles influence, voire même interrompt, le tracé de ces courbes. Cette faille peut être considérée comme quasiment étanche, sur une grande partie de son tracé (au sud-est notamment).

Au sud-ouest de cette structure, la craie a été érodée et elle est donc moins épaisse et moins productive. Les écoulements bloqués vers le nord créent des sources de débordement dans la vallée de la Scarpe. Les courbes piézométriques sont nettement déviées dans sa partie sud (SIGES NPDC, 2015).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

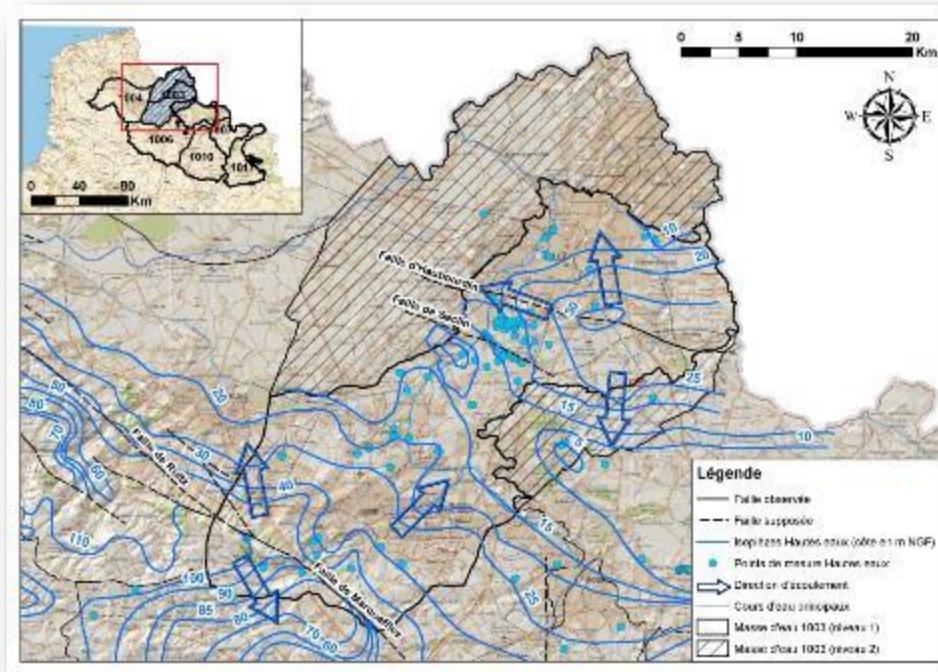


Figure 17 : Carte piézométrique schématique des hautes eaux « avril-mai » 2009 de la masse d'eau 1003 (BRGM)

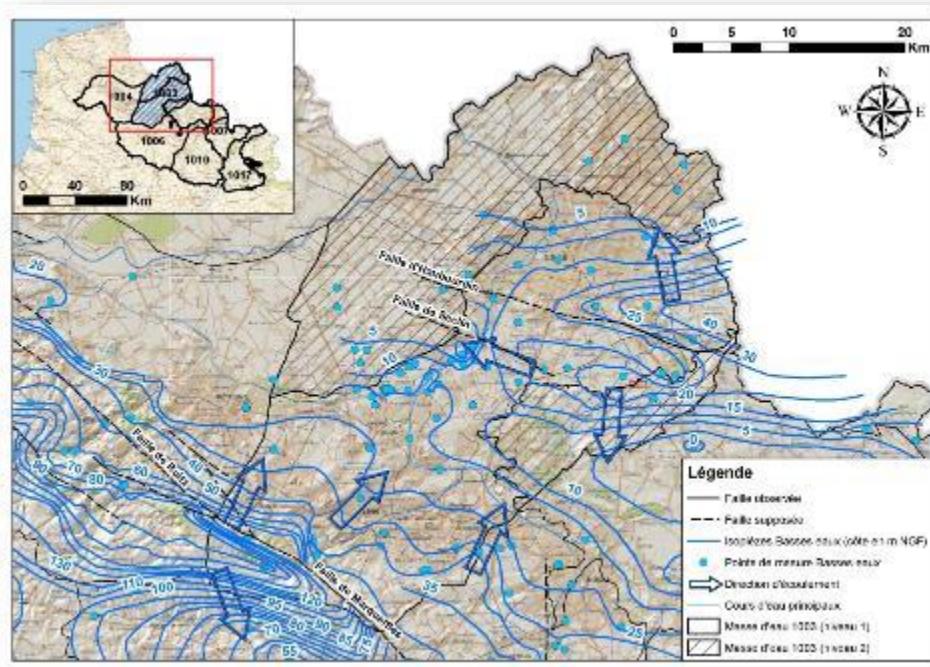


Figure 18 : Carte piézométrique schématique des basses eaux « octobre-novembre » 2009 de la masse d'eau 1003 (BRGM)

3.6.3 Données piézométriques ponctuelles

Sur le secteur, la nappe de la craie est semi-captive ou libre suivant la période de l'année et les volumes d'eau prélevés.

Les niveaux piézométriques en régime statique mesurés sur les forages permettent ponctuellement de caractériser l'état de la nappe captée.

Tableau 6 : Niveaux piézométriques statiques du champ captant de Salomé

Ouvrages	Date de mesure	Niveau statique (m/sol)	Interface alluvions/craie (m/sol)	Caractère captif potentiel
F1	19/09/1957	3,00	7,5	
F1Bis	28/06/1978	6,00	5	
F2	01/03/1968	2,7	3,8	X
F2 Bis	01/08/1986	7,6	5,50	
F3	06/11/1962	3,2	8,45	X
F4	16/01/1974	6,00	12	X
F5	29/03/1977	7,00	3,8	
F3 Bis	26/07/2000	8,96	3	
F4 Bis	19/07/2000	8,25	3	
F6	26/01/1995	3,18	3,80	X
F7	17/10/1994	6,52	6,5	
F8	29/09/1994	6,1	3	
F9	05/11/1998	7,16	4	
F10	04/11/1998	6,06	4,60	
F11	04/07/2000	8,09	3	
F12	28/07/2000	7,00	3	
F13	09/10/2001	9,70	3	

3.7 Paramètres hydrodynamiques

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère de la craie, et notamment les valeurs de transmissivité (perméabilité x épaisseur de l'aquifère) et d'emmagasinement, sont liées aux facteurs structuraux géomorphologiques et hydrographiques (BECKELYNCK, 1981).

Les valeurs sont comprises entre $1,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s et $1,5 \cdot 10^{-1}$ m²/s avec une moyenne de $8 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Les valeurs de transmissivité dépendent des conditions de fissuration de la craie (CAULIER, 1974).

- En zone captive éloignée de la limite de recouvrement tertiaire, la craie possède une transmissivité médiocre de $1 \cdot 10^{-3}$ à $7 \cdot 10^{-3}$ m²/s.
- Sous le recouvrement tertiaire mais proche des affleurements crayeux, la transmissivité s'améliore et varie de $1 \cdot 10^{-2}$ à $2 \cdot 10^{-2}$ m²/s.
- Sur la zone de plateaux, elle oscille généralement de $2 \cdot 10^{-3}$ à $2 \cdot 10^{-2}$ m²/s et peut être quelquefois très faible ($3 \cdot 10^{-4}$ m²/s).
- Dans les vallées, la transmissivité est généralement très bonne. Elle est comprise entre $1 \cdot 10^{-2}$ à $7 \cdot 10^{-2}$ m²/s.

Au droit du champ captant, les pompages d'essais (pompage par palier et longue durée), réalisés sur les différents ouvrages, ont permis de déterminer les débits d'exploitation optimums des forages mais aussi les caractéristiques hydrodynamiques (coefficient d'emmagasinement et de la transmissivité) de l'aquifère.

L'interprétation des courbes d'évolution de niveaux pendant les pompages d'essai a également permis le calcul des paramètres hydrauliques de l'aquifère en utilisant les schémas hydrauliques de THEIS à l'aide du logiciel ISAPE.

Les valeurs de transmissivité (paramètre mesurant la facilité de circulation des eaux mobilisées par un pompage) et du coefficient d'emmagasinement (représentant la porosité utile de l'aquifère libre) sont les suivantes :

Tableau 7 : Paramètres hydrodynamiques du champ captant

Ouvrage	Durée du pompage (h)	Débit de pompage (m ³ /h)	Transmissivité (m ² /s)	Coefficient d'emmagasinement	Pertes de charges quadratiques (S ² /m ⁵)
F6	24	206	1,2.10 ⁻²	5.10 ⁻³	200
F7	24	129	1.10 ⁻²	1.10 ⁻²	4 500
F8	24	261	3.10 ⁻²	5.10 ⁻²	343
F9	3	/	3.10 ⁻³	1.10 ⁻²	2 790
F10	3,25	/	2,5.10 ⁻²	1.10 ⁻²	1 740
F3 Bis	3	/	2.10 ⁻²	1.10 ⁻²	14 500
F4 Bis	4	/	2.10 ⁻²	1.10 ⁻²	760
F11	3	/	5.10 ⁻³	1.10 ⁻²	10 000
F12	3	/	4,8.10 ⁻³	1.10 ⁻²	9 500
F13	4	/	8.10 ⁻³	1.10 ⁻²	1 420
Hypothèses retenues pour le Champ captant			1,4.10-2	1,4.10-2	

Aux vues des pertes de charges quadratiques, les ouvrages peuvent être classés :

- des pertes de charges élevées voisines ou supérieures à 10 000 S²/m⁵ (F3 Bis, F11, F12 dans la partie Nord du champ captant).
- des pertes de charges moyennes voisines de 5 000 S²/m⁵ (F7).
- des pertes de charges relativement faibles (F4 Bis, F6, F8, F9, F10, F13), réparties au sud du champ captant.

Les transmissivités sont moyennes et varient de 2,510⁻² m²/s à 8.10⁻³ m²/s, avec des coefficients d'emmagasinement de 1 à 0,5%.

Les valeurs de transmissivité obtenues sont caractéristiques d'un aquifère présentant une perméabilité moyenne et donc moyennement productif au droit des forages F9, F11, F12 et F13. La productivité est plus importante sur le site du forage F3 Bis, F4 Bis, F6, F7, F8 et F10.

Nous retiendrons les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère suivantes.

Tableau 8 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère

Paramètre	Valeurs	Commentaire
Transmissivité	1.4 10 ⁻² m ² /s	Donnée de terrain
Porosité efficace	5%	Donnée bibliographique
Coefficient d'emmagasinement	1.4 10 ⁻²	Donnée de terrain
Vitesse moyenne	126 m/an	

3.8 Pluviométrie efficace

D'après le système d'information pour la gestion des eaux souterraines du Nord-Pas de Calais (SIGES NPDC) dans la partie libre de la nappe de la craie, la recharge naturelle de l'aquifère crayeux est principalement assurée par l'infiltration d'une partie des précipitations efficaces (celle qui échappe au ruissellement).

Elles se répartissent de novembre à avril, variant entre 102 et 160 mm/an.

D'après l'Agence de l'eau, les valeurs de pluviométrie efficace annuelles évoluent entre 80 mm/an en 1997 (année sèche) et 340 mm/an en 2001 en année humide. Elles sont en moyenne de 180 mm/an, ce qui représente approximativement le quart de la pluviométrie totale annuelle.

Nous retenons la valeur moyenne de 180 mm pour effectuer un bilan hydrologique annuel de l'aire d'alimentation des captages.

Dans le cadre d'une modélisation hydrodynamique du champ captant de Salomé réalisée par l'Agence de l'eau Artois-Picardie (CAUTERMAN et GALLIOT, 1991), il a été montré qu'en année moyenne, les rapports pluviométriques représentaient environ 60% des prélèvements et les apports extérieurs environ 40% (les canaux représentant 20% environ) (Figure 19). Ces derniers apports se réalisent au travers de la couverture limoneuse et alluviale, précédemment décrite, jouant un rôle de filtre.

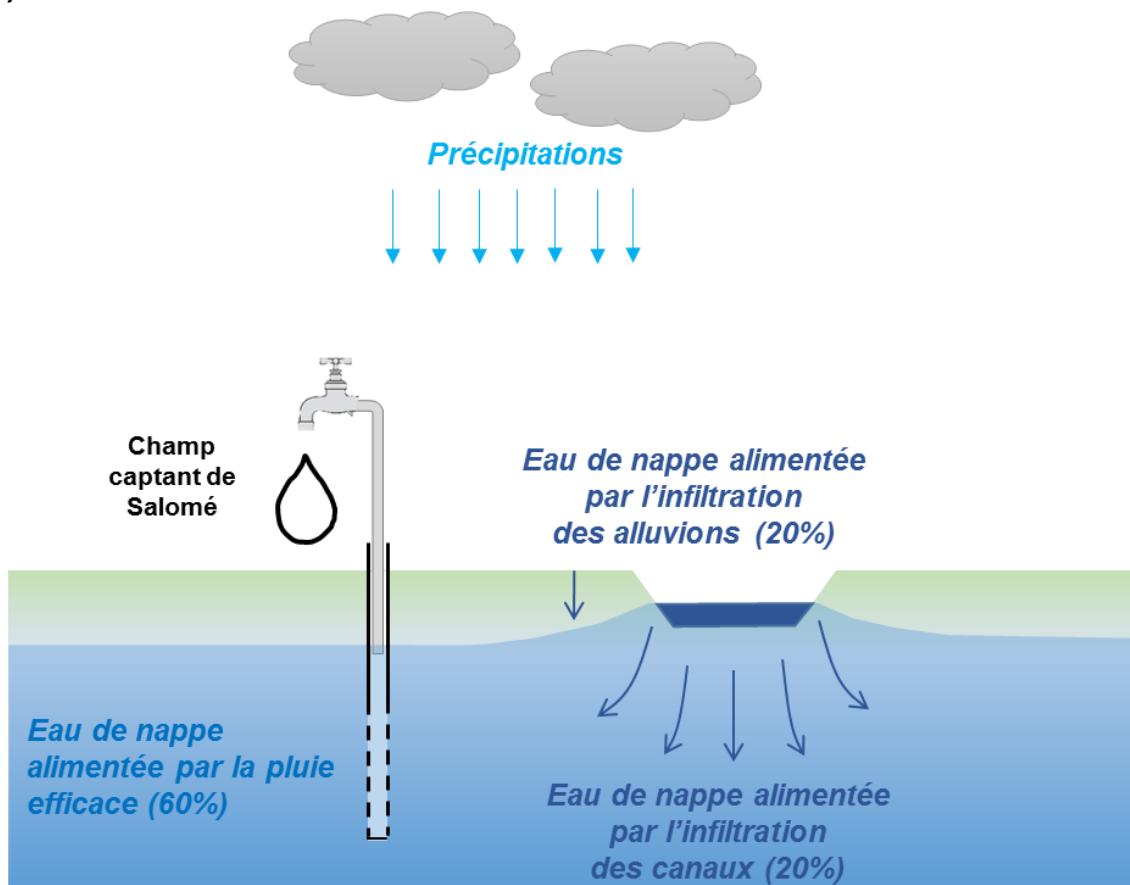


Figure 19 : Origine des eaux captées par les ouvrages du champ captant (CAUTERMAN et GALLIOT, 1991)

3.9 Qualité des eaux prélevées

En amont du réseau de distribution, les eaux brutes du champ captant sont mélangées entre elles mais également avec les eaux de l'interconnexion d'Arleux.

3.9.1 Origine des données exploitées

L'historique de qualité des eaux souterraines a été retracé à partir des données mesurées sur les captages AEP dans le cadre du suivi sanitaire réalisé par l'Agence Régionale de Santé, mises à notre disposition par Noréade.

Tableau 9 : Caractéristiques de l'historique des données qualité traitées

Période couverte	Nombre d'analyses	Nombre de paramètres analysés	Nombre moyen d'analyses par paramètre	Nombre minimum d'analyses par paramètre	Nombre maximum d'analyses par paramètre
Sept. 1952 à Oct. 2015	18296	487	38	1	891

L'interprétation s'est focalisée sur les anomalies qualitatives identifiées sur les ouvrages (nitrates, produits phytosanitaires) et sur les paramètres naturels, susceptibles d'apporter des indications sur l'origine des eaux captées.

3.9.2 Bilan de la qualité

Les teneurs en nitrates, pour l'ensemble du champ captant fluctuent entre 0 et 40 mg/l. Les forages exploitant la partie captive de l'aquifère présentent des concentrations très basses en nitrates. En contrepartie, des concentrations importantes en fer et en sulfates peuvent apparaître. Ces modifications résultent d'un phénomène naturel de dénitrification apparaissant à partir de la mise en captivité de la nappe de la craie.

Les éléments indésirables, fer et ammonium, liés à la dénitrification naturelle au contact des alluvions, sont éliminés en grande partie par traitement biologique (oxydation et filtration à travers un massif de sables).

Le nickel et le sélénium, pour leurs parts, sont dilués par mélange des eaux brutes et respectent ainsi les concentrations maximales admissibles.

3.9.3 Nitrates

Comme l'illustre la Figure 20, les eaux produites par le champ captant présentent sur les quinze dernières années un contraste de qualité pour le paramètre « Nitrates » selon les forages. Deux groupes de forages se distinguent :

- les forages F11, F3, F3BIS, F12 et F13 qui produisent des eaux nitratées avec des concentrations comprises entre 20 et 50 mg/l. Ces ouvrages sont situés en bordure nord ;
- les forages F6, F7, F1BIS, F1 et F10 avec des concentrations inférieures à 10 mg/l. Ces ouvrages sont situés sur un axe nord-ouest / sud-est.

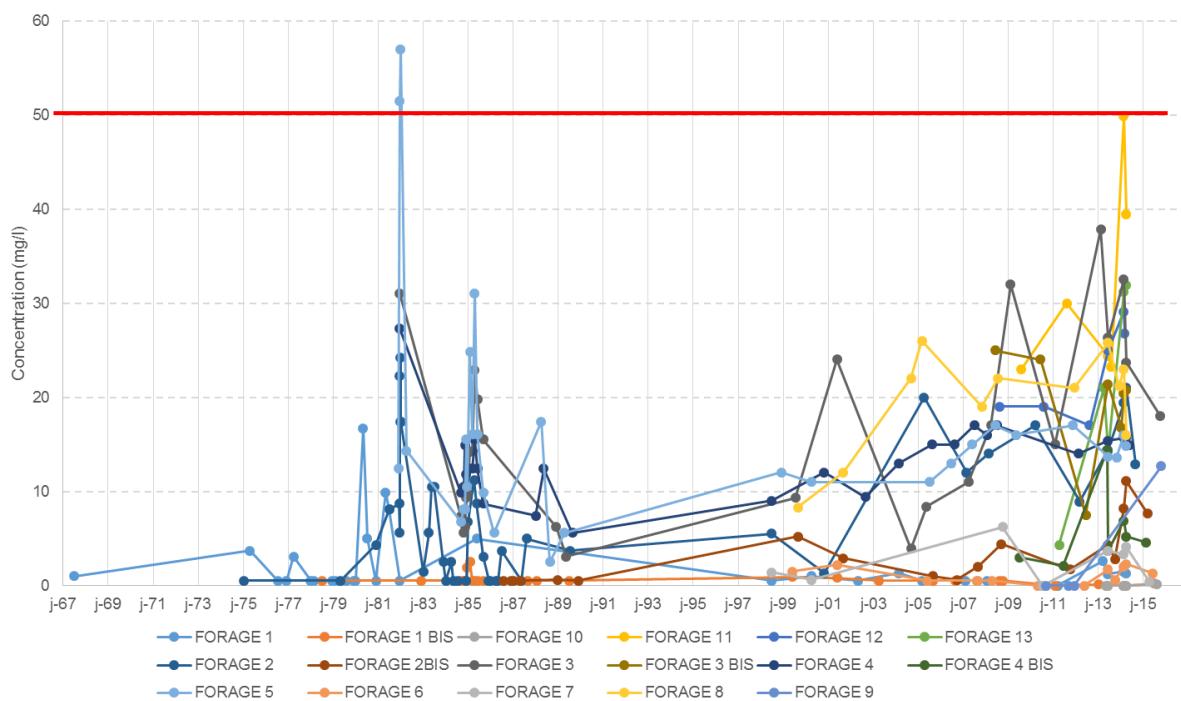


Figure 20 : Evolution des teneurs en Nitrates des eaux brutes du champ captant de Salomé

La dégradation constatée sur le champ captant provient de l'état de la nappe. Les nitrates, lorsque la nappe est libre présente des concentrations voisines de 50 mg/l (seuil de potabilité). Au contraire, lorsque la nappe est captive, les concentrations en nitrates sont voisines de 0 mg/l. La dénitrification résulte dans ce cas de transformations naturelles lorsque la nappe est en charge sous les formations argilo-alluvionnaires.

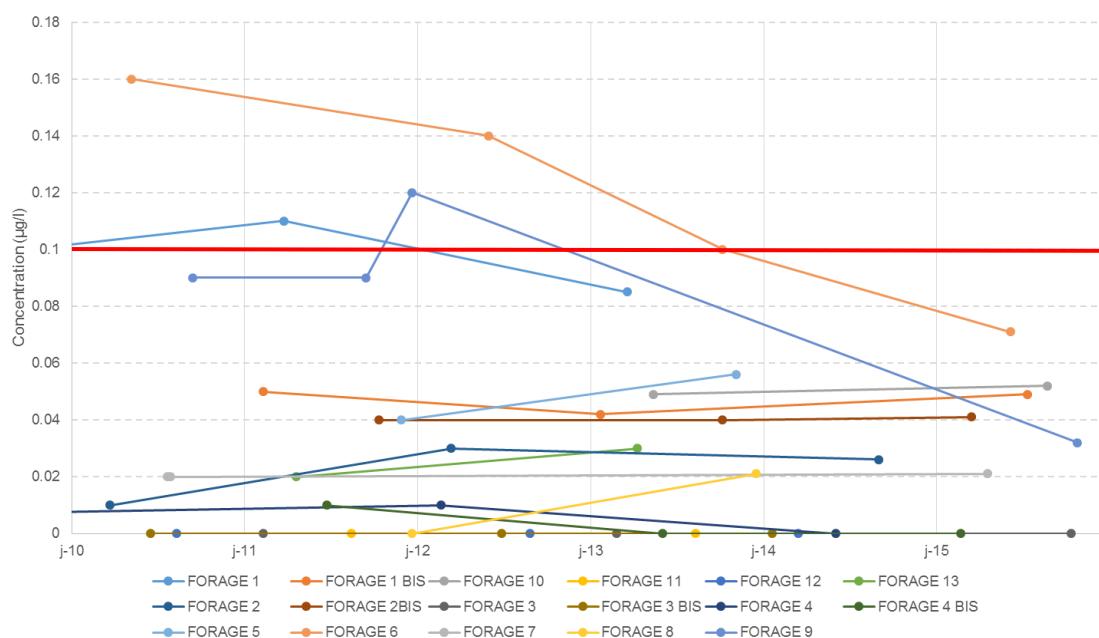
3.9.4 Pesticides

L'analyse du suivi en produits phytosanitaires sur les captages permet les constats suivants :

- La principale molécule présente est l'atrazine-2-hydroxyde, produit de dégradation de l'atrazine (produit retiré du marché depuis 2001).
- La Figure 21 indique que les teneurs en atrazine-2-hydroxyde diminuent sur les forages F6 et F9, sur lesquels quelques dépassements de la norme (0,1 µg/l) sont constatés. Sur les autres ouvrages, les teneurs sont stables. **Depuis 2014, les concentrations mesurées sont inférieures au seuil de potabilité.**
- La molécule d'atrazine n'a pas été détectée dans les eaux captées depuis 2010.
- D'autres triazines sont détectées à l'état de trace : la déséthyl atrazine et d'atrazine-2-hydroxy ;
- Les substances actives autres que les triazines sont détectées à l'état de traces sur les forages F5, F6, F9, F10 (Isoproturon, Diuron).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage



Sur les cinq dernières années, les teneurs en sélénium sont supérieures au seuil de potabilité sur les forages F4, F3BIS, F8 et F12.

