

Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque

Février 2010 - A 56562 / A

SYNDICAT MIXTE D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT DE LA REGION D'EU

**81 rue Paul Bignon
BP 06
76260 EU**



ADASEA de Seine Maritime

**Cité de l'Agriculture - Immeuble USA – BP 50
76 232 Bois Guillaume Cedex
Tél : 02.35.12.50.90 - Fax : 02.35.60.02.77**



Agence Paris Centre Normandie

**Eau
Implantation de Rouen
Horizon 2000 – Mach 5, Avenue des Hauts Grigneux 76420 Bihorel
Tél. : 02 32 76 69 60 - Fax : 02 32 76 69 63**

Sommaire

	Pages
1. INTRODUCTION.....	5
2. ANALYSE DES MODES D'ALIMENTATION DES CAPTAGES.....	6
2.1. GEOMORPHOLOGIE	6
2.2. GEOLOGIE	7
2.2.1. Contexte régional	7
2.2.2. Lithologie	8
2.2.3. Aspect structural et tectonique	11
2.3. HYDROGEOLOGIE.....	13
2.3.1. Détermination des niveaux aquifères.....	13
2.3.2. Alimentation de la nappe de la Craie.....	14
2.3.3. Ecoulement de la nappe de la Craie	14
2.3.4. Piézométrie de la nappe de la Craie	16
2.3.5. Bassin versant hydrogéologique	18
2.3.6. Relation nappe-rivière.....	22
2.3.7. Incidence de l'exploitation sur les zones humides	28
2.3.8. Qualité des eaux souterraines	28
2.3.9. Opérations de traçage.....	32
2.3.10. Indices karstiques de surface	32
2.4. PEDOLOGIE	34
2.4.1. Typologie des sols	34
2.4.2. Sensibilité des sols à l'érosion	39
3. DETERMINATION DU BASSIN D'ALIMENTATION DES CAPTAGES	40
3.1. DEFINITION	40
3.2. APPLICATION AUX CAPTAGES DU SYNDICAT	40
3.2.1. Portion de nappe alimentant les captages AEP	40
3.2.2. Autres zones de surface participant à l'alimentation de l'aquifère capté par les ouvrages AEP du Syndicat.....	41
3.2.3. Cartographie des bassins d'alimentation des captages	42
3.3. COMPARAISON AVEC LE CALCUL DU BILAN HYDRIQUE	43
3.3.1. Principe du bilan.....	43
3.3.2. Calcul du bilan hydrique pour les captages du Syndicat.....	46
3.3.3. Conclusion sur la délimitation du bassin d'alimentation des captages du Syndicat	49
4. EVALUATION DE LA VULNERABILITE INTRINSEQUE DU BASSIN D'ALIMENTATION DES CAPTAGES.....	51
4.1. FACTEURS DE VULNERABILITE INTRINSEQUE.....	51
4.1.1. L'état de la nappe.....	51
4.1.2. Les variations piézométriques.....	51
4.1.3. La perméabilité et l'épaisseur des formations superficielles	52
4.1.4. La géologie structurale	52

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

4.1.5. L'épaisseur de la zone non saturée de l'aquifère.....	53
4.1.6. L'épaisseur de la zone saturée de l'aquifère.....	53
4.1.7. La topographie	53
4.1.8. Les points d'infiltration rapide.....	54
4.2. HIERARCHISATION DES FACTEURS DE VULNERABILITE.....	54
4.3. APPLICATION AU BASSIN D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DU SYNDICAT	57
5. SYNTHÈSE ET CONCLUSION	60

Liste des figures

Figure 1 : Piézométrie de la nappe de la Craie en zone de vallée – piézomètre de contrôle de Beauchamps n°00442X0050/P4, alt. +30 m NGF (données BRGM)	17
Figure 2 : Piézométrie de la nappe de la Craie en zone de plateau – piézomètre de contrôle de Melleville n°00441X0007/P, alt. +167 m NGF (données BRGM)	17
Figure 3 : Interprétation des courbes rabattement-temps à l'issue d'un pompage d'essai	23
Figure 4 : Evolution d'une bétoire au cours du temps (<i>d'après AREHN, mai 2003</i>)	32
Figure 5 : Délimitation du bassin d'alimentation d'un captage dans le cas d'un aquifère libre (<i>d'après BRGM, 2007</i>).....	41
Figure 6 : Bilan hydrique dans le secteur de Criel-sur-Mer	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant hydrologique des captages.....	7
Tableau 2 : Fonctionnement des pompes au captage de Villy-sur-Yères durant la journée du 24/10/2009	24
Tableau 3 : Fonctionnement des pompes au captage de Touffreville-sur-Eu durant la journée du 28/10/2009	26
Tableau 4 : Fonctionnement des pompes au captage de Criel-sur-Mer durant la journée du 18/10/2009	27
Tableau 5 : Typologie des sols dans le bassin versant des captages.....	35
Tableau 6 : Calcul théorique du bilan hydrique dans la région de Criel-sur-Mer .	46
Tableau 7 : Comparaison de la surface des BAC selon les modes de calcul.....	50
Tableau 8 : Hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère crayeux.....	56

Liste des annexes

Annexe 1 : Géomorphologie

- Annexe 1-1 : cartographie du bassin versant hydrologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Annexe 2 : Géologie

- Annexe 2-1 : cartographie du contexte géologique régional
- Annexe 2-2 : coupes géologiques recoupant les captages AEP
- Annexe 2-3 : cartographies de la géologie structurale régionale éditées par la Compagnie Générale de Géophysique

Annexe 3 : Hydrogéologie

- Annexe 3-1 : cartographie des épaisseurs de Craie sèche éditée par la Compagnie Générale de Géophysique
- Annexe 3-2 : cartographie des épaisseurs de Craie mouillée éditée par la Compagnie Générale de Géophysique
- Annexe 3-3 : cartographies des isopièzes de basses et hautes eaux de la nappe de la Craie éditées par la Compagnie Générale de Géophysique et du bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
- Annexe 3-4 : cartographies des isopièzes de moyennes eaux d'après l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime édité par le BRGM et du bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
- Annexe 3-5 : cartographies des isochrones 50 jours aux captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
- Annexe 3-6 : courbes du suivi du niveau de la nappe sur la période du 09/10 au 02/11/2009 et courbes d'interprétation des suivis de nappe réalisés sur les captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
- Annexe 3-7 : captages d'eau recensés à la Banque de Données du Sous-Sol

Annexe 4 : Pédologie

- Annexe 4-1 : cartographies des sols sur le bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
- Annexe 4-2 : fiches descriptives des quelques sondages pédologiques réalisés en 2009 par Alise dans le cadre de l'étude d'inventaire, localisation, caractérisation et orientation de gestion des zones humides du lit majeur de l'Yères
- Annexe 4-3 : cartographies de l'aléa érosion sur le bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

Annexe 5 : Vulnérabilité intrinsèque

- Annexe 5-1 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « variations piézométriques »
- Annexe 5-2 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « pédologie »
- Annexe 5-3 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la formation résiduelle à silex »
- Annexe 5-4 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « géologie structurale »
- Annexe 5-5 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la zone non saturée »
- Annexe 5-6 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la zone saturée »
- Annexe 5-7 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le « critère topographie »
- Annexe 5-8 : cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

1. Introduction

La directive européenne 2000/30/CE établit un cadre politique communautaire fixant des objectifs de reconquête de la qualité de la ressource en eau destinée à l'alimentation humaine. Les Etats membres doivent ainsi assurer la protection des captages afin de prévenir la détérioration de leur qualité et réduire le degré de traitement nécessaire à la production d'eau potable, et peuvent à cette fin établir des zones de sauvegarde des captages.

Cette directive a été traduite en droit français par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006. Le décret 2007-882 du 14 mai 2007 relatif « aux zones soumises à certaines contraintes environnementales » (articles R.114-1 à R.114-10 du Code Rural), renforce les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection quantitative et qualitative des aires d'alimentation des captages (AAC), visant notamment à lutter contre les pollutions diffuses.

Dans un cadre de protection préventive de la qualité de ses points d'eau, le Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement (SMEA) de la Région d'Eu a lancé l'étude de protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer. En effet, les conditions d'occupation des sols sur les bassins versants sont susceptibles de soumettre ces ouvrages à des pollutions chroniques et diffuses, notamment par les phyto-sanitaires et les intrants azotés, mais aussi à des pollutions ponctuelles et accidentelles.

Les objectifs de l'étude de protection des captages sont :

- en phase 1 : l'analyse de l'état technique actuel des captages,
- en phase 2 :
 - o l'analyse des modes d'alimentation des captages,
 - o la définition du bassin d'alimentation des captages (BAC),
 - o l'analyse de la vulnérabilité intrinsèque de la ressource en eau à l'échelle du BAC,
- en phase 3 : l'analyse des risques des pollutions diffuses et accidentelles et la caractérisation des enjeux à l'échelle du BAC.

In fine, l'étude de protection des captages permettra de se prononcer sur :

- la nécessité de réviser les Déclarations d'Utilité Publique (DUP) en cours pour les trois captages,
- la nécessité d'établir un programme d'actions spécifiques visant à réduire les risques de contamination de la ressource en eau captée par ces trois ouvrages.

Les résultats des recherches menées au cours de la phase 1 sont reportés dans le rapport ANTEA 54878/A de décembre 2009. Le présent rapport fait état des résultats des prospections menées au cours de la phase 2.

2. Analyse des modes d'alimentation des captages

L'analyse des modes d'alimentation des captages permet de définir le type d'aquifère concerné et leur mode de fonctionnement. Elle sert de base à la délimitation du bassin d'alimentation des captages et à la caractérisation des paramètres de vulnérabilité intrinsèque.

2.1. Géomorphologie

La zone d'étude s'étend le long de la vallée de l'Yères, depuis Criel-sur-Mer jusqu'à Villy-sur-Yères en amont. Ce secteur du Département de Seine Maritime se place sur l'extension nord orientale du Pays de Caux. Il s'agit d'une région de transition entre les paysages de plateaux monotones du Caux et les paysages vallonnés du Bray.

Les captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer se positionnent dans le bassin versant hydrologique alimentant l'Yères (code AESN G111040 dit « l'Yères, du confluent du Douet (exclu) à l'embouchure »), fleuve côtier débouchant dans la Manche à Criel-sur-Mer.

Ce fleuve coule entre des contreforts formés de craie marneuse du Turonien et de la craie à silex du Coniacien (cf chapitre 2.2). Il entaille profondément le plateau crayeux dont il draine les écoulements superficiels par les nombreuses vallées sèches dissymétriques qui s'y raccordent. Le plateau culmine à +180 m NGF dans le secteur de Villy-sur-Yères contre +115 m NGF au niveau des plus hautes falaises de Criel-sur-Mer. En dehors des vallées sèches, ce plateau est plutôt d'allure monotone, marqué par quelques ondulations et dépressions topographiques aux pentes généralement douces, inférieures à 5%.

Dans ce secteur, la vallée de l'Yères présente une orientation générale sud-est/nord-ouest. Depuis le captage de Villy-sur-Yères, jusqu'à son embouchure, la vallée de l'Yères présente un profil en long moyennement encaissé. L'altitude du fond de la rivière passe de +55 m NGF à Villy-sur-Yères au niveau zéro à Criel-sur-Mer avec une pente moyenne assez faible de l'ordre de 0,35%. Son profil en large est assez important et relativement constant avec 480 mètres à Villy-sur-Yères et 600 mètres à Criel-sur-Mer. Globalement, les versants exposés au sud et à l'ouest sont plus abrupts que les versants exposés au nord.

Les captages du Syndicat se placent en rive gauche de l'Yères, dans le lit majeur du cours d'eau, en pied de versant. Leur bassin versant superficiel a été dressé à partir des cartes topographiques de l'IGN et des reconnaissances de terrain. Leur cartographie est présentée en Annexe 1-1. Leurs caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1.

		Bassin versant hydrologique du captage de Villy-sur-Yères	Bassin versant hydrologique du captage de Touffreville-sur-Eu	Bassin versant hydrologique du captage de Criel-sur-Mer
Surface de bassin versant hydrologique		~ 85 ha	~ 23 ha	~ 9 ha
Altitude	Minimale	+ 55 m NGF	+ 12 m NGF	+ 12 m NGF
	Maximale	+ 166 m NGF	+ 77 m NGF	+ 66 m NGF
Pente moyenne		~ 9,2 %	~ 10,3 %	~ 16,8 %
Classe de pente	0 < p < 5%	~ 38,6 ha	~ 2,5 ha	~ 0,9 ha
	5 < p < 10%	~ 20,9 ha	~ 9,4 ha	~ 0,8 ha
	10 < p < 20%	~ 7,2 ha	~ 8,3 ha	~ 7,3 ha
	20 < p < 30%	~ 12,8 ha	~ 2,8 ha	-
	30 < p < 40%	~ 5,5 ha	-	-

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant hydrologique des captages

2.2. Géologie

2.2.1. Contexte régional

La géologie régionale appartient à l'extension nord-ouest du synclinal du bassin sédimentaire parisien. Les formations massives en place appartiennent au Mésozoïque et au Cénozoïque.

Le substratum crayeux d'âge Crétacé supérieur n'apparaît que partiellement sur les versants de la vallée de l'Yères et des vallons secs affluents, tandis qu'il est masqué en haut des versants et sur le plateau par la formation d'altération de la Craie (argiles à silex), qui forme l'essentiel du sous-sol immédiat, et les limons éoliens du Quaternaire.

Les terrains du Tertiaire apparaissent ponctuellement sur les ruptures de pente, sous forme de poches sableuses et argileuses.

Les formations alluvionnaires du Quaternaire tapissent le fond de la vallée de l'Yères, masquant les formations crayeuses. Des colluvions solifluées tapissent le plus souvent le fond des vallons secs.

Un extrait de la carte géologique des secteurs étudiés est présenté en Annexe 2-1. Une coupe géologique des secteurs étudiés est jointe en Annexe 2-2.

2.2.2. Lithologie

La description des formations lithologiques sont issues :

- des notices géologiques des cartes de Dieppe-Est (secteur des forages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer) et de Gamaches (secteur du captage de Villy-sur-Yères) à 1 / 50 000 du BRGM,
- des ouvrages renseignés dans la Banque de Données du Sous-Sol du BRGM,
- des cartes structurales éditées par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) à l'échelle du Département de Seine Maritime.

2.2.2.1. Le substratum géologique

2.2.2.1.1 La Craie du Cénomanién

Les parties moyenne et supérieure du Cénomanién, visibles à l'affleurement dans la vallée de l'Yères dans le secteur de Villy-sur-Yères, sont représentées par une craie argileuse grise, pauvre en silex.

La partie inférieure de la formation n'est pas visible. Elle est caractérisée par une craie argileuse grise et glauconieuse. A la base, la craie est constituée de couches imperméables à faciès sablo-carbonaté à argilo-carbonaté. Elle repose sur les formations albiennes (argiles de Gault).

Le Cénomanién est généralement complet car protégé de l'érosion par le Turonien sus-jacent. Sur la feuille de Dieppe-Est l'épaisseur du Cénomanién est comprise entre 40 et 50 mètres. Sur la feuille de Gamaches, l'épaisseur du Cénomanién moyen et supérieur est supérieure à 60 mètres.

D'après la cartographie des isohypses du mur du Cénomanién éditée par la CGG présentée en Annexe 2-3, on note que la limite de cette formation avec l'Albien sous-jacent se fait à environ :

- +35 / +45 m NGF au droit du forage de Villy-sur-Yères (soit à 10 / 20 mètres de profondeur, profondeur approximative en raison de la présence probable d'un accident géologique dans le secteur, cf chapitre 2.2.3),
- -107 m NGF au droit du forage de Touffreville-sur-Yères (soit à environ 95 mètres de profondeur),
- -112 m NGF au droit du forage de Criel-sur-Mer (soit à environ 100 mètres de profondeur).

2.2.2.1.2 La Craie du Turonien

Dans le secteur, la Craie turonienne est masquée sous les plateaux par les formations superficielles et la Craie coniacienne tandis qu'elle affleure sur les versants de la vallée de l'Yères et les vallons secs adjacents, en amont de Saint-Martin-le-Gaillard.

La partie inférieure du Turonien est constituée de bancs d'une craie argileuse, compacte et verdâtre. Au dessus, la craie est argileuse, grisâtre, compacte et très conglomératique (« craie noduleuse »). Plus haut, la craie est moins argileuse tout en devenant blanchâtre et relativement tendre et les silex sont rares. Le sommet de la formation est caractérisé par une craie blanche et tendre.

Sur la feuille de Dieppe-Est, l'épaisseur du Turonien est de 80 à 100 mètres selon les endroits. Sur la feuille de Gamanches, on distingue le Turonien inférieur d'une épaisseur de 20 mètres, le Turonien moyen puissant de 40 mètres et le Turonien supérieur dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 mètres.

D'après la cartographie des isohypses du mur du Turonien éditée par la CGG présentée en Annexe 2-3, on note que le contact de cette formation avec le Cénomanién sous-jacent se fait à environ :

- -65,5 m NGF au droit du forage de Touffreville-sur-Yères (soit à environ 53,5 m de profondeur),
- -69,5 m NGF au droit du forage de Criel-sur-Mer (soit à environ 57,5 m de profondeur),

Le Turonien n'est pas recoupé par le forage de Villy-sur-Yères en raison d'un pendage des couches vers le nord-ouest qui remonte à l'affleurement le Cénomanién (cf chapitre 2.2.3).

2.2.2.1.3 La Craie du Sénonien

Dans le secteur, elle n'est représentée que par les affleurements du Coniacien, visibles dans la vallée de l'Yères et ses vallons secs, en aval de Saint-Martin-le-Gaillard, où il est tronqué par les altérations et érosions post-crétacées. La formation est absente, totalement érodée, dans le secteur de Villy-sur-Yères.

Il s'agit d'une craie blanche à silex. Les bancs de craie sont conglomératiques, jaunâtres et durcis.

L'épaisseur de la formation est de 50 à 60 mètres sur la feuille de Dieppe-Est.

2.2.2.2. Les formations du Tertiaire

Elles sont présentes sporadiquement en rive gauche de la vallée de l'Yères en aval de Criel-sur-Mer. Il s'agit des argiles sableuses bleues ou brunes du Sparnacien surmontant les sables blancs ou violacés chargés en silex à la base du Thanétien et dont l'épaisseur atteint 7 à 8 mètres.

2.2.2.3. Les formations superficielles

2.2.2.3.1 Le complexe loessique

Il s'agit de dépôts éoliens mis en place au cours des périodes froides du Quaternaire. Il regroupe un ensemble de matériaux finement sableux et argileux, principalement loessiques diversement transformés par l'altération météorique et la pédogenèse. Il renferme peu ou pas de silex.

Le complexe loessique forme un revêtement presque continu à la surface du plateau.

L'épaisseur de la formation est comprise entre 5 et 8 mètres, en diminuant sensiblement à l'approche des versants.

2.2.2.3.2 Les argiles à silex

Il s'agit principalement du résidu de la dissolution de la Craie par suite de processus pédogénétiques sous le climat chaud et humide qui a régné durant la majeure partie du Tertiaire.

C'est à l'origine une éluvion contenant des silex entiers, une phase sableuse et des argiles rouges ou brunes et collantes. Puis, avec le creusement des vallées et l'abaissement du niveau de base, se sont formés de nombreux puits de dissolution, parfois profonds, comblés au fur et à mesure par la formation à silex et entraînant souvent des restes de couches sédimentaires tertiaires.

Cette formation couvre l'ensemble du plateau où elle est souvent masquée par les limons tandis qu'elle affleure sur les versants. Sur les versants à pente douce, elle est intimement mêlée au matériel issu, par ruissellement, des limons des plateaux et prend l'appellation de colluvions de type bief à silex.

La surface de contact de la formation résiduelle à silex avec la Craie est très irrégulière. Son épaisseur est donc très variable, allant de cinq à plusieurs dizaines de mètres sur la feuille de Dieppe-Est. Cette formation est absente de la feuille de Gamaches où elle laisse place aux limons argileux rouges à silex. La carte des isopaques des argiles à silex de la CGG présentée en Annexe 2-3 précise que l'épaisseur de la formation ne dépasse pas la dizaine de mètres dans les secteurs étudiés. Notons que cette carte ne fait pas la distinction entre la formation des argiles à silex et les limons argileux rouges à silex.

2.2.2.3.3 Les limons argileux rouges à silex

Présents sur la feuille de Gamaches, ils se distinguent de la formation résiduelle à silex par une fraction sableuse fine. Ils renferment souvent des silex brisés anguleux.

Il s'agit d'une formation continue, épaisse de quelques mètres, qui repose sur la surface altérée du Crétacé.

2.2.2.3.4 Les alluvions

Présent dans le lit du fleuve, il s'agit de sédiments fluviaux récents représentés sur la feuille de Dieppe-Est par de minces couches de tourbes et d'argiles sableuses. En amont, sur la feuille de Gamaches, le faciès change et les alluvions sont principalement constituées de graviers très riches en silex avec des intercalations de fines, de sables, de tourbes ou de limons.

Leur épaisseur est réduite à quelques mètres sur la feuille de Dieppe-Est et peut atteindre une dizaine de mètres sur la feuille de Gamaches.

2.2.3. Aspect structural et tectonique

Les secteurs étudiés sont caractérisés par une uniformité morphologique. Les différentes assises de la Craie sont structurées solidairement.

Toutefois, cette apparente homogénéité est perturbée par des déformations affectant l'ensemble de la formation crayeuse et résultant pour l'essentiel de mouvements tertiaires.