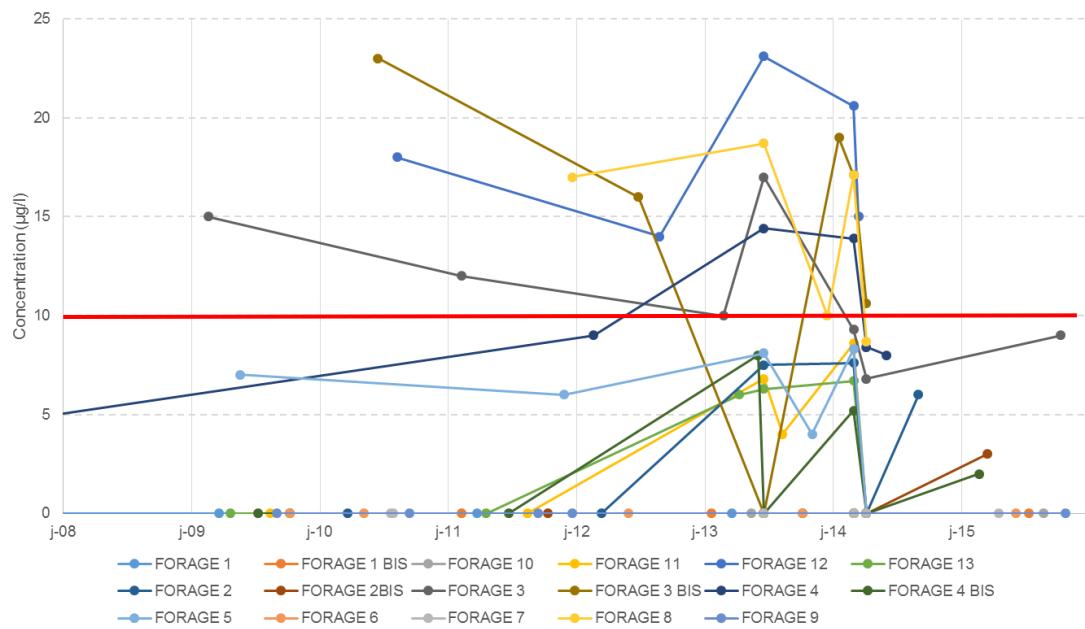


Figure 23 : Evolution des teneurs en Sélénium des eaux brutes du champ captant de Salomé

3.9.6 Paramètres caractérisant l'aquifère capté

3.9.6.1 Sulfates

Les sulfates sont des éléments naturellement présents dans les eaux souterraines. Ces dernières s'enrichissent en sulfates au cours de leur trajet souterrain au contact de roches riches en sulfates. Sur la base des concentrations en sulfates (Figure 24), 3 groupes de forages peuvent être distingués :

- F11, F2, F13 et F3 sont les forages qui produisent des eaux très sulfatées (> 200 mg/l) ;
- Une majorité des forages présentent des concentrations intermédiaires (100 à 200 mg/l), notamment les forages F1BIS, F10, F12, F2BIS, F4BIS et F6 ;
- Les forages F5 et F4 produisent des eaux peu sulfatées (< 100 mg/l).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

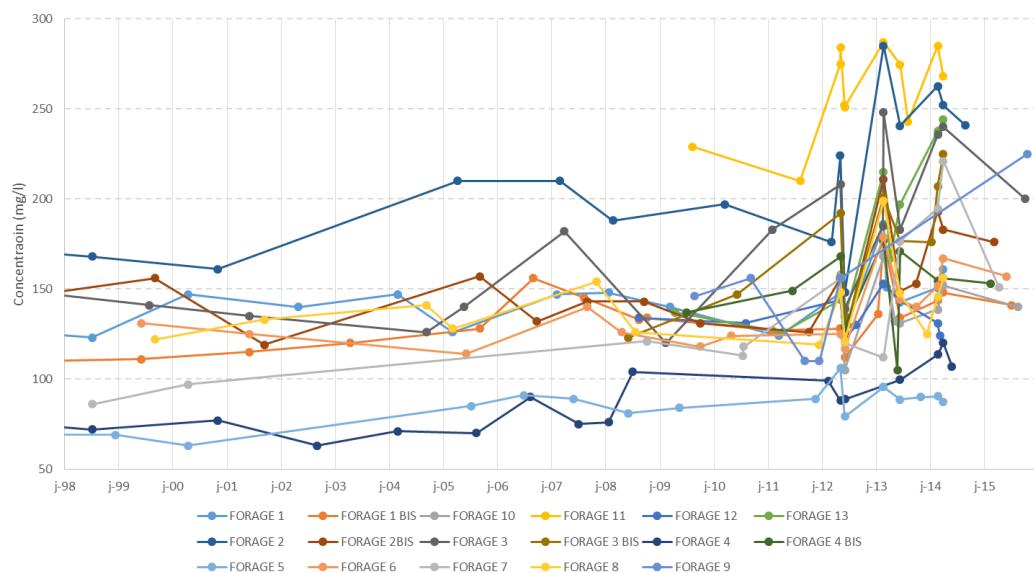


Figure 24 : Evolution des teneurs en Sulfates des eaux brutes du champ captant de Salomé

3.9.6.2 Ammonium et fer

Les teneurs en ammonium (Figure 25) et en fer (Figure 26) sont supérieures aux seuils de potabilités (respectivement 0,5 et 0,2 mg/l) sur certains ouvrages.

Les forages F10, F2 et F13 présentent des concentrations en ammonium élevées ($> 4 \mu\text{g/l}$). Les concentrations sur les forages F5, F8, F4BIS, F4 et F12 restent inférieure au seuil de potabilité (0,5 mg/l).

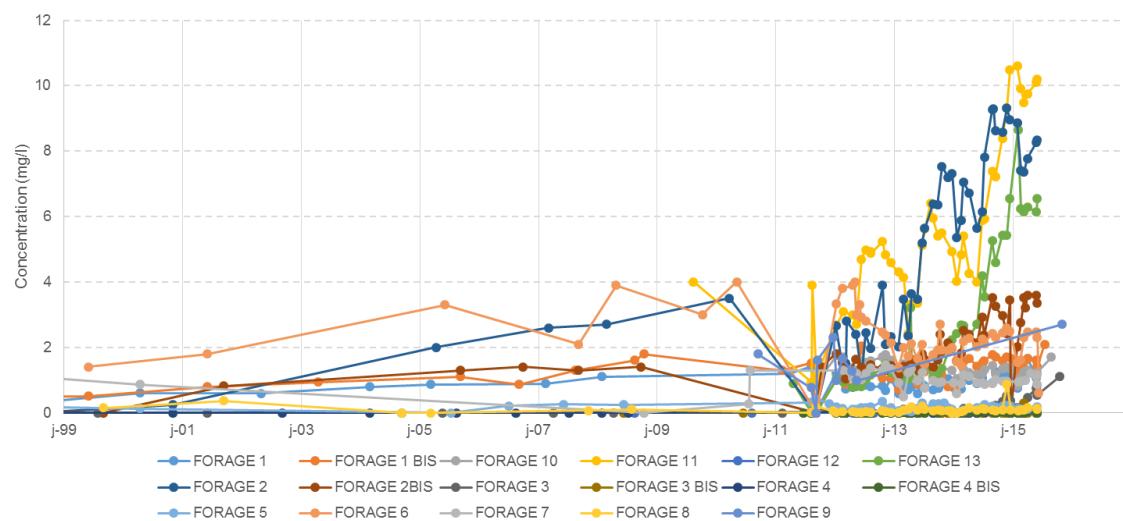


Figure 25 : Evolution des teneurs en ammonium des eaux brutes du champ captant de Salomé

Des concentrations importantes en fer sont mesurées sur les forages F10, F1, F6 et F1BIS.

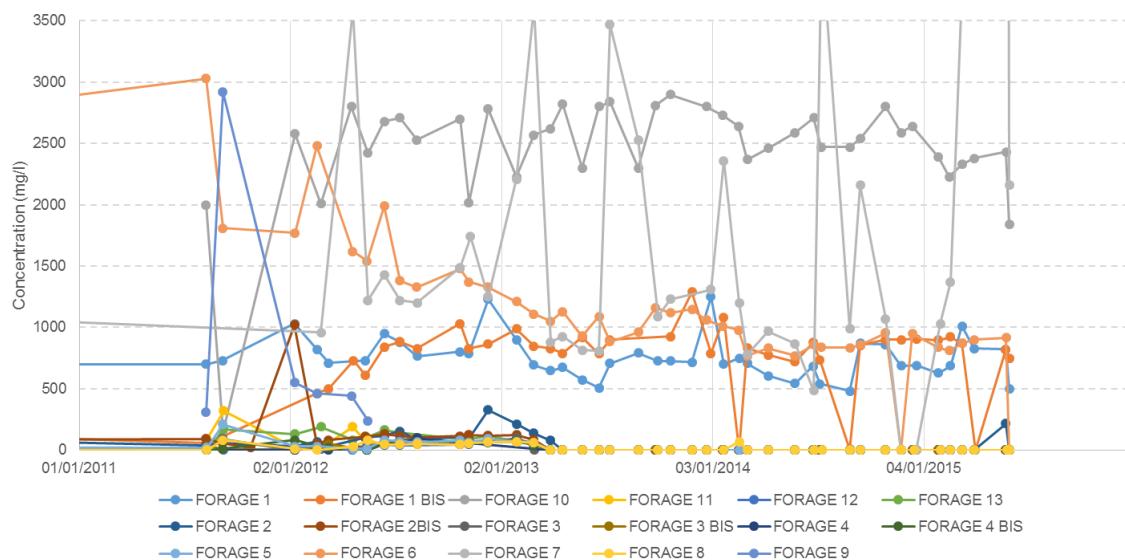


Figure 26 : Evolution des teneurs en fer des eaux brutes du champ captant de Salomé

La présence de fer et d'ammonium, liés à la dénitrification naturelle au contact des alluvions, sont éliminés en grande partie par traitement biologique (oxydation et filtration à travers un massif de sables).

3.10 Vulnérabilité de la ressource

Compte tenu du contexte géologique, la nappe de la craie présente une vulnérabilité moyenne au sud de la ligne La Bassée/Sainghin-en-Weppes où elle est recouverte par des limons et des alluvions argilo-sableuses gris verdâtres épais de 5 à 10 m, faiblement perméables (argiles sableuses résultant du remaniement de l'argile de Louvil). Ces alluvions opèrent une filtration partielle de l'eau.

Au Nord de la ligne La Bassée/Sainghin-en-Weppes, la nappe de la craie devient peu vulnérable. La présence de formations argilo-sableuses d'épaisseurs importantes en est la cause. Elles protègent naturellement l'eau de la craie contre les pollutions diffuses de surface.

Les causes de pollution potentielles résultent de la présence :

- **du canal d'Aire** (qualité moyenne en 2007 d'après les données de l'Agence de l'eau Artois-Picardie) qui véhicule une partie des eaux provenant de l'amont de la Deûle, chargées en éléments métalliques (VALLEE, 1997).

Une modélisation mathématique a été réalisée en 1991 pour identifier les échanges d'eau entre le canal et la nappe. Les résultats ont conclu un échange relativement important (de l'ordre de 40%) entre les deux structures.

La modélisation établie en 1998 (simulation de transfert de polluants) a permis de préciser les ordres de grandeur de la dilution de l'eau infiltrée vers la nappe de la craie. La simulation a déterminé à une centaine de mètres l'influence des infiltrations de l'eau du canal sur l'eau de la craie.

Même si les risques de contamination par infiltration des eaux du canal d'Aire vers l'aquifère de la craie paraissent limités, la présence de la zone industrielle à l'aval nappe est de nature à exposer l'aquifère exploité à d'importants risques accidentels.

- **de la zone industrielle de Billy-Berclau et les ICPE installées ;**

Les piézomètres 1 et 6, situés en bordure du canal sur la zone industrielle sont équipés de manière à pouvoir suivre en continu la qualité de l'eau de la nappe et d'alerter en cas de pollution

accidentelle. Nous n'avons pas pu confirmer que ces piézomètres étaient toujours en place à l'heure actuelle. Un contrôle devra être réalisé dans le cadre du DTMP.

- **de la rigole Saint Martin et du contre fossé du canal** qui récupèrent une partie des eaux usées en provenance de Salomé (infiltration des eaux usées à l'amont nappe de la partie orientale du champ captant) ;
- **des actes de malveillances ou d'intrusion** dans le périmètre de protection immédiat de l'usine de traitement.

4 PHASE 2 : DELIMITATION DE L'aire d'alimentation de captage

4.1 Méthodologie

L'aire d'alimentation de captage est délimitée à partir de :

- La zone d'appel du forage en pompage (ou de la source assimilée à un pompage) en appliquant le principe de superposition (piézométrie + rabattement),
- L'estimation du bassin piézométrique du captage,
- L'estimation des bassins versants topographiques capturés dans le bassin piézométrique.

Le schéma ci-après décrit les trois étapes de délimitation du bassin d'alimentation d'un captage.

1. Détermination de la zone d'appel

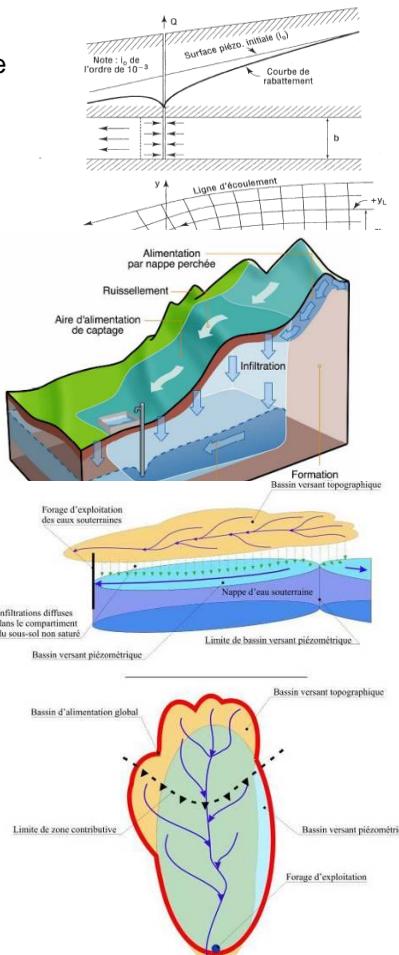
Données nécessaires : Débit, gradient de la nappe, perméabilité, régime permanent, essai de pompage, piézométrie de la nappe

2. Analyse des entrées-sorties

Données nécessaires : Topographie, traçages, relation nappe rivière, cartes piézométriques, expertise des données

3. Détermination de l'aire d'alimentation de captage : toutes les surfaces qui alimentent la portion de nappe alimentant le captage

Données nécessaires : aire d'alimentation de captage = portion de nappe alimentant le captage + surfaces drainées par la portion de nappe alimentant le captage – surfaces soustraites, Cartographie



4.2 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.

En prenant les prélèvements annuels moyens et la période de recharge moyenne de la nappe (180 mm/an), nous estimons à environ 2860 ha la surface nécessaire à l'alimentation du champ captant pour le fonctionnement autorisé de 5 150 000 m³ par an.

4.3 Zone d'appel

Les paramètres suivants ont été pris en compte pour les calculs (cf. §3.7) :

- Épaisseur mouillée de l'aquifère = 60 m,
- Transmissivité = $1,4 \cdot 10^{-2}$ m²/s,
- Porosité cinématique : 5%,
- Gradient hydraulique local = 4‰,
- Débit d'exploitation = 583 m³/h, pendant 24 heures.

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),

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

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

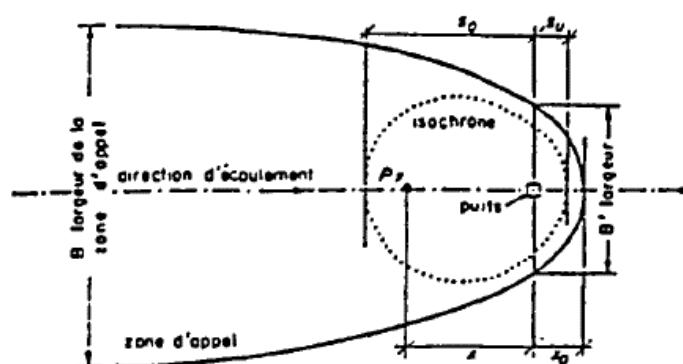


Figure 27 : Illustration des paramètres de la méthode de Wyssling

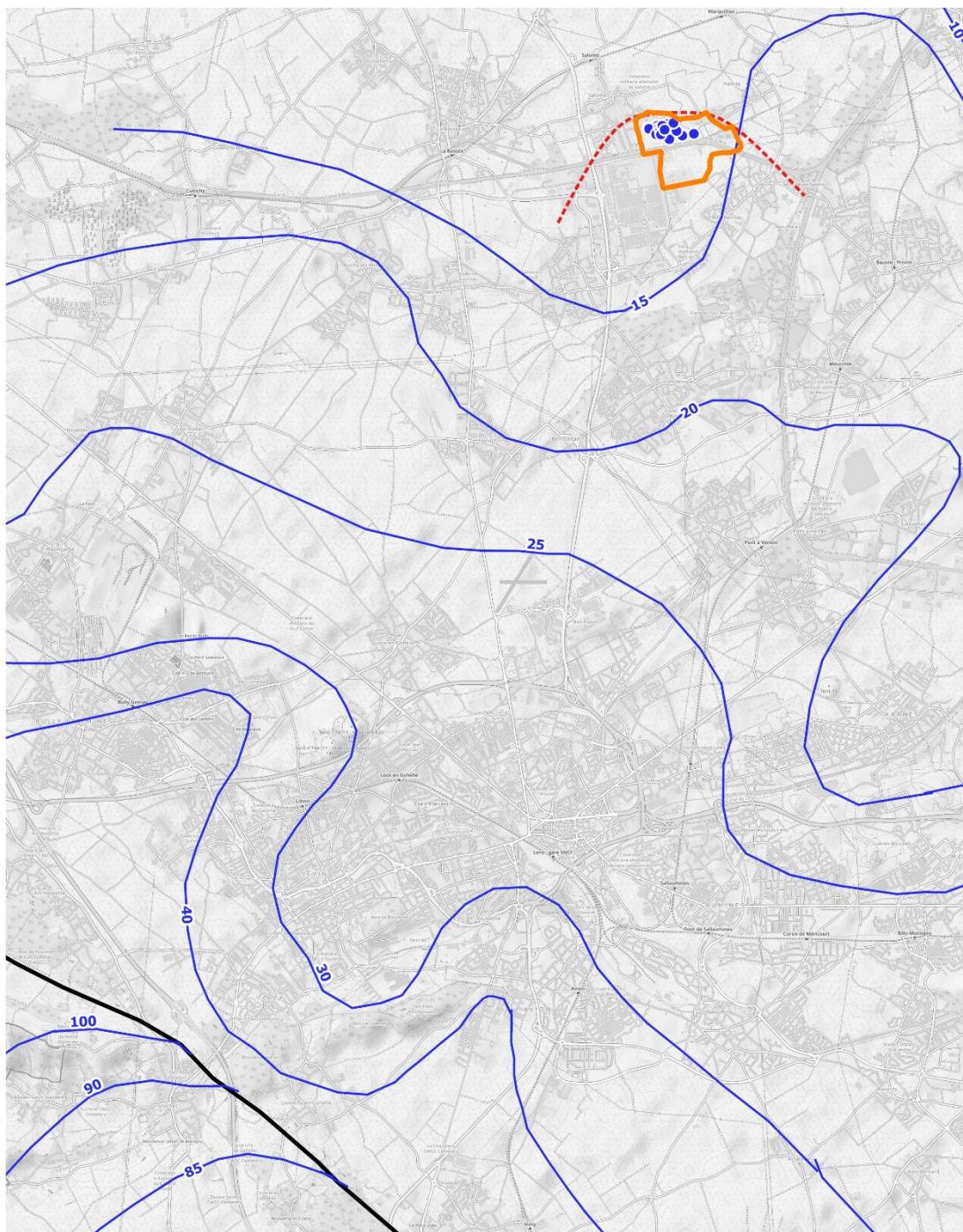
Tableau 10 : Caractéristiques de la zone d'appel du captage selon la méthode de Wyssling

Paramètres	Valeur calculée	Dénomination
Largeur du front d'appel	2 892	B
Rayon d'appel	460	X_o
Largeur du front d'appel à la hauteur du captage	1 446	B'

Nous retiendrons les résultats suivants pour la délimitation de la zone d'influence du champ captant.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

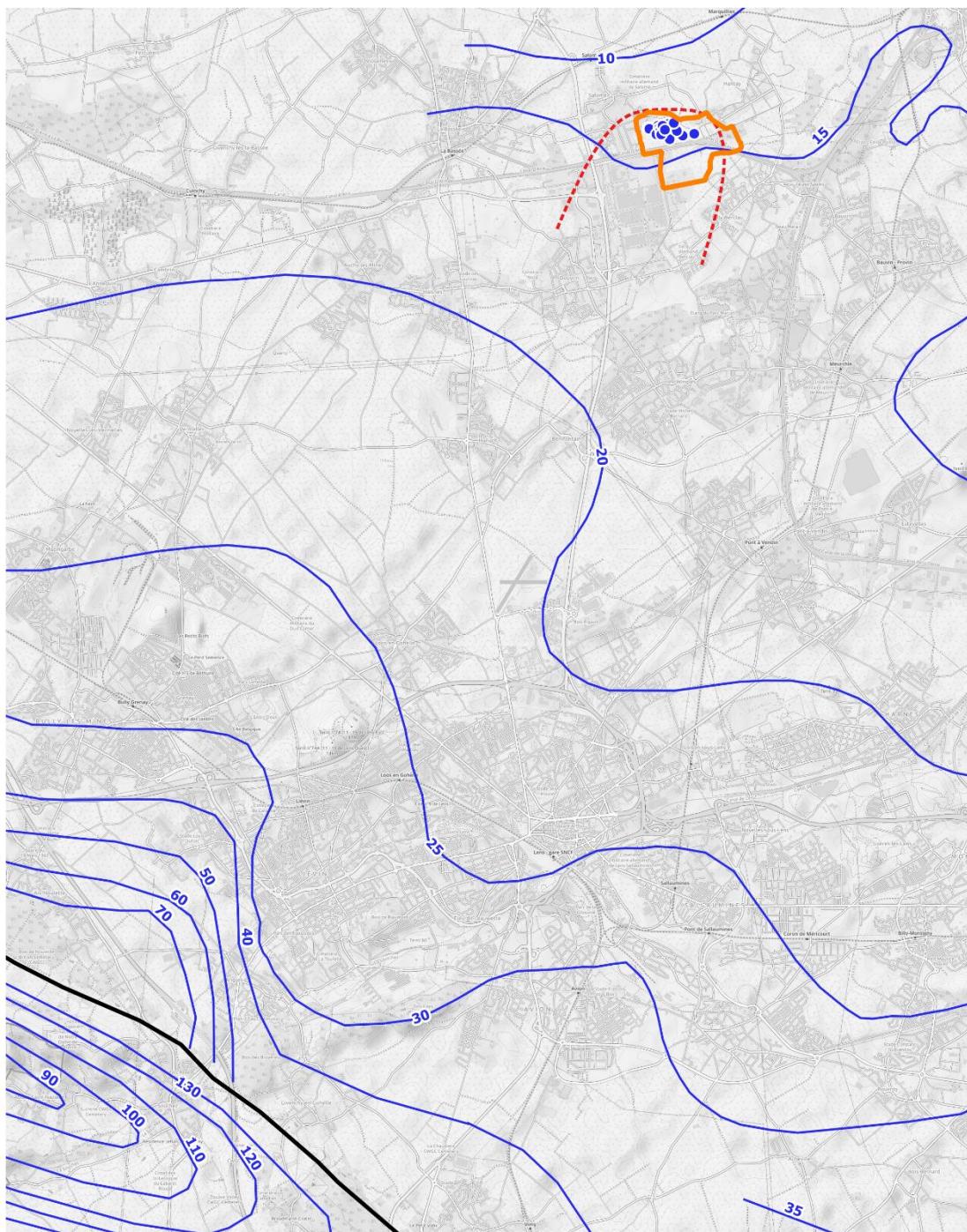


Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
 - Isopièze HE 2009
 - Périmètre de protection éloignée
 - Zone d'appel
 - Faille
- 0 1 2 3 4 km