Il s'agit pour l'essentiel :

- d'un ennoiement des couches vers le nord-ouest avec un pendage variable selon les secteurs :
 - o de 0,84% entre le front de mer et le centre bourg de Saint-Martin-le-Gaillard,
 - o de 2,22% entre le centre bourg de Saint-Martin-le-Gaillard et Cuverville-sur-Yères,
 - o de 0,85% entre Cuverville-sur-Yères et Villy-sur-Yères.

Cet ennoiement est bien visible sur les cartes des isohypses du mur du Cénomaniens et du Turonien présentées en Annexe 2-3. Il fait disparaître de l'affleurant le Cénomaniens à hauteur de Sept-Meules.

- de l'existence du synclinal de Criel-sur-Mer, orienté WNW / ESE qui prend naissance à Criel-sur-Mer et se poursuit à l'intérieur des terres jusqu'à Eu sur environ 8 km. Les forages de Criel-sur-Mer et de Touffreville-sur-Eu reposent sur la bordure sud de cet anticlinal. Le captage de Villy-sur-Yères se place quant à lui à l'interface entre les terminaisons du synclinal de Criel-sur-Mer et des anticlinaux de Blangy et de Londinières. Ces déformations sont également bien visibles sur les cartes des isohypses du mur du Cénomaniens et du Turonien présentées en Annexe 2-3.
- de la présence de lignes structurales en relation avec les accidents géologiques régionaux. Il ne s'agit pas de failles reconnues mais elles traduisent la présence probable d'axes de fracturation en relation avec le réseau de diaclases de la Craie. Ces lignes structurales présentent :
 - o une direction principale armoricaine majeure sud-est / nord-ouest, sur laquelle s'aligne par exemple la vallée de l'Yères,
 - o une direction varisque mineure nord-est / sud-ouest, qui génère des structures secondaires de portée moindre sur laquelle s'alignent certains vallons secs adjacents à la vallée de l'Yères.

La carte jointe en Annexe 2-1 présente les failles et linéaments recensés par la CGG dans le secteur étudié. Ces accidents coïncident pour la plupart avec les lignes structurales décrites précédemment. On y observe également un réseau d'accidents courts depuis Villy-sur-Yères vers l'amont conjugués à un accident principal d'orientation armoricaine courant le long de la vallée de l'Yères.

- de l'existence d'un réseau de diaclases et fissures qui affectent en général les horizons superficiels :
 - o en plateau, dans la zone de nappe saturée, la zone fissurée ne dépasse pas quelques mètres sous le contact Craie / Argiles à silex,

- en vallée sèche, elle existe dans les premiers 20 mètres sous la surface de la nappe,
- en vallée humide, les épaisseurs de la Craie fissurée s'accroissent,
- à grande profondeur, à partir de 130 mètres, la Craie devient suffisamment compacte pour qu'aucun vide (fissure ou pore) ne contienne d'eau libre donnant lieu à des écoulements.

2.3. Hydrogéologie

2.3.1. Détermination des niveaux aquifères

Les niveaux argilo-glaucconieux de la base du Cénomaniens et les argiles de Gault de l'Albien arrêtent les eaux infiltrées qui s'accumulent au dessus en formant la nappe de la Craie. Il s'agit de la nappe exploitée par les captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer.

La nappe qui se développe dans la Craie est d'extension régionale et est largement exploitée pour les besoins en eau potable. Elle est libre sous les formations superficielles et en relation directe avec la nappe d'accompagnement de l'Yères.

L'aquifère de la Craie est ainsi constitué de deux compartiments :

- une zone non-saturée dans laquelle les transferts d'eau s'effectuent selon une composante verticale,
- une zone saturée (la nappe) où les transferts s'effectuent selon une composante sub-horizontale. Sa puissance varie en fonction de sa situation (plateaux et vallées).

L'épaisseur du niveau saturé est déduite de la différence entre le niveau piézométrique et la cote du mur de la Craie. Cette épaisseur de Craie saturée est étroitement liée à l'épaisseur de la Craie et indirectement à l'épaisseur de la zone non saturée.

Notons que l'épaisseur de Craie saturée ne correspond pas forcément à l'épaisseur efficace de l'aquifère crayeux : au delà de 30 à 50 mètres d'épaisseur de Craie, il est considéré que toutes les fissures sont écrasées par la pression, l'eau souterraine ne s'écoule plus et reste confinée en dehors des zones d'intense fracturation.

Dans les secteurs étudiés, les épaisseurs de Craie sèche (zone non saturée) et de Craie mouillée (zone saturée) sont reportées sur les cartographies éditées par la CGG et fournies en Annexe 3-1 et Annexe 3-2.

On y observe :

- qu'au droit du captage de Villy-sur-Yères, l'épaisseur de Craie sèche est nulle et que l'épaisseur de Craie mouillée est inférieure à 20 mètres,
- qu'au droit du captage de Touffreville-sur-Eu, l'épaisseur de Craie sèche est nulle et que l'épaisseur de Craie mouillée est comprise entre 115 et 120 mètres,
- qu'au droit du captage de Criel-sur-Mer, l'épaisseur de Craie sèche est nulle et que l'épaisseur de Craie mouillée est comprise entre 120 et 125 mètres.

2.3.2. Alimentation de la nappe de la Craie

La nappe de la Craie est une nappe libre alimentée directement par l'infiltration de la pluie à travers les formations superficielles, y compris la formation résiduelle à silex et par l'engouffrement des ruissellements dans les réseaux karstiques lorsqu'ils existent, avant de traverser la zone non saturée de l'aquifère et de parvenir à la nappe.

La lame d'eau infiltrée résulte de l'excédent des précipitations sur l'évaporation réelle et le ruissellement. Elle correspond à une estimation de l'alimentation de la nappe (cf Tableau 6 page 46). La lame d'eau infiltrée moyenne calculée dans la région est de l'ordre de 241 mm/an. Un bilan hydrique est présenté au chapitre 3.3.2 page 46.

En général, la période de recharge de la nappe s'étend d'octobre à mars et celle de vidange de l'aquifère, d'avril à septembre. Suivant les périodes de l'année, l'Yères peut localement réalimenter la nappe, comme par exemple lors d'été pluvieux lorsque l'infiltration est supérieure au phénomène d'évapotranspiration.

Les périodes déficitaires de recharge de la nappe ont été rencontrées en 1971-73, 1989-91, 1996-98 tandis que les excédents ont eu lieu en 1965-68, 1980-83, 1988-89, 1993-95, 1999-2001. Depuis cette dernière période, la nappe de la Craie est plutôt en situation de basses eaux (cf chapitre 2.3.4).

2.3.3. Ecoulement de la nappe de la Craie

2.3.3.1. Direction et sens d'écoulement de la nappe de la Craie

Dans le secteur, la nappe de la Craie descend des interfluves depuis les plateaux vers la vallée de l'Yères et ses vallons secondaires qui drainent la nappe. La nappe de la Craie s'écoule ainsi globalement vers le nord-ouest, depuis les zones de recharge vers les zones de vidange. Une cartographie des écoulements de la nappe dans le secteur des captages du Syndicat est fournie en Annexe 3-3 et Annexe 3-4.

Au sein de l'encaissant, les écoulements peuvent être variés. La Craie est en effet un milieu mixte à double perméabilité : perméabilité interstitielle liée à la porosité de la roche (perméabilité en petit) et perméabilité en grand liée à la fissuration et à la fracturation (perméabilité en grand). C'est la perméabilité en grand qui donne son caractère à l'écoulement souterrain.

2.3.3.2. *Vitesse d'écoulement de la nappe de la Craie*

Le milieu poreux a une fonction essentiellement capacitive, pour lequel on admet généralement une capacité d'emmagasinement de 5 à 10% et des valeurs de transmissivité (T) inférieures ou égales à $1.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

D'une manière générale, les zones de fissuration se trouvent dans les vallées sèches et humides où les valeurs de transmissivité (T) atteignent couramment $1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ jusqu'à 3 ou $4.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Ces zones de drainage ont surtout une fonction conductrice. Les données anciennes de pompages d'essai réalisés sur les captages du Syndicat indiquent que ces ouvrages recoupent une zone à la fissuration bien développée, en relation avec les accidents géologiques recensés par la CGG (cf Annexe 2-1), avec :

- captage de Villy-sur-Yères : $1,85.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} < T < 1,69.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- captage de Touffreville-sur-Eu : $1,5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} < T < 1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- captage de Criel-sur-Mer : $1,44.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} < T < 9,61.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Lorsque la Craie est compacte (sous les plateaux et à grande profondeur), les eaux s'écoulent dans les pores intergranulaires : les valeurs de perméabilité sont égales ou inférieures à 1.10^{-6} m/s et les vitesses de circulations sont de l'ordre de 1 à 10 m par an. En milieu crayeux fissuré (à faible profondeur sous les plateaux et sous les vallées), les perméabilités ont des valeurs comprises entre 1.10^{-5} et 1.10^{-3} m/s et les vitesses d'écoulement atteignent plusieurs dizaines et mêmes plusieurs centaines de mètres par an. Lorsque l'ouverture des fissures s'agrandit et que les conditions de charge le permettent, le régime devient turbulent et les vitesses atteignent plusieurs centimètres à la seconde.

Dans le cas présent, si l'on se réfère à la cartographie CGG de l'épaisseur de Craie mouillée au droit de chaque captage (cf Annexe 3-2), on en déduit les perméabilités de l'aquifère suivantes, caractéristiques d'un milieu à la fissuration bien développée au droit des captages AEP :

- captage de Villy-sur-Yères : $1,23.10^{-3} \text{ m/s} < K < 1,12.10^{-3} \text{ m/s}$;
- captage de Touffreville-sur-Eu : $1,27.10^{-4} \text{ m/s} < K < 8,47.10^{-5} \text{ m/s}$;
- captage de Criel-sur-Mer : $1,17.10^{-4} \text{ m/s} < K < 7,81.10^{-5} \text{ m/s}$.

Le fond de la vallée de l'Yères est caractérisé par de faibles gradients hydrauliques, de l'ordre de 0,32% dans le secteur de Criel-sur-Mer et de 0,42% dans le secteur de Villy-sur-Yères, tandis que les flancs de versants sont marqués par des gradients plus importants, de l'ordre de 0,61% dans le secteur de Criel-sur-Mer et de 3,49% dans le secteur de Villy-sur-Yères. Sur les plateaux du secteur, en dehors des zones de dômes piézométriques, les gradients hydrauliques restent ici assez importants, en liaison avec les déformations du substratum (cf chapitre 2.2.3), où l'on observe des gradients de l'ordre de 1,8%.

2.3.4. Piézométrie de la nappe de la Craie

La surface piézométrique libre de l'aquifère crayeux est soumise à des écoulements gravitaires proches du profil morphologique de la surface du sol, mais elle offre une surface beaucoup plus régulière (moins de contraste), avec des pentes beaucoup plus douces que le relief, dont elle atténue les irrégularités. Ce lissage est d'autant plus marqué si l'aquifère est profond et/ou n'est pas intersecté par une vallée secondaire en amont.

Elle est ici liée au niveau de base de la vallée de l'Yères. Elle s'affranchit fortement en amont des forts contrastes du terrain naturel.

La surface piézométrique de la nappe de la Craie forme des dômes d'alimentation sous les plateaux où l'aquifère peu fissuré a une fonction capacitive, et des dépressions dans les zones fissurées drainantes à fonction transmissive (vallées humides et sèches, réseaux « karstiques » lorsqu'ils existent).

Les fluctuations de la nappe sont de plusieurs types : elles comportent des variations annuelles et interannuelles du fait de la fonction à la fois capacitive et transmissive de l'aquifère.

Dans les zones de plateau éloignées des niveaux de base et peu drainées, la fonction capacitive de l'aquifère tamponne la variation annuelle au profit d'une variation inter-annuelle.

Dans le secteur, l'évolution piézométrique de la nappe de la Craie peut être observée par les relevés des niveaux d'eau dans le piézomètre de Beauchamps (80) représentant une situation de vallée (cf Figure 1) et dans le piézomètre de Melleville (76) représentant une situation de plateau (cf Figure 2). Ces deux piézomètres de contrôle recoupent les formations crayeuses du Turonien.

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
 Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
 Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
 Rapport A 56562 - Version A

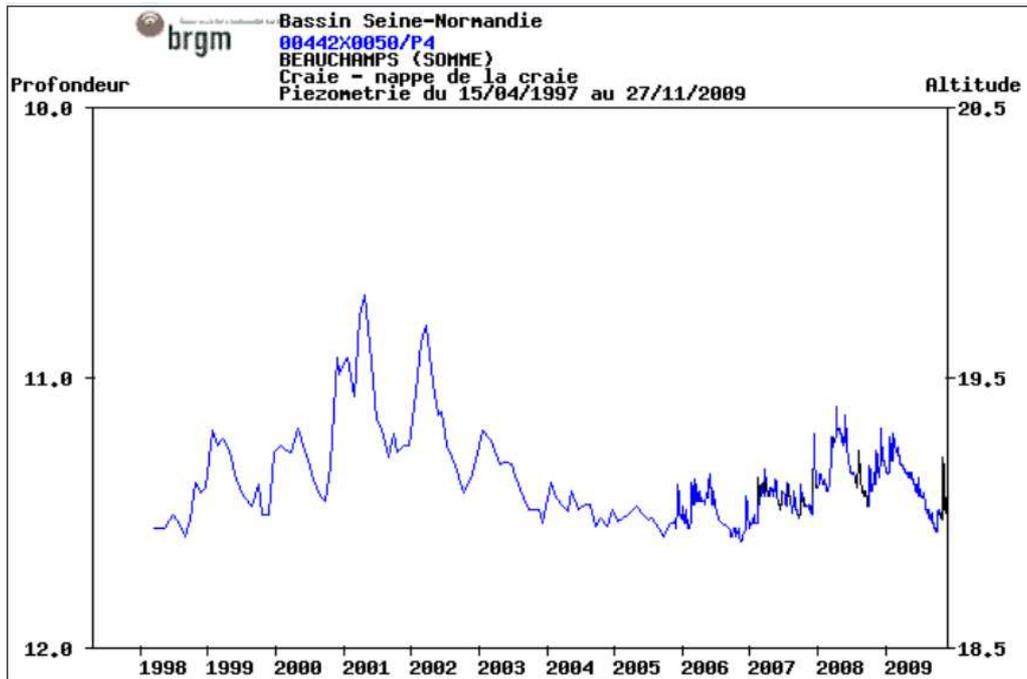


Figure 1 : Piézométrie de la nappe de la Craie en zone de vallée – piézomètre de contrôle de Beauchamps n°00442X0050/P4, alt. +30 m NGF (données BRGM)

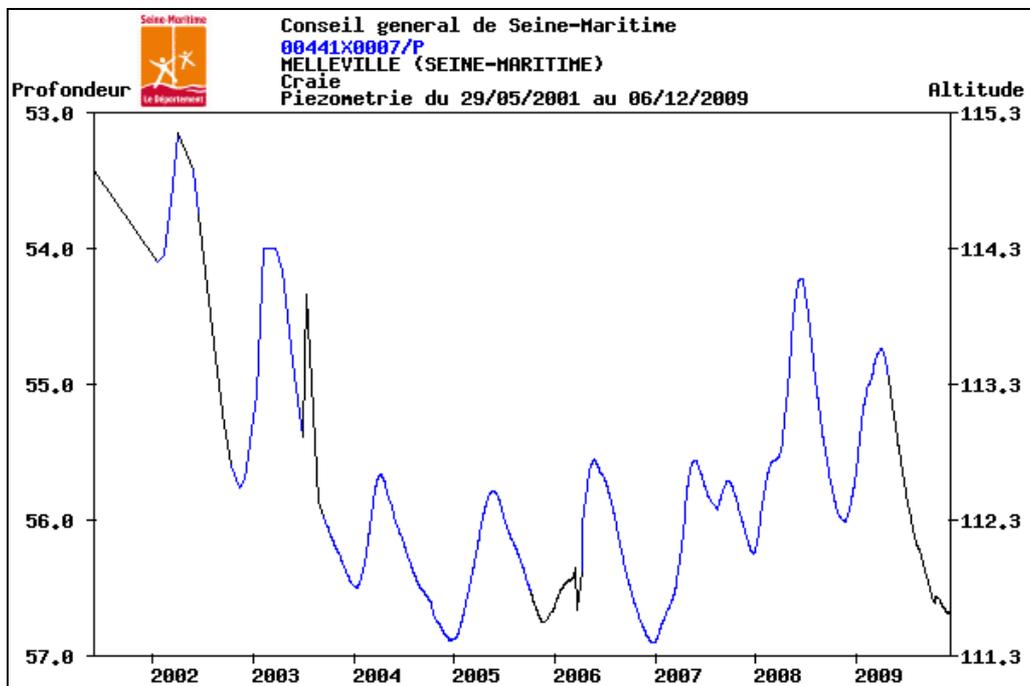


Figure 2 : Piézométrie de la nappe de la Craie en zone de plateau – piézomètre de contrôle de Melleville n°00441X0007/P, alt. +167 m NGF (données BRGM)

Au regard de la piézométrie locale, on observe :

- des fluctuations de la nappe depuis les dix dernières années (variations annuelles et pluriannuelles) de l'ordre du mètre en fond de vallée et pouvant atteindre 4 mètres sous le plateau, avec des périodes de basses eaux et des périodes de hautes eaux. Depuis 2001, les faibles précipitations enregistrées n'assurent qu'une recharge partielle de la nappe et les niveaux piézométriques indiquent que la nappe est toujours en situation de basses eaux,
- des mises en charges saisonnières d'amplitudes plus importantes en plateau traduisant le caractère plus capacitif de l'aquifère au niveau du plateau. Au cours d'un cycle annuel, les niveaux de hautes et basses eaux se situent en moyenne respectivement au printemps et en automne.

Ces informations peuvent être complétées par les cartes piézométriques de basses et hautes eaux de nappe éditées par la CGG fournies en Annexe 3-3 :

- dans le bassin versant hydrogéologique alimentant le captage de Villy-sur-Yères (cf chapitre 2.3.5.1), l'altitude de la nappe :
 - o oscille sous le plateau, dans le secteur du bourg de Fresnoy-Folny, entre +140 m NGF en période de basses eaux et +170 m NGF en période de hautes eaux (soit une variation de 30 mètres) ;
 - o ne varie pas ou très peu en vallée, au droit du point de captage, avec un niveau de nappe à +50 m NGF quelque soit la période de basses ou hautes eaux.
- dans le bassin versant hydrogéologique alimentant les captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer (cf chapitres 2.3.5.2 et 2.3.5.3), l'altitude de la nappe :
 - o oscille sous le plateau, dans le secteur de Tourville-la-Chapelle, entre +80 m NGF en période de basses eaux et +90 m NGF en période de hautes eaux (soit une variation de 10 mètres) ;
 - o ne varie pas ou très peu en vallée, avec un niveau de nappe à +11 m NGF au droit du captage de Touffreville-sur-Eu et de +9 m NGF au droit du captage de Criel-sur-Mer, et ce quelque soit la période de basses ou hautes eaux.

Remarque : avec un $Z_{sol} = +12$ m NGF au captage de Touffreville-sur-Eu, on comprend les inondations récurrentes observées de la chambre de captage.

2.3.5. Bassin versant hydrogéologique

Le bassin versant hydrogéologique d'un captage est la partie de l'aquifère dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers celui-ci. Il est déterminé par une ligne de partage des eaux souterraines qui est potentiellement migrante.

Les cartographies du bassin versant hydrogéologique et des isochrones 50 jours de chaque captage AEP sont fournies en Annexe 3-5.

Au regard de ce qui a été décrit précédemment et d'après les informations fournies par l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime du BRGM (1990) et des cartes piézométriques éditées par la CGG (1997), les caractéristiques des bassins versants souterrains des captages étudiés sont décrites dans les paragraphes suivants.

2.3.5.1. Bassin versant hydrogéologique du captage de Villy-sur-Yères

Il s'étend vers le sud-ouest, depuis le captage vers le centre bourg de Fresnoy-Folny, où il est limité par un dôme piézométrique d'altitude +140 m NGF en période de basses eaux et d'altitude +170 m NGF en période de hautes eaux.

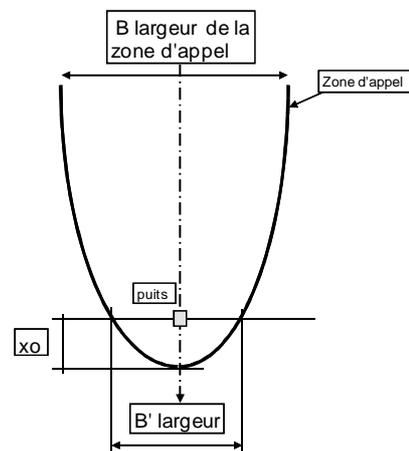
Ce bassin versant souterrain est limité à l'est par un vallon sec (Fond de Déville) qui draine les écoulements souterrains vers la vallée de l'Yères, en amont du captage. A l'ouest, le bassin versant souterrain est limité par un second vallon sec (Fond de la Vache) qui draine la nappe vers le centre bourg de Ville-sur-Yères, en aval du captage. Au nord, ce bassin versant est limité par le captage lui-même. Au-delà, les écoulements s'orientent selon le sens d'écoulement du fleuve, vers le nord-ouest.

La superficie du bassin versant hydrogéologique du captage de Villy-sur-Yères est ainsi d'environ :

- 7,2 km² d'après les cartographies éditées par la CGG, sans variation de son contour selon la période de hautes ou basses eaux,
- 8,2 km² d'après l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime édité par le BRGM.

Dans les environs proches du captage de Villy-sur-Yères, les limites du bassin versant souterrain peuvent être affinées par le calcul de la zone d'appel du captage. Selon la méthode de calcul de Wyssling, dans le cas d'une nappe libre, les dimensions de la zone d'appel sont :

- largeur du front d'appel :
 - o $B = Q / (T.i)$
- rayon d'appel :
 - o $Xo = Q / (2.\pi.T.i)$
- largeur du front d'appel à hauteur du captage :
 - o $B' = B / 2$



Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
 Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
 Rapport A 56562 - Version A

- Avec : - Q : débit au captage (m³/s)
 - T : transmissivité (m²/s)
 - i : gradient hydraulique (%)

Les dimensions de la zone d'appel au captage de Villy-sur-Yères ont été calculées sur la base des données pénalisantes suivantes :

- Q = débit maximum autorisé par la DUP (3 100 m³/j sur 20 h),
- T = 1,85.10⁻² m²/s, transmissivité la plus forte d'après l'interprétation des pompages d'essai (cf chapitre 2.3.3).

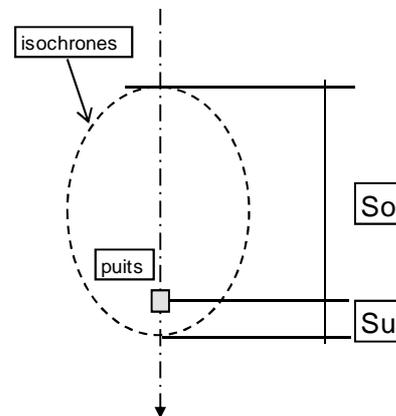
On en déduit alors :

- B = 145 m,
- Xo = 23 m,
- B' = 73 m.

Au sein de ce bassin versant souterrain, la courbe d'égal temps de transfert d'un élément polluant jusqu'au point de captage est appelé l'isochrone. Selon la méthode de calcul de Wyssling, l'isochrone se calcul comme suit :

$$S_o \text{ ou } S_u = \frac{\pm l + \sqrt{l(l + 8Xo)}}{2}$$

- Avec : - So : distance en amont du captage, sur l'axe d'écoulement, depuis le forage jusqu'à la distance correspondant au temps souhaité (m)
 - Su : distance en aval du captage, sur l'axe d'écoulement, depuis le forage jusqu'à la distance correspondant au temps souhaité (m) (Su ≤ Xo)
 - l : temps de transfert du polluant souhaité (s) (l = (K x i/ω) x t)
 - Xo : rayon d'appel (m)



Ainsi, pour les hypothèses considérées, les dimensions des isochrones de référence au captage de Villy-sur-Yères sont :

	So (m)	Su (m)
- Isochrone 1 jour :	57,6	23,0
- Isochrone 10 jours :	360,7	23,0
- Isochrone 50 jours :	1 643,4	23,0
- Isochrone 100 jours :	3 242,4	23,0

2.3.5.2. Bassin versant hydrogéologique du captage de Touffreville-sur-Eu

Il s'étend vers le sud-ouest, depuis le point de captage vers le plateau crayeux jusqu'à Tourville-la-Chapelle, où il est limité par un dôme piézométrique d'altitude +80 m NGF en période de basses eaux et d'altitude +90 m NGF en période de hautes eaux.

Ce bassin versant souterrain est limité à l'est par un vallon sec (Fond de Saint Quentin, puis Fond de Litteville et Fond de Sang Roy) qui draine les eaux souterraines vers la vallée de l'Yères, en amont du captage. A l'ouest ce bassin suit un axe Brunville – Assigny – Touffreville-sur-Eu, au delà duquel les écoulements sont drainés par un vallon sec (Fond de Tocqueville) vers la vallée de l'Yères, en aval du captage.

Comme pour le captage de Villy-sur-Yères, ce bassin versant est limité au nord par le captage lui-même. Au-delà, les écoulements s'orientent selon le sens d'écoulement du fleuve.

La superficie du bassin versant hydrogéologique du captage de Touffreville-sur-Eu est alors d'environ :

- 8,6 km² d'après les cartographies éditées par la CGG, sans variation de son contour selon la période de hautes ou basses eaux,
- 8,4 km² d'après l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime édité par le BRGM.

Sur la base des hypothèses pénalisantes suivantes :

- Q = débit maximum autorisé par la DUP (1 600 m³/j sur 20 h),
- T = 1,5.10⁻² m²/s, transmissivité la plus forte d'après l'interprétation des pompages d'essai (cf chapitre 2.3.3).

Alors le calcul de la zone d'appel au captage de Touffreville-sur-Eu par la méthode de Wyssling donne :

- B = 144 m,
- Xo = 22,9 m,
- B' = 71,91 m.

Et les dimensions des isochrones de référence au captage de Touffreville-sur-Eu sont :

	So (m)	Su (m)
- Isochrone 1 jour :	11,9	9,5
- Isochrone 10 jours :	48,2	23,0
- Isochrone 50 jours :	159,2	23,0
- Isochrone 100 jours :	261,4	23,0

2.3.5.3. Bassin versant hydrogéologique du captage de Criel-sur-Mer

Le bassin versant souterrain du captage de Criel-sur-Mer est sensiblement équivalent à celui du captage de Touffreville-sur-Eu, à ceci près que le captage de Criel-sur-Mer est alimenté par une portion de nappe recoupant Les Crocs en remontant le long du vallon sec emprunté par la RD 222.

La superficie du bassin versant hydrogéologique du captage de Criel-sur-Mer est alors d'environ :

- 9,5 km² d'après les cartographies éditées par la CGG, sans variation de son contour selon la période de hautes ou basses eaux,
- 8,5 km² d'après l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime édité par le BRGM.

Sur la base des hypothèses pénalisantes suivantes :

- Q = débit maximum autorisé par la DUP (200 m³/h),
- T = 1,44.10⁻² m²/s, transmissivité la plus forte d'après l'interprétation des pompages d'essai (cf chapitre 2.3.3).

Alors le calcul de la zone d'appel au captage de Touffreville-sur-Eu par la méthode de Wyssling donne :

- B = 364 m,
- Xo = 58 m,
- B' = 182 m.

Et les dimensions des isochrones de référence au captage de Criel-sur-Mer sont :

	So (m)	Su (m)
- Isochrone 1 jour :	35,3	27,1
- Isochrone 10 jours :	147,3	58,0
- Isochrone 50 jours :	506,4	58,0
- Isochrone 100 jours :	843,7	58,0

2.3.6. Relation nappe-rivière

Comme nous l'avons vu au chapitre 2.3.2, la nappe de la Craie est en relation étroite avec l'Yères et sa nappe d'accompagnement.

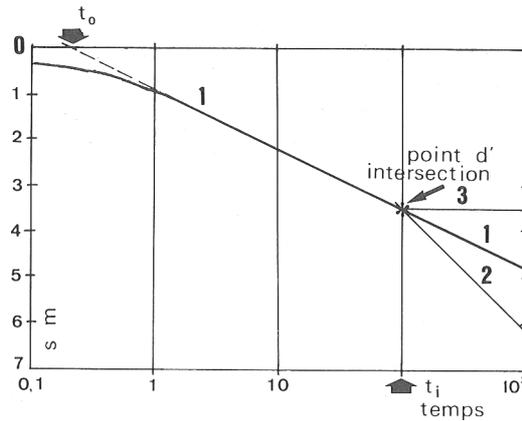
Il est important de connaître la participation de la rivière à la nappe de la Craie au droit des captages AEP du Syndicat, lorsqu'ils sont en exploitation.

La rivière peut par exemple assurer un rôle de limite alimentée lorsqu'elle participe à l'alimentation de la nappe de la Craie.

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
 Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
 Rapport A 56562 - Version A

Cette relation est déterminée par des opérations de pompages d'essai correctement réalisées, avec une durée suffisante, et accompagnées de mesures sur des piézomètres.

La figure suivante montre la différence d'allure des courbes d'évolution rabattement-temps pendant un pompage d'essai pour une nappe sans ou en relation avec une rivière.



1, aquifère illimité ; 2, aquifère limité latéralement par une limite étanche ; 3, aquifère à limite d'alimentation ou avec drainance.

Figure 3 : Interprétation des courbes rabattement-temps à l'issue d'un pompage d'essai

Dans le cas présent, l'exploitation des captages AEP ne pouvant être interrompue, ANTEA a mis en place sur chaque captage une sonde de mesure automatique du niveau de la nappe sur la période du 09/10/2009 au 02/11/2009. Le résultat de ce suivi est reporté sous forme graphique en Annexe 3-6.

En couplant ces informations avec les données VEOLIA des temps de fonctionnement et des débits des pompes en place, il nous a été possible de connaître l'influence des pompages sur le niveau de la nappe de la Craie à partir de la courbe d'évolution du niveau dynamique (n) en fonction du temps (t) pour un débit constant (Q) (dont les faibles variations sont connues).

L'interprétation des données a été réalisée à l'aide du logiciel WINISAPE (développé par le BRGM et ANTEA). Les résultats d'interprétation sont fournis sous forme graphique en Annexe 3-6.

Le schéma hydraulique retenu ici a été le schéma classique de Theis qui permet de calculer les paramètres de l'aquifère en régime transitoire. Bien que la durée des pompages soient inférieures à 24 heures, l'équation de Theis sous sa forme logarithmique simplifiée, dite équation de Jacob, peut être utilisée.

*Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A*

Les principales conditions devant être respectées pour l'application de la loi de Theis sont les suivantes :

- nappe captive,
- nappe infinie dans toutes les directions horizontales,
- régime transitoire à débit de pompage constant,
- forage à pénétration complète dans l'aquifère capté,
- homogénéité, isotropie.

Dans le cas présent, certains de ces critères ne sont pas entièrement respectés (en particulier le caractère libre de la nappe). Néanmoins, l'interprétation permet d'obtenir un ordre d'idée de la valeur des paramètres de la nappe.

2.3.6.1. Résultats du suivi de la nappe de la Craie réalisé au captage de Villy-sur-Yères

Nous avons retenu les données de pompage du 24 octobre 2009 au captage de Villy-sur-Yères présentées dans le Tableau 2 suivant.

Réseau de Villy-Vallée			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
-	-	5,6 h	32 m ³ /h
Réseau de Fresnoy-Folny			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
6,7 h	105 m ³ /h	-	-
Réseau de Montauban			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
7,7 h	59 m ³ /h	-	-

Tableau 2 : Fonctionnement des pompes au captage de Villy-sur-Yères durant la journée du 24/10/2009

L'interprétation a été réalisée sur une période de pompage de 140 min à un débit de 196 m³/h.

Ainsi, sur la période de calage, les résultats de la simulation montrent :

- un niveau statique avant début du pompage non stabilisé à 1,95 m de profondeur,
- un niveau dynamique non stabilisé à 4,15 m de profondeur après un peu plus de 2 h de pompage à 196 m³/h. A cette profondeur, les crépines des pompes ne sont pas dénoyées,

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

- une transmissivité calculée de $2,01.10^{-2}$ m²/s, soit une transmissivité très légèrement supérieure aux résultats des pompages d'essai anciens présentés au chapitre 2.3.3.2,
- une courbe de descente ($n=\log(t)$) sans point d'inflexion, traduisant l'absence de limite étanche ou d'alimentation : pour le débit d'exploitation, la rivière ne participe pas à l'alimentation de la nappe au droit du captage de Villy-sur-Yères.

L'absence de participation du cours d'eau peut être expliquée par deux phénomènes qui peuvent interagir simultanément :

- un colmatage des berges et du fond de l'Yères qui déconnecte ainsi totalement le cours d'eau de la nappe de la Craie,
- une capacité de la nappe de la Craie à alimenter le captage en cours d'exploitation suffisamment importante pour ne pas impacter le cours d'eau. Localement, les caractéristiques de la nappe de la Craie mesurées au travers de la transmissivité et de la perméabilité, couplées à un coefficient d'emménagement supposé important, appuient cette hypothèse.

A titre de comparaison, nous avons simulé la présence de l'Yères en tant que limite d'alimentation imposée à 43 m en aval du captage. Ainsi, si cette limite existait nous aurions observé d'après la courbe théorique :

- un niveau dynamique pseudo-stabilisé à 2,82 m de profondeur (en l'absence des pertes de charges quadratiques connues pour ce captage, ce niveau serait en réalité inférieur),
- une transmissivité calculée de $5,03.10^{-2}$ m²/s, soit une transmissivité un peu supérieure aux résultats des pompages d'essai anciens présentés au chapitre 2.3.3.2,
- une courbe de descente ($n=\log(t)$) présentant un point d'inflexion vers le haut après 10 min de pompage, caractéristique de la présence d'une limite alimentée.

Remarque : lors de la mise en route du pompage les premiers volumes d'eau extraits correspondent à la vidange du puits ; c'est l'effet de capacité du puits. L'aquifère n'est sollicité qu'après un certain délai calculé comme suit :

$$t_c = 25 r^2 / T$$

- Avec :
- t_c : temps de pompage lié à l'effet de capacité du puits (s)
 - r : rayon du puits (m)
 - T : transmissivité (m²/s)

Dans le cas présent, le temps de pompage sous influence de l'effet de capacité au captage de Villy-sur-Yères est de 8mn 30s, temps qui est bien inférieur au temps de pompage sur lequel est basée notre simulation (environ 2 h).

Ainsi, la courbe de descente sur laquelle nous avons calé notre simulation va bien au-delà de l'effet de capacité du puits et caractérise bien la nappe de la Craie.

2.3.6.2. Résultats du suivi de la nappe de la Craie réalisé au captage de Touffreville-sur-Eu

Nous avons retenu les données de pompage du 28 octobre 2009 au captage de Touffreville-sur-Eu présentées dans le Tableau 3.

L'interprétation a été réalisée sur une période de pompage de 185 min à un débit de 184 m³/h suivi d'une période d'arrêt de pompage durant 230 min.

Réseau de Brunville			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
5,6 h	126 m ³ /h	-	-
Réseau d'Étalondes			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
3,2 h	58 m ³ /h	-	-

Tableau 3 : Fonctionnement des pompes au captage de Touffreville-sur-Eu durant la journée du 28/10/2009

Ainsi, sur la période de calage, les résultats de la simulation montrent :

- un niveau statique avant début du pompage non stabilisé à 0,62 m de profondeur,
- un niveau dynamique pseudo stabilisé à 3,00 m de profondeur après 185 mn de pompage à 184 m³/h,
- une transmissivité calculée de $4,45 \cdot 10^{-2}$ m²/s, soit une transmissivité un peu supérieure aux résultats des pompages d'essai anciens présentés au chapitre 2.3.3.2,
- une courbe de descente ($n=\log(t)$) sans point d'inflexion, traduisant l'absence de limite étanche ou d'alimentation : pour le débit d'exploitation, la rivière ne participe pas à l'alimentation de la nappe au droit du captage de Touffreville-sur-Eu.

Comme pour le captage de Villy-sur-Yères, nous avons simulé la présence de l'Yères en tant que limite d'alimentation imposée à 380 m en aval du captage. Les résultats de la simulation montrent que même dans le cas d'une limite alimentée à 380 m du captage, son impact sur l'exploitation du captage de Touffreville-sur-Eu est nul : les courbes théoriques de descente et de remontée sont identiques à la simulation précédente.

Remarque : l'effet de capacité du puits disparaît après environ 7mn de pompage, ce qui est inférieur au temps de pompage considéré (40 mn) utilisé pour le calage de notre simulation.

2.3.6.3. Résultats du suivi de la nappe de la Craie réalisé au captage de Criel-sur-Mer

Nous avons retenu les données de pompage du 18 octobre 2009 au captage de Criel-sur-Mer sont présentées dans le Tableau 3 suivant.

Réseau de Criel			
Exhaure 1		Exhaure 2	
Temps de pompage	Débit	Temps de pompage	Débit
6,3 h	83,5 m ³ /h	-	-

Tableau 4 : Fonctionnement des pompes au captage de Criel-sur-Mer durant la journée du 18/10/2009

L'interprétation a été réalisée sur une période de pompage de 320 mn à un débit de 83,5 m³/h.

Ainsi, sur la période de mesure, les résultats de la simulation montrent :

- un niveau statique initial non stabilisé à 4,35 m de profondeur,
- un niveau dynamique non stabilisé à 5,22 m de profondeur après 320 mn de pompage à 83,5 m³/h,
- une transmissivité calculée de $5,26 \cdot 10^{-2}$ m²/s, soit une transmissivité un peu supérieure aux résultats des pompages d'essai anciens présentés au chapitre 2.3.3.2,
- une courbe de descente ($n=\log(t)$) rectiligne, sans point d'inflexion, traduisant l'absence de limite étanche ou d'alimentation : pour le débit d'exploitation, la rivière ne participe pas à l'alimentation de la nappe.

Comme pour les deux autres captages, nous avons simulé la présence de l'Yères en tant que limite d'alimentation imposée à 360 m en aval du captage. Les résultats de la simulation montrent que même dans le cas d'une limite alimentée à 380 m du captage, son impact sur l'exploitation du captage de Criel-sur-Mer est nul : les courbes théoriques de descente et de remontée sont identiques à la simulation précédente.

Remarque : l'effet de capacité du puits disparaît après 7mn 30s environ de pompage. Ainsi, la courbe de descente sur laquelle nous avons calé notre simulation va bien au-delà de l'effet de capacité du puits et caractérise bien la nappe de la Craie.

2.3.7. Incidence de l'exploitation sur les zones humides

Nous avons considéré les zones humides recensées par Alise en 2009 dans le cadre de l'étude d'inventaire, localisation, caractérisation et orientation de gestion des zones humides du lit majeur de l'Yères menée pour le compte du SIBVYC.

La cartographie de ces zones humides montre :

- que le captage de Villy-sur-Yères se place à 46 mètres, en amont d'une zone humide limitée par le cours de l'Yères et qui s'étend sur sa rive droite,
- que le captage de Touffreville-sur-Eu se place à 21 mètres, en amont d'une zone humide qui délimite le périmètre de protection immédiate du captage,
- que le captage de Criel-sur-Mer se place à environ 300 mètres, en amont d'une zone humide de petite extension limitée par la RD226.

Le calcul des zones d'appel, présenté dans le chapitre 2.3.5, indique que l'exploitation des captages n'a pas d'impact au-delà :

- de 23 mètres en aval des captages de Villy-sur-Yères et Touffreville-sur-Eu,
- de 58 mètres en aval du captage de Criel-sur-Mer

Dans ces conditions, l'incidence de l'exploitation des captages du Syndicat sur les zones humides du secteur est :

- nulle pour le captage de Villy-sur-Yères,
- négligeable pour le captage de Touffreville-sur-Eu,
- nulle pour le captage de Criel-sur-Mer.

Une cartographie des zones humides et des isochrones 50 jours de chaque captage est fournie en Annexe 3-5 (en aval hydraulique, l'isochrone 50 jours est limité par l'extension de la zone d'appel du captage).

2.3.8. Qualité des eaux souterraines

L'analyse de la qualité des eaux souterraines a déjà été menée au cours de la Phase 1 de l'étude. Nous invitons ainsi le lecteur à se reporter au rapport ANTEA A54878/A de décembre 2009 pour une information complète.

Nous rappelons ici quelques éléments permettant de préciser le fonctionnement du système aquifère au regard de la qualité des eaux observée.

2.3.8.1. Turbidité

La turbidité représente la teneur en matière en suspension présente dans l'eau. Ce paramètre peut traduire l'existence d'une fissuration de l'encaissant crayeux lorsque qu'il est associé à des niveaux de hautes eaux de nappe saisonniers ou même d'un développement karstique lorsqu'il apparait à la suite d'événements pluvieux courts et de forte intensité.

Dans la région, l'apparition des épisodes turbides s'est accrue en intensité ces dernières années avec les modifications des pratiques culturales et les aménagements du milieu rural qui amènent une imperméabilisation des sols et une augmentation du ruissellement et de l'érosion.

Aux captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer, il n'existe pas de réelles chroniques de turbidité mais une vingtaine de mesures ponctuelles réparties sur six années (entre 1990 et 1996).

En outre, ces mesures ne peuvent être corrélées avec les variations du niveau de la nappe de la Craie observées sur les piézomètres de contrôle de Beauchamps (n° BSS 0044-2X-0050) et de Melleville (n° BSS 0044-1X-0007) dont les chroniques débutent respectivement en 1996 et 2001.

Il n'est donc pas possible d'établir quelque relation que se soit entre la turbidité et les variations du niveau de la nappe de la Craie.

Cependant, on note que les valeurs de turbidité mesurées entre 1990 et 1996 sur les trois captages sont similaires (comprises en 0,13 et 3,52 NTU) et ne présentent pas de pic comme on peut parfois l'observer sur les captages dits « turbides » du département. Rappelons par ailleurs que l'exploitation de ces captages AEP n'a jamais été interrompue pour cause de turbidité. Ceci permet alors de penser :

- que les trois captages sont alimentés par une même nappe (bien que la portion de nappe qui les alimente soit différente),
- que l'encaissant qui alimente en eau ces trois captages ne présente pas une fracturation développée,
- et éventuellement que la typologie des sols et leur occupation spatiale limitent les phénomènes de ruissellement et d'érosion.

2.3.8.2. Conductivité

Souvent associée à la turbidité, le paramètre conductivité traduit l'état de minéralisation de la nappe. Elle est le reflet d'une évolution des conditions hydrogéologiques et/ou environnementales.

Comme pour le paramètre turbidité, les mesures de conductivité réalisées entre 1990 et 1996 ne peuvent être corrélées avec les variations du niveau de la nappe.