Figure 28 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Hautes Eaux 2009

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

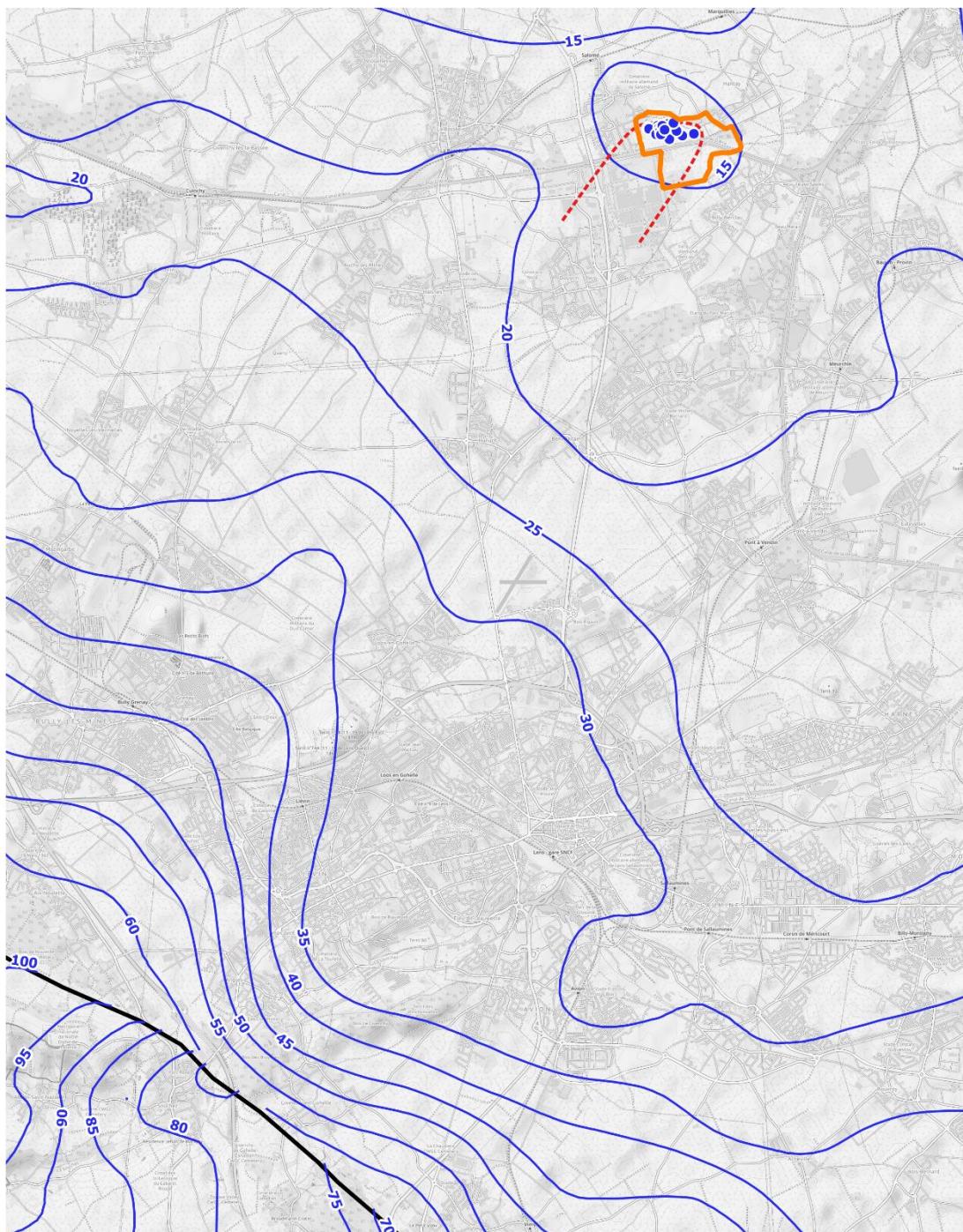


Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
- Périmètre de protection éloignée
- Isopièze BE 2009
- Zone d'appel
- Faillle



Figure 29 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Basses Eaux 2009



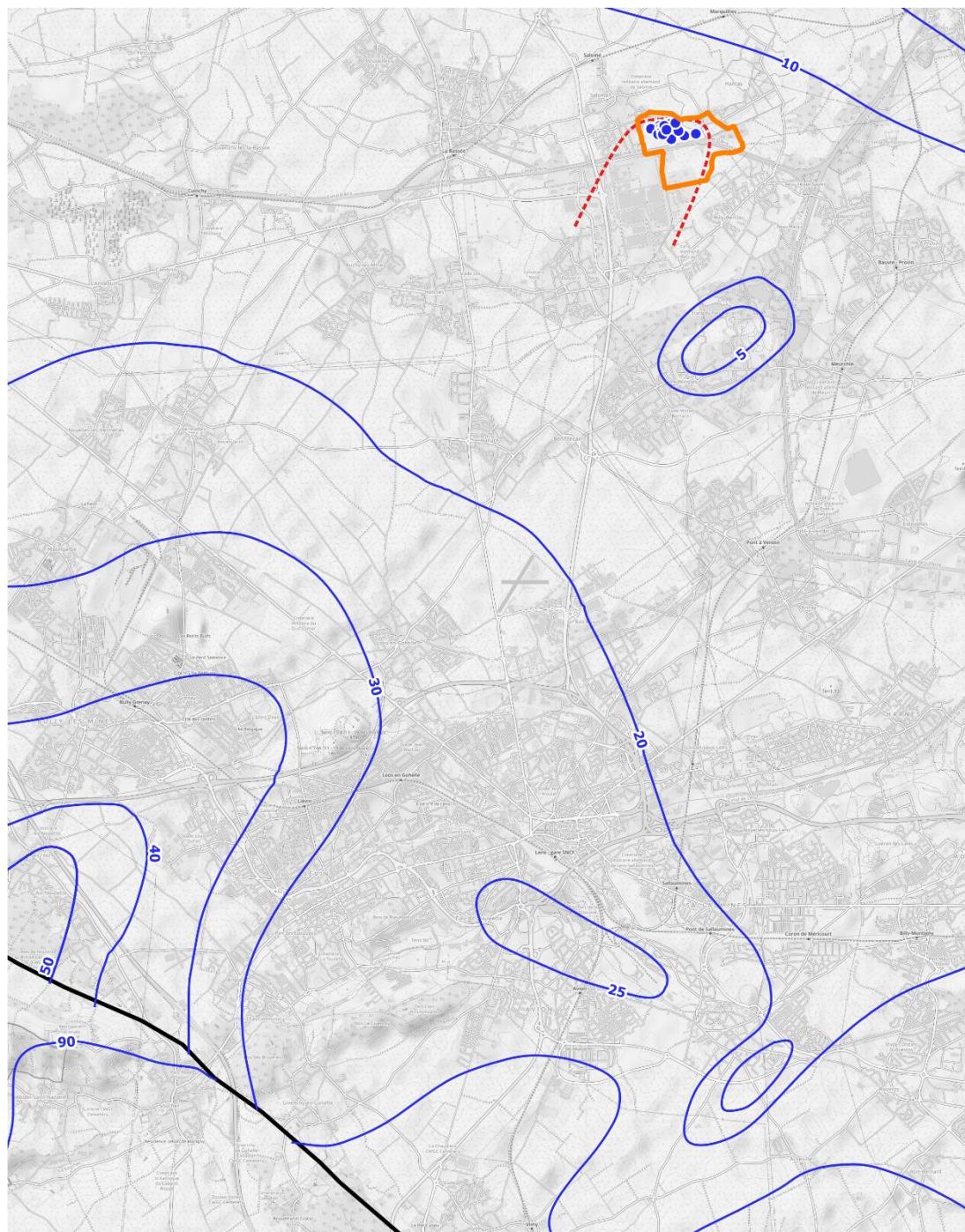
Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé Isopièze HE 2001
 — Périmètre de protection éloignée Zone d'appel
 — Fissure 0 1 2 3 4 km

Figure 30 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Hautes Eaux 2001

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage



Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
- Isopieze BE 1997
- Périmètre de protection éloignée
- Zone d'appel
- Faille

0 1 2 3 4 km



Figure 31 : Délimitation de la zone d'appel du champ captant à partir de la carte piézométrique de la craie Basses Eaux 1997

4.4 Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant

La portion de nappe alimentant les captages (PNAC) est délimitée selon les critères de la zone d'appel précédemment déterminés pour les 4 états piézométriques retenus (BE1997 et 2009, HE 2001 et 2009).

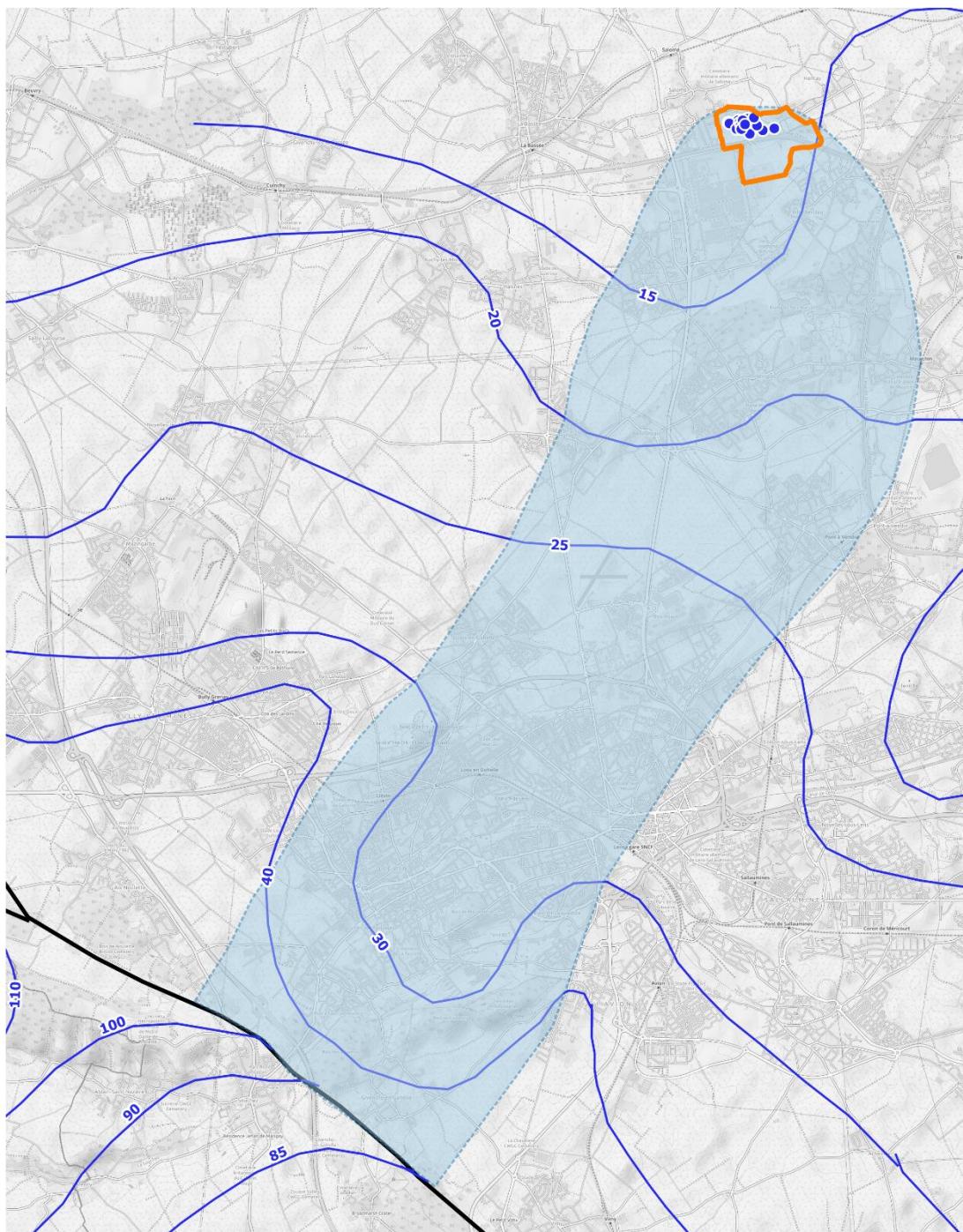
Les 3 portions de nappe alimentant les captages selon les cartes piézométriques des basses eaux 1997, des hautes eaux 2001, des basses eaux 2009 sont relativement similaires.

Les 4 PNAC couvrent une partie ou la totalité du périmètre de protection rapprochée du champ captant de Salomé.

Nous proposons d'intégrer les périmètres de protection rapprochée à la portion de nappe alimentant les captages à retenir.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

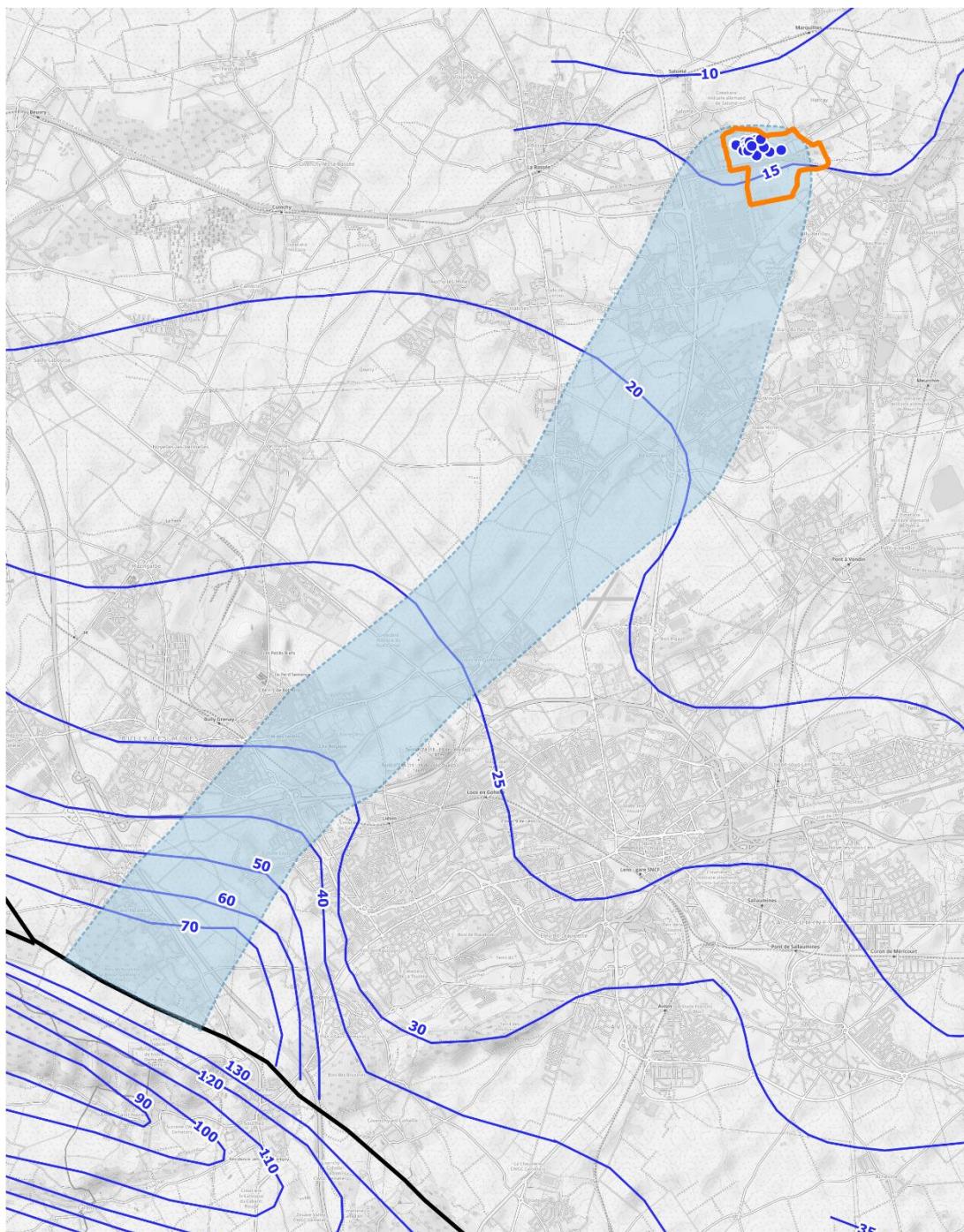


Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
 - Périmètre de protection éloignée
 - Isopière HE 2009
 - Faille
- Portion de nappe alimentant le champ-captant
- 0 1 2 3 4 km

Figure 32 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Hautes Eaux 2009 (source : Suez Consulting)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage



Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
- Périmètre de protection éloignée
- Isopiezèze BE 2009
- Faille

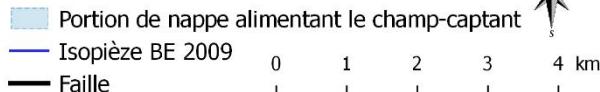
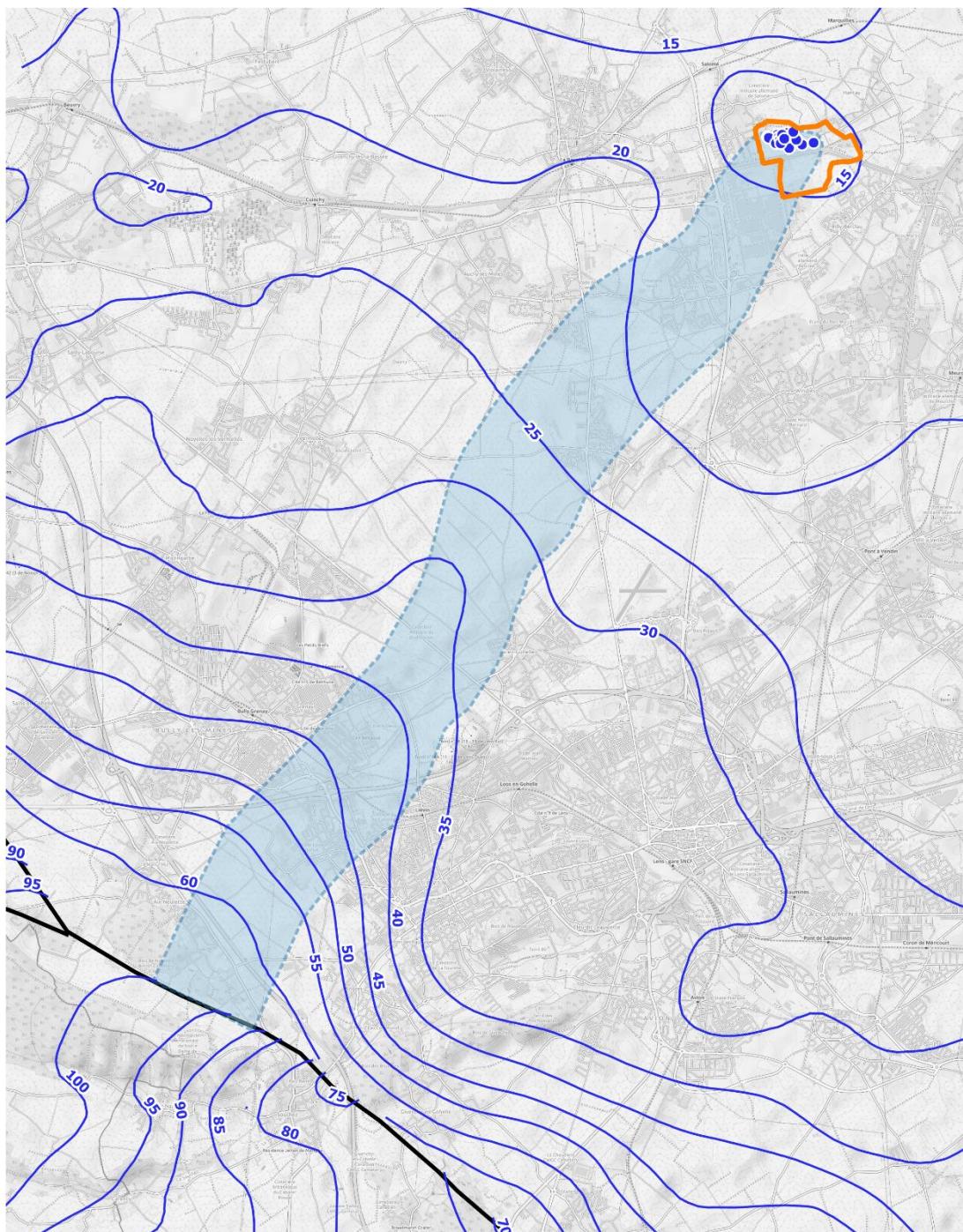


Figure 33 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Basses Eaux 2009 (source : Suez Consulting)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage



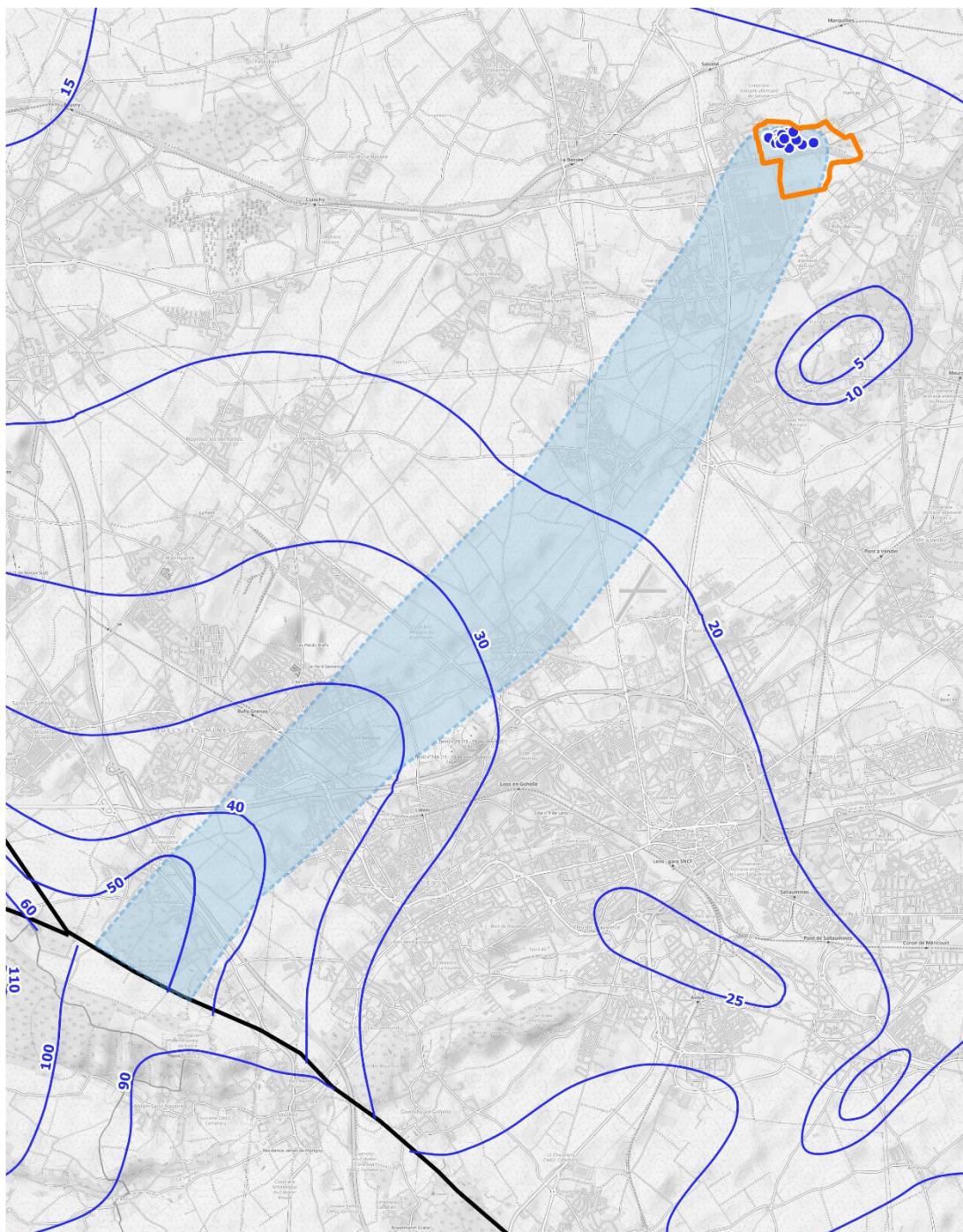
Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
 - Périphérie de protection éloignée
 - Isopiez HE 2001
 - Faille
- Portion de nappe alimentant le champ-captant
- 0 1 2 3 4 km