Cependant, on peut noter une hausse sensible de la conductivité des eaux de la nappe à partir de 1992 sur les trois captages, passant ainsi en moyenne de 450 à 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de conductivité enregistrées restent toutefois dans la même gamme (forte minéralisation).

Ceci traduit alors :

- que les trois captages sont alimentés par la même nappe de la Craie,
- des échanges avec les eaux de surface peu minéralisées moins importants sur cette période (plus faible pluviométrie entre 1992 et 1996).

2.3.8.3. Température

A l'inverse des eaux superficielles, les eaux souterraines sont à température relativement constante toute l'année lorsque leur environnement n'est pas modifié.

Ainsi, lorsqu'elle n'est pas d'origine anthropique, l'évolution rapide de la température de la nappe peut traduire un changement des conditions hydrogéologiques (connexion avec les eaux de surface par exemple).

Ce paramètre n'est pas mesuré aux captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer.

2.3.8.4. Carbone organique total

La mesure du carbone organique total (COT) fournit une indication directe sur la charge organique d'une eau. L'origine des composés organiques est liée aux activités naturelles (substances humiques dont la concentration varie avec les saisons et les débits) et aux activités humaines.

Lorsqu'elle n'est pas d'origine anthropique, l'évolution de la concentration en COT traduit un changement des conditions hydrogéologiques :

- si la teneur en COT des eaux souterraines se rapproche de celle classiquement mesurée dans les eaux de surface alors elle peut mettre en évidence une connexion entre la nappe et les eaux de surface (période de plus forte pluviométrie à l'origine de ruissellements collectés par les bétouilles par exemple),
- si la teneur en COT croît durant une période de hautes eaux de nappe elle peut traduire des phénomènes de décolmatage de fissures et de remise en suspension des éléments organiques.

Ce paramètre n'est pas mesuré aux captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer.

2.3.8.5. *Nitrates*

La concentration en nitrates est mesurée sur les trois captages depuis 1990. Corrélées avec le suivi du niveau de la nappe dans les piézomètres du secteur, les chroniques de mesures montrent :

- un taux d'accroissement de cette concentration similaire sur les trois captages en liaison avec une évolution des pratiques culturales depuis une vingtaine d'années et traduisant une alimentation des trois captages par une même nappe (la nappe de la Craie),
- une concordance de la concentration en nitrates avec les niveaux piézométriques de la nappe (faible hausse de la concentration en nitrates en période de hautes eaux, et inversement, observable surtout au captage de Criel-sur-Mer) qui met en évidence une certaine sensibilité des eaux souterraines au phénomène de lessivage lors d'années pluvieuses.

2.3.8.6. *Pesticides*

Les valeurs en pesticides (atrazine, simazine et déséthyl-atrazine) mesurées sont en dessous du seuil de détection (0,02 µg/l) pour les trois captages.

S'il était démontré que l'utilisation des pesticides est pratiquée dans les secteurs étudiés alors on pourrait mettre en évidence une faible inertie du système aquifère par exemple.

2.3.8.7. *Microbiologie*

Les bactéries d'origine fécale et leurs germes sont suivis depuis 1990 sur les trois captages.

Ainsi, sur l'ensemble des paramètres analysés (bactéries coliformes, Entérocoques, bactéries et spores sulfite-réductrices, coliformes thermotolérants) aucune relation avec les variations du niveau piézométrique n'est mis en évidence, excepté peut être, au captage de Villy-sur-Yères où la présence d'Entérocoques a été ponctuellement détectée sur les réseaux de distribution, notamment en période de hautes eaux de nappe pouvant traduire un phénomène de décolmatage de fissures lors de la montée des eaux dans l'encaissant ou par effet de chasse en période pluvieuse.

2.3.9. Opérations de traçage

Les opérations de traçage ont pour objectifs de préciser les modes d'écoulement et les processus de mobilité des solutés dans les eaux souterraines par l'étude des relations existantes entre un point d'infiltration des eaux, généralement situé en surface, et un point de réapparition de la nappe.

Ces opérations permettent ainsi d'acquérir les informations nécessaires pour :

- déterminer la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine ou le temps de transfert d'un soluté entre deux points de l'aquifère,
- évaluer les processus de mobilité de l'eau et des solutés au sein du milieu souterrain (advection, dispersion hydrodynamique, etc.), et quantifier les paramètres les gouvernant (porosité efficace, dispersivité longitudinale, etc.),
- vérifier ou mettre en évidence les liaisons hydrauliques entre différents points d'un milieu aquifère.

Dans le secteur d'étude, aucune opération de traçage mettant en jeu les captages AEP du Syndicat n'est recensée. En particulier, aucune circulation souterraine entre un point de surface situé au sein ou en dehors du bassin versant hydrogéologique des captages du Syndicat et lesdits captages n'a été mise en évidence.

2.3.10. Indices karstiques de surface

Les pertes et bétoires sont la traduction en surface d'une karstification de la Craie en sous-sol.

Ce sont des points d'effondrement naturel qui connectent directement la surface topographique à la nappe.

La formation d'une bétoire fait intervenir deux types de processus : des processus chimiques (dissolution de la Craie) et des processus physiques (fracturation et détente de la roche).

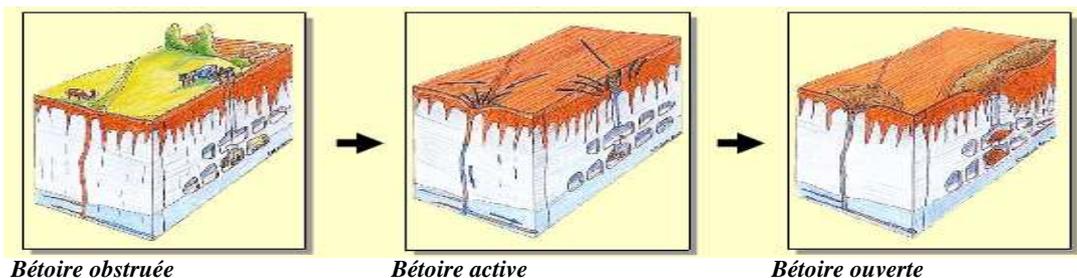


Figure 4 : Evolution d'une bétoire au cours du temps (d'après AREHN, mai 2003)

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

A la faveur d'une zone de fracturation, l'eau d'infiltration, chargée en gaz carbonique se concentre au niveau de cette zone et entraîne une dissolution de la roche carbonatée. Le phénomène s'amplifiant, une véritable cavité se forme et l'eau rejoint alors le réseau karstique formant parfois de véritables rivières souterraines qui complètent ainsi le faible réseau hydrographique de notre région.

Une béttoire ne fonctionne que lorsqu'il y a ruissellement, pendant les précipitations d'hiver ou pendant un orage d'été. Lorsqu'elle fonctionne, de grandes quantités d'eau peuvent être collectées et infiltrées rapidement vers l'aquifère, contribuant ainsi fortement à l'alimentation de la nappe mais sans auto-épuration naturelle par les premiers niveaux de sols.

L'inventaire de ces indices karstiques a été réalisé à partir des données de la Banque du Sous-Sol et des documents d'urbanisme et a été complété par des prospections de terrain ciblées (fonds de vallons secs, talwegs).

Nos prospections de terrain ont permis de préciser les éléments suivants concernant les indices de cavités recensés en bibliographie, :

- un indice situé dans le centre bourg de Fresnoy-Folny semble marquer l'emplacement d'un puisard,
- trois indices situés sur le plateau de Litteville, dans des parcelles agricoles en labour à la date de nos prospections de terrain, n'ont pas été retrouvés (la situation de plateau laisse présager qu'il ne s'agit pas d'indices karstiques),
- un indice situé dans une prairie en amont du vallon sec Fond de Guimécourt correspond à une petite mare,
- un indice est situé en amont du vallon sec Fond de Guilmécourt, dans une parcelle agricole en labour à la date de notre visite et n'a pu être retrouvé,
- un indice situé sur le plateau de Guilmécourt, dans une prairie, n'a pu être clairement vérifié car situé sur une parcelle privée non accessible (la situation de plateau laisse présager qu'il ne s'agit pas d'un indice karstique),
- aucun de ces indices n'a été observé sur les photographies aériennes disponibles.

Ainsi, sur l'étendu du bassin versant souterrain alimentant les captages AEP du Syndicat, quelques indices de vides de nature indéterminée sont recensés mais aucun indice karstique n'est formellement identifié.

2.4. Pédologie

Les sols résultent de l'action du climat et des activités biologiques et humaines sur les roches superficielles.

Ils ont non seulement un rôle de support, de réservoir et d'alimentation en eau et en éléments minéraux pour les plantes, mais aussi un rôle épurateur primordial pour les composés polluants.

2.4.1. Typologie des sols

Les études et cartographies de sols disponibles sur les secteurs étudiés sont :

- l'Atlas des Sols de Haute Normandie édité par les Chambres d'Agriculture de Haute Normandie. Il s'agit d'une cartographie de la typologie des sols à l'échelle de la Région.
- l'étude d'inventaire, localisation, caractérisation et orientation de gestion des zones humides du lit majeur de l'Yères réalisée par Alise en 2009 pour le compte du SIBVYC. Cette étude vient compléter la carte régionale de l'Atlas par des sondages pédologiques ponctuels réalisés à l'échelle du lit majeur de l'Yères.

2.4.1.1. Caractérisation des sols d'après l'Atlas des Sols de Haute Normandie

D'après l'Atlas des Sols de Haute Normandie, les sols rencontrés sur le bassin versant hydrogéologique des captages AEP du Syndicat sont à dominante :

- limoneuse sur le plateau et les talwegs à faible pente;
- alluvionnaire dans la vallée de l'Yères.

Pour ces sols, des traces d'hydromorphie (taches rouilles ou grises, concrétions ferro-manganiques noirâtres) sont observées lorsque les sols présentent un excès d'eau.

Les cartographies des sols sur le bassin versant hydrogéologique des captages du Syndicat sont rassemblées en Annexe 4-1.

La typologie des sols et leur répartition à l'échelle du bassin versant souterrain des captages sont présentées dans le Tableau 5.

Les caractéristiques générales de chacun des sols rencontrés, telles que décrites dans l'Atlas des Sols de Haute Normandie, sont présentées dans les chapitres suivants.

Type de sol	Pourcentage à l'échelle du bassin versant souterrain		
	Captage de Villy-sur-Yères	Captage de Touffreville-sur-Eu	Captage de Criel-sur-Mer
Sol d'alluvions fines	0,27 %	-	-
Sol de craie peu épais	15,29 %	11,12 %	16,34 %
Sol de limon caillouteux peu épais	26,29 %	-	-
Sol de limon épais	53,55 %	58,02 %	52,80 %
Sol de limon peu épais sur argile à silex	4,60 %	30,86 %	30,86 %

Tableau 5 : Typologie des sols dans le bassin versant des captages

2.4.1.1.1 Sol de limon épais, non hydromorphe

Nommé également sol brun faiblement lessivé à sol brun lessivé.

On les rencontre sur le plateau et dans les fonds de talwegs secs où les pentes sont faibles.

Le profil de sol type est le suivant :

- 0 à 25 cm : limon moyen, brun foncé, poreux, sain
- 25 à 50 cm : limon moyen, brun clair, assez poreux, sain
- 50 à 100 cm : limon argileux, brun, peu poreux
- > 100 cm : limon, brun clair, poreux

Dans les vallons secs, le sol peu être limoneux sur tout le profil.

Les autres caractéristiques sont :

- excès d'eau absents ou très rares et temporaires,
- réserve utile du sol élevée, supérieure à 200 mm,
- perméabilité comprise entre 10^{-5} et 10^{-8} m/s.

2.4.1.1.2 Sol de limon peu épais sur argile à silex, non hydromorphe

Nommé également sol brun.

On les rencontre sur les bordures de plateau et sur les pentes faibles.

Il s'agit d'un composé de limon de plateaux et de versants et de colluvions dérivées de moins d'un mètre d'épaisseur, sur argile à silex.

Le profil de sol type est le suivant :

- 0 à 30 cm : limon argileux, brun foncé, friable
- 30 à 50 cm : limon argileux, brun, caillou de silex
- 50 à 70/80 cm : argile limoneuse, brun rouge, cailloux de silex
- > 70/80 cm : argile à silex, brun rouge, nombreux silex

Les autres caractéristiques sont :

- hydromorphie possible localement au dessus de l'argile à silex,
- excès d'eau généralement absent,
- réserve utile du sol moyenne, comprise entre 100 et 150 mm,
- sensible à la battance et au tassement, très sensible à l'érosion,
- perméabilité comprise entre 10^{-5} et 10^{-8} m/s.

2.4.1.1.3 Sol de limon caillouteux peu épais, non hydromorphe

Egalement classé parmi les sols bruns.

Il se situe dans les secteurs de pente moyenne à forte. On le rencontre uniquement dans le périmètre du bassin versant souterrain du captage de Villy-sur-Yères.

Il est composé de colluvions dérivées, de moins d'un mètre d'épaisseur sur argiles à silex.

Le profil de sol type est le suivant :

- 0 à 20 cm : limon sablo-argileux, brun foncé, nombreux cailloux de silex, poreux
- 20 à 40 cm : limon sablo-argileux, brun, cailloux de silex, poreux
- 40 à 60 cm : limon sableux ou sablo-argileux, très caillouteux, brun jaunâtre
- > 60 cm : argile à silex, brun rougeâtre, à trainées grises, nombreux cailloux de silex en poches

Les autres caractéristiques sont :

- hydromorphie légère possible en position plane,
- excès d'eau absent ou très rare et temporaire,
- réserve utile faible, comprise entre 50 et 100 mm,
- perméabilité comprise entre 10^{-4} et 10^{-7} m/s.

2.4.1.1.4 Sol de craie peu épais, non hydromorphe

Egalement nommé rendzine, sol brun calcaire. On le rencontre dans les secteurs de pente moyenne à forte. Il est composé de craie et de colluvions limoneuses peu épaisses sur craie.

Le profil de sol type est le suivant :

- 0 à 15/20 cm : limon argileux à argile limoneuse, calcaire, gris organique, caillou de silex, craie
- 15/20 à 40/60 cm : limon argileux à argile limoneuse, calcaire, gris clair, caillou de silex et craie
- > 40/60 cm : craie surmontée de craie altérée à silex

Les autres caractéristiques sont :

- excès d'eau absent,
- réserve utile de 50 à 150 mm en fonction de l'enracinement dans la craie,
- perméabilité comprise entre 10^{-3} et 10^{-5} m/s.

2.4.1.1.5 Sol d'alluvions fines, hydromorphe

Nommé également sol peu évolué d'apport hydromorphe. On les rencontre dans les secteurs de fond plat de vallée humide (vallée de l'Yères) uniquement dans le périmètre du bassin versant souterrain du captage de Villy-sur-Yères. Il est principalement occupé par les herbages.

Le profil de sol type est le suivant :

- 0 à 15 cm : argile limoneuse, noire, très organique
- 15 à 30 cm : argile limoneuse ou argile, brun foncé, organique, taches rouille nombreuses
- 30 à 80 cm : argile, gris bleuté uniforme
- 80 à 120 cm : cailloutis de silex à fraction fine sableuse, noyé

Les autres caractéristiques sont :

- granulométrie des horizons très variable : argileuse, limoneuse ou sableuse,
- localement, on peut observer la présence de tourbe sur plus d'un mètre (couche organique formée à partir des mousses, joncs, etc. non décomposés, saturée par l'eau pendant des périodes prolongées),
- excès d'eau important en relation avec la présence d'une nappe permanente remontant en surface en période de hautes eaux,
- réserve utile du sol faible à moyenne, inférieure à 150 mm avec des possibilités de remontée de la nappe. Le ressuyage est lent à très lent,
- perméabilité comprise entre 10^{-2} et 10^{-3} m/s.

2.4.1.2. Apports de l'étude Alise

Aucun des sondages pédologiques réalisés dans le cadre de l'étude Alise à l'échelle du lit majeur de l'Yères n'est présent dans les limites du bassin versant souterrain alimentant les captages du Syndicat étudiés.

Les sondages les plus proches des captages réalisés en rive gauche de l'Yères sont présentés avec leur fiche descriptive en Annexe 4-2. Il s'agit :

- 1- sondage sp55 situé sur la parcelle AV8 de la commune de Grandcourt, à 875 mètres à l'est du captage de Villy-sur-Yères dont le profil est le suivant :
 - 0 à 10 cm : limon argileux
 - 10 à 50 cm : horizon argilo-limoneux avec traces d'hydromorphie
 - 50 à 70 cm : tourbe

Ce sondage caractérise un sol alluvionnaire hydromorphe (cf chapitre 2.4.1.1.5) que l'on rencontre également au droit du captage de Villy-sur-Yères d'après l'Atlas des Sols.

- 2- sondage sp33 situé sur la parcelle A182 de la commune de Touffreville-sur-Eu, à 170 mètres au nord-est du captage de Touffreville-sur-Eu dont le profil est le suivant :
 - 0 à 20 cm : limon riche en matière organique
 - 20 à 60 cm : tourbe

Ce sondage caractérise un sol alluvionnaire hydromorphe (cf chapitre 2.4.1.1.5) que l'on rencontre à proximité du captage de Touffreville-sur-Eu d'après l'Atlas des Sols.

- 3- sondage sp90 situé sur la parcelle ZS51 de la commune de Criel-sur-Mer, à 280 mètres au sud-est du captage de Criel-sur-Mer dont le profil est le suivant :
 - 0 à 60 cm : limon argileux
 - 60 à 80 cm : horizon d'altération

Ce sondage caractérise un sol de craie peu épais, non hydromorphe (cf chapitre 2.4.1.1.4) que l'on rencontre également au droit du captage de Touffreville-sur-Eu d'après l'Atlas des Sols.

Ces sondages ne permettent pas de préciser la nature des sols au sein du bassin versant souterrain alimentant les captages du Syndicat. Toutefois, ils confirment ponctuellement la cartographie de l'Atlas des Sols et on considère ainsi que cet Atlas peut être utilisé pour la caractérisation des sols sur l'ensemble des bassins versants souterrains tels que présentés au chapitre 2.4.1.1.

2.4.2. Sensibilité des sols à l'érosion

L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur les sols emportant des particules de terre.

Un Atlas de l'Aléa Erosion par bassin versant élémentaire a été dressé pour la Haute-Normandie classant l'intensité de l'aléa en cinq classes : très fort, fort, moyen, faible et très faible.

Un extrait de ce document, fourni en Annexe 4-3, indique :

- que la quasi-totalité du bassin versant souterrain des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer correspond à une zone d'aléa érosion de très forte intensité,
- que la quasi-totalité du bassin versant souterrain du captage de Villy-sur-Yères correspond à une zone d'aléa érosion de forte intensité.

Ces secteurs où l'érosion est la plus forte concernent des sols limoneux fortement sensibles à la battance (tendance du sol à former une croûte superficielle sous l'effet des pluies) et au tassement.

3. Détermination du bassin d'alimentation des captages

3.1. Définition

Le bassin d'alimentation d'un captage (BAC) tel que défini dans le guide méthodologique RP-55874-FR du BRGM de septembre 2007 est « *le lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage par l'infiltration directe des eaux ou par l'infiltration de cours d'eau [...], il suit généralement la projection verticale de la portion de la nappe qui alimente le captage, mais il peut en différer par ajout ou retrait de zones en surface* ».

3.2. Application aux captages du Syndicat

3.2.1. Portion de nappe alimentant les captages AEP

L'étude hydrogéologique du bassin versant a permis de déterminer les principales caractéristiques de l'aquifère alimentant les captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer (cf chapitre 2).

Sur l'ensemble du bassin versant hydrogéologique des captages AEP considérés, l'aquifère crayeux alimentant ces ouvrages est libre : il n'existe pas de couverture imperméable (dont la perméabilité est inférieure à 10^{-9} m/s) entre la surface topographique et la zone saturée de la nappe.

L'ensemble des points correspondant à la projection en surface du bassin versant hydrogéologique participe ainsi à l'alimentation de la portion de nappe captée par les ouvrages considérés : le bassin d'alimentation des captages étudiés est alors la projection en surface de leur bassin versant hydrogéologique (cf Figure 5).