Figure 34 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Hautes Eaux 2001 (source : Suez Consulting)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

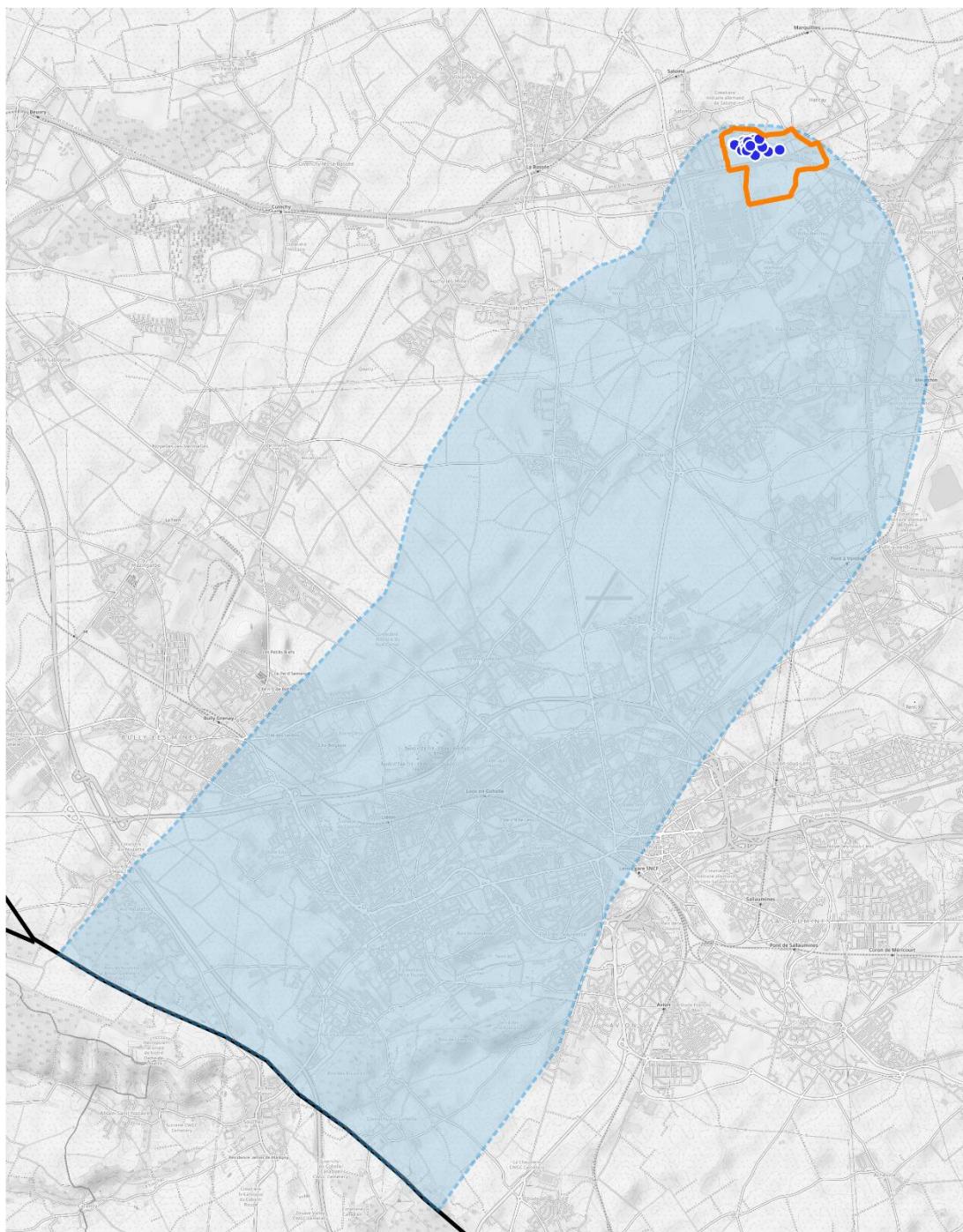


Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
 - Périmètre de protection éloignée
 - Isopière BE 1997
 - Faille
- Portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Basses Eaux 1997 (source : Suez Consulting)
- 0 1 2 3 4 km

Figure 35 : Contours de la portion de nappe alimentant le champ captant à l'aide de la piézométrie de la nappe de la craie Basses Eaux 1997 (source : Suez Consulting)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage



Légende

- Ouvrage du champ-captant de Salomé
 - Périmètre de protection éloignée
 - Faille
- Portion de nappe alimentant le champ captant
- 0 1 2 3 4 km



Figure 36 : Contour de la portion de nappe globale alimentant le champ captant regroupant les quatre portions de nappe précédemment délimitées (source : Suez Consulting)

4.5 Contours de l'extension de la surface de l'aire d'alimentation du champ captant

L'aire d'alimentation du champ captant de Salomé correspond à l'extension à la surface de la portion de nappe alimentation précédemment délimitée.

L'aire d'alimentation représente une superficie de 115 km². L'aire d'alimentation couvre en partie l'aire d'alimentation globale des captages de la Communauté d'Agglomération de Lens – Liévin. La partie spécifique de l'aire d'alimentation couvre 24 km².

L'aire d'alimentation du champ captant couvre les communes suivantes (5 communes du département du Nord et 27 communes du département du Pas-de-Calais) :

- Bauvin (59052)
- Hantay (59281)
- Sainghin-en-Weppes (59524)
- Salomé (59550)
- Marquillies (59388)
- Douvrin (62276)
- Billy-Berclau (62132)
- Pont-à-Vendin (62666)
- Wingles (62895)
- Meurchin (62573)
- Hulluch (62464)
- Loos-en-Gohelle (62528)
- Angres (62032)
- Auchy-les-Mines (62051)
- Avion (62065)
- Bénifontaine (62107)
- Ablain-Saint-Nazaire (62001)
- Aix-Noulette (62019)
- Annay (62033)
- Bouvigny-Boyeffles (62170)
- Bully-les-Mines (62186)
- Eleu-dit-Leauwette (62291)
- Grenay (62386)
- Givenchy-en-Gohelle (62371)
- Haisnes (62401)
- Liévin (62510)
- Lens (62498)
- Vendin-le-Vieil (62842)
- Mazingarbe (62563)
- Loison-sous-Lens (62523)
- Souchez (62801)
- Vermelles (62846)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

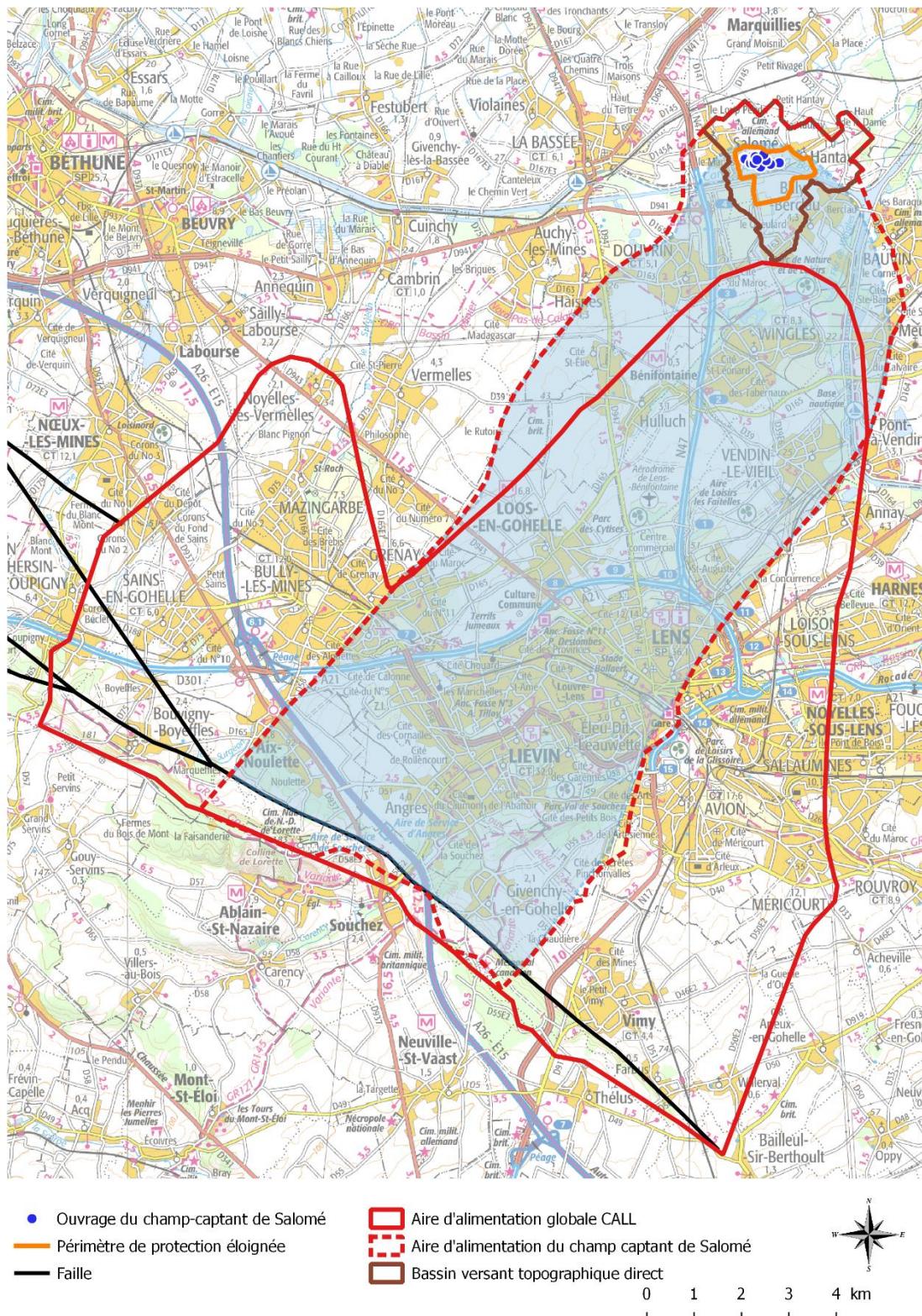


Figure 37 : Délimitation de l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé (Suez Consulting)

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

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

- Les flux entrants dans l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé 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 de l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé qui participent à sa vidange, tels que :
 - Les points de prélèvements d'eau dans la nappe

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

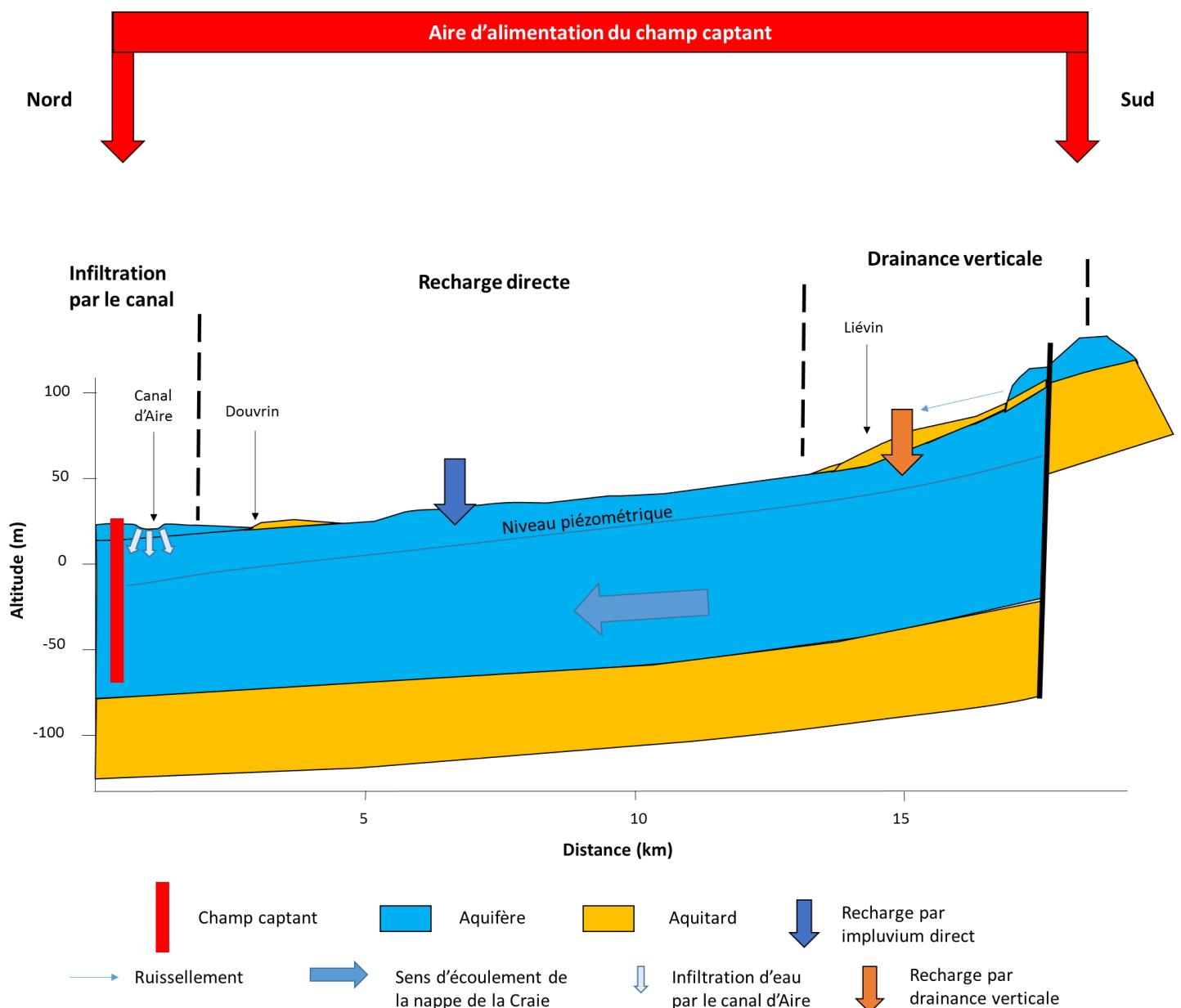


Figure 38 : Schéma du fonctionnement hydrogéologique de l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé (Suez Consulting)

5 Phase 3 : Etude pédologique

5.1 Méthodologie

La carte des sols a été réalisée sur les territoires de l'aire d'alimentation du captage. 45 sondages à la tarière manuelle ont été réalisés du 20 au 21 avril 2017. Au préalable, les représentants agricoles du département du Pas-de-Calais (62) ont été prévenus et une annonce a été publiée dans le journal du syndicat agricole du Nord (59) dans l'édition du 31 mars 2017. De plus, 86 descriptions de sondages existants ont été achetées à ISAL Lille afin de compléter les sondages réalisés sur le terrain. Ont été transmises les coordonnées GPS des sondages ainsi que leur description. Enfin, pour la partie Sud de l'aire d'alimentation du captage de Salomé, une partie de la carte des sols réalisée par Suez Consulting en 2015 pour les captages prioritaires de la communauté d'Agglomérations de Lens-Liévin a été utilisée, représentant 337 sondages.

La densité moyenne de sondages est

- 1 pour 5 hectares dans la zone contributive prioritaire sur le bassin versant direct (dans le périmètre de protection éloigné) ;
- 1 pour 20 hectares sur le reste de l'AAC en privilégiant le secteur concerné par la portion de nappe alimentant le champ captant.

La carte des sols est donc réalisée sur la base d'un total de 468 sondages sur l'aire d'alimentation de captage.

La répartition réelle des sondages correspond à un maillage non systématique, basé sur la lecture du paysage et de la morphologie du terrain. La précision de la carte correspond à l'échelle 1/25 000^e sur la zone contributive prioritaire et 1/50 000^e sur le reste de l'AAC.

Description du mode opératoire des 45 sondages réalisés par Suez Consulting : au point de sondage retenu, un prélèvement à la tarière à main est effectué sur une profondeur d'1,20 m maximum (ou profondeur du substrat). Chaque carotte de terre fait l'objet d'une description sommaire dans la fiche STIPA, compatible avec la base de données DoneSol de l'INRA. L'interprétation des observations est basée sur le Guide pour la description des sols de D. Baize et B. Jabiol (1995).

N° sondage	N° doneSol	date	auteurs											
coordonnées		battance	végétation											
WGS84		perle %	orientation pente											
EG en surface														
		profondeurs	texture	HCl	couleur	Humid.	EG %	nature	taille	taches	oxy %	red %	doc %	Cn FeMn %
		Hz 1 de à												
		Hz 2 de à												
		Hz 3 de à												
		Hz 4 de à												
		Hz 5 de à												
		Hz 6 de à												
		topographie :						commentaires :						
								humus :		nb photos :				
cause arrêt description :														

Figure 39 : Exemple de fiche STIPA

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 :

○ 1. 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.

○ 2. 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.

○ 3. 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.

○ 4. 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.

5.2 Description des sols

Au total, l'interprétation de plus de 700 sondages a permis de définir 9 unités de sol (cf. Tableau 11). Ces sols sont issus de 6 matériaux parentaux distincts décrits par les cartes géologiques de Béthune et d'Arras les limons loessiques, les craies et marnes, les alluvions des vallées, le grès et les colluvions présentes dans les vallons et les petites vallées.

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

Unité de sol	Type de sol	Description	Matériaux parentaux	Superficie (ha)	Proportion de l'aire d'alimentation (%)
1	Limon profond	Sol limoneux battant profond	limons loessiques	2269	19.7
2	Limon moyennement profond sur craie	Sol limoneux à limono-argileux moyennement profond sur craie	limons loessiques	676	5.9
3	Sol superficiel sur craie	Sol limoneux ou argileux peu profond sur craie, souvent caillouteux	Craie	1599	13.9
4	Sols argileux profonds sur craie	Sol argileux profond sur craie. Sondages isolés	Craie	100	0.9
5	Sol d'argile brune	Sol argileux moyennement profond, à faible pierrosité, sur craie	Craie	155	1.3
6	Fluviosol	Sol argileux hydromorphes sur alluvions, localement tourbeux	Alluvions	215	1.9
7	Limon argileux sur grès	Sol limono-argileux superficiel sur grès	Grès	7	0.1
8	Sols issus de matériaux tertiaires remaniés	Sols à texture variable (limono-argileux, argileux ou sableux) moyennement profond	Tertiaire remanié	44	0.4
9	Colluviosol	Sol limono-argileux à argileux profond, à charge en cailloux variable, situé en bas de pente	Colluvions	27	0.2
10	Sols limoneux profonds peu hydromorphe à hydromorphe profonds	Sols limoneux peu hydromorphes à hydromorphes sur alluvions	Alluvions modernes	250	2.2
11	Sols limoneux profonds hydromorphes à très hydromorphes	Sols limoneux hydromorphes à très hydromorphes sur alluvions	Alluvions modernes	133	1.2
12	Sols limono-sableux profonds	Sol limono-sableux profond sur alluvions	Alluvions modernes	30	0.3
Zones non cartographiées (urbain, voirie, bois, eau)				6006	52

Les sols à dominante limoneuse sont largement répandus au nord de Lens. Les variations du relief donnent lieu à la formation des sols superficiels sur craie. Les fluviosols sont surtout rencontrés dans la région de Wingles. Les sols développés sur les substrats d'argile brune, de matériaux tertiaires remaniés et sur grès sont tous situés dans la crête de l'Artois, où ces matériaux affleurent. Enfin, entre les bourgs de Wingles et Salomé, des sols limoneux hydromorphes profonds sont présents aux alentours des canaux. D'après la carte d'occupation utilisée (Corine Land Cover 2009), les surfaces agricoles utiles représentent une superficie d'environ 47 km² sur l'ensemble de l'aire d'alimentation dont 12 km² compris dans la zone spécifique au champ captant de Salomé (non commune avec l'AAC de la CALL).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

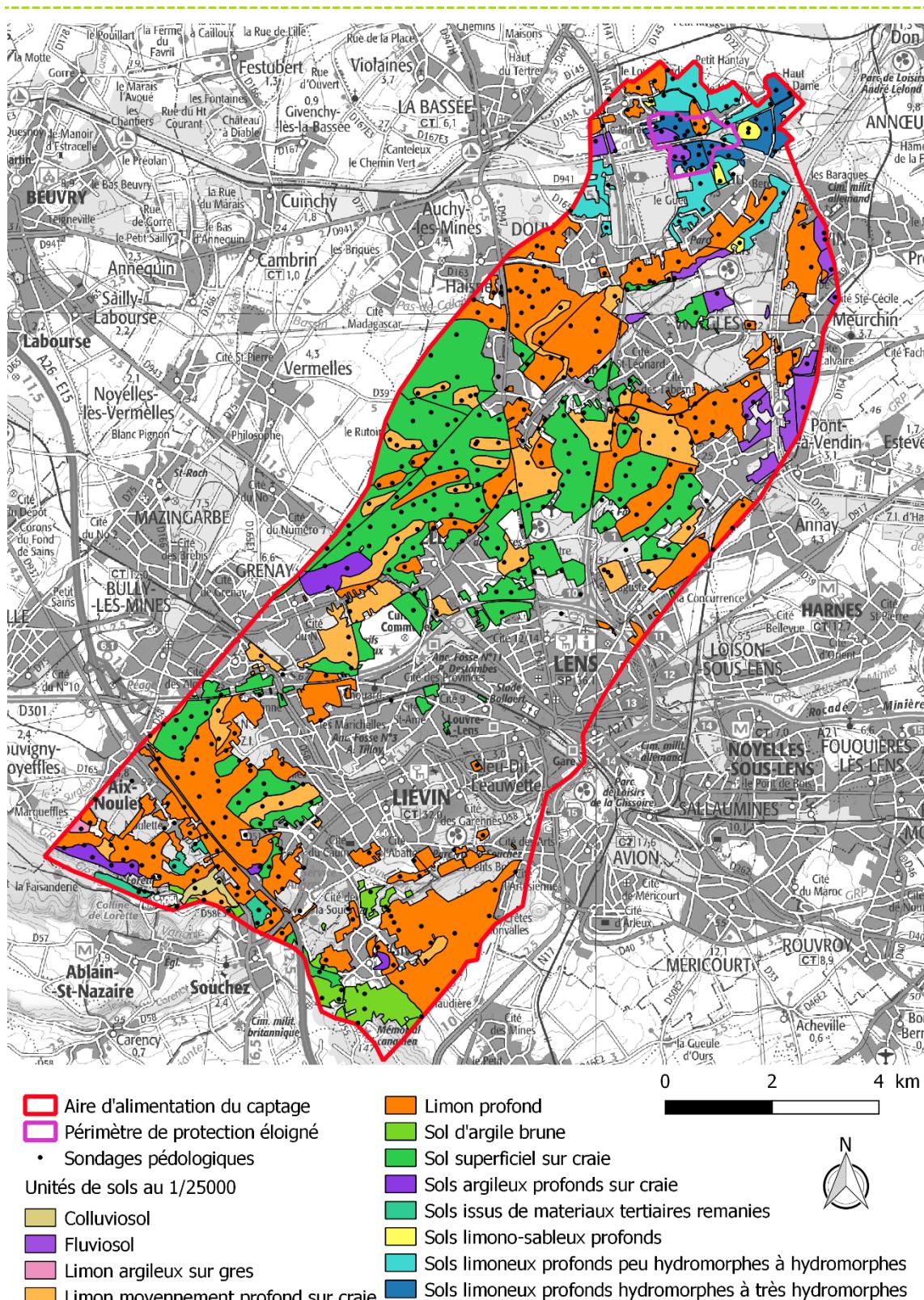


Figure 40 : Carte des sols agricoles (Suez Consulting, 2015)

5.2.1 SOLS ISSUS DE LIMONS LOESSIQUES

Unité de sol 1 : Limons bruns profonds (d'une épaisseur supérieure à 80 cm) non carbonatés. Ces sols sont non hydromorphes ou faiblement (signes d'engorgement temporaire peu marqués apparaissant au-delà de 80 cm – 1 m de profondeur). Ils présentent rarement des horizons BT (horizons d'accumulation des argiles) limono-argileux d'épaisseur variable (20 à 50 cm d'épaisseur) observable dès 30 - 40 cm de profondeur. Ils sont caractéristiques de la Gohelle ou « plaine de Lens ». Ils présentent un bon potentiel agronomique et sont largement cultivés (céréales, betteraves et légumes).

Les limons pléistocènes sont bien décrits dans la notice de la carte géologique de Béthune : « On a pu, en de nombreux endroits, y distinguer deux niveaux : au sommet, la terre à brique, de couleur brune [...]. A la base, l'ergeron est de teinte plus claire : il est plus sableux généralement, et renferme, lorsqu'il repose sur des terrains crayeux, des granules de craie. »

Ceux deux parties sont bien visibles sur la Figure 41 ci-après.



Figure 41 : Exemple de profil d'un sol de limon loessique (Suez Consulting, 2015)

Très souvent, la partie claire et plus sableuse, appelée « ergeron » dans la carte géologique de Béthune, empêche de creuser jusqu'à 1,20 m car elle est très meuble.



Figure 42 : Limon pléistocène (« ergeron » d'après la carte géologique de Béthune) (Suez Consulting, 2015)

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

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux à limono-argileux	80 cm à > 120 cm	0 à 5 %	170 mm

L'horizon de surface est parfois très limoneux, ce qui entraîne 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 (Figure 43). Une faible pente (< 3%) suffit pour qu'un sol battant soit sensible à l'érosion.



Figure 43 : Croûte de battance créée par la pluie sur un sol limoneux en surface (Suez Consulting, 2015)

Unité de sol 2 : Limons bruns moyennement profonds sur craie (d'une épaisseur comprise entre 50 et 80 cm)

Ces sols sont semblables aux limons profonds, avec l'apparition d'un horizon limoneux meuble juste avant la craie (Figure 44). Ils sont carbonatés, parfois dès la surface.



Figure 44 : Exemple de profil d'un sol de limon lœssique moyennement profond sur craie (Suez Consulting, 2015)

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

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

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux à limono-argileux	50 cm à 80 cm	0 à 5 %	110 mm

5.2.2 SOLS SUR CRAIE

Dans l'aire d'alimentation, deux formations crayeuses peuvent être rencontrées lors d'un sondage à la tarière à main :

- la Craie Blanche Sénonienne, présente sur la majorité de l'aire d'alimentation ;
- la Craie Turonienne « grise », affleurant dans la crête de l'Artois (ou « dôme de l'Artois » sur la carte géologique d'Arras), située dans la partie amont de l'aire d'alimentation (région de Vimy, Souchez, Givenchy-en-Gohelle).

Unité de sol 3 : Sols superficiels sur craie

Il s'agit de sols reposant sur la craie (craie blanche sénonienne ou craie grise turonienne). On la rencontre à moins de 50 cm, et le sol est carbonaté dès la surface. Ces sols sont peu développés à partir de leur matériau parental, et subissent une érosion progressive car souvent situés en début de pente.

Ces sols peuvent renfermer des graviers de craie en proportion variable : la charge en éléments grossiers y est souvent importante (>20%) Aucun signe d'hydromorphie n'est observé.



Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

Figure 45 : Exemple de profils de sols superficiels sur craie (ici craie grise turonienne à gauche et craie blanche sénonienne à droite)

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

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

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux à argilo-limoneux	< 50 cm	0 à 40 %	60 mm

Unité de sol 4 : Sols argileux profonds sur craie

Ces sols deviennent fortement argileux dès 20 à 30 cm. La craie est rencontrée en fin de sondage à plus de 80 cm. Ces sols sont souvent décarbonatés. Ils diffèrent de l'unité de sol sur argile brune et de l'unité de sol sur matériaux tertiaires remaniés par l'aspect de l'argile rencontrée, qui ne peut pas être rattachée à ces deux catégories. Les sondages concernés sont souvent isolés et ne permettent pas de définir une unité cartographique de sol continue.



Figure 46 : Exemple de profils de sol argileux sur craie

En raison de leur teneur en argile, ils présentent des signes d'engorgement en eau temporaire, visibles à partir de 50 cm (exemple ci-contre).



Figure 47 : Signes d'engorgement temporaire en eau (taches enrichies en fer de couleur rouille) (Suez Consulting, 2015)

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

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

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux à argilo-limoneux	> 80 cm	0 à 10 %	180 mm

Unité de sol 5 : Sols d'argile brune

Ces sols se rencontrent dans la crête de l'Artois (ou dôme de l'Artois), située dans la partie amont de l'aire d'alimentation.

Il s'agit d'un niveau argileux plastique brun recouvrant directement la craie. D'après les cartes géologiques de Béthune et d'Arras, son épaisseur ne dépasse pas quelques décimètres. Cette argile renferme parfois des silex, et parfois des graviers crayeux. Le niveau argileux est totalement décarbonaté dans environ 50% des sondages réalisés sur ces sols. Des signes d'engorgement en eau temporaire sont souvent visibles dès 30 cm.



Figure 48 : Exemple de profils de sols d'argile brune

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

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

0- Nature	1- Profondeur	2- Pierrosité	3- Réserve utile
Argileux	50 à 80 cm	0 à 60 %	170 mm

5.2.3 SOLS ISSUS DES ALLUVIONS

Les alluvions modernes présentes sur l'aire d'alimentation sont généralement argileuses, et peuvent contenir des bancs de tourbe dont certains ont été exploités autrefois.

Unité de sol 6 : Fluviosols

Il s'agit de sols alluviaux, limons à limons argileux, reposant sur des horizons argileux, présents en fonds de vallées. Ils sont très fortement hydromorphes (signes d'engorgement temporaire très marqués apparaissant avant ou à partir de 0,25 m de profondeur). Localement, ces sols contiennent un niveau tourbeux.

Variante 1 : Fluviosol limono-argileux

Variante 2 : Histosol limono-argileux (présence de tourbe)

Ces sols ont une pierrosité très faible, et sont carbonatés dès la surface pour la plupart. Ils sont rencontrés dans la région de Wingles.

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Caractéristiques de l'unité de sol 6 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limono-argileux, parfois tourbeux	110 à 120 cm	0 %	210 mm

5.2.4 SOLS SUR GRES ET SCHISTES

Les Grès et schistes de Pernes peuvent être rencontrés dans l'aire d'alimentation. Ils sont rouges, verdâtres ou blanchâtres. Il s'agit de zones très localisées situées dans la région de la crête de l'Artois, notamment à proximité de Bouvigny-Boyeffles.

Unité de sol 7 : Limon argileux sur grès

Ce sont des sols superficiels, limoneux à limono-argileux, à charge moyenne à forte en graviers de grès, reposant sur la roche gréseuse plus ou moins altérée avant 0,70 m de profondeur (généralement avant 0,50 m).

L'hydromorphie est difficilement définissable, puisqu'elle est inexistante dans le labour et indéterminée dans l'altération du grès (en raison de ses couleurs multiples). Toutefois, lorsque le grès est présent entre 0,50 et 0,70 m de profondeur, le sol présente souvent des horizons argilo-limoneux à argileux, à charge moyenne à forte en graviers de grès. Dans ces horizons, des signes d'engorgement temporaire marqués sont généralement observables.



Figure 49 : Profil de sol sur Grès et schistes de Pernes

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Caractéristiques de l'unité de sol 7 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limono-argileux à argileux	50 cm	20 à 60 %	60 mm

5.2.5 SOLS ISSUS DE MATERIAUX TERTIAIRES REMANIÉS

Les matériaux tertiaires remaniés correspondent, dans l'aire d'alimentation, au Landénien, se présentant sous forme argileuse à sableuse. Le Landénien affleure de façon très localisée, majoritairement dans la région de la crête de l'Artois (région d'Ablain Saint-Nazaire, Hersin-Coupigny, Givenchy-en-Gohelle, Noulette).

Unité de sol 8 : Sols issus de matériaux tertiaires remaniés

Il s'agit de sols présentant des horizons de surface limoneux à limono-argileux voire limono-argilo-sableux, reposant vers 40 – 80 cm de profondeur sur des horizons sablo-argileux, argilo-sableux à argilo-limono-sableux. La succession des différentes textures est relativement complexe. La charge en graviers de silex est variable, généralement nulle à faible dans les premiers horizons. Ces sols sont moyennement à fortement hydromorphes (signes d'engorgement temporaire marqués apparaissant généralement entre 30 et 50 cm de profondeur, et parfois entre 50 et 80 cm).

La Figure 50 illustre le Landénien moyen : il se présente sur ce sondage sous la forme d'une argile jaunâtre puis d'un sable roux. En fin de sondage, le Turonien affleure (craie grise).

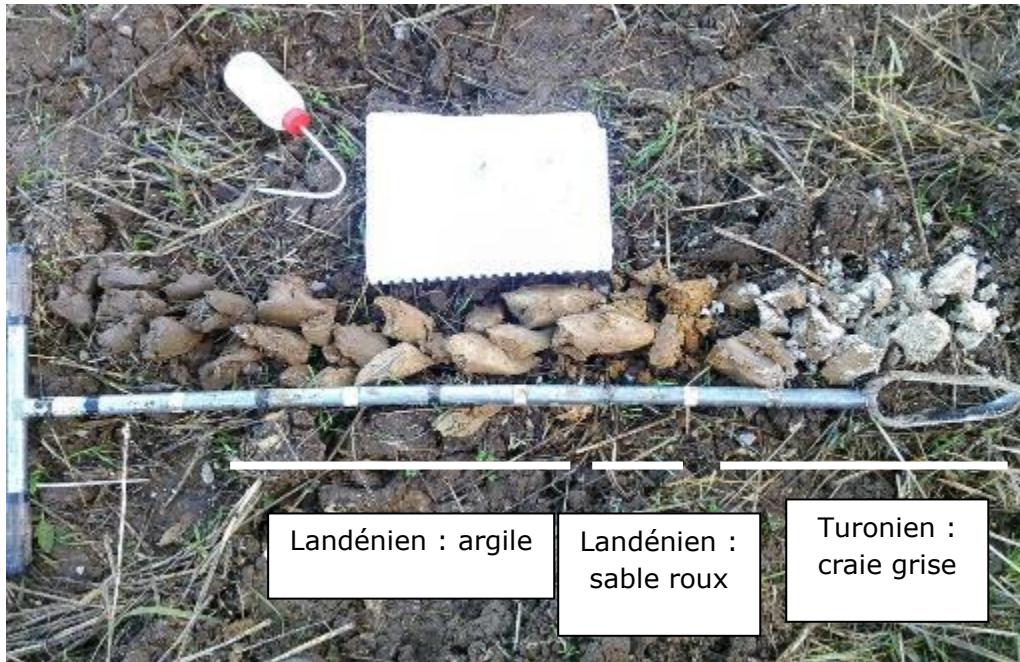


Figure 50 : Profil de sol mettant en évidence le Landénien moyen (matériau tertiaire remanié) puis le Turonien

Les principales caractéristiques de ces sols sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Caractéristiques de l'unité de sol 8 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Argileux, sableux	50 à 80 cm	0 à 20 %	160 mm

5.2.6 SOLS ISSUS DE COLLUVIONS

Les colluvions sont des formations superficielles particulières de versants qui résultent de l'accumulation progressive de matériaux pédologiques ou de roches meubles arrachées plus haut dans le paysage. Ces sols sont situés en bas de pente, en replat au sein d'une pente ou dans une vallée sèche (talweg).

Unité de sol 9 : Colluviosols

Il s'agit de sols profonds situés en bas de pente. Leur texture est limoneuse à limono-argileuse. Leur pierrosité est souvent plus importante que celles des sols situés en amont.

Ces sols sont sains. Ils peuvent être carbonatés dès la surface si leur matériau d'origine est calcaire. Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Caractéristiques de l'unité de sol 9 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limono-argileux	100 à 120 cm	10 à 30 %	190 mm

5.2.7 SOLS ISSUS D'ALLUVIONS MODERNES

Les alluvions modernes sont généralement argileuses, brunes, jaunes ou, le plus souvent, grisâtres en raison de la présence de matières organiques d'origine végétale. Elles peuvent contenir des bancs de tourbe. Ces sols sont situés en bords de points d'eau (rivières, canaux, marais).

Unité de sol 10 : Sols limoneux profonds peu hydromorphes à hydromorphes.

Il s'agit de sols profonds situés non loin des cours d'eau, de canaux et de marais dans notre cas. L'hydromorphie apparaît entre 40 et 80 cm de profondeur. Leur pierrosité est faible voire inexisteante.

Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Caractéristiques de l'unité de sol 10 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux (peu hydromorphe)	120 cm	0-1%	210 mm

Unité de sol 11 : Sols limoneux profonds hydromorphes à très hydromorphes.

Il s'agit de sols profonds situés en bordure des cours d'eau, de canaux et de marais dans notre cas. L'hydromorphie apparaît entre la surface et 30 cm de profondeur. Leur pierrosité est faible voire inexisteante.

Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Caractéristiques de l'unité de sol 11 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limoneux (très hydromorphe)	120 cm	0-1%	191 à 210 mm

Unité de sol 12 : Sols limono-sableux profonds, très souvent hydromorphes

Il s'agit de sols profonds situés non loin des cours d'eau, de canaux et de marais dans notre cas. Ils sont minoritaires et se trouvent de manière isolée, sous forme de poches. Le sable apparaît à partir de 80 cm de profondeur et la pierrosité est faible voire inexisteante.

Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Caractéristiques de l'unité de sol 12 (Suez Consulting)

Nature	Profondeur	Pierrosité	Réserve utile
Limono-sableux	120 cm	0-1%	167 à 207 mm

5.3 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 remplies 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 d'eau dans les sols.

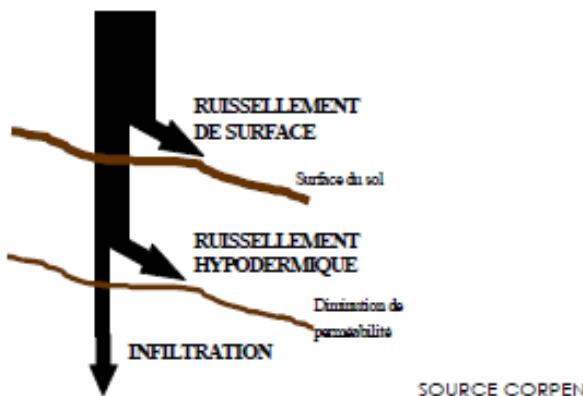


Figure 51 : Mode de circulation des eaux (CORPEN)

5.3.1 UNITE DE SOL 1 : LIMONS PROFONDS

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux profonds sains. Ces sols présentent une réserve utile importante (170 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 est souvent 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. A titre d'exemple, parmi les sondages réalisés sur ces sols, des signes de battance et une pente supérieure à 2% ont été observés dans 30% des cas.

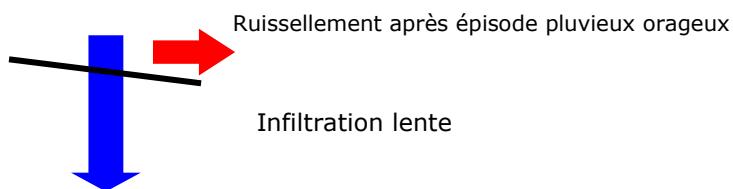


Figure 52 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 1, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2015)

5.3.2 UNITE DE SOL 2 : LIMONS MOYENNEMENT PROFONDS SUR CRAIE

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux moyennement profonds sains. Ces sols présentent une réserve utile importante (110 mm en moyenne). Ils présentent une sensibilité modérée au transfert par infiltration, de par leur profondeur et leur bonne réserve en eau.

Comme pour un limon profond, l'horizon limoneux de surface de ces sols est souvent sensible à la battance. La 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, à la suite d'un épisode pluvieux ayant conduit à la formation d'une croûte de battance, ces sols sont sensibles au ruissellement. A titre d'exemple, parmi les sondages

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

réalisés sur ces sols, des signes de battance et une pente supérieure à 2% ont été observés dans 30% des cas.

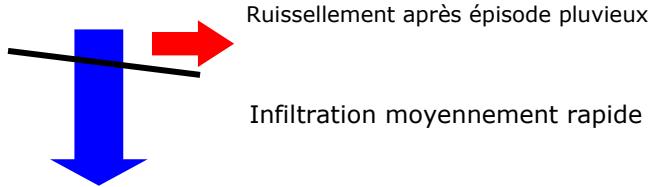


Figure 53 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 2, sensible au ruissellement (Suez Consulting, 2015)

5.3.3 UNITE DE SOL 3 : SOL SUPERFICIEL SUR CRAIE

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux ou argileux superficiels parfois très caillouteux. Ces sols présentent une très faible réserve utile (60 mm en moyenne). Ils présentent une forte sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration.

Ils sont intrinsèquement peu sensibles au ruissellement, de par leur teneur en argile, ou par leur pierrosité de surface. Néanmoins, leur position dans le relief (début de pente) les rend localement sensibles à ce type de transfert. A titre d'exemple, parmi les sondages réalisés sur ces sols, une pente significative a été observée dans 25% des cas.

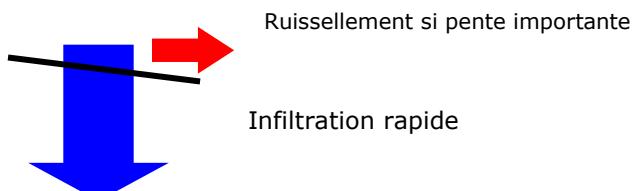


Figure 54 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 3, sensible à l'infiltration et localement au ruissellement (Suez Consulting, 2015)

5.3.4 UNITE DE SOL 4 : SOLS ARGILEUX PROFONDS SUR CRAIE

Pour rappel, il s'agit de sols argileux profonds sur craie, parfois hydromorphes. Ces sols sont peu sensibles au transfert par infiltration, celle-ci étant ralentie par la teneur en argile du sol. Cette dernière limite également la sensibilité à l'érosion.

L'atteinte de l'horizon argileux peut constituer une rupture de perméabilité par rapport à un horizon de surface plus limoneux, entraînant des risques de ruissellement hypodermique. En aval, ce ruissellement hypodermique peut se traduire périodiquement par des résurgences d'eau de faible importance. Dans les versants de la crête de l'Artois, ce phénomène est observé par les 2 agriculteurs croisés sur place.

La faible perméabilité de l'argile peut conduire à un phénomène de ruissellement par saturation de la rétention en eau du sol lors de précipitations prolongées.

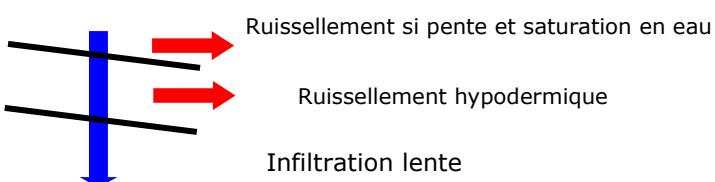


Figure 55 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 4, sensible au ruissellement par saturation et hypodermique (Suez Consulting, 2015)

5.3.5 UNITE DE SOL 5 : SOL D'ARGILE BRUNE

Pour rappel, il s'agit de sols argileux reposant sur la craie. Ces sols sont peu sensibles au transfert par infiltration, celle-ci étant ralentie par la teneur en argile du sol. Cette dernière limite également la sensibilité à l'érosion.

La faible perméabilité de l'argile peut conduire à un phénomène de ruissellement par saturation de la rétention en eau du sol lors de précipitations prolongées.

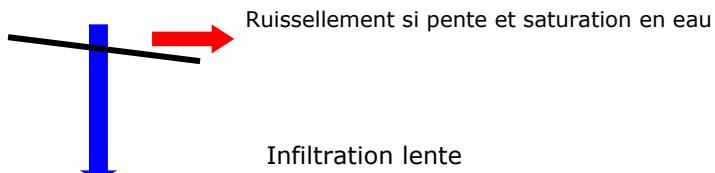


Figure 56 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 5, sensible au ruissellement par saturation (Suez Consulting, 2015)

5.3.6 UNITE DE SOL 6 : FLUVIOSOL

Pour rappel, il s'agit de sols limono-argileux hydromorphes, localement tourbeux.

Ces sols présentent une grande réserve utile (210 mm en moyenne). Ils présentent une faible sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration, d'autant plus qu'ils peuvent être le siège d'une activité biologique intense permettant l'épuration des eaux infiltrées. Ils sont peu sensibles à l'érosion, de par leur teneur en argile, et leur localisation en fond de vallée. En cas de précipitations intenses, ils peuvent être sujets au ruissellement par saturation.

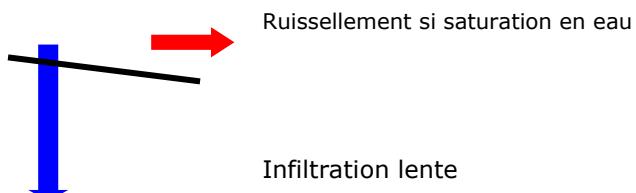


Figure 57 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 6, localement sensible au ruissellement par saturation (Suez Consulting, 2015)

5.3.7 UNITE DE SOL 7 : LIMON ARGILEUX SUR GRES

Pour rappel, il s'agit de sols limono-argileux à argileux superficiels à forte pierrosité.

Ces sols présentent une faible réserve utile (60 mm en moyenne). Ils présentent une forte sensibilité intrinsèque au transfert par infiltration. Ils sont peu sensibles au ruissellement, de par leur teneur en argile et leur pierrosité de surface.

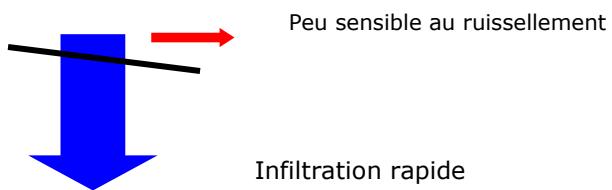


Figure 58 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 7, sensible à l'infiltration rapide (Suez Consulting, 2015)

5.3.8 UNITE DE SOL 8 : SOLS ISSUS DE MATERIAUX TERTIAIRES REMANIES

Pour rappel, il s'agit de sols argilo-limoneux à sablo-argileux profonds, à pierrosité nulle à moyenne, présentant des signes d'engorgement temporaire en eau.

Ces sols sont peu sensibles au transfert par infiltration, puisque la teneur en argile du sol permet une bonne rétention de l'eau.

Ces sols peuvent être sujets des phénomènes de ruissellement hypodermique et de ruissellement par saturation.

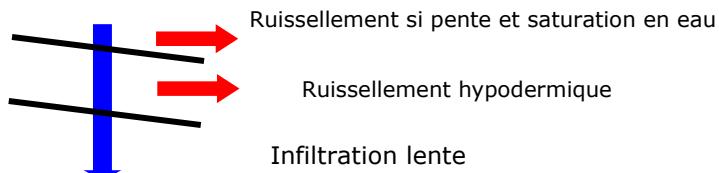


Figure 59 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 8, sol sensible au ruissellement par saturation et hypodermique en pente (Suez Consulting, 2015)

5.3.9 UNITE DE SOL 9 : COLLUVIOSOL

Pour rappel, il s'agit de sols limono-argileux profonds, parfois caillouteux.

Ces sols ont une réserve utile importante (190 mm en moyenne), et sont donc peu sensibles au transfert par infiltration. Ils sont également peu sensibles à la formation d'une croûte de battance de par leur teneur en argile et leur pierrosité de surface souvent importante.

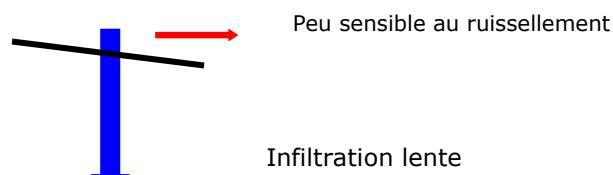


Figure 60 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 9 (Suez Consulting, 2015)

5.3.10 UNITE DE SOL 10 : SOLS LIMONEUX PROFONS PEU HYDROMORPHES A HYDROMORPHES

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux profonds, à pierrosité nulle à très faible, et à hydromorphie faible à moyenne.

Ces sols ont une réserve utile importante (210 mm en moyenne), et sont donc peu sensibles au transfert par infiltration. Ils sont sensibles à la formation d'une croûte de battance de par leur teneur en limon.