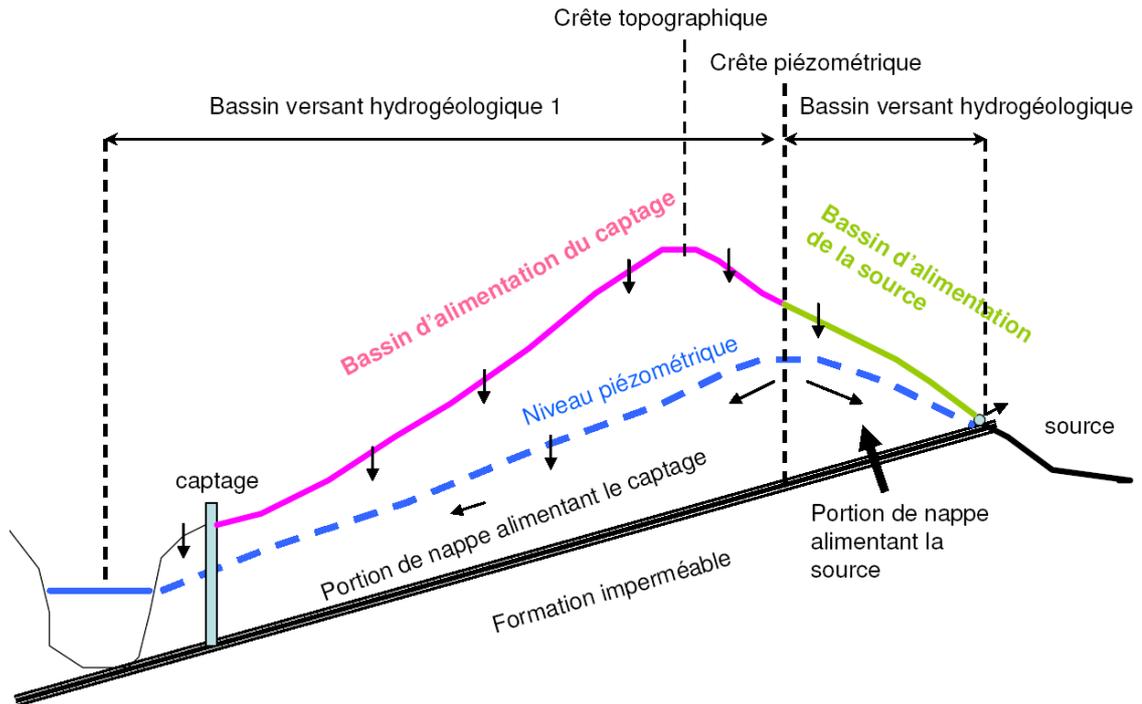


Figure 5 : Délimitation du bassin d'alimentation d'un captage dans le cas d'un aquifère libre (d'après BRGM, 2007)

3.2.2. Autres zones de surface participant à l'alimentation de l'aquifère capté par les ouvrages AEP du Syndicat

Au-delà de la zone géographique correspondant à la projection en surface de la portion de nappe alimentant les ouvrages, certaines zones de surface peuvent être susceptibles de participer à son alimentation (cours d'eau, zone de bordure, zone de réinjection, etc.).

Dans le cas présent, aucune zone de ce type n'a été identifiée. En particulier :

- l'interprétation des pompages d'exploitation sur la période de suivi démontre que l'Yères n'est pas une limite d'alimentation des captages étudiés (cf chapitre 2.3.6),
- la DDEA de Seine Maritime précise qu'il n'existe aucun point de rejet de drainage agricole dans le bassin versant hydrogéologique des captages étudiés. L'analyse des données du RGA confirme cette information,
- aucun point d'infiltration naturel de surface de type bétoire connecté aux captages étudiés et ayant un bassin versant superficiel s'étendant au-delà de leur bassin versant hydrogéologique n'est recensé (cf chapitre 2.3.10).

A l'inverse, d'autres secteurs peuvent exporter de l'eau en dehors du bassin et ne doivent pas être pris en considération (zones imperméables, pompages permanents, etc.).

Dans le cas présent, aucune zone de ce type n'a été identifiée. En particulier :

- il n'existe pas de zone imperméable ($K < 10^{-9}$ m/s) favorisant l'exportation d'eau en dehors du bassin versant hydrogéologique des captages étudiés,
- il n'existe pas d'autre point de pompage permanent significatif dans le bassin versant hydrogéologique des captages étudiés (le recensement de ces points d'eau a été réalisé à partir des fichiers de la BSS, cf Annexe 3-7). En effet, dans le bassin versant hydrogéologique du captage de Villy-sur-Yères, l'unique point d'eau déclaré (puits n°0043-8X-0014), situé sur la commune d'Avesnes-en-Val, est scellé et n'est plus utilisé. Dans le bassin versant hydrogéologique des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer, le forage n°0043-3X-0031, situé sur la commune de Touffreville-sur-Eu, est ponctuellement exploité à un débit de 3 m³/h ce qui est négligeable vis-à-vis des débits prélevés aux captages AEP étudiés. Enfin, dans le bassin versant hydrogéologique du captage de Criel-sur-Mer, le sondage n°0043-3X-0008, situé à proximité du captage AEP est aujourd'hui rebouché.

3.2.3. Cartographie des bassins d'alimentation des captages

Au regard des éléments décrits dans les chapitres précédents, le bassin d'alimentation des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer correspond à la projection en surface de leur bassin versant hydrogéologique.

Pour la délimitation de ces bassins versants hydrogéologiques, nous avons privilégié les cartographies de la piézométrie de la nappe de la Craie éditées par la CGG plutôt que celle de l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime du BRGM. En effet, les travaux de la CGG sont plus récents (1997) et distinguent les différents états de la nappe de la Craie (basses, moyennes et hautes eaux) permettant une analyse plus fine des écoulements de la nappe.

Ainsi, les surfaces calculées du bassin d'alimentation de chaque captage étudié sont :

- BAC du captage de Villy-sur-Yères : 7,2 km²,
- BAC du captage de Touffreville-sur-Eu : 8,6 km²,
- BAC du captage de Criel-sur-Mer : 9,5 km².

Notons que la surface des BAC est très proche quelque soit la source cartographique d'information, CGG ou BRGM (cf chapitre 2.3.5).

3.3. Comparaison avec le calcul du bilan hydrique

Ce chapitre est basé sur la méthode de calcul du bilan hydrogéologique présentée dans l'Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure (BRGM, version 2004).

3.3.1. Principe du bilan

Le bilan hydrique a pour objet de quantifier les échanges d'eau entre l'atmosphère, le sol et le sous-sol, et de définir les lames d'eau ruisselées et infiltrées.

A l'échelle d'un bassin versant, le bilan hydrique s'appuie sur le principe de conservation de masse au sein d'un système hydrologique : les flux entrants sont compensés à chaque instant par les flux sortants et les variations de stock au sein du système hydrologique, ce qui se traduit par l'équation suivante :

$$\Phi \text{ entrant} = \Phi \text{ sortant} + \delta \text{ (stock)}$$

3.3.1.1. Bilan à l'entrée du système aquifère

A l'entrée du système, ce sont les pluies qui s'infiltrent ou ruissellent qui constituent l'unique terme d'entrée. Une partie des pluies va s'évaporer directement ou indirectement via les plantes : c'est le phénomène d'évapotranspiration.

$$\Phi \text{ entrant} = P - \text{ETR}$$

Où :

- P : précipitations
- ETR : part d'Evapotranspiration Réelle

La part efficace des pluies qui rentrent dans le système s'infiltré ou ruisselle. Ainsi on note que $P_e = R + I$

Où :

- P_e : pluies efficaces
- R : ruissellement
- I : infiltration

ETR représente la quantité d'eau qui s'évapore du sol ainsi que l'eau rejetée par les plantes. Elle est fonction de l'évapotranspiration potentielle (ETP), quantité d'eau susceptible d'être reprise par l'atmosphère pour des conditions de température d'insolation, d'humidité et de vent données. Lorsque $P > \text{ETP}$, on admet que $\text{ETR} = \text{ETP}$. Dans le cas contraire ($P < \text{ETP}$), on a $\text{ETR} = P$.

R est engendré par les précipitations ne pouvant être absorbées par le sol. Il est défini par un coefficient (c) qui dépend des caractéristiques du sol (occupation des sols, pentes) et qui traduit le pouvoir du sol à laisser ruisseler l'eau. Notons qu'une partie des ruissellements se réinfiltré en effet dans le sol progressivement le long du fil d'eau ou finit par s'engouffrer à hauteur de pertes karstiques (bétoires). Pour mémoire, l'intensité d'une pluie déclenchant un ruissellement est estimée à plus de 10 mm/h pendant au moins 30 minutes. En règle générale, l'apparition du ruissellement a lieu lorsque l'intensité pluviométrique est supérieure aux capacités d'infiltration de l'eau dans les sols.

I correspond à la quantité d'eau précipitée, à laquelle on soustrait l'ETP et le ruissellement. C'est la quantité d'eau s'infiltrant en profondeur dans le sol et parvenant à la nappe. A ce stade intervient la RFU ou Réserve Facilement Utilisable, qui prend en compte la quantité d'eau stockée dans les premières dizaines de centimètres du sol, susceptible d'être utilisée par les plantes et d'être reprise par évapotranspiration. Cette valeur de la RFU dépend principalement de la nature du sol et de son épaisseur. La RFU est donc considérée comme un réservoir pouvant se remplir ou se vider en fonction des précipitations et de l'évaporation. Une infiltration vers la nappe ne peut être générée que si la RFU est pleine.

3.3.1.2. Variation de stock au sein du système aquifère

Les aquifères peuvent au fil du temps stocker et déstocker une partie des eaux infiltrées.

Si les apports sont supérieurs aux sorties du système (sources, drainances topographiques des cours d'eaux), il y aura stockage d'eau dans les aquifères.

Dans le cas contraire, il y aura déstockage d'eau des aquifères. Ce stockage/déstockage d'eau se fait principalement dans la zone non saturée du sol au-dessus de la nappe. Dans le cas d'un aquifère supposé à l'échelle globale, comme homogène et isotrope, comme l'est la Craie, les variations de volumes peuvent s'exprimer sous la formule suivante :

$$\delta (\text{stock}) = S \times \delta h \times A$$

Où :

- h est la hauteur piézométrique (moyenne du système)
- A est l'aire du système
- S est le coefficient d'emmagasinement moyen de la nappe

On notera que les variations de hauteurs piézométriques d'eaux s'effectuent avec plus ou moins d'inertie car il s'agit d'un régime d'écoulement gravitaire lent, régi par la perméabilité et donc la transmissivité du milieu (la transmissivité étant le produit du coefficient de perméabilité par l'épaisseur efficace de la zone saturée).

De plus, l'alimentation des nappes ne se fait qu'en hiver, quand l'évapotranspiration est faible : les apports d'alimentation ne sont pas continus mais saisonniers. Le drainage de la nappe par les cours d'eaux s'effectue en permanence : les pertes sont continues. Les variations de volume de l'aquifère peuvent donc fluctuer fortement dans l'année, et d'une année sur l'autre.

Toutes ces raisons font que les variations de volume des nappes ne peuvent bien s'observer que dans la durée, sur des cycles pluriannuels.

Enfin, dans la zone non saturée du sol entre la surface et la nappe, il existe aussi des variations de volume d'eau présent dans ce compartiment, liées aux eaux d'infiltration en transit. Ces variations s'équilibrent dans la durée (la zone non saturée n'étant qu'une zone de transit) et demeurent surtout très mal connues (ces variations de saturation au sein de la zone non saturée jouent un rôle notable dans la survenue plus ou moins rapide et généralisée des remontées de nappes par exemple).

3.3.1.3. Bilan à la sortie du système aquifère

En sortie du système, il existe deux termes différents :

$$\Phi \text{ sortant} = Q + P$$

Où

- Q : débit total de la nappe
- P : prélèvements (eau potable, agriculture, industriel)

On notera que le débit total de la nappe est assuré pour partie par le débit ruisselé Q_r issu du ruissellement R, et pour partie par le drainage topographique des nappes après infiltration I, débit drainé Q_d .

$$Q = Q_r + Q_d$$

Le débit ruisselé Q_r est très variable : il peut être nul en période sèche durable et avec des pics courts et très élevés en périodes pluvieuses intenses.

Le débit drainé Q_d dépend des fluctuations de niveaux de la nappe : il varie généralement peu et lentement.

3.3.2. Calcul du bilan hydrique pour les captages du Syndicat

3.3.2.1. Bilan à l'entrée du système aquifère

Dans le cadre du calcul du bilan hydrique, les valeurs de pluviométrie (P) utilisées sont celles du poste Météo France d'Eu (alt. +28 m NGF) et les données concernant l'évapotranspiration potentielle mensuelle moyenne (ETP) sont celles du poste Météo France d'Abbeville (80).

Notons que la période de mesure intégrée dans le calcul du bilan, 1999-2008, est marquée par des épisodes pluvieux importants sur la période 1999-2001 et une période de déficit pluviométrique sur la période 2002-2007 comprenant un épisode de grande sécheresse (été 2003).

Au regard de l'occupation des sols, de la nature des sols et des pentes observées sur le bassin :

- surfaces imperméabilisées peu nombreuses, parcelles cultivées sur le plateau et surfaces en herbe ou boisées couvrant les versants et les fonds de vallons secs,
- pentes faibles sur le plateau et les fonds de vallons secs, pentes moyennes à fortes sur les versants de vallons secs,
- sols limono-argileux peu perméables sur le plateau, sols de limons peu épais et sols de craie peu épais plus perméables sur les versants,

Alors la part de ruissellement moyen sur le bassin versant des captages du Syndicat peut être estimée à 45 %, ce qui est relativement élevé.

Nous avons retenu une valeur moyenne maximale de RFU égale à 80 mm pour tenir compte des sols de limon caillouteux et les sols de Craie rencontrés sur les versants.

Ces données permettent d'établir le bilan hydrique suivant (cf Tableau 6 et Figure 6). Ces valeurs sont à utiliser avec précaution; il s'agit de calculs théoriques sur les volumes d'eau potentiellement utilisables.

<i>Lames en mm</i>	1999 - 2000	2000 - 2001	2001 - 2002	2002 - 2003	2003 - 2004	2004 - 2005	2005 - 2006	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009	MOYENNE	MINI	MAXI
Précipitations	1014	1197	1272	1021	774	715	803	738	819	1128	862	0	1272
Ruissellement	456	539	572	459	348	322	361	332	369	508	388	0	572
Déficit P-R	557	658	699	561	426	393	441	406	451	621	474	0	699
ETP	253	235	244	249	271	250	241	257	245	242	226	0	271
ETR	203	201	196	219	217	194	228	181	213	214	188	0	228
RFU	47	69	80	66	47	50	80	35	80	80	65	-	-
Infiltration	258	402	444	326	173	140	171	193	160	379	241	0	444

Tableau 6 : Calcul théorique du bilan hydrique dans la région de Criel-sur-Mer

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
 Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
 Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
 Rapport A 56562 - Version A

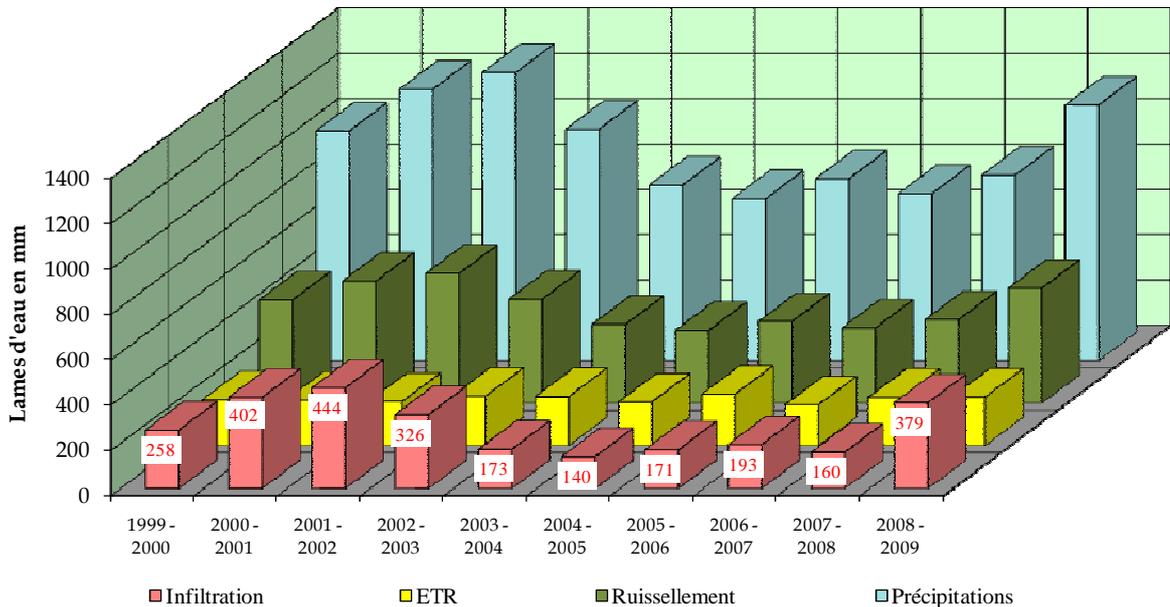


Figure 6 : Bilan hydrique dans le secteur de Criel-sur-Mer

Ce bilan hydrique théorique met en évidence :

- une pluviométrie moyenne annuelle de 862 mm dans le secteur qui compte parmi les plus fortes du département de Seine Maritime et qui est supérieure à la moyenne française (770 mm),
- une quantité ruisselée moyenne annuelle importante de 390 mm environ en liaison avec un fort coefficient de ruissellement,
- une ETP moyenne annuelle plutôt faible avec 226 mm en référence à la station météorologique d'Abbeville. A titre de comparaison, l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime du BRGM indique les ETP suivantes : à Eu = 499 mm, à Blangy = 506 mm et à Londinières = 489 mm,
- une pluie efficace résultante élevée ($P_e = P - ETR$) avec en moyenne annuelle 674 mm. A titre de comparaison, l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime du BRGM indique les P_e suivantes : à Eu = 300 mm, à Blangy = 326 mm et à Londinières = 249 mm,
- une lame d'eau infiltrée moyenne de 241 mm qui assure annuellement (sur la période considérée) la recharge de la nappe. C'est à partir de cette ressource que sont alimentés les captages du Syndicat. L'infiltration vers le sous-sol se fait principalement en période hivernale, d'octobre à mars, avec des fluctuations liées aux variations météorologiques interannuelles.

3.3.2.2. *Variation du stock au sein du système aquifère*

D'après les cartes des niveaux piézométriques de la nappe de la Craie éditées par la CGG (cf Annexe 3-3), on observe sur la période 1974 – 1995 (soit 21 années) :

- sur le bassin versant hydrogéologique du captage de Villy-sur-Yères : une hauteur maximale de 30 mètres entre le niveau de nappe le plus bas et le niveau de nappe le plus haut,
- sur bassin versant hydrogéologique des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer : une hauteur maximale de 10 mètres entre le niveau de nappe le plus bas et le niveau de nappe le plus haut.

Dès lors, si l'on considère un coefficient d'emmagasinement moyen de 2% pour cet aquifère à surface libre, le calcul de la variation du stock sur une année est :

- sur le bassin versant hydrogéologique du captage de Villy-sur-Yères :
 $\delta (\text{stock}) = (0,02 \times 30\ 000) / 21 = 28,5 \text{ mm/an,}$
- sur le bassin versant hydrogéologique des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer : $\delta (\text{stock}) = (0,02 \times 10\ 000) / 21 = 9 \text{ mm/an.}$

A ces quantités doit être soustrait la quantité d'eau prélevée annuellement pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture et l'industrie qui, dans les bassins versants considérés peut être évaluée en situation pénalisante à 1% de la lame d'eau infiltrée (en effet nous avons vu au chapitre 3.2.2 qu'il n'existe pas de prélèvement significatif sur les bassins versants souterrains alimentant les captages étudiés) soit 2,5 mm environ.

3.3.2.3. *Bilan à la sortie du système aquifère*

Dans le calcul du bilan, les données de sortie correspondent aux débits critiques des ouvrages, soit le débit maximum fourni par l'aquifère au point de captage. Pour les trois captages étudiés, les pompages d'essais connus ne permettent pas de définir les débits critiques et nous considérons les débits maximum testés.

3.3.2.3.1 *Bilan au captage de Villy-sur-Yères*

Le débit maximum testé au captage de Villy-sur-Yères est de 260 m³/h, ce qui représente 2 277 600 m³ sur une année en considérant un prélèvement 24h / 24h (d'après les pompages d'essai réalisés en 1963).

Au regard des quantités de lame d'eau infiltrée, des pertes par prélèvements et des variations du stock dans le système, la quantité d'eau calculée participant à l'alimentation de l'ouvrage est de 267 mm au maximum.

Le bassin versant d'alimentation minimal du captage de Villy-sur-Yères doit alors s'étendre sur une surface minimale de l'ordre de 8,53 km².

3.3.2.3.2 Bilan au captage de Touffreville-sur-Eu

Le débit maximum testé au captage de Touffreville-sur-Eu est de 203 m³/h, ce qui représente 1 778 280 m³ sur une année en considérant un prélèvement 24h / 24h (d'après les pompages d'essai réalisés en 1981).

Au regard des quantités de lame d'eau infiltrée, des pertes par prélèvements et des variations du stock dans le système, la quantité d'eau calculée participant à l'alimentation de l'ouvrage est de 247,5 mm au maximum.

Le bassin versant d'alimentation minimal du captage de Touffreville-sur-Eu doit alors s'étendre sur une surface minimale de l'ordre de 7,18 km².

3.3.2.3.3 Bilan au captage de Criel-sur-Mer

Le débit maximum testé au captage de Criel-sur-Mer est de 130 m³/h (d'après les pompages d'essai réalisés en 1968). Cependant la DUP du 16 décembre 1988 autorise un prélèvement maximum de 200 m³/h, ce qui représente 1 752 000 m³ sur une année en considérant un prélèvement 24h / 24h.

Au regard des quantités de lame d'eau infiltrée, des pertes par prélèvements et des variations du stock dans le système, la quantité d'eau calculée participant à l'alimentation de l'ouvrage est de 247,5 mm au maximum.

Le bassin versant d'alimentation minimal du captage de Criel-sur-Mer doit alors s'étendre sur une surface minimale de l'ordre de 7,33 km².

3.3.3. Conclusion sur la délimitation du bassin d'alimentation des captages du Syndicat

La surface du bassin d'alimentation des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer diffère assez peu selon que l'on utilise la méthodologie du BRGM (cf chapitre 3.1) ou le calcul par le bilan hydrique (cf Tableau 7).

On notera cependant que le calcul du bilan hydrique présente une incertitude liée aux données sur lequel il est basé :

- les données météorologiques locales, voire régionales recueillies sur une période couvrant une dizaine d'années seulement,
- les débits critiques des captages ne sont pas connus.

Ainsi, au regard des incertitudes liées au calcul du bilan hydrique, nous privilégions la méthodologie du BRGM appliquée au calcul du BAC des captages du Syndicat étudiés.