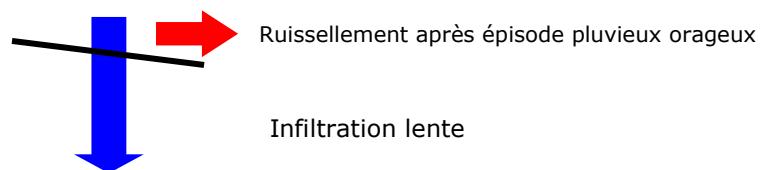


Figure 61 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 10 (Suez Consulting, 2015)

5.3.11 UNITE DE SOL 11 : SOLS LIMONEUX PROFONS HYDROMORPHES A TRES HYDROMORPHES

Pour rappel, il s'agit de sols limoneux profonds, à pierrosité nulle à très faible, et à hydromorphie moyenne à forte.

Ces sols ont une réserve utile importante (200 mm en moyenne), et sont donc peu sensibles au transfert par infiltration. Ils sont sensibles à la formation d'une croûte de battance de par leur teneur en limon.

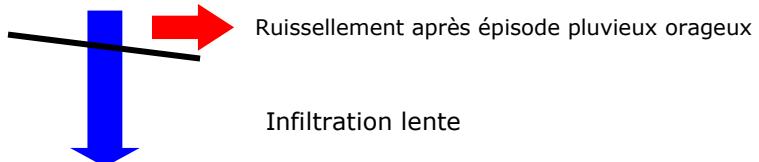


Figure 62 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 11 (Suez Consulting, 2015)

5.3.12 UNITE DE SOL 12 : SOLS LIMONEUX PROFONS HYDROMORPHES A TRES HYDROMORPHES

Pour rappel, il s'agit de sols limono-sableux profonds, à pierrosité nulle à très faible, et à hydromorphie faible à moyenne.

Ces sols ont une réserve utile importante (167 à 207 mm selon la profondeur d'apparition du sable), et sont donc peu sensibles au transfert par infiltration. Ils sont peu sensibles à la formation d'une croûte de battance de par leur teneur en limon sur le haut du profil pédologique.

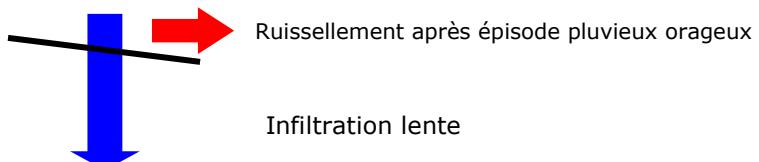


Figure 63 : Mode de circulation des eaux dans l'unité de sol 12 (Suez Consulting, 2015)

En synthèse, le risque de transfert par ruissellement est répandu dans l'aire d'alimentation : il peut être dû à la formation d'une croûte de battance sur les sols limoneux (généralement lors des pluies orageuses), ou à la saturation en eau des sols argileux (généralement lors de la recharge hivernale). Ce risque est à tempérer par les faibles pentes de la plaine de Lens, et par la faible sensibilité à l'infiltration des exutoires des eaux de ruissellements. En effet, dans la majorité des cas, les eaux de ruissellement vont s'infiltrer en bout de parcelle ou dans la vallée sèche la plus proche, où les sols sont profonds. La circulation de l'eau présentant le plus de risque de transfert est l'infiltration rapide, qui concerne les sols superficiels. Il s'agit généralement de zones érodées situées en début de pente.

Cette lecture de la circulation de l'eau dans le paysage est complétée par l'analyse spatiale du risque de lessivage (infiltration rapide) et de ruissellement développé dans les paragraphes suivants.

6 PHASE 4 : ETUDE DE LA VULNERABILITE DE L'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

6.1 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 24 : Démarche méthodologique de l'étude AAC (BRGM, 2007)

Phase 3 - Cartographie de la vulnérabilité						
5 classes par paramètre, de 0 à 1 (0 = vulnérable à + vulnérable)						
Pondération linéaire (somme des poids=1)	Continu		Discontinu		Fissure	
	Vulnérabilité = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 IDPR + 0,2 H + 0,15 K	adapté de DRASTIC	Vulnérabilité = 0,3 R + 0,5 I + 0,1 P(S,E) + 0,1 K	adapté de RISK modifié	Vulnérabilité = 0,5 D + 0,3 IDPR + 0,2 S	adapté de DISCO
Paramètres	Critère à évaluer	Eléments à prendre en compte	Critère à évaluer	Eléments à prendre en compte	Critère à évaluer	Eléments à prendre en compte
nature du sol et formations superficielles (couverture protectrice)	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité
Pluie efficace	P (pluie efficace)	Pluie, ETP, RU ^a en mm/an spatialisée si possible				
Capacité d'infiltration du milieu (par rapport à sa capacité de ruissellement)	T (topographie) IDPR**	zones d'infiltration en fonction de la pente, échange nappe/rivière, pertes locales	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*	bassins versants locaux alimentant par ruissellement les zones vulnérables
épaisseur de la zone non saturée	ZNS (zone non saturée)	nature lithologique			P (couverture protectrice)	nature lithologique, épaisseur
perméabilité de l'aquifère (conditionne la vitesse de migration d'un polluant)	H (hauteur piézométrique)	isopézés, MNT				
Degré de karstification	K (perméabilité)	mesures de perméabilité (essais de débit) ou à défaut nature de la roche aquifère	R (roche)	nature : du plus marneux vers le plus karstifié	D (discontinuités)	rapidité de la liaison entre les discontinuités et le captage (perméabilité de fissures)
Epikarst			K (karstification)	d'unaire non fonctionnel à binaire fonctionnel		
			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		

^a ETP : Evapotranspiration Potentielle ; RU : Réserve Utile

^{**} NDPR (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.

Le réservoir de la craie peut être qualifié d'aquifère poreuse et fissuré à faible hétérogénéité.

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 quaternaires, mais aussi captif à semi-captif sous les alluvions de la Deûle au droit du champ captant de Wingles.

Ainsi, nous proposons une méthode intermédiaire 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., Wuilleumier 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 25 : Paramètres de la méthode utilisée

Sigle	Paramètre	Propriétés	Poids
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	Ruisseaulement 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	25%
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	15%
K ZNS	Perméabilité de la zone non saturée	Plus la zone non saturée contient de terrains argileux peu perméables, plus le temps de transfert et la capacité de rétention des polluants sera grande. Ce paramètre est complémentaire du précédent (épaisseur de ZNS)	15%
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.	20%

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

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

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).

Le **temps de parcours** de la pollution vers le captage sera par contre très élevé, pouvant être de plus de 50 ans dans certains cas, comme dans la nappe des calcaires ou l'épaisseur de limons des plateaux et de la zone non saturée sont importants.

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

6.2 Paramètres

6.2.1 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 ci-dessous, réalisée par Suez Environnement Consulting pour l'étude à partir de sondages pédologiques réalisés par Suez Consulting et des sondages provenant de la banque de données de l'ISA Lille, présente les différents types de sols sur l'aire d'alimentation du captage de Salomé.

La carte a été réalisée à partir de 131 sondages pédologiques, à l'échelle 1/25 000 en zone dense et 1/50 000 en zone peu dense.

Ces sols sont principalement originaires de la décalcification de la craie sous-jacente et du dépôt de limons éoliens. On observe donc des sols en majorité limoneux (cf. légende de la carte des sols jointe à la carte).

Dans le calcul de la **vulnérabilité des sols au lessivage**, la nature des sols est approchée à travers la **sensibilité au lessivage**. La méthodologie utilisée s'appuie sur le modèle CORPEN, avec prise en compte de la réserve utile maximale (RU max) et de la pluie hivernale efficace.

D'après la méthode CORPEN, le calcul de la sensibilité au lessivage se fait sur la base du rapport suivant :

$$S = \text{Réserve Utile Maximale (Ru Max)} / \text{Pluie hivernale efficace (octobre-avril)}$$

La pluie efficace hivernale a été calculée sur la base des données météo de la station d'Arras entre 1987 et 2010, en retenant une valeur de 305 mm (sur les 6 mois hivernaux). Cette pluie efficace est la même pour tout le bassin, et le sol est donc seul élément discriminant.

La réserve utile est donnée par le type de sol, nous présentons ci-dessous les corrélations.

Par exemple, pour un sol limoneux moyen (sans cailloux), le réservoir utilisable est de 1.75 mm par cm de sol, soit pour un sol de 100 cm une RU Max de 175 mm.

Dans ce cas, le paramètre S de sensibilité au lessivage sera de 175 mm / 305 mm = 0.57. La vulnérabilité sera moyenne.

Tableau 26 : Corrélation entre le type de sol et la RU max

Classe de texture	Réservoir utilisable maximal textural (mm eau/cm de sol)
S	0.70
SL	1.00
SA	1.35
LIS	1.20
LS	1.45
Lms	1.60
LSA	1.65
LAS	1.75
LI	1.30
Lm	1.75
LA	1.95
AS	1.70
A	1.75
AL	1.80

Le facteur S est ensuite affecté de notes de vulnérabilité présentées ci-dessous. Cette méthodologie conduisant à la définition de 3 classes, nous les avons sous-divisées en 5 classes.

De plus, nous avons appliqué les notes suivantes :

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

- 1 en zone boisée : faiblement vulnérable ;
- 0 en zone urbanisée et dans les cours d'eau : très faiblement vulnérable ;

Tableau 27 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Sensibilité au lessivage (S)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$S > 2$	19289	41,9%
1	Faiblement vulnérable	$1 < S < 2$	4780	10,4%
2	Moyennement vulnérable	$0,5 < S < 1$	12872	28%
3	Fortement vulnérable	$0,25 < S < 0,5$	2694	5,9%
4	Très fortement vulnérable	$S < 0,25$	6413	13,9%

L'aire d'alimentation est faiblement à moyennement vulnérable au lessivage, en raison notamment de la profondeur des sols qui s'y trouvent.

Les zones très faiblement et faiblement vulnérables sont majoritaires, elles occupent 52,3% de la surface de l'aire d'alimentation. Les zones moyennement vulnérables représentent 28% de l'AAC.

Les zones fortement vulnérables et très fortement vulnérables constituent respectivement 5,9% et 13,9% de l'aire d'alimentation du champ captant.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

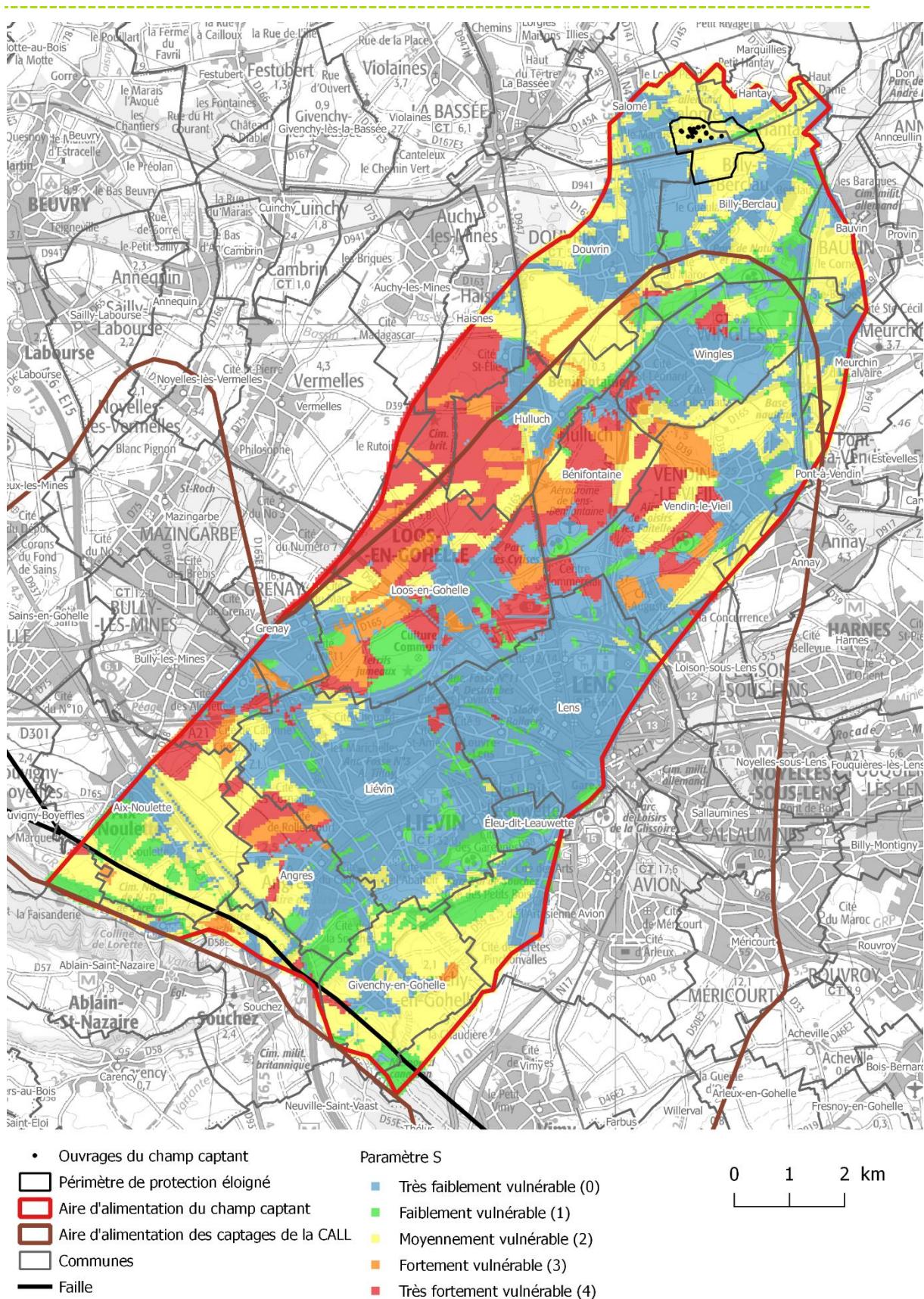


Figure 64 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)

6.2.2 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.

$$Ie_i = Pbi - R_i - ETR (m/s)$$

- Ie_i = Infiltration efficace moyenne sur la cellule i (m/s) ;
- Pbi = 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 des aires 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 des AAC.

D'après la méthode de Bussard, le ruissellement est abordé par le calcul d'un **coefficent 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 2009.

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. Ce tableau représente l'adaptation de la méthode Bussard par l'Agence de l'eau Artois Picardie. Ce tableau a évolué pour mieux définir le coefficient de ruissellement en fonction de l'occupation des sols en zone urbaine.

Afin de caractériser la sensibilité des sols au ruissellement, à l'érosion et à l'entrainement de particules, la vulnérabilité a été appréciée de la manière suivante : fort coefficient de ruissellement = faible infiltration = forte vulnérabilité au paramètre sensibilité au ruissellement.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)
Etude des aires d'alimentation de captage

Tableau 28 : 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 bâtie peu dense			20%	2 – Moyennement vulnérable
zone bâtie dense			40%	3 – Fortement vulnérable
zone imperméable			100%	4 – Très fortement vulnérable
moyenne urbain			45%	3 – Fortement vulnérable

Tableau 29 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	7399	16,1%
1	Faiblement vulnérable	12044	26,2%
2	Moyennement vulnérable	6912	15%
3	Fortement vulnérable	13950	30,3%
4	Très fortement vulnérable	5743	12,5%

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

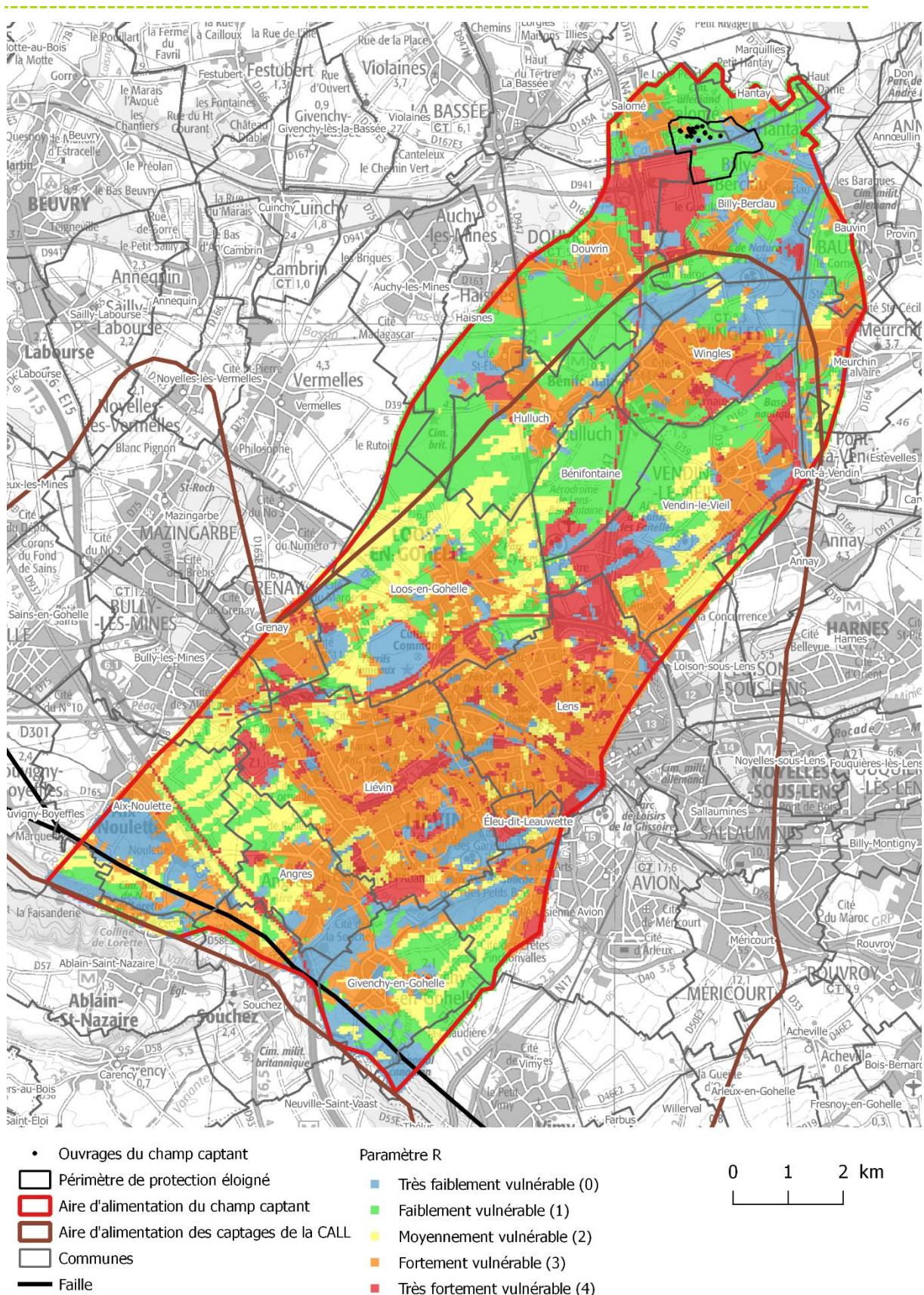


Figure 65 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

6.2.3 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 hautes eaux du BRGM 2001.

Les notes appliquées pour la vulnérabilité sont les suivantes :

Tableau 30 : 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	1819	4%
1	Faiblement vulnérable	30-50	3155	6,9%
2	Moyennement vulnérable	10-30	21494	46,7%
3	Fortement vulnérable	5-10	11780	25,6%
4	Très fortement vulnérable	<5	7800	16,9%

On observe que l'épaisseur de zone non saturée est moins importante et donc que la vulnérabilité est plus importante en allant des plateaux vers les vallées.

La vulnérabilité est très forte dans les vallées aux abords du captage, où la nappe se situe entre 0 et 5 m de profondeur lors des périodes de hautes eaux.

La nappe devient de plus en plus profonde et de moins en moins vulnérable en remontant sur le haut du bassin topographique.

L'aire d'alimentation est globalement moyennement vulnérable (47,4%) à fortement vulnérable (25,6%).

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

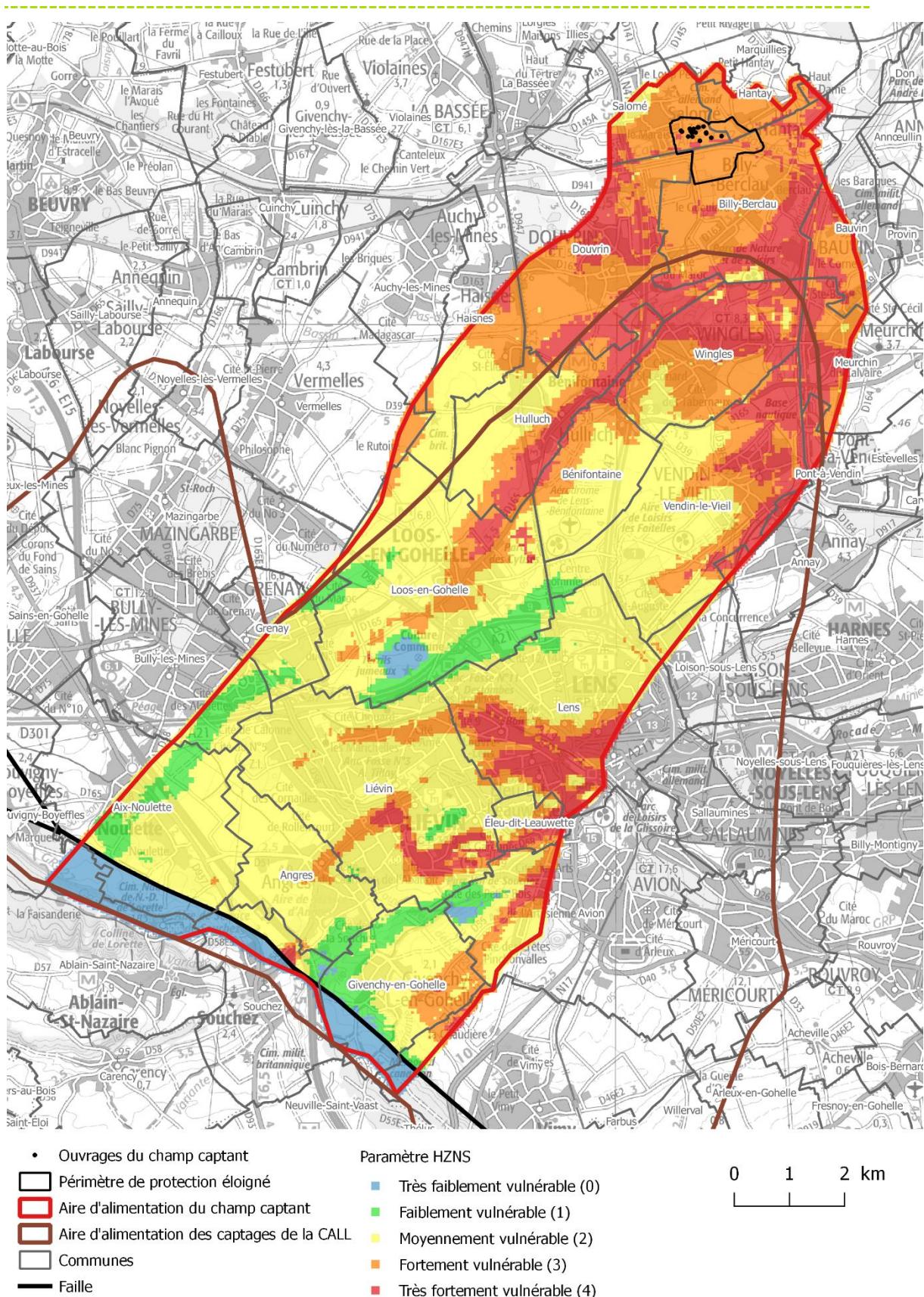


Figure 66 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

6.2.4 Paramètre (KZNS), perméabilité de la zone non saturée

Il s'agit de la perméabilité des terrains de recouvrement de la zone non saturée (limons de plateaux, colluvions argileuses). La présence de terrains argileux en tête de zone non saturée diminue fortement la vulnérabilité.