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

	Captage de Villy-sur-Yères	Captage de Touffreville- sur-Eu	Captage de Criel-sur-Mer
Méthode de calcul par application du guide méthodologique BRGM (d'après le guide méthodologique RP-55874-FR, 2007)			
1- <i>Portion de nappe alimentant l'ouvrage</i>	7,2 km ²	8,6 km ²	9,5 km ²
2- <i>Zone d'apport vers le bassin versant hydrogéologique</i>	0	0	0
3- <i>Zone d'export en dehors du bassin versant hydrogéologique</i>	0	0	0
Surface du BAC (1 + 2 + 3)	7,2 km²	8,6 km²	9,5 km²
Méthode de calcul par le bilan hydrique (d'après le principe de calcul de l'Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure, 2004)			
4- <i>Bilan à l'entrée du système aquifère (lame d'eau infiltrée)</i>	241 mm	241 mm	241 mm
5- <i>Variation du stock dans le système aquifère</i>	26 mm	6,5 mm	6,5 mm
6- <i>Bilan à la sortie du système aquifère</i>	267 mm	247,5 mm	247,5 mm
7- <i>Débit annuel max au captage</i>	2 277 600 m ³	1 778 280 m ³	1 752 000 m ³
Surface du BAC (6 / 7 / 1 000)	8,5 km²	7,2 km²	7,3 km²

Tableau 7 : Comparaison de la surface des BAC selon les modes de calcul

4. Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque du bassin d'alimentation des captages

4.1. Facteurs de vulnérabilité intrinsèque

La vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère se détermine par l'analyse des différents paramètres hydrogéologiques, structuraux et pédologiques qui en conditionnent la protection naturelle, indépendamment de facteurs de pollution liés à l'occupation des sols et aux activités humaines. Cette analyse est présentée au chapitre 2.

Le zonage de la vulnérabilité des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer a été réalisé à partir de l'analyse et la hiérarchisation des paramètres suivants :

- l'état de la nappe,
- les variations piézométriques,
- la nature et l'épaisseur des formations superficielles,
- la géologie structurale,
- l'épaisseur de la zone non saturée de l'aquifère,
- l'épaisseur de zone saturée,
- la topographie,
- les points d'infiltration rapide.

4.1.1. L'état de la nappe

Dans le cas d'un aquifère à surface libre, la nappe n'est pas naturellement protégée par une formation sus-jacente imperméable.

Dans le cas présent, l'aquifère libre de la Craie alimentant les captages du Syndicat est ainsi uniformément et fortement vulnérable vis-à-vis des pollutions de surface pour ce critère.

4.1.2. Les variations piézométriques

Les deux régimes hydrogéologiques extrêmes, de hautes-eaux et de basses-eaux, ont été analysés. Les niveaux aquifères compris dans les zones de bordures, entre les limites de hautes et basses sont considérés comme moins vulnérables car ils ne sont alimentés qu'au cours de périodes de hautes eaux exceptionnelles.

Par ailleurs, les fluctuations du niveau piézométrique de l'aquifère de la Craie, aquifère à surface libre, favorisent les phénomènes de remise en circulation de polluants jusqu'alors immobilisés dans des niveaux hors d'eau.

Dans le cas des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer, les cartographies de la piézométrie de la nappe de la Craie éditées par la CGG et utilisées ici comme références, montrent (cf Annexe 3-3) :

- que les niveaux de hautes ou basses eaux n'influencent pas le contour de leur bassin versant hydrogéologique. La vulnérabilité de la nappe est ainsi uniforme au centre comme aux limites du BAC ;
- que les variations piézométriques de la nappe, donc la vulnérabilité du BAC des captages, s'accroissent depuis l'aval vers l'amont hydraulique (cf Annexe 5-1).

4.1.3. La perméabilité et l'épaisseur des formations superficielles

Ces paramètres conditionnent le transfert des polluants vers la nappe mais également l'efficacité d'épuration des eaux d'infiltration.

Ainsi, la vulnérabilité de la nappe captée par les ouvrages s'accroît avec le caractère perméable des formations superficielles qui la surmonte.

De même, l'épaisseur des formations superficielles influe sur la vitesse d'infiltration des pluies et la vulnérabilité de l'aquifère s'accroît lorsque l'épaisseur des formations superficielles décroît.

Dans le cas présent, la vulnérabilité de l'aquifère crayeux croît depuis l'amont hydraulique du BAC des captages, où l'on rencontre des sols limono-argileux épais et peu perméables, vers l'aval, où les faciès de sol deviennent limono-caillouteux ou crayeux peu épais et dont la perméabilité est plus importante jusqu'aux sols alluvionnaires perméables qui tapissent le fond de la vallée (cf Annexe 5-2 et Annexe 5-3).

4.1.4. La géologie structurale

Le niveau de fracturation de l'encaissant conditionne les phénomènes de dilution, de dégradation, de fixation ou de filtration des produits polluants.

L'ensemble des facteurs d'une circulation rapide des eaux souterraines (lignes structurales, réseau de diaclases, réseau fracturé voir karstique) sont ainsi des indices de forte vulnérabilité des captages.

Dans le cas présent, les cartographies de la CGG indiquent que les zones fissurées et fracturées sont en étroite relation avec l'axe de la vallée de l'Yères et ses vallons secs secondaires. Vis-à-vis de ce critère, les BAC des captages du Syndicat sont vulnérables principalement dans leur partie aval (cf Annexe 5-4).

4.1.5. L'épaisseur de la zone non saturée de l'aquifère

Il y a ralentissement du temps de transferts et accumulation des polluants dans les horizons non aquifères. Ces derniers présentent en effet des propriétés favorisant l'adsorption et les échanges, donc la retenue d'un grand nombre de substances. Ils permettent enfin l'auto-épuration biologique, action qui favorise l'épuration des effluents et la dégradation des micropolluants.

Dans les secteurs où l'épaisseur de la zone non saturée est minimale, le temps de migration des eaux météoriques vers la zone saturée de l'aquifère est le plus court et la vulnérabilité de l'aquifère est maximale.

Les cartographies de la CGG indiquent que la vulnérabilité BAC des captages du Syndicat vis-à-vis de ce critère croît de l'amont vers l'aval hydraulique où le niveau piézométrique de la nappe de la Craie rejoint le niveau de base de l'Yères (cf Annexe 5-5).

4.1.6. L'épaisseur de la zone saturée de l'aquifère

Elle conditionne les vitesses de transfert des polluants au sein de l'aquifère.

Ainsi, lorsque l'épaisseur de craie mouillée diminue, la fonction transmissive de l'aquifère s'accroît à la faveur d'une fissuration / fracturation plus développée et les vitesses de circulation des polluants en direction des ouvrages augmentent.

Dans le cas des captages du Syndicat, seule la partie aval du BAC du captage de Villy-sur-Yères, où l'épaisseur de craie mouillée est inférieure à 50 mètres, présente une vulnérabilité moyenne à forte vis-à-vis de ce critère. Sur le BAC des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer, l'épaisseur de craie mouillée n'est jamais inférieure à 80 mètres et l'on considère que la vulnérabilité pour ce critère est faible (cf Annexe 5-6).

4.1.7. La topographie

La pente conditionne les phénomènes d'infiltration.

La vulnérabilité de la nappe captée par les ouvrages s'accroît alors dans les secteurs de plus faible pente.

Pour ce critère, les secteurs du BAC des captages du Syndicat les plus vulnérables se situent principalement à l'amont hydraulique, dans les secteurs de plateau crayeux mais aussi dans les fonds de vallons secs où les pentes sont inférieures à 5% (cf Annexe 5-7).

4.1.8. Les points d'infiltration rapide

Dans ce chapitre, les ouvrages de prélèvement en nappe de type puits et forage sont écartés de l'analyse car ayant une origine anthropique.

Les pertes et bétoires sont des points de connexion naturelle, parfois directe, entre les eaux de surface et les eaux souterraines par lesquelles les eaux météoriques s'engouffrent rapidement et sans auto-épuration naturelle par les premiers niveaux de sols.

C'est le degré de connexion existant entre la nappe et ces points d'infiltration rapide qui détermine le niveau de vulnérabilité de l'aquifère.

La vulnérabilité est alors maximale lorsque cette connexion a été mise en évidence par des opérations de traçages. Sont alors considérés les points d'infiltration et leur bassin versant superficiel.

Dans le cas des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer, aucun point d'infiltration de surface de type bétoire en relation avec les captages étudiés n'a été mis en évidence par traçage. Aucun indice karstique de surface n'est recensé dans le bassin des captages. La vulnérabilité du BAC de ces captages est donc nulle pour ce critère.

4.2. Hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité

Chaque facteur intervenant dans la vulnérabilité du BAC des captages a été affecté d'une note de 0 (vulnérabilité la plus faible) à 1, 2 ou 3 (vulnérabilité la plus importante) selon le critère.

Chaque paramètre de l'aquifère n'influant pas de la même manière sur la vulnérabilité de la nappe, un poids est affecté à chaque note selon l'importance de la condition.

Les poids et index des différentes rubriques sont attribués selon des critères utilisés pour ce type d'études réalisées par ANTEA.

Les critères retenus et leur index et poids respectifs ont fait l'objet d'un examen collégial regroupant l'ensemble des représentants du Comité de Pilotage.

*Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A*

Les critères utilisés ainsi que les notes et poids attribués sont présentés dans le Tableau 8.

Pour obtenir une note par critère, on multiplie l'index par le poids. Pour aboutir à la note de vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère de la Craie, les notes par critères sont additionnées.

Trois classes de vulnérabilité, faible, moyenne et forte sont ainsi définies en fonction des classes de note.

Pour aboutir à une cartographie de la vulnérabilité intrinsèque du BAC, on utilise un Système d'Information Géographique (MapInfo V8.5) qui permet de créer une couche d'information par critère de vulnérabilité. La vulnérabilité intrinsèque du BAC est ensuite calculée comme indiquée ci-avant par intégration et hiérarchisation de l'ensemble des couches par critère en une unique couche de vulnérabilité.

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

Facteur de vulnérabilité		Index	Poids
<i>1- Etat de la nappe</i>	- libre	1	3
	- captive	0	
<i>2- Variations piézométriques</i>	- 0 m < variation < 5 m	0	1
	- 5 m < variation < 10 m	1	
	- 10 m < variation	2	
<i>3- Nature et perméabilité des sols</i>	- très perméable (alluvions) $10^{-2} < K < 10^{-3}$ m/s	2	2
	- moyennement perméable (rendzine) $10^{-3} < K < 10^{-5}$ m/s	1	
	- peu perméable (limons et limons argileux) $10^{-5} < K < 10^{-8}$ m/s	0	
<i>4- Epaisseur des formations superficielles (sol + formation des argiles à silex)</i>	- form sup. = 0 m	2	2
	- 0 m < form sup. < 10 m	1	
	- 10 m < form sup.	0	
<i>5- Géologie structurale</i>	- zone à perméabilité en grand (zone fissurée / fracturée)	1	3
	- zone à perméabilité en petit	0	
<i>6- Epaisseur de la zone non saturée</i>	- 0 m < ZNS < 10 m	2	2
	- 10 m < ZNS < 50 m	1	
	- ZNS > 50 m	0	
<i>7- Epaisseur de la zone saturée</i>	- ZS < 20 m	2	1
	- 20 m < ZS < 50 m	1	
	- 50 m < ZS	0	
<i>8- Topographie</i>	- 0 % < pente < 5 %	2	2
	- 5 % < pente < 10 %	1	
	- 10 % < pente	0	
<i>9- Points naturels d'infiltration</i>	- zone de bétoires	1	3
	- absence de bétoire	0	

Tableau 8 : Hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère crayeux

4.3. Application au bassin d'alimentation des captages du Syndicat

L'application de la méthodologie présentée au chapitre 4.2 aboutit à un éventail de notes de vulnérabilité allant de 0 à 24.

A la suite d'une réflexion menée en Comité de Pilotage, le zonage de la vulnérabilité intrinsèque du BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer a été défini de manière à mettre l'accent sur les zones de plus forte et de plus faible vulnérabilité, ce qui laisse une place plus importante à la zone de vulnérabilité moyenne.

La vulnérabilité est alors hiérarchisée selon trois classes (faible, moyenne et forte) réparties selon une courbe gaussienne. Dans cette configuration, les classes de vulnérabilité sont les suivantes :

- classe de faible vulnérabilité (20%) : notes comprises entre 0 et 8 exclus,
- classe de vulnérabilité moyenne (60%) : notes comprises entre 8 et 15 exclus,
- classe de forte vulnérabilité (20%) : notes comprises entre 15 et 24 inclus.

La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque du BAC des captages Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer est fournie en Annexe 5-8.

4.3.1.1. Zone de forte vulnérabilité intrinsèque

4.3.1.1.1 Captage de Villy sur Yères

Cette zone couvre 83,83 ha, soit environ 11,60 % du BAC.

Quatre secteurs du BAC sont situés en zone de forte vulnérabilité intrinsèque :

- depuis le captage en remontant sur le coteau Côte de la Brillanderie et une portion de la plaine située en amont, dans la partie aval du BAC,
- le versant est du vallon secs Bois de Folny, à l'est du BAC,
- le versant sud du vallon sec du Bois de Caudecôte, à l'ouest du BAC,
- le versant ouest du vallon sec Fond de Déville, à l'ouest du BAC.

4.3.1.1.2 Captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Cette zone couvre 139,9 ha, soit environ 14,63 % du BAC.

Elle s'étend principalement depuis les captages vers les plaines du plateau crayeux situées en amont.

Les secteurs concernés sont :

- les parcelles du lieu-dit Les Marais,
- les coteaux Les Crocs et Côte d'Assigny,
- l'extrémité aval du fond des vallons secs Val à Saules et Fond de Guilmécourt.

Le Comité de Pilotage a également émis la volonté d'intégrer deux autres secteurs dans cette zone de forte vulnérabilité intrinsèque. Il s'agit des parties médiane et amont des deux vallons secs Fond de Guilmécourt et Val à Saules. Ces deux secteurs étaient initialement classés au sein de la zone de vulnérabilité moyenne d'après la méthode employée.

4.3.1.2. Zone de vulnérabilité intrinsèque moyenne

4.3.1.2.1 Captage de Villy sur Yères

Cette zone couvre 637,74 ha, soit environ 88,30 % du BAC.

Il s'agit d'un vaste secteur qui s'étend depuis le bourg de Fresnoy-Folny, à l'amont du BAC jusqu'à la Plaine de la Brianderie, à l'aval du BAC, en dehors des zones de forte vulnérabilité intrinsèque citée au chapitre 4.3.1.1.1.

4.3.1.2.2 Captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Cette zone couvre 759,6 ha, soit environ 79,43 % du BAC.

Elle s'étend depuis l'extrémité amont du BAC jusqu'aux coteaux Côte d'Assigny et Les Cotinières situés en aval, à l'exclusion des vallons secs Fond de Guilmécourt et Val à Saules classés en zone de forte vulnérabilité.

4.3.1.3. Zone de faible vulnérabilité intrinsèque

4.3.1.3.1 Captage de Villy sur Yères

Cette zone couvre 0,83 ha, soit environ 0,10 % du BAC.

Elle n'est présente que sporadiquement : sur le versant ouest du vallon sec traversant le Bois de Folny et à l'est du hameau La Brillanderie dans la partie aval du BAC.

*Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A*

4.3.1.3.2 Captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Cette zone couvre 56,6 ha, soit environ 5,94 % du BAC.

Seuls quelques secteurs peu étendus sont concernés. Il s'agit :

- de quelques parcelles agricoles des plaines La Cave Rouge, Les Fontaines et Le Mont d'Aval, au sud du BAC,
- de parcelles ceinturant la partie amont du vallon sec Fond de Guilmécourt,
- de quelques parcelles situées sur les versants du vallon sec Val à Saules, dans ses parties amont et médianes,
- de quelques parcelles longeant la RD 222, à l'aval du BAC de Criel-sur-Mer.

5. Synthèse et conclusion

Le présent rapport constitue la phase 2 de l'étude de protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer.

Elle s'inscrit dans un programme de préservation de la qualité des points d'eau du SMEA de la Région d'Eu et s'intéresse à la caractérisation de la ressource, à la délimitation des bassins d'alimentation des captages et d'en définir les zones de vulnérabilité intrinsèque.

L'analyse des modes d'alimentation des captages a mis en évidence les caractéristiques suivantes :

1) Géomorphologie : les captages du Syndicat sont implantés en rive gauche de la vallée de l'Yères, en pied de versant. Il s'agit d'une vallée orientée globalement sud-est / nord-ouest qui débouche dans La Manche à Criel-sur-Mer. Cette vallée et ses vallons secs adjacents drainent les écoulements superficiels depuis le plateau crayeux. La vallée de l'Yères présente un profil en long peu encaissé avec une pente assez faible de l'ordre de 0,35%. Son profil en large est assez marqué et relativement constant bien qu'il tende à s'évaser et à s'approfondir à l'approche de sa confluence avec la Manche. Sur le plateau, qui culmine entre +180 m NGF à Villy-sur-Yères et +115 m NGF à Criel-sur-Mer, les pentes sont douces (inférieures à 5%) tandis que les versants des vallons secs et de la vallée de l'Yères sont souvent abrupts et les pentes peuvent dépasser 30%. Les bassins versants superficiels des ouvrages sont respectivement de 85 ha pour le captage de Villy-sur-Yères, 23 ha pour le captage de Touffreville-sur-Eu et 9 ha pour le captage de Criel-sur-Mer. Ils sont donc relativement réduits et s'étendent au sud, depuis le point de captage vers le plateau.

2) Géologie : la zone d'étude appartient à l'extension nord-ouest du synclinal du bassin sédimentaire parisien. Les formations sédimentaires crayeuses du Crétacé (Cénomaniens, Turonien et Sénonien) constituent l'épais substratum géologique local. On compte ainsi jusqu'à 190 mètres de Craie en situation de plateau dans le secteur de Touffreville-sur-Eu. Au dessus de la Craie reposent les formations superficielles d'argiles à silex, dont l'épaisseur peut atteindre ici une dizaine de mètres au maximum, et les limons sur le plateau. Les formations alluvionnaires tapissent le fond de la vallée de l'Yères. Des résidus de solifluxion (colluvions) sont également observés en pied de versants des vallons secs et dans les fonds de talwegs. L'allure monotone des formations crayeuses est affectée par quelques déformations de types synclinal (synclinal de Criel-sur-Mer) et anticlinal (anticlinaux de Blangy et de Londinières). Le pendage principal des couches vers le nord-ouest abaisse l'altitude du mur du Cénomaniens de +30 m NGF dans le secteur de Villy-sur-Yères, à -100 m NGF à Touffreville-sur-Eu.

Ces déformations se traduisent en surface par une ligne structurale majeure armoricaine empruntée par la vallée de l'Yères et de nombreuses conjuguées sur lesquelles s'alignent les vallons secs adjacents à la vallée. Leur orientation suit probablement celle d'une fracturation sous-jacente localisée et pouvant s'accompagner d'un réseau de diaclases et de fissures.

3) Hydrogéologie : les niveaux crayeux du Crétacé contiennent une nappe d'eau libre, en équilibre hydrostatique avec la surface et la nappe d'accompagnement de l'Yères. Ils reposent sur les niveaux argilo-glaucconieux du Cénomaniens et les argiles de Gault de l'Albien. L'aquifère crayeux est ainsi constitué d'une partie non saturée en eau, où les échanges depuis la surface se font selon une composante verticale, et une partie saturée en eau (la nappe), où les circulations se font selon une composante sub-horizontale. L'épaisseur de chacun de ces compartiments varie avec la surface topographique et le niveau du mur crayeux. L'épaisseur de la zone saturée passe ainsi d'une quinzaine de mètres au droit du captage de Villy-sur-Yères à près de 120 mètres au droit des captages de Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer. La nappe est alimentée par l'infiltration des pluies efficaces et s'écoule depuis les zones de recharge du plateau vers la vallée de l'Yères et ses vallons secondaires qui constituent les zones de vidange, selon une direction générale sud-est / nord-ouest. Au sein de la zone saturée, les vitesses d'écoulement sont variées en liaison avec la double perméabilité de la Craie. Dans le fond de vallée où la fissuration est bien développée, cette vitesse est ici importante et met en évidence une perméabilité en grand. Les opérations connues de pompages d'essai sur les captages montrent en effet des perméabilités pouvant atteindre 10^{-3} m/s et des transmissivités de l'ordre de 10^{-2} m²/s. Les variations du niveau piézométrique montrent des niveaux de hautes et basses eaux fonctions des conditions de recharge de l'aquifère, selon des cycles inter-annuels et annuels. Les variations de niveau sont importantes sous le plateau, où l'aquifère a une fonction capacitivie tandis qu'elles sont quasi nulles en fond de vallée de l'Yères où l'aquifère a une fonction transmissive. On observe ainsi une variation maximale du niveau de la nappe de +/- 30 mètres sous le plateau alimentant le captage de Villy-sur-Yères. L'étude des cartes piézométriques disponibles montrent que les bassins versants hydrogéologiques des captages du Syndicat s'étendent depuis le point de captage vers le plateau au sud-ouest, avec respectivement une taille de 7 à 8 km² pour le captage de Villy-sur-Yères, 8,5 km² pour le captage de Touffreville-sur-Eu et 8,5 à 9,5 km² pour le captage de Criel-sur-Mer. On note également l'absence de variation du contour de ces bassins versants hydrogéologiques avec les états de basses et hautes de nappe. Le calcul des dimensions de la zone d'appel permet de préciser l'étendue de ce bassin versant à proximité des captages : les rayons d'appel sont de 23 mètres pour les captages de Villy-sur-Yères et Touffreville-sur-Eu et 58 mètres pour le captage de Criel-sur-Mer, ce qui exclu ou rend négligeable tout impact de l'exploitation de ces ouvrages sur les zones humides recensées dans le secteur. Le suivi des niveaux de la nappe de la Craie au droit des captages Syndicat a mis en évidence l'absence de participation de l'Yères à l'alimentation de la nappe lorsqu'elle est exploitée pour les besoins de l'AEP, et ceci malgré la proximité du cours d'eau avec les captages, notamment à Villy-sur-Yères.