En fonction de la géologie connue, nous avons ainsi cartographié les formations superficielles (d'après la carte géologique). Les formations superficielles présentes sur l'aire d'alimentation du champ captant de Salomé sont en majorité des limons. Quand ces limons sont au contact de la craie la base de cette formation est alors très argileuse. Généralement peu épaisse, cette formation est de l'ordre du mètre.

A défaut de formations superficielles argileuses, nous avons considéré la perméabilité verticale de la Craie, la vulnérabilité est alors maximum.

Des lentilles de formation datant du Paléogène ont été identifiées sur l'aire d'alimentation des captages et elles ont été considérées comme ayant une forte perméabilité. Du fait de leur faible épaisseur, la vulnérabilité est alors maximum.

Des lentilles de formation datant du Paléogène ont été identifiées sur l'aire d'alimentation du champ captant et elles ont été considérées comme ayant une forte perméabilité. Du fait de leur faible épaisseur, la vulnérabilité est alors maximum.

Tableau 31 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité KZNS (m/s)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-8} > K$	1525	3,3%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-7} > K > 10^{-8}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-6} > K > 10^{-7}$	13935	30,3%
3	Fortement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-6}$	0	0%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-5}$	30588	66,4%

L'aire d'alimentation est majoritairement très fortement vulnérable (66,9%), ces zones sont représentées en rouge sur la carte et correspondent aux zones où la craie est affleurante.

Le reste de l'AAC est globalement moyennement vulnérable (31,8%) de par la présence des limons de plateaux peu épais.

La partie Sud très faiblement vulnérable représentée en bleu sur la carte correspond au bassin versant souterrain ne contribuant pas à l'alimentation des captages par infiltration.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

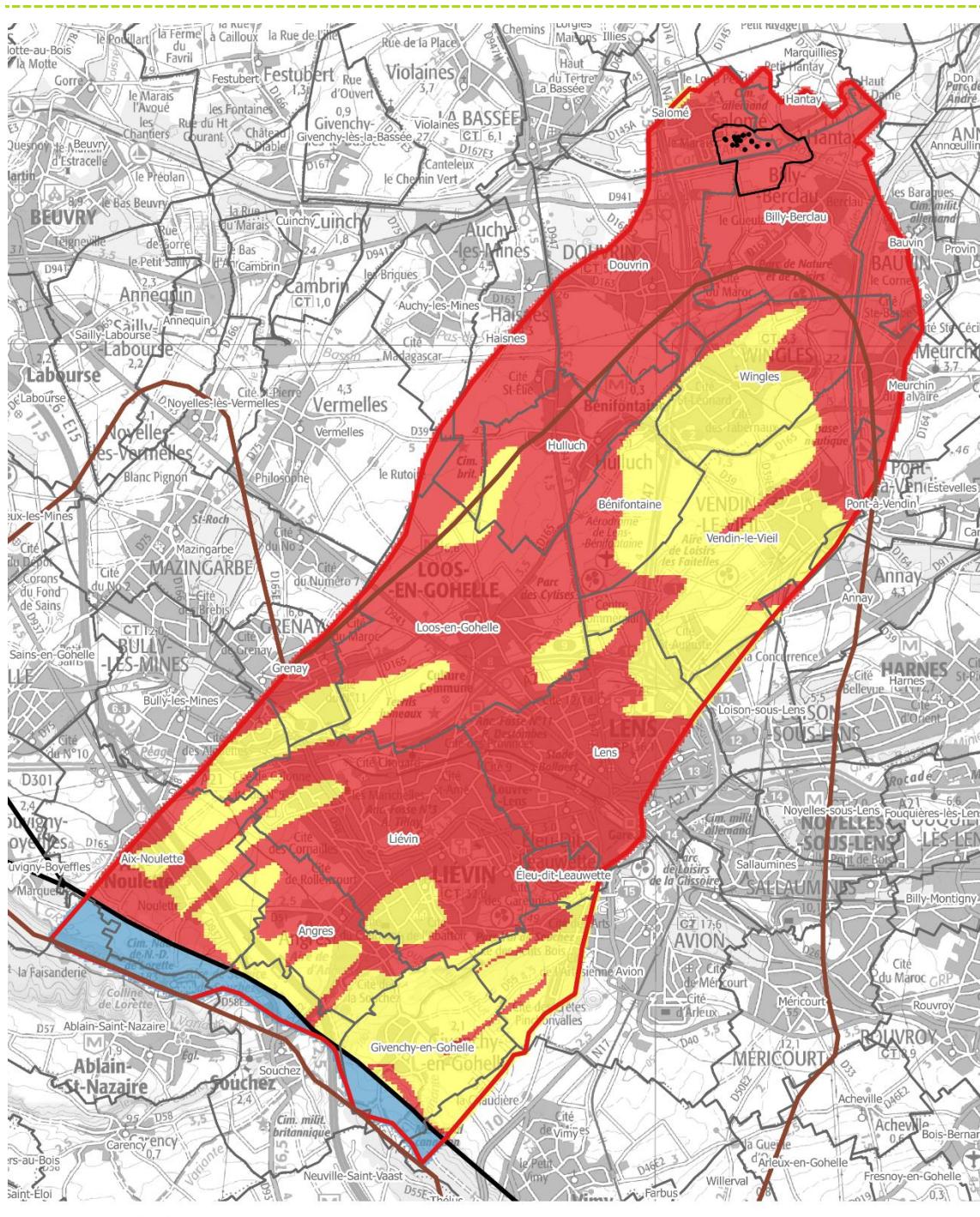


Figure 67 : Carte du paramètre KZNS, perméabilité de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

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

La perméabilité comporte des notes de vulnérabilité définies par la méthodologie BRGM pour les aquifères continus. Afin de donner plus de poids aux axes de drainage dans le calcul final de la vulnérabilité, le poids a cependant été légèrement augmenté par rapport aux préconisations BRGM.

Tableau 32 : 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	$10^{-7} > K$	1535	3,3%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$	14656	31,8%
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$	19717	42,8%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$	10140	22%

La perméabilité du bassin a pu être appréciée localement grâce aux données bibliographiques. Les valeurs sont plus faibles sous couverture protectrice.

Globalement, la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage pour ce paramètre est forte en raison de la craie affleurante.

La zone très faiblement vulnérable au Sud de la faille de Marqueffles représentée en bleu sur la carte correspond au bassin versant souterrain ne contribuant pas à l'alimentation du champ captant par infiltration.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

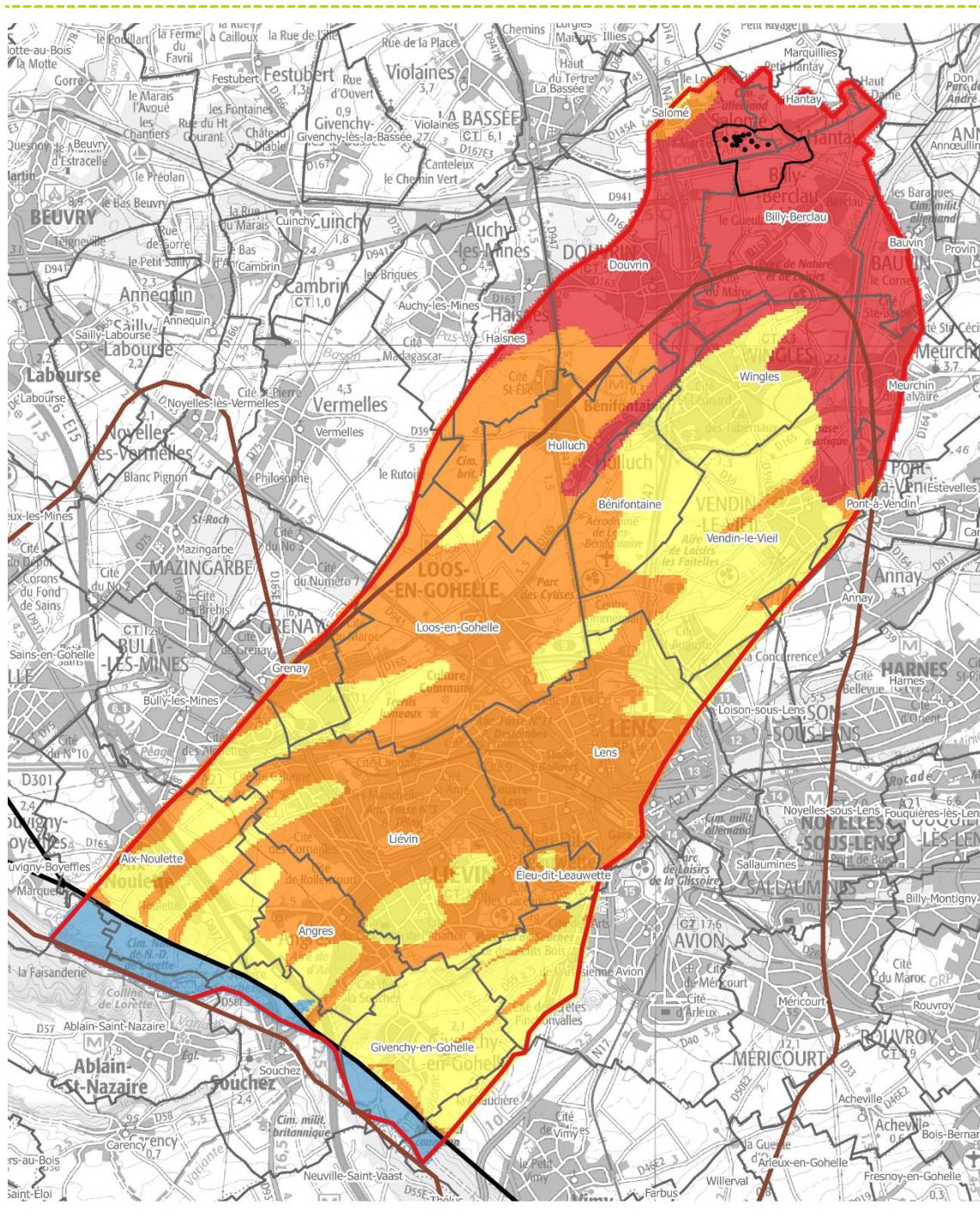


Figure 68 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)

6.3 Carte de vulnérabilité

6.3.1 Carte de vulnérabilité intrinsèque

La combinaison des cinq paramètres selon la pondération retenue permet de cartographier la vulnérabilité de la nappe de la craie sur l'aire d'alimentation globale des captages de Noréade.

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

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

Tableau 33 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque par aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0,79	937	2%
1	Faiblement vulnérable	0,8 - 1,59	3110	6,7%
2	Moyennement vulnérable	1,6 - 2,39	21440	46,6%
3	Fortement vulnérable	2,4 - 3,19	19759	42,9%
4	Très fortement vulnérable	3,2 - 4	802	1,7%

Il faut retenir que :

- 2 % de l'aire d'alimentation est très faiblement vulnérable.
- 6,7 % de l'aire d'alimentation est faiblement vulnérable.
- 46,6 % de l'aire d'alimentation est moyennement vulnérable.
- 42,9 % de l'aire d'alimentation est fortement vulnérable.
- 1,7 % de l'aire d'alimentation est très fortement vulnérable.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

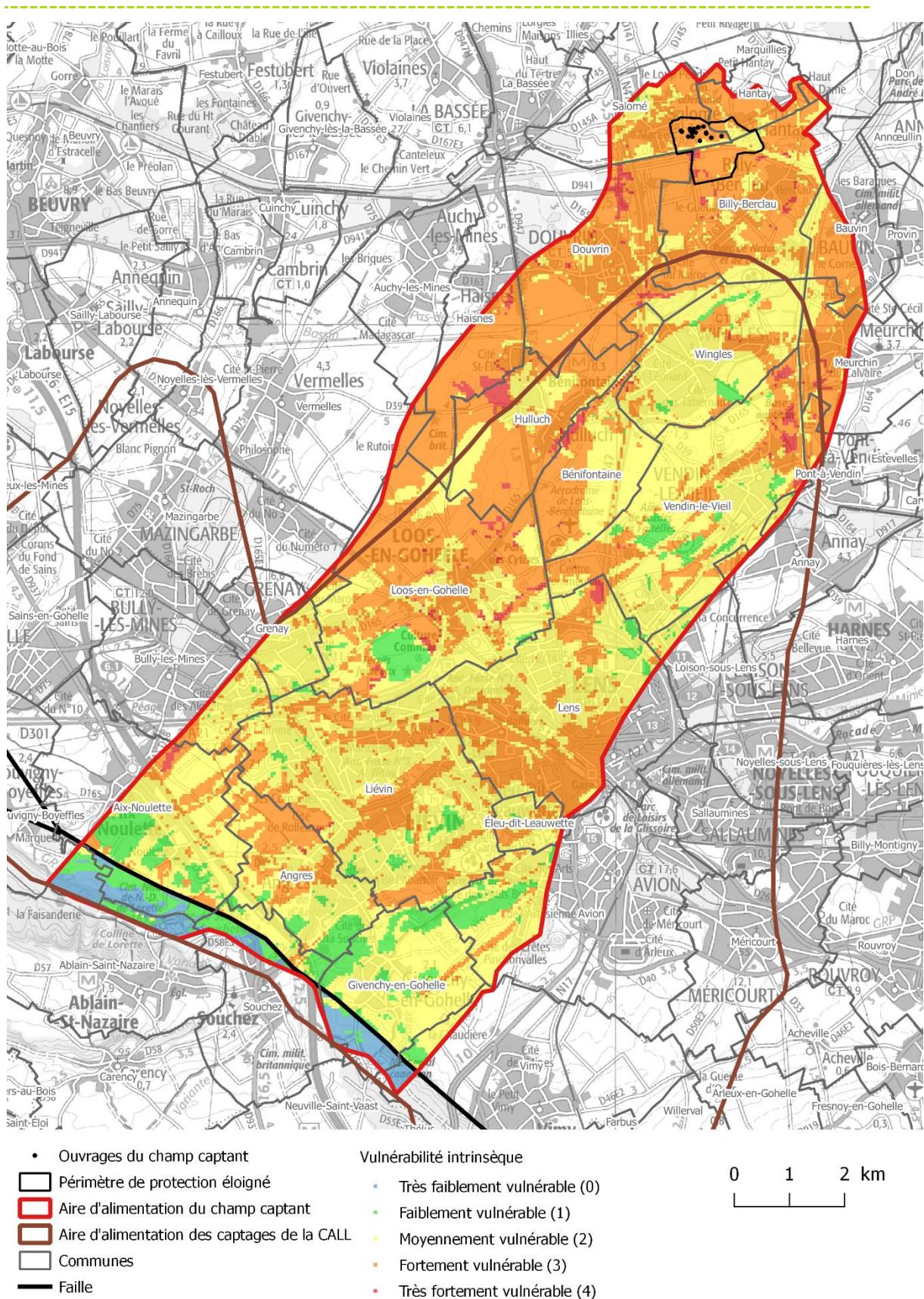


Figure 69 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque (Suez Consulting, 2017)

6.3.1 Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée

Nous recommandons de réfléchir à une lecture complémentaire de l'indice de vulnérabilité et de sa carte :

- une carte de vulnérabilité intrinsèque globale "simplifiée" ne retenant que les 2 classes les plus vulnérables et les zones de taille significative.
- une carte de vulnérabilité intrinsèque indiquant l'occupation des sols.
- une carte de vulnérabilité intrinsèque indiquant le mode de circulation majoritaire, ruissellement ou infiltration.

Cette carte simplifiée est construite de la manière suivante :

- La sélection des mailles de classes de fortement vulnérables et très fortement vulnérables, considérées comme vulnérables.
- La création d'une zone tampon de largeur 25,5 m autour de la sélection.
- Le classement des polygones ainsi obtenus par surface croissante.
- Le filtrage sélection des surfaces supérieures à 10 ha, représentant plus 3 500 ha (soit plus 88% des zones vulnérables (indice de vulnérabilité fortement vulnérable et très fortement vulnérable).

Nous renouvelons ici nos alertes au comité de pilotage concernant la lecture de la carte de vulnérabilité intrinsèque.

La carte de vulnérabilité intrinsèque, moyennant 5 critères, ne peut pas représenter un outil pertinent de pilotage du diagnostic territorial multi pressions et du programme d'actions.

La carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée est l'illustration d'une lecture simplificatrice qui tend à ne pas prendre en compte des secteurs moins vulnérables mais à enjeux pour les captages en se concentrant uniquement sur les zones les plus vulnérables.

En termes de communication, elles ne peuvent pas représenter un support adapté pour travailler avec les acteurs locaux concernés sur l'enjeu de reconquête de la qualité des eaux de la ressource.

Nous préconisons au comité de pilotage de ne pas retenir cette carte pour les réflexions à venir.

Nous préconisons l'utilisation combinée des cartes des temps de transfert, de la sensibilité au ruissellement et de la sensibilité au lessivage qui sont présentées au chapitre 6.4.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59)

Etude des aires d'alimentation de captage

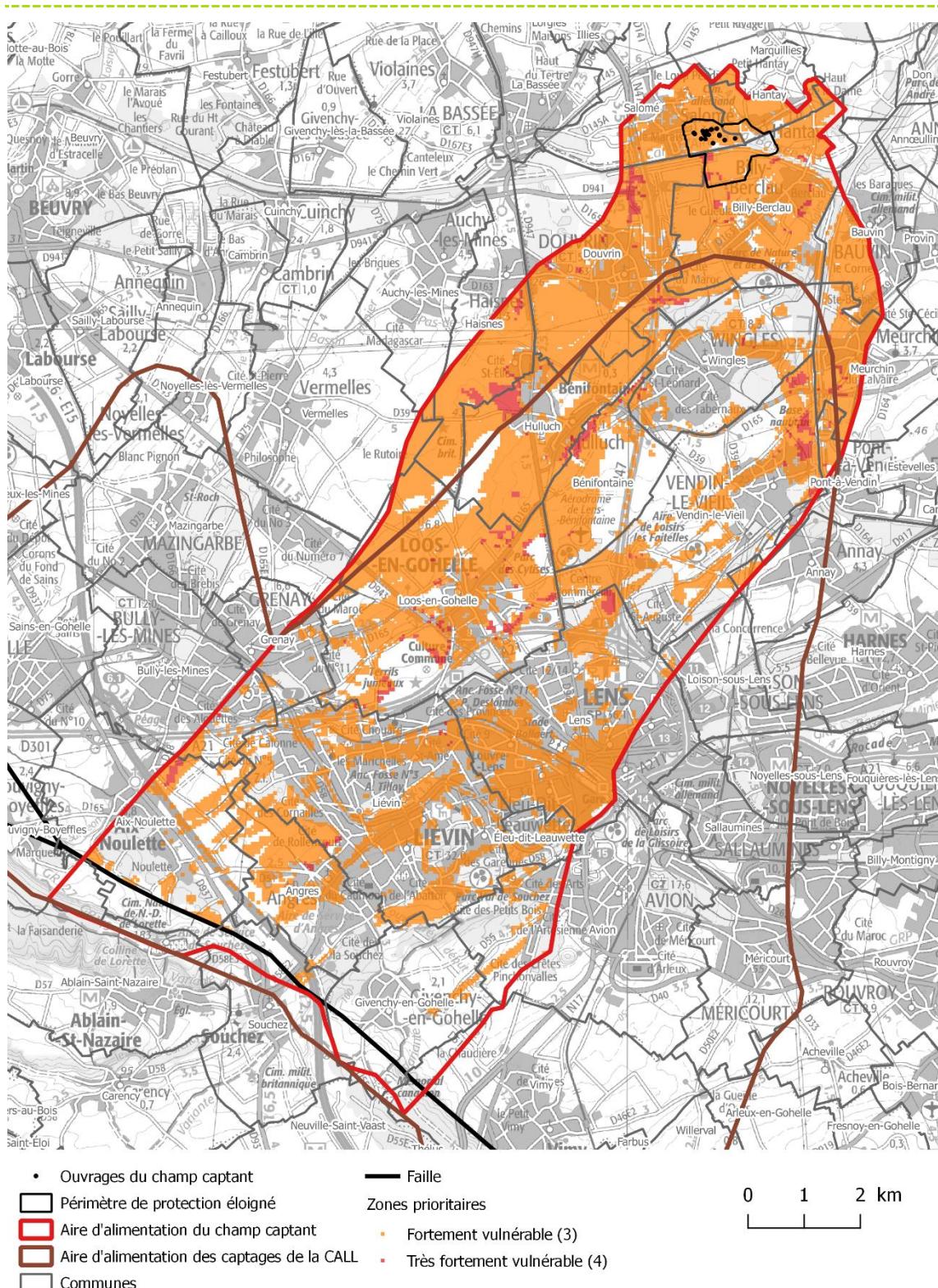


Figure 70 : Carte de la vulnérabilité simplifiée (Suez Consulting, 2016)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

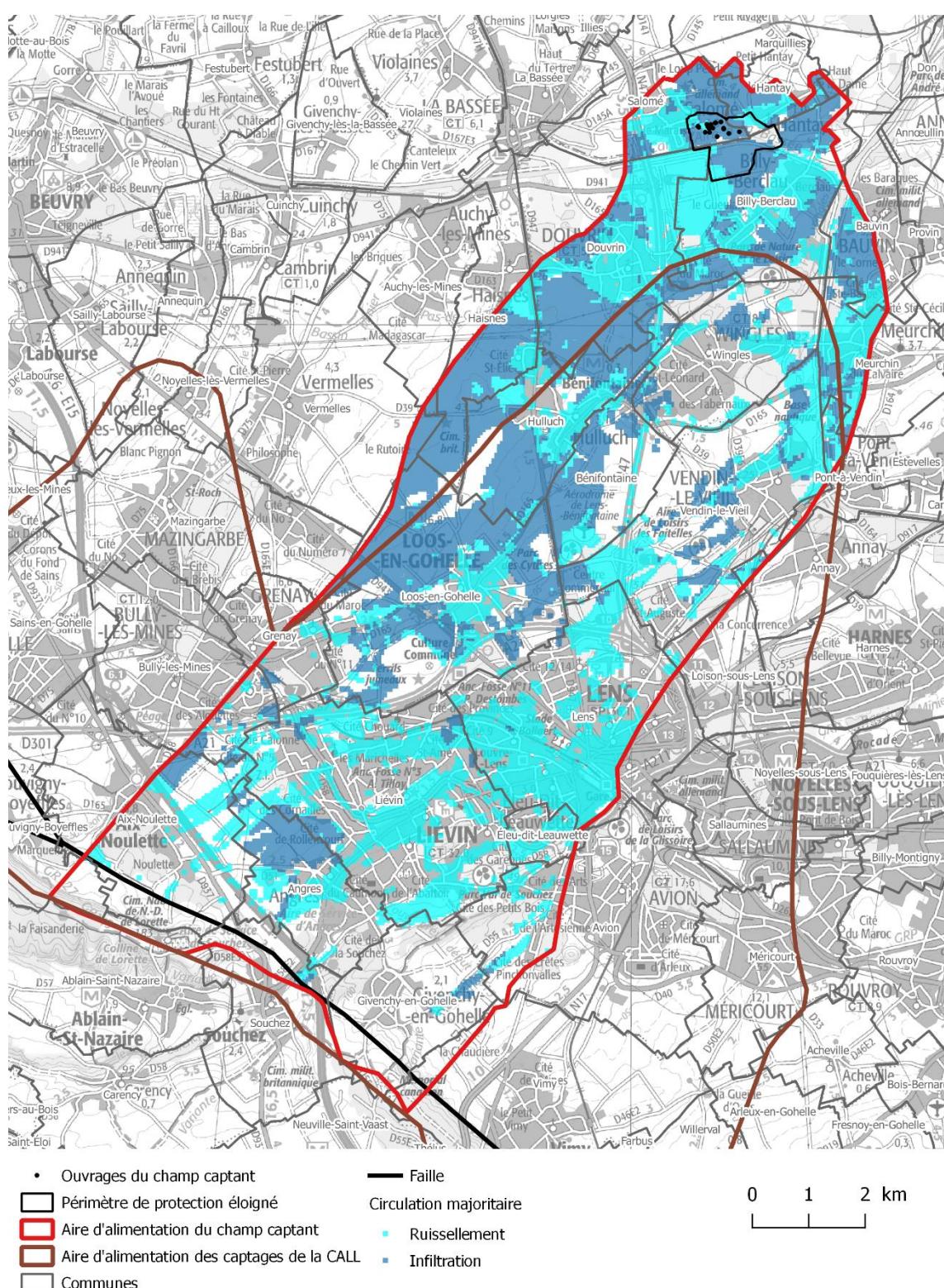


Figure 71 : Carte du mode de circulation majoritaire, ruissellement ou infiltration (Suez Consulting, 2016)

6.4 Carte des temps de transfert

Cette carte a pour but de représenter l'inertie du système de la zone non saturée en tout point de l'aire d'alimentation. C'est à dire de quantifier les temps de transfert des solutés entre la surface et la nappe. Elle permet de distinguer des secteurs pour lesquels le renouvellement est très rapide, donc l'inertie faible. Ces secteurs garantiraient des retours de résultats rapides si des actions de limitation d'intrants étaient en premier lieu appliquées au droit de ces zones.