Plus que la traduction d'un éventuel effet de colmatage des berges et du fond du cours d'eau, ce phénomène est probablement induit par les caractéristiques de la nappe de la Craie (forte transmissivité et fort coefficient d'emmagasinement) qui lui confèrent une grande capacité à alimenter les captages. L'analyse de la qualité des eaux de la nappe, au travers des chroniques de mesures de quelques paramètres suivis aux points de captage, a été menée sous l'angle de la caractérisation du fonctionnement du système aquifère. Cette analyse met en évidence que chaque captage est alimenté par la même nappe de la Craie, que l'encaissant ne semble pas présenter une fracturation avancée (pas de pic important de turbidité malgré le peu de mesures disponibles), que des échanges avec les eaux de surface existent mais qu'ils sont peu marqués et peu fréquents (hausse ponctuelle de la conductivité sans grande variation au cours du temps) et une certaine sensibilité des eaux souterraines au phénomène de lessivage lors d'années pluvieuses (concordance de la concentration en nitrates avec les niveaux piézométriques de la nappe). L'absence de bétouille franche recensée dans la bibliographie comme sur le terrain à l'échelle du bassin versant hydrogéologique des captages ainsi que l'absence de circulation rapide vers les captages reconnue par traçage confortent l'idée d'une fracturation peu développée sous le plateau crayeux. Bien que le caractère transmissif de l'aquifère crayeux semble soutenu dans l'environnement proche des captages, en liaison avec une fracturation suffisamment développée dans la vallée de l'Yères, la portion d'encaissant alimentant les captages du Syndicat ne présente pas, a priori, un fonctionnement de type karstique.

4) Pédologie : sur le plateau et les talwegs à faible pente les sols en place sont épais, à dominante limoneuse et limono-argileuse et peu perméables ($10^{-8} < K < 10^{-5}$ m/s). Sur les secteurs aux pentes moyennes, les sols de limon deviennent caillouteux, moins épais et plus perméables ($10^{-7} < K < 10^{-4}$ m/s). Dans les zones de plus forte de pente (versants de vallons secs), les sols sont peu épais, plus perméables ($10^{-5} < K < 10^{-3}$ m/s) et reposent directement sur le substratum crayeux. Enfin, dans l'enveloppe du lit majeur de l'Yères, les sols sont de type alluvionnaire, assez épais et présentent des traces d'hydromorphie ainsi qu'une forte perméabilité ($10^{-3} < K < 10^{-2}$ m/s). En dehors des alluvions de fond de vallée, les sols étudiés sont soumis à un aléa érosion fort à très fort et peuvent présenter une forte sensibilité à la battance et au tassement.

Au regard de cette analyse, et d'après la méthode de délimitation des BAC du BRGM, le BAC des captages du Syndicat correspond à ici la projection en surface de leur bassin versant hydrogéologique. Ces bassins ne sont pas augmentés par des apports extérieurs (en particulier l'Yères ne participe pas à l'alimentation des captages, il n'existe pas de bétouille connectée aux captages, ni de parcelles agricoles drainées ayant pour exutoire un point d'infiltration situé dans le bassin versant souterrain des captages), ni retranchés de surface exportant l'eau à l'extérieur du bassin (en particulier il n'existe pas de point de pompage permanent significatif et il n'existe pas d'horizon de surface imperméable ($K < 10^{-9}$ m/s) isolant la nappe de la Craie).

Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A

Dans cette configuration, le BAC des captages du Syndicat sont respectivement, sur la base de la piézométrie régionale de la CGG, de 7,2 km² pour le captage de Villy-sur-Yères, 8,6 km² pour le captage de Touffreville-sur-Eu et 9,5 km² pour le captage de Criel-sur-Mer.

Cette méthodologie a été confrontée au calcul du bilan hydrique pour chacun des captages. Ce calcul indique des BAC aux dimensions similaires malgré les incertitudes reposant principalement sur les données météorologiques régionales recueillies sur une période relativement réduite et sur la méconnaissance des débits critiques des captages.

La définition des zones de vulnérabilité intrinsèque des BAC a été réalisée à partir de l'analyse détaillée et de la hiérarchisation d'une sélection de paramètres conditionnant à la fois l'alimentation, les écoulements et la protection de la nappe : l'état de la nappe, les variations piézométriques, la nature et l'épaisseur des formations superficielles, la géologie structurale, l'épaisseur de la zone non saturée de l'aquifère, l'épaisseur de la zone saturée, la topographie et les points d'infiltration rapide.

L'utilisation d'un SIG a permis la distinction de trois zones de vulnérabilité intrinsèque croissante au sein des BAC et la mise en exergue d'une plus forte vulnérabilité dans la portion aval des BAC, principalement autour des captages du Syndicat.

En phase 3 de l'étude, cette vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère sera confrontée à l'ensemble des paramètres liés aux pressions d'occupation des sols et des activités humaines exercées à l'intérieur du BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer et permettra de faire ressortir des zones prioritaires, où les enjeux vis-à-vis de l'exploitation de la nappe de la Craie sont les plus forts et sur lesquelles pourra être mené, a posteriori, un programme d'actions spécifiques visant à réduire les risques de contamination de la ressource en eau captée par ces trois ouvrages.

*Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement de la région d'Eu
Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer
Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque
Rapport A 56562 - Version A*

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

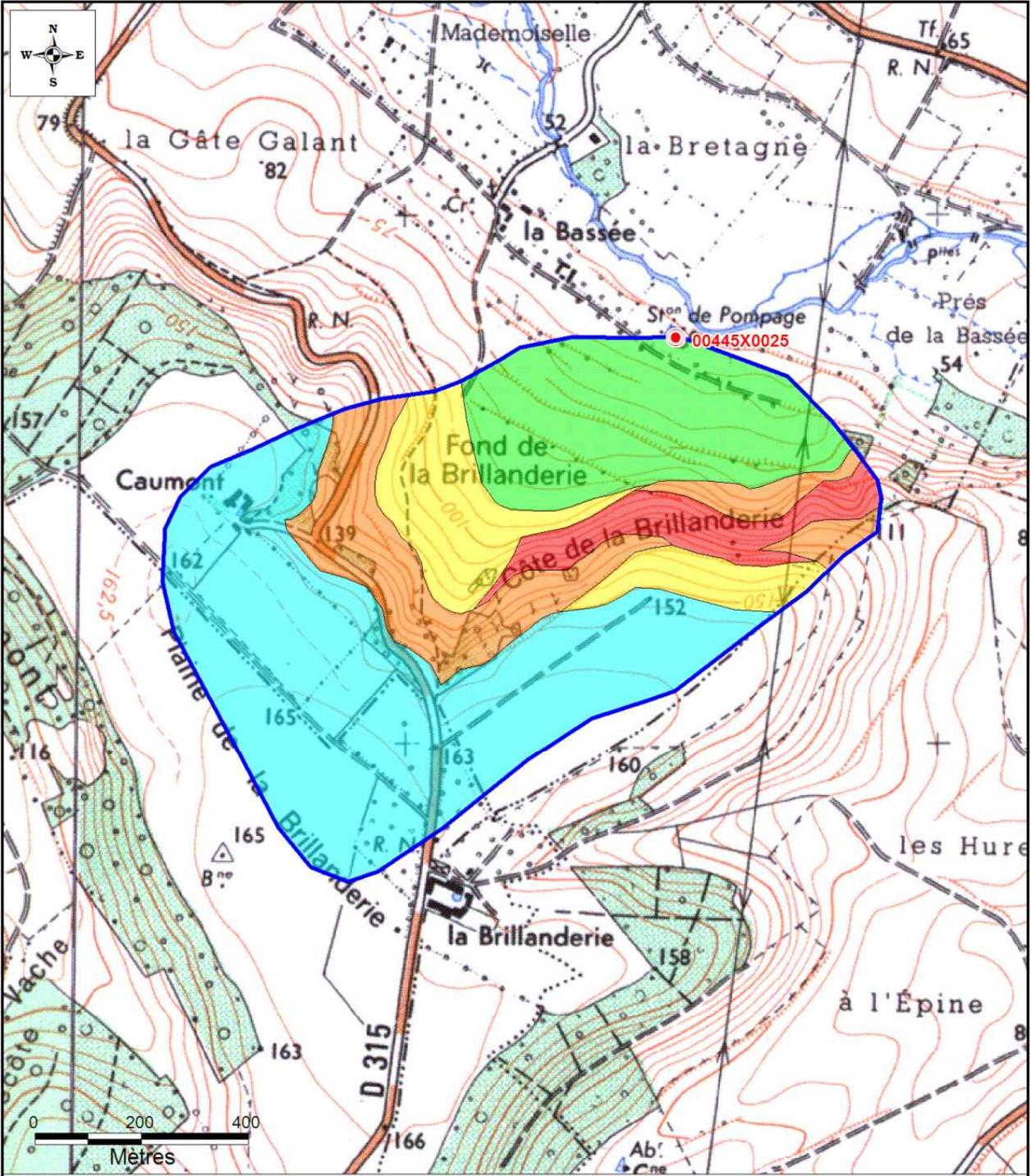
La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

ANNEXE 1

Géomorphologie

ANNEXE 1-1

Cartographie du bassin versant hydrologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

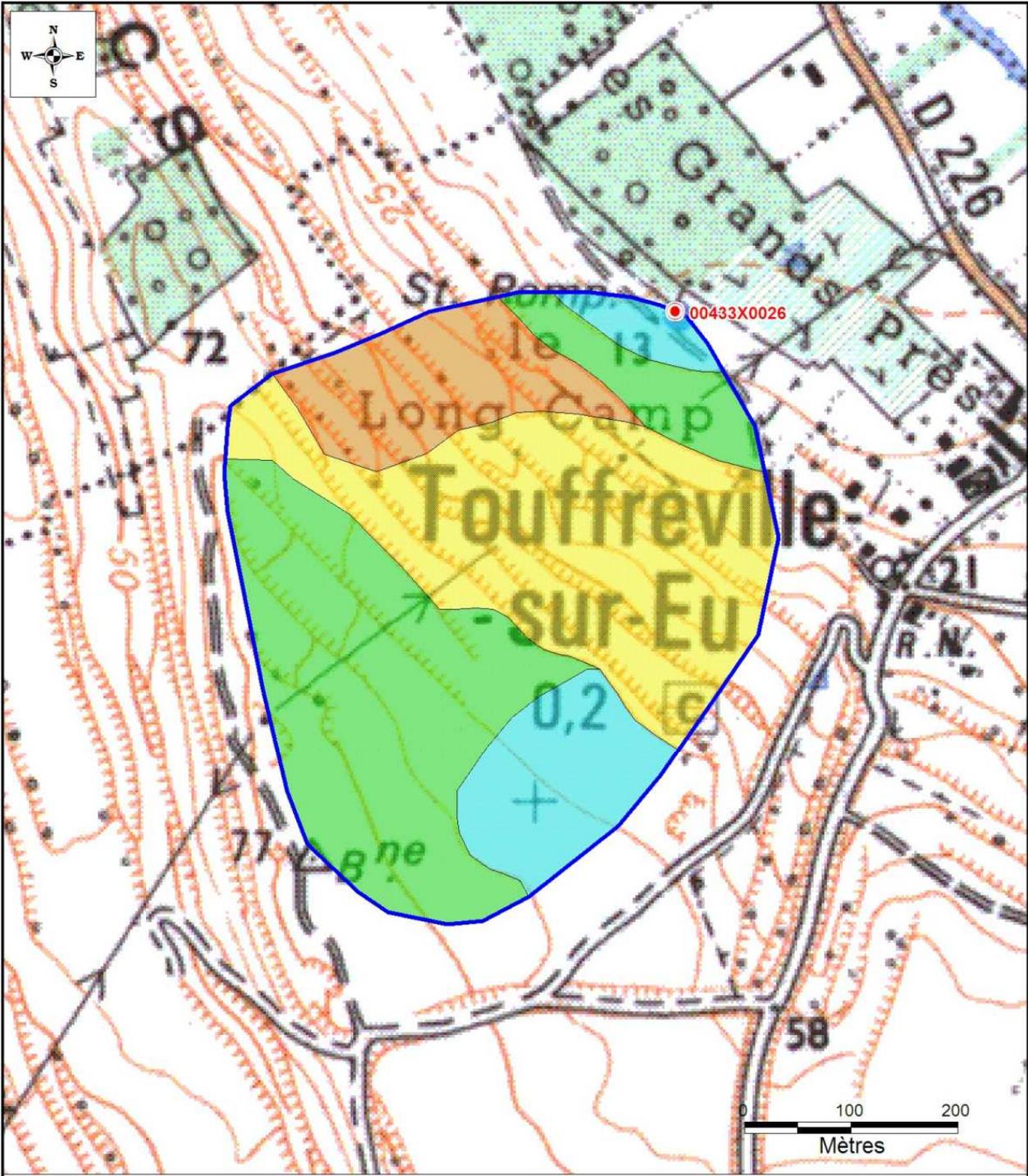


- Légende
- Captage AEP
 - Bassin versant hydrologique

- Classe de pentes du bassin versant hydrologique
- 0<p<5%
 - 5<p<10%
 - 10<p<20%
 - 20<p<30%
 - 30<p<40%

A	08/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 10 000

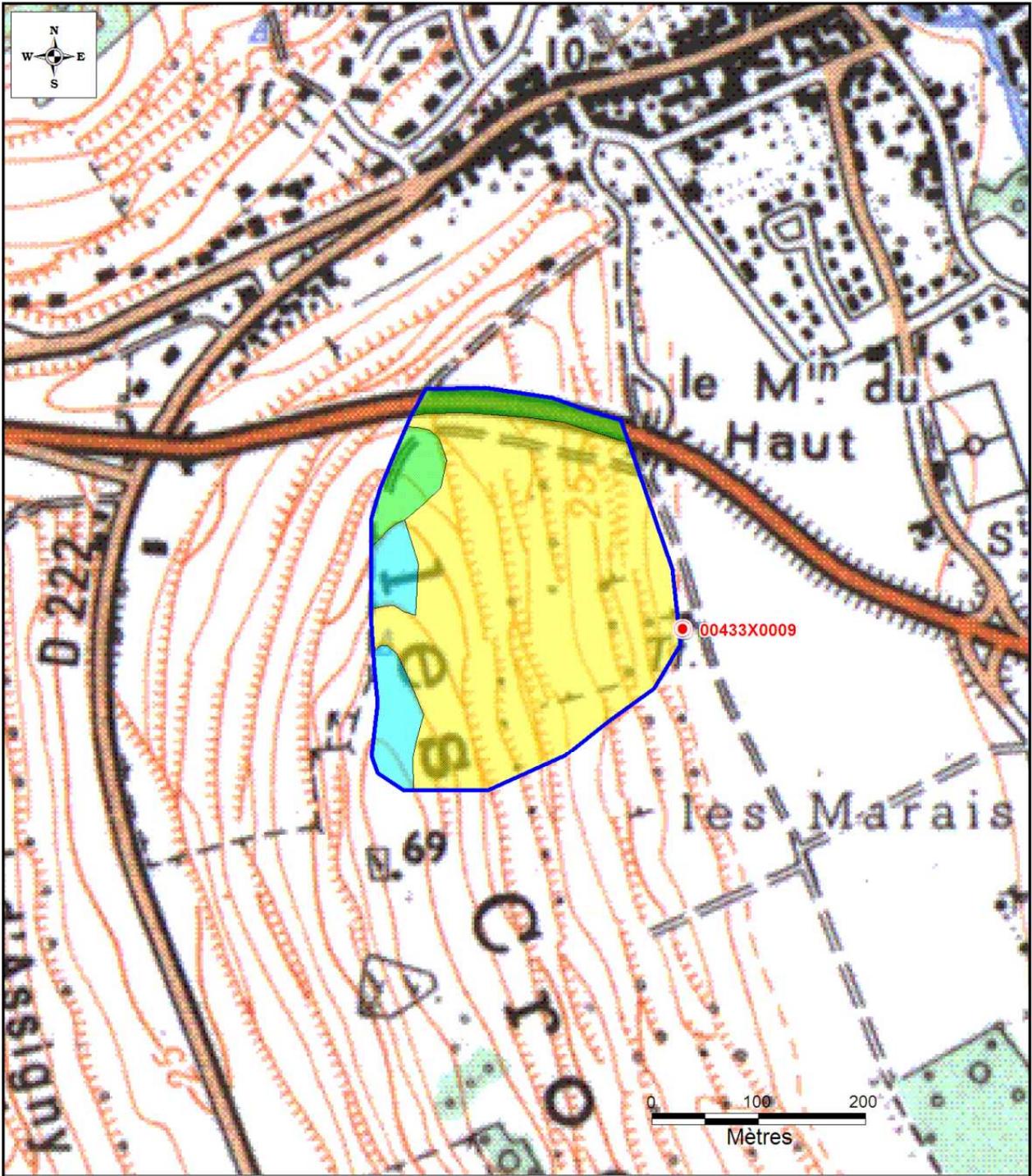


- Légende
- Captage AEP
 - Bassin versant hydrologique

- Classe de pentes du bassin versant hydrologique
- 0<p<5%
 - 5<p<10%
 - 10<p<20%
 - 20<p<30%
 - 30<p<40%

A	08/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 5 000



- Légende
- Captage AEP
 - Bassin versant hydrologique

- Classe de pentes du bassin versant hydrologique
- 0<p<5%
 - 5<p<10%
 - 10<p<20%
 - 20<p<30%
 - 30<p<40%

A	08/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

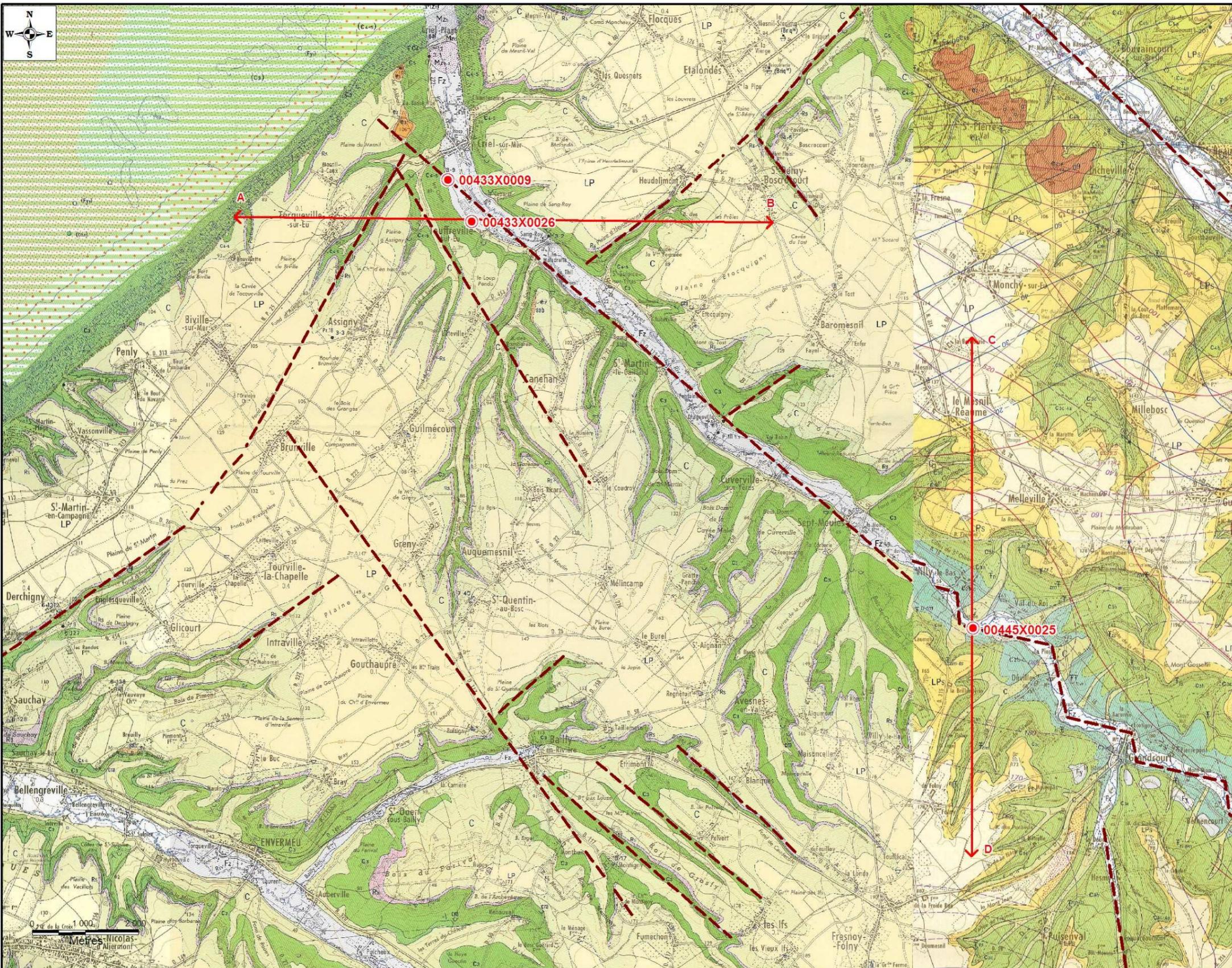
Echelle - 1 / 5 000

ANNEXE 2

Géologie

ANNEXE 2-1

Cartographie du contexte géologique régional



Légende

- Fz Alluvions récentes : graviers, sables, tourbes, limons remaniés
- C Limons de vallées sèches
- Fy Alluvions anciennes : graviers
- LP LP – Limons des plateaux
LPS LPS – Limons argileux rouges à silex
LPs LPs – Limons remaniés sur pente
a - éléments glissés encore en liaison avec les formations en place
- Bz-4 Thanétien-Yprésien : sables à graviers ou cailloux de silex