Cette notion de temps de transfert sera obtenue par le rapport de l'épaisseur de la zone non saturée par la vitesse de migration verticale des nitrates.

$$\text{Temps de transfert (an)} = \text{épaisseur ZNS (m)} / \text{vitesse moyenne nitrates (m/an)}$$

Nous avons pris parti de :

- De négliger le temps de transfert en zone saturée étant donné que celui-ci est minime devant le délai de transit au sein des horizons non saturés.
- De simplifier le paramètre de vitesse de migration des nitrates dans le sous-sol.

Les données utilisées sont issues des travaux réalisés dans le cadre de la thèse de doctorat *Contribution à l'étude de la migration des nitrates dans le sol et la zone non saturée de la nappe de la craie dans le nord de la France* (Lacherez-Bastin, 2005).

La vitesse moyenne évolue essentiellement en fonction de l'épaisseur et du type de recouvrement en zone non saturée :

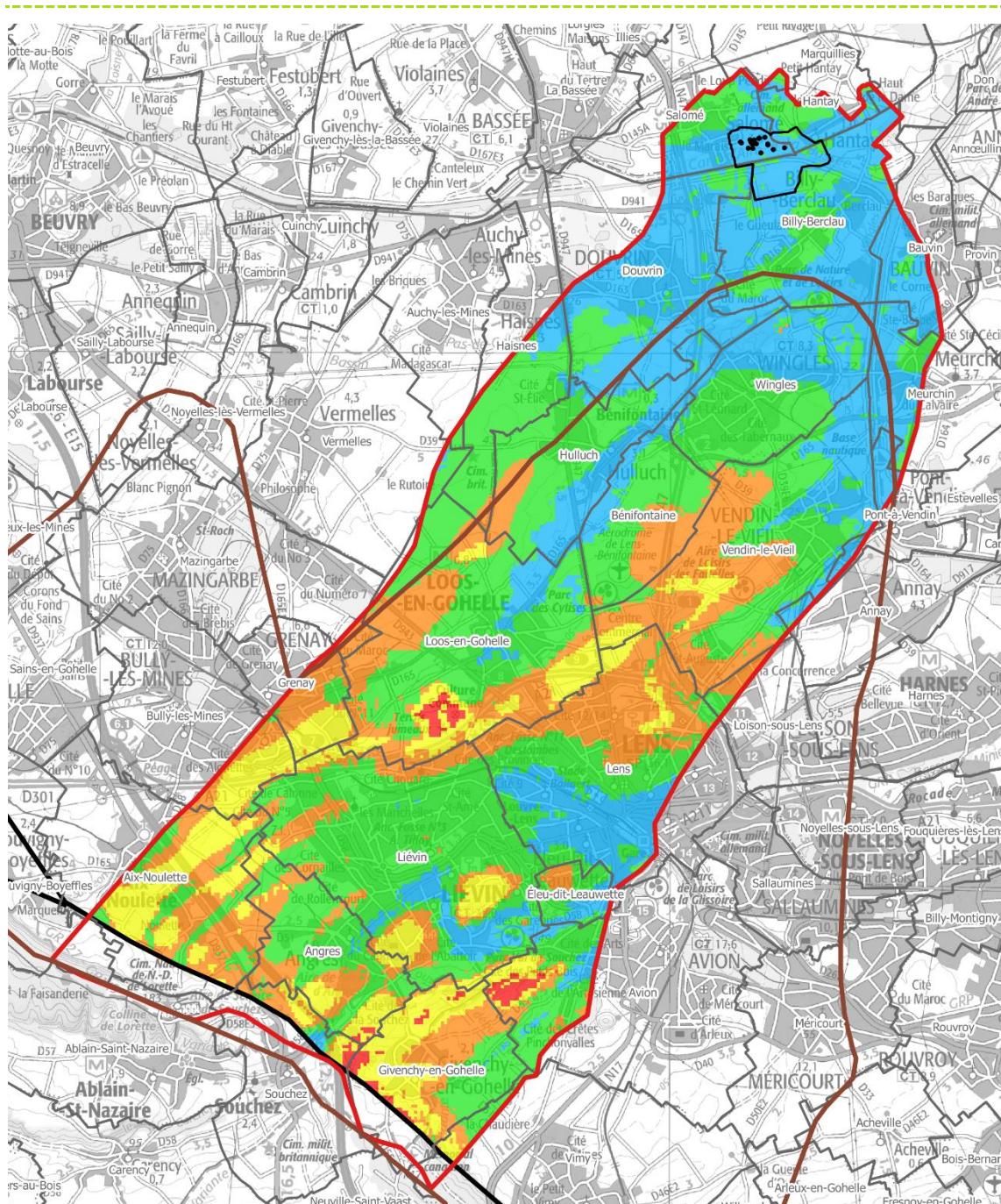
- En recouvrement argileux, la vitesse moyenne de migration de la pollution azotée est de l'ordre de 0.5 m/an.
- En recouvrement limoneux, la vitesse moyenne est de l'ordre de 0.8 à 1 m/an.
- En recouvrement sableux, on atteint des vitesses de 1.25 m/an.
- Dans la craie elle-même, la vitesse est estimée entre 1 et 2 m/an selon la perméabilité.

Sur les zones où la craie est affleurante, la vitesse moyenne de migration dans la craie a été appliquée, soit 1,5 m/an.

Sur les surfaces à recouvrement limoneux, une vitesse moyenne de 0.9 m/an a été appliquée.

Aucun temps de transfert n'a été calculé pour la partie de l'aire d'alimentation située au Sud de la faille, celle-ci contribuant à l'alimentation du champ captant uniquement par ruissellement.

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage



- Ouvrages du champ captant

■ Périmètre de protection éloigné

■ Aire d'alimentation du champ captant

■ Aire d'alimentation des captages de la CALL

■ Communes

— Faille

- Temps de transfert

■ < 5 ans

■ 5 - 15 ans

■ 15 à 25 ans

■ 25 à 50 ans

■ > 50 ans

0 1 2 km

Figure 72 : Temps de transfert dans la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

Champ captant de 17 forages situés sur la commune de Salomé (59) Etude des aires d'alimentation de captage

7 CONCLUSION

L'aire d'alimentation du champ captant de Salomé représente une surface de 115 km² dont 91 km² en commun avec l'aire d'alimentation des captages de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin.

Cette aire d'alimentation contient d'autres captages destinés à l'alimentation en eau potable localisés sur la carte suivante.

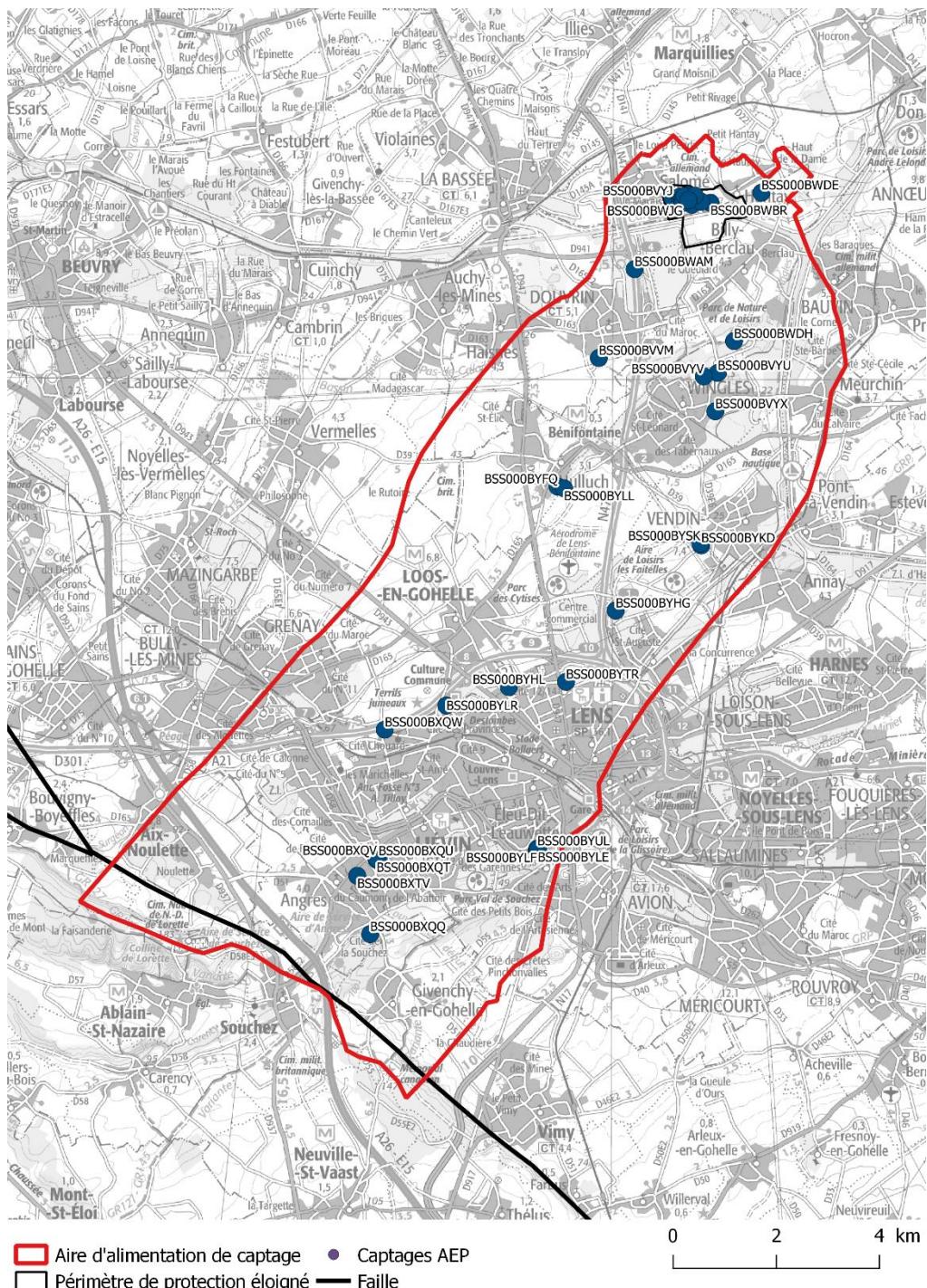


Figure 73 : Captages AEP présents sur l'aire d'alimentation du champ captant

ANNEXE 1

SONDAGES PEDOLOGIQUES

| ID | X | Y | L | E | C | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | C19 | C20 | C21 | C22 | C23 | C24 | C25 | C26 | C27 | C28 | C29 | C30 | C31 | C32 | C33 | C34 | C35 | C36 | C37 | C38 | C39 | C40 | C41 | C42 | C43 | C44 | C45 | C46 | C47 | C48 | C49 | C50 | C51 | C52 | C53 | C54 | C55 | C56 | C57 | C58 | C59 | C60 | C61 | C62 | C63 | C64 | C65 | C66 | C67 | C68 | C69 | C70 | C71 | C72 | C73 | C74 | C75 | C76 | C77 | C78 | C79 | C80 | C81 | C82 | C83 | C84 | C85 | C86 | C87 | C88 | C89 | C90 | C91 | C92 | C93 | C94 | C95 | C96 | C97 | C98 | C99 | C100 | C101 | C102 | C103 | C104 | C105 | C106 | C107 | C108 | C109 | C110 | C111 | C112 | C113 | C114 | C115 | C116 | C117 | C118 | C119 | C120 | C121 | C122 | C123 | C124 | C125 | C126 | C127 | C128 | C129 | C130 | C131 | C132 | C133 | C134 | C135 | C136 | C137 | C138 | C139 | C140 | C141 | C142 | C143 | C144 | C145 | C146 | C147 | C148 | C149 | C150 | C151 | C152 | C153 | C154 | C155 | C156 | C157 | C158 | C159 | C160 | C161 | C162 | C163 | C164 | C165 | C166 | C167 | C168 | C169 | C170 | C171 | C172 | C173 | C174 | C175 | C176 | C177 | C178 | C179 | C180 | C181 | C182 | C183 | C184 | C185 | C186 | C187 | C188 | C189 | C190 | C191 | C192 | C193 | C194 | C195 | C196 | C197 | C198 | C199 | C200 | C201 | C202 | C203 | C204 | C205 | C206 | C207 | C208 | C209 | C210 | C211 | C212 | C213 | C214 | C215 | C216 | C217 | C218 | C219 | C220 | C221 | C222 | C223 | C224 | C225 | C226 | C227 | C228 | C229 | C230 | C231 | C232 | C233 | C234 | C235 | C236 | C237 | C238 | C239 | C240 | C241 | C242 | C243 | C244 | C245 | C246 | C247 | C248 | C249 | C250 | C251 | C252 | C253 | C254 | C255 | C256 | C257 | C258 | C259 | C260 | C261 | C262 | C263 | C264 | C265 | C266 | C267 | C268 | C269 | C270 | C271 | C272 | C273 | C274 | C275 | C276 | C277 | C278 | C279 | C280 | C281 | C282 | C283 | C284 | C285 | C286 | C287 | C288 | C289 | C290 | C291 | C292 | C293 | C294 | C295 | C296 | C297 | C298 | C299 | C300 | C301 | C302 | C303 | C304 | C305 | C306 | C307 | C308 | C309 | C310 | C311 | C312 | C313 | C314 | C315 | C316 | C317 | C318 | C319 | C320 | C321 | C322 | C323 | C324 | C325 | C326 | C327 | C328 | C329 | C330 | C331 | C332 | C333 | C334 | C335 | C336 | C337 | C338 | C339 | C340 | C341 | C342 | C343 | C344 | C345 | C346 | C347 | C348 | C349 | C350 | C351 | C352 | C353 | C354 | C355 | C356 | C357 | C358 | C359 | C360 | C361 | C362 | C363 | C364 | C365 | C366 | C367 | C368 | C369 | C370 | C371 | C372 | C373 | C374 | C375 | C376 | C377 | C378 | C379 | C380 | C381 | C382 | C383 | C384 | C385 | C386 | C387 | C388 | C389 | C390 | C391 | C392 | C393 | C394 | C395 | C396 | C397 | C398 | C399 | C400 | C401 | C402 | C403 | C404 | C405 | C406 | C407 | C408 | C409 | C410 | C411 | C412 | C413 | C414 | C415 | C416 | C417 | C418 | C419 | C420 | C421 | C422 | C423 | C424 | C425 | C426 | C427 | C428 | C429 | C430 | C431 | C432 | C433 | C434 | C435 | C436 | C437 | C438 | C439 | C440 | C441 | C442 | C443 | C444 | C445 | C446 | C447 | C448 | C449 | C450 | C451 | C452 | C453 | C454 | C455 | C456 | C457 | C458 | C459 | C460 | C461 | C462 | C463 | C464 | C465 | C466 | C467 | C468 | C469 | C470 | C471 | C472 | C473 | C474 | C475 | C476 | C477 | C478 | C479 | C480 | C481 | C482 | C483 | C484 | C485 | C486 | C487 | C488 | C489 | C490 | C491 | C492 | C493 | C494 | C495 | C496 | C497 | C498 | C499 | C500 | C501 | C502 | C503 | C504 | C505 | C506 | C507 | C508 | C509 | C510 | C511 | C512 | C513 | C514 | C515 | C516 | C517 | C518 | C519 | C520 | C521 | C522 | C523 | C524 | C525 | C526 | C527 | C528 | C529 | C530 | C531 | C532 | C533 | C534 | C535 | C536 | C537 | C538 | C539 | C540 | C541 | C542 | C543 | C544 | C545 | C546 | C547 | C548 | C549 | C550 | C551 | C552 | C553 | C554 | C555 | C556 | C557 | C558 | C559 | C560 | C561 | C562 | C563 | C564 | C565 | C566 | C567 | C568 | C569 | C570 | C571 | C572 | C573 | C574 | C575 | C576 | C577 | C578 | C579 | C580 | C581 | C582 | C583 | C584 | C585 | C586 | C587 | C588 | C589 | C590 | C591 | C592 | C593 | C594 | C595 | C596 | C597 | C598 | C599 | C599 | C600 | C601 | C602 | C603 | C604 | C605 | C606 | C607 | C608 | C609 | C610 | C611 | C612 | C613 | C614 | C615 | C616 | C617 | C618 | C619 | C620 | C621 | C622 | C623 | C624 | C625 | C626 | C627 | C628 | C629 | C630 | C631 | C632 | C633 | C634 | C635 | C636 | C637 | C638 | C639 | C640 | C641 | C642 | C643 | C644 | C645 | C646 | C647 | C648 | C649 | C650 |<
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Notice de lecture des données pédologiques

Liste des informations fournies dans le fichier

Nom du champ	paragraphe
ID_SONDAGE	A.1.
X_L93	A.2.
Y_L93	
EFFERVESCENCE	A.3.
PROFONDEUR	
NATURE OBSTACLE	
PROFONDEUR	A.4.
APPARITION OBSTACLE	
HYDROMOR_1	
HYDROMOR_2	A.5.
HYDROMOR_3	
HYDROMOR_4	
C1_TEXTURE	B.1.
C1_EG1	
C1_NOM_EG1	
C1_TAILLE_	B.2.
C1_EG2	
C1_NOM_EG2	
C1_TAILLE1	
C2_PROFOND	B.3.
C2_TEXTURE	B.1.
C2_EG1	
C2_NOM_EG1	
C2_TAILLE_	B.2.
C2_EG2	
C2_NOM_EG2	
C2_TAILLE1	
C3_PROFOND	B.3.
C3_TEXTURE	B.1.
C3_EG1	
C3_NOM_EG1	
C3_TAILLE_	B.2.
C3_EG2	
C3_NOM_EG2	
C3_TAILLE1	
C4_PROFOND	B.3.

C4_TEXTURE	B.1.
C4_EG1	
C4_NOM_EG1	
C4_TAILLE_	B.2.
C4_EG2	
C4_NOM_EG2	
C4_TAILLE1	
C5_PROFOND	B.3.
C5_TEXTURE	B.1.
C5_EG1	
C5_NOM_EG1	
C5_TAILLE_	B.2.
C5_EG2	
C5_NOM_EG2	
C5_TAILLE1	
C6_PROFOND	B.3.
C6_TEXTURE	B.1.
C6_EG1	
C6_NOM_EG1	
C6_TAILLE_	B.2.
C6_EG2	
C6_NOM_EG2	
C6_TAILLE1	
LOGTEX	C.1
LOGHD	C.2

A . Données générales

A.1. ID_SONDAGE

Référence de la donnée qui correspond à un identifiant numérique de 1 à 200.

A.2. Coordonnées Lambert 93

Les coordonnées sont exprimées dans la projection conique conforme Lambert 93 (RGF93).

A.3. Effervescence à HCl et profondeur d'apparition de l'effervescence

Il s'agit dans un premier temps de préciser si une effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl) apparaît ou non sur tout ou une partie du profil de sol.

- oui = présence d'une effervescence
- non = pas d'effervescence

La profondeur d'apparition de l'effervescence est exprimée en cm.

A.4. Substrat ou obstacle et Profondeur d'apparition

L'apparition d'un substrat rocheux ou de tout autre obstacle à la progression de la prospection est saisie selon le menu suivant. La profondeur d'apparition de l'obstacle est également renseignée (cm).

A.5. Hydromorphie

La présence ou non de signes d'engorgement temporaire ou permanent est précisée. Sont ensuite indiquées la profondeur d'apparition de ces signes d'engorgement, ainsi que leur intensité :

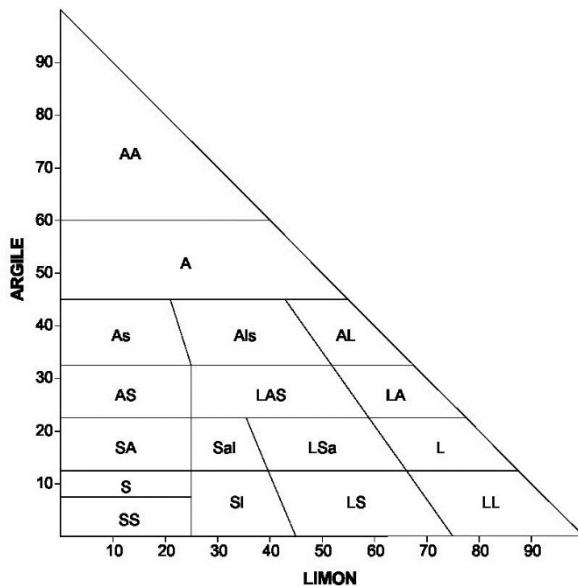
- Hyd. (g) renseigne sur la profondeur d'apparition de signes d'engorgement peu nets
- Hyd g renseigne sur la profondeur d'apparition de signes d'engorgement nets
- Hyd. Go correspond à la profondeur d'apparition d'un gley oxydé
- Hyd. Gr correspond à la profondeur d'apparition d'un gley réduit

B. Renseignement des différents horizons

Les paramètres suivants sont renseignés pour chaque horizon de sol avec un maximum de 6 horizons renseignés (C1 à C6).

B.1. Texture

Les classes de textures sont définies selon le triangle de texture GEPPA à 17 classes (1963) ci-dessous :



D'autre indication peuvent être saisie selon les matériaux rencontrés : tourbe, tuff

B.2. Pourcentages, noms et tailles des éléments grossiers (EG)

Deux types d'éléments grossiers sont prévus : EG1 et EG 2 (en présence de plus de deux types d'éléments grossiers, seuls les deux dominants sont saisis).

% EG : pourcentage en éléments grossiers

Nom EG = Nature des éléments grossiers précisée selon le menu suivant :

nature	abréviation
craie	Cr
silex	\$x
marne	marn
grès	gr

Taille des éléments grossiers : il peut ici s'agir de graviers et/ou de cailloux

- 2mm < Graviers < 20mm
- 20mm < Cailloux

B.4. Profondeur d'apparition

A partir de l'horizon n°2, et pour tous les horizons sous-jacents, la profondeur d'apparition de l'horizon (cm) est indiquée.

C . Données synthétiques

Sur le logiciel SIG, afin de pourvoir réaliser des cartes avec le maximum d'information, les caractéristiques détaillées ci-dessus sont synthétisées sous forme de LOG.

C.1. LOGTEX

Ceci correspond aux informations concernant les textures et leur profondeur d'apparition, l'effervescence à HCl, et la présence des principaux éléments grossiers.

Le LOGTEX est construit selon le schéma suivant

- 1 à 3 Lettres indiquant la texture
- * = horizon effervescent à HCl (* absent = horizon non effervescent)
- 2 lettres indiquant la présence du principal type d'élément grossier (absence = pas d'EG)
- / = séparation pour passer à l'horizon sous jacent, suivie de la profondeur d'apparition de cet horizon

exemple : L*\$x/20AL*\$x/60\$x

Il s'agit ici d'un horizon de surface limoneux (L) effervescent (*) avec présence de silex (\$x), dont le second horizon, qui apparaît à 20cm, est constitué d'une argile limoneuse (AL) effervescente avec des silex. Le sondage a été arrêté à une profondeur de 60cm pour cause de blocage sur des silex.

Sans indication de fin de sondage, tous se finissent par défaut à 120cm

C.2. LOGHYD

Ceci correspond aux informations concernant les traces d'hydromorphie et leur profondeur d'apparition.

L'absence d'information (.) indique la non présence d'hydromorphie.

La présence de trace d'hydromorphie est indiquée du type ((g), g, Go, Gr) suivi de la profondeur d'apparition exprimée en cm.