Zones caractérisées par l'étude des Foraminifères (t, tm, ts, a, b, c, d, e)

- e C5b-c Santonien moyen et supérieur } Craie blanche
- d C5a Santonien inférieur } Craie blanche
- c C4c Coniacien supérieur } Craie blanche
- b C4b Coniacien moyen } Craie blanche
- a C3c-4a Turonien terminal - Coniacien inférieur } Craie blanche à silex
- ts C3c Turonien supérieur } Craie argileuse
- tm C3b Turonien moyen } Craie argileuse
- t C3a Turonien inférieur } Craie argileuse
- C2b-c Cénomaniens supérieur et moyen } Craie argileuse

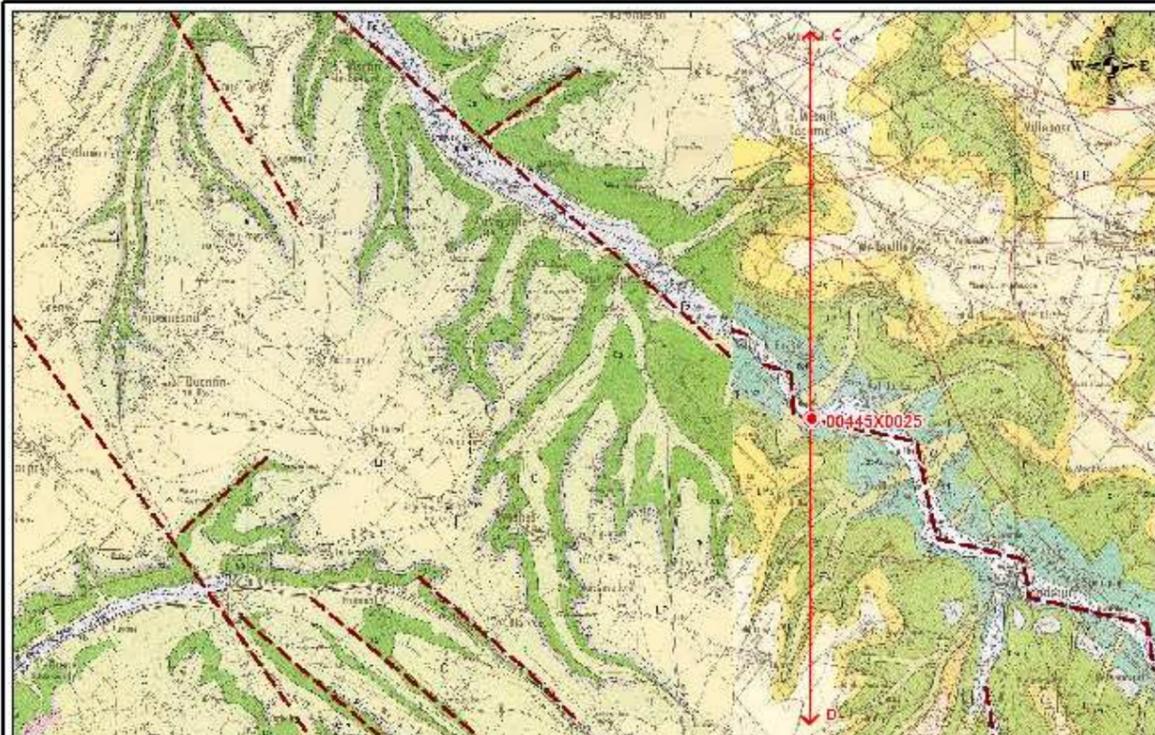
--- Failles et linéaments (d'après CGG)



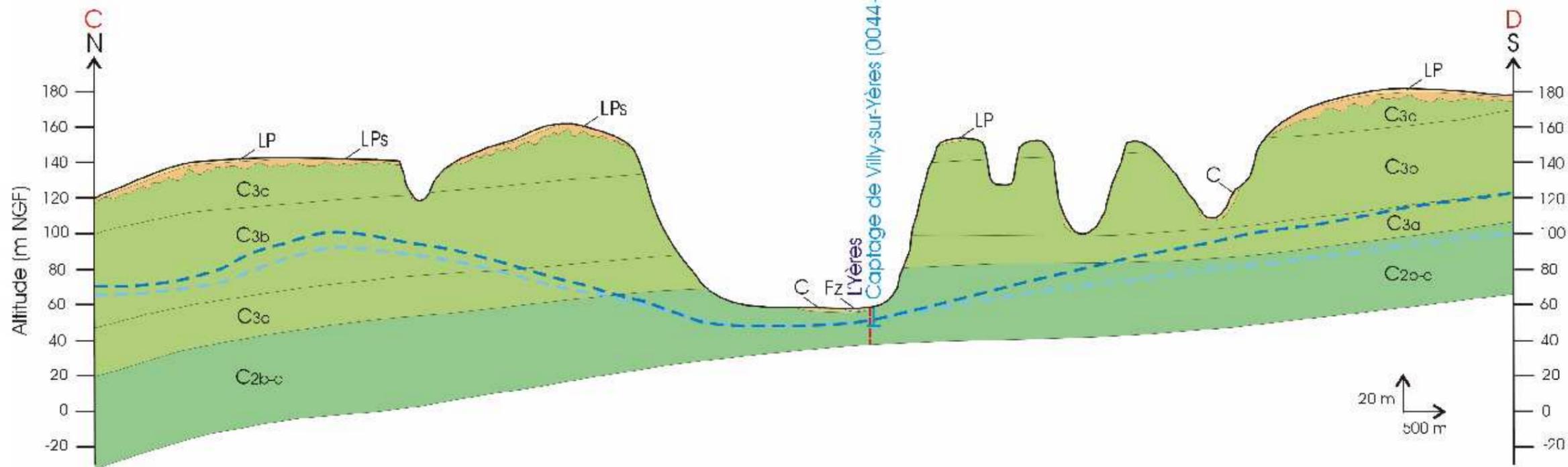
A	23/11/2009	ROUP090009	OD	SMEA Eu géologie
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

ANNEXE 2-2

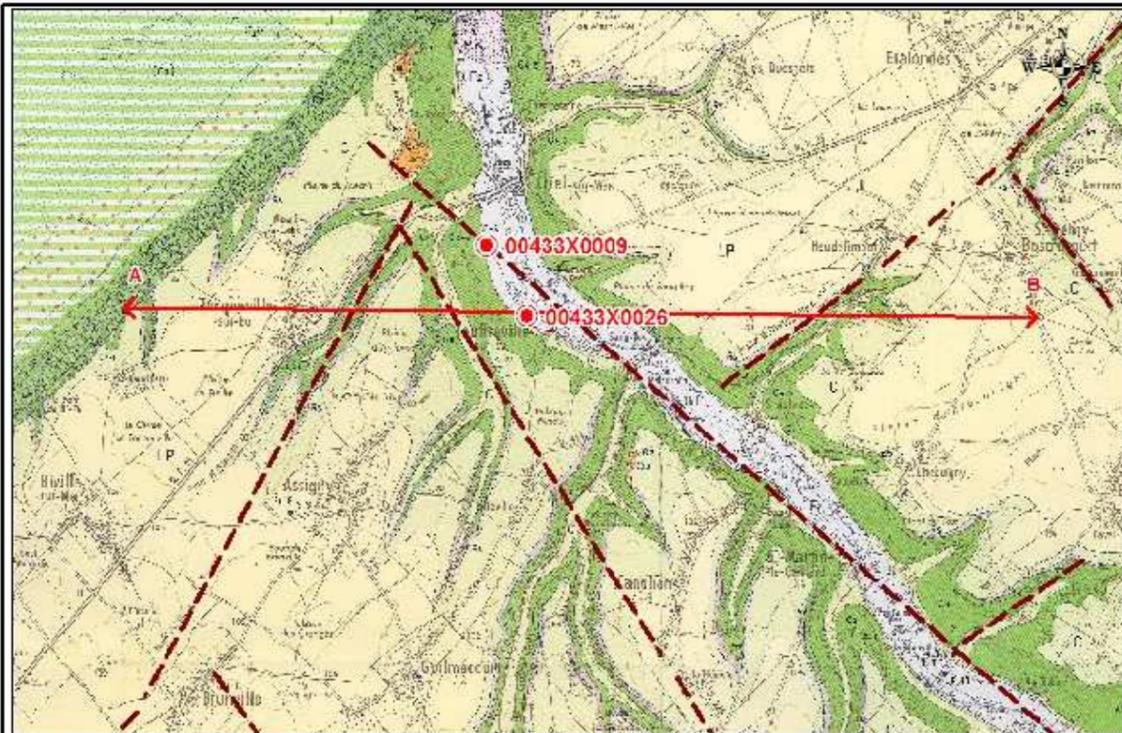
Coupes géologiques recoupant les captages AEP



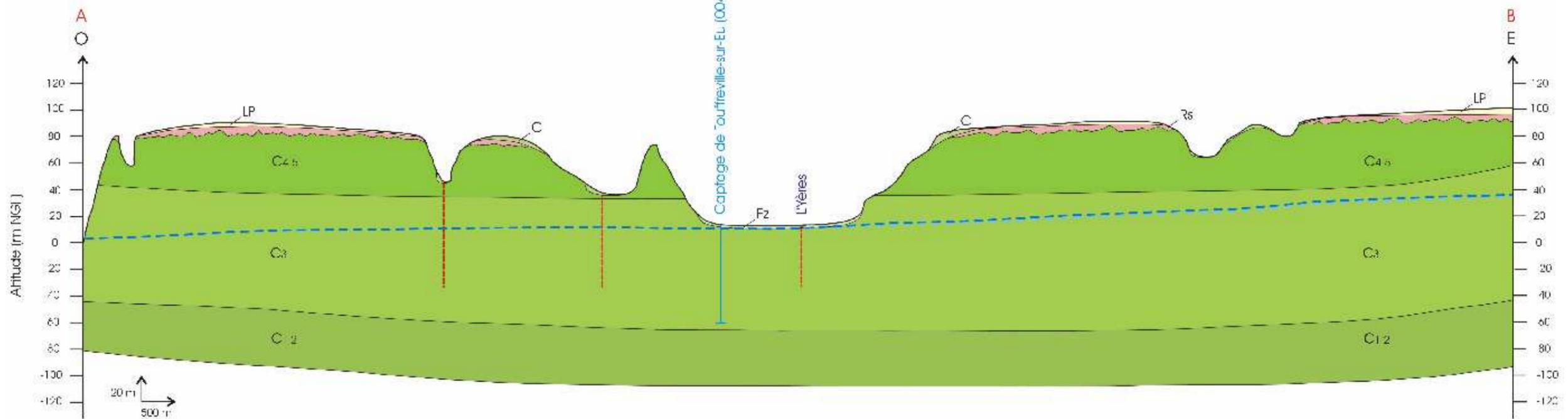
- C Limons de vallées sèches
 - LP Limons des plateaux
 - LPs Limons argileux rouges à silex
 - F7 Alluvions récentes : graviers, sables, tourbes, limons remanés
 - C3c Turon en supérieur
 - C3b Turon en moyen
 - C3a Turon en inférieur
 - C2b-c Cénomanién supérieur et moyen
- } Craie argileuse
- Faille / linéament (d'après CGG)
 - Pézométrie de hautes eaux (d'après CGG)
 - Pézométrie de basses eaux (d'après CGG)



A	30/11/2009	ROUP090009	OD	SMEA Eu Géologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION



- C Colluvion de pentes et de fonds de vallées
- LP Limons des plateaux
- R5 Argile à silex
- IZ Alluvions récentes : tourbes et argiles sableuses
- C4-6 Sénonien inférieur : craie blanche à silex
- C3 Lutétien : craie plus ou moins argileuse, blanchâtre ou grise, à silex rares ou absents
- C2 Cénomannien : craie argileuse grâtes
- Pale / linéament (d'après CGG)
- Périmétrie de toutes eaux (d'après CDC)
- Périmétrie de basses eaux (d'après CGG)

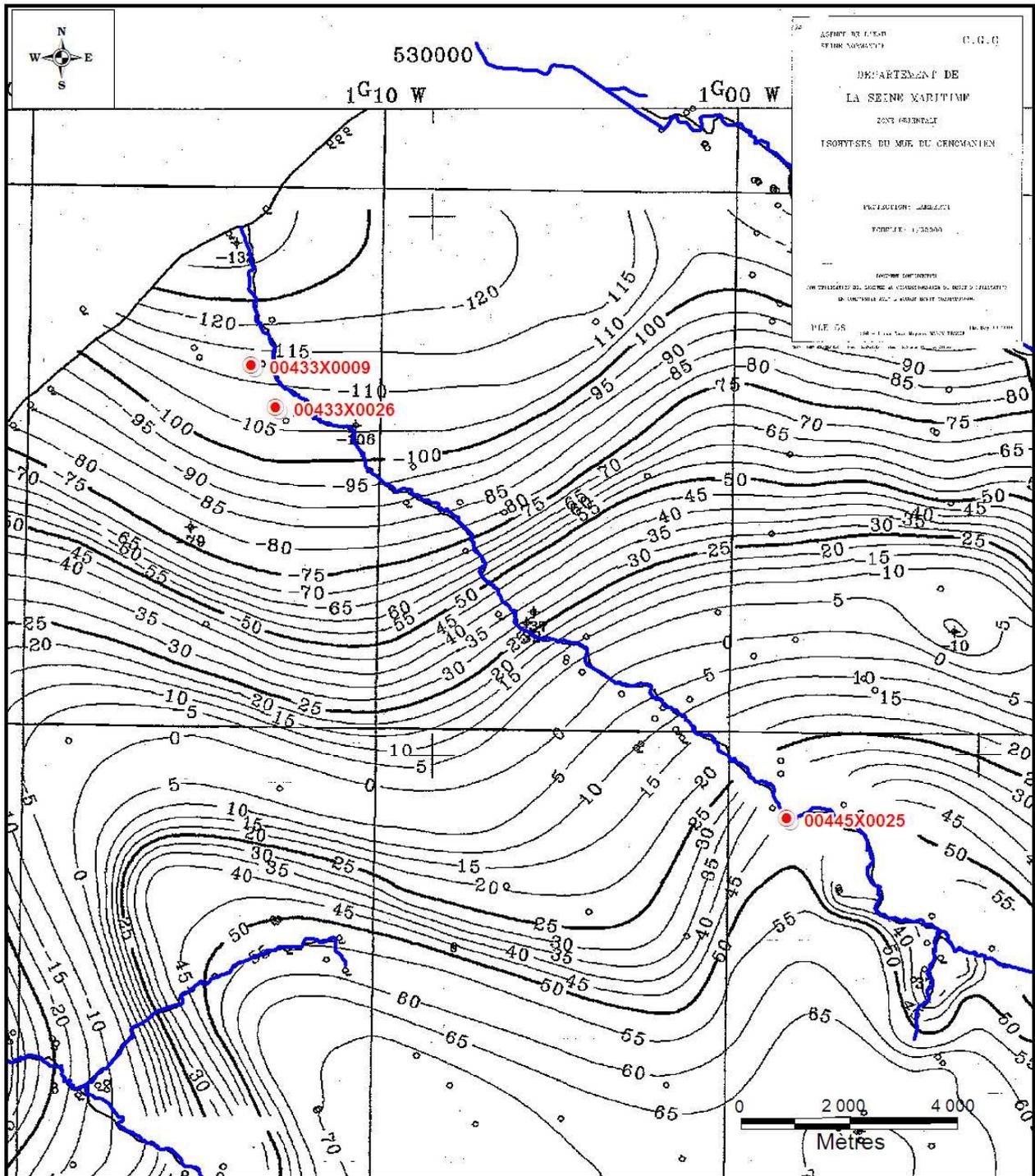


IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION
A	30/11/2009	ROUP090009	OD	SMEA Eu Géologie WOR

ANNEXE 2-3

Cartographies de la géologie structurale régionale éditées par la Compagnie
Générale de Géophysique :

- Isohypse du mur du Cénomanién
- Isohypse du mur du Turonien
- Isopaque de la formation résiduelle à silex



AGENCE NATIONALE
DE LA SEINE-NORMANDIE

DEPARTEMENT DE
LA SEINE-NORMANDIE
DONT ORIENTALE
TRONÇONS DU MUR DU CÉNOMANIE

PROJET : 00433X0009

ÉCHELLE : 1/100 000

DATE : 09/12/2009

Légende

- 50 — Isohyse du mur du Cénomane (m NGF)
- Captage AEP
- Réseau hydrographique



A	09/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu Cénomane.WOF
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 100 000



AGENCE DE L'EAU
SEINE NORMANDIE C.G.G.

DEPARTEMENT DE
LA SEINE MARITIME

ZONE ORIENTALE

ISOHYSES DU MUR DU TURONIEN

PROJECTION: LAMBERTI

ECHELLE: 1/50000

DOCUMENT CONFIDENTIEL

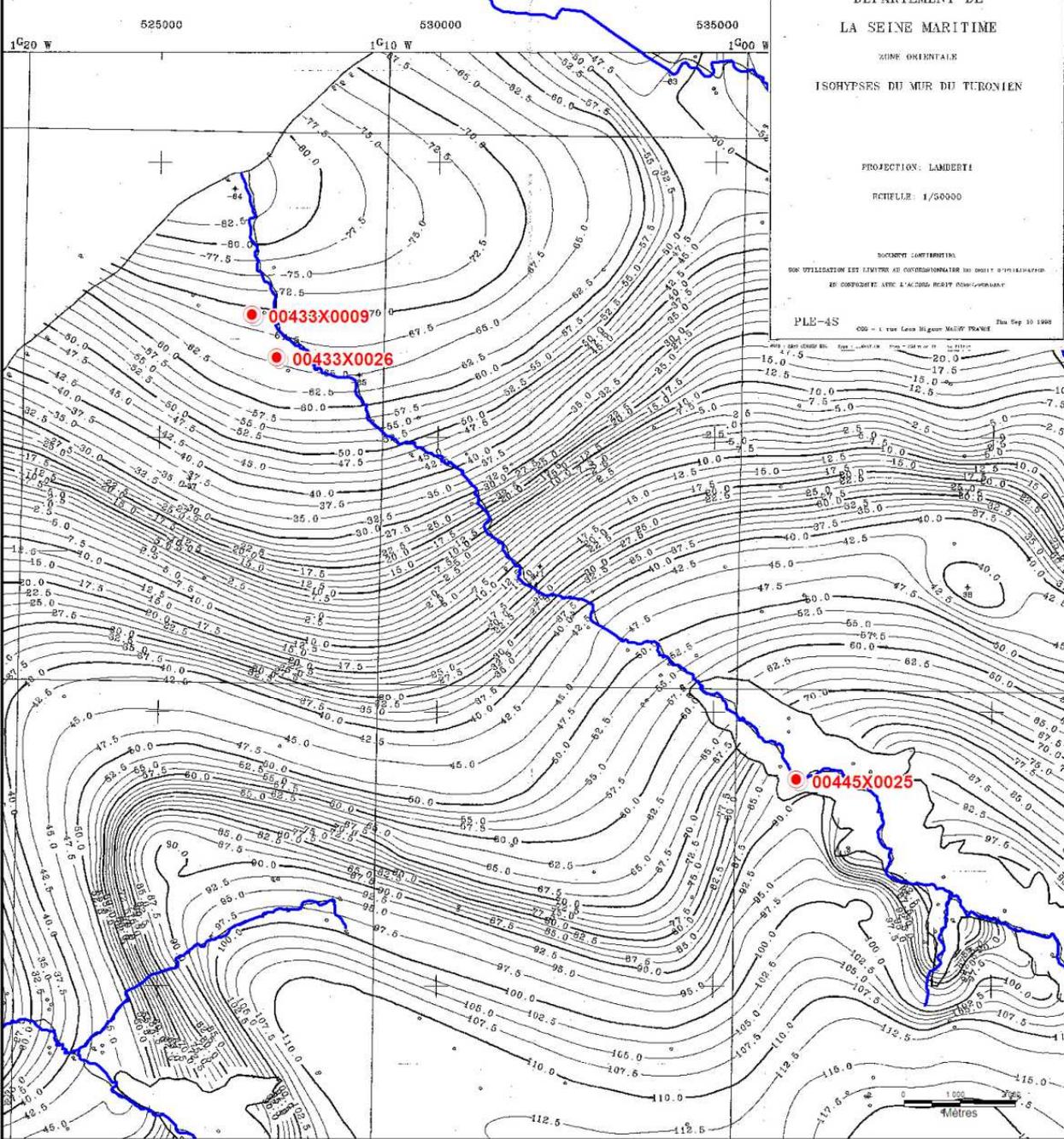
SON UTILISATION EST LIMITEE A L'ORDONNANCEMENT DU DROIT D'UTILISATION

EN COORDONNÉE AVEC L'AGENCE DE L'EAU DE LA SEINE-NORMANDIE

PLE-4S

000 - 1 rue Louis Bligny 76100 FAYENCE

10 Sep 10 1999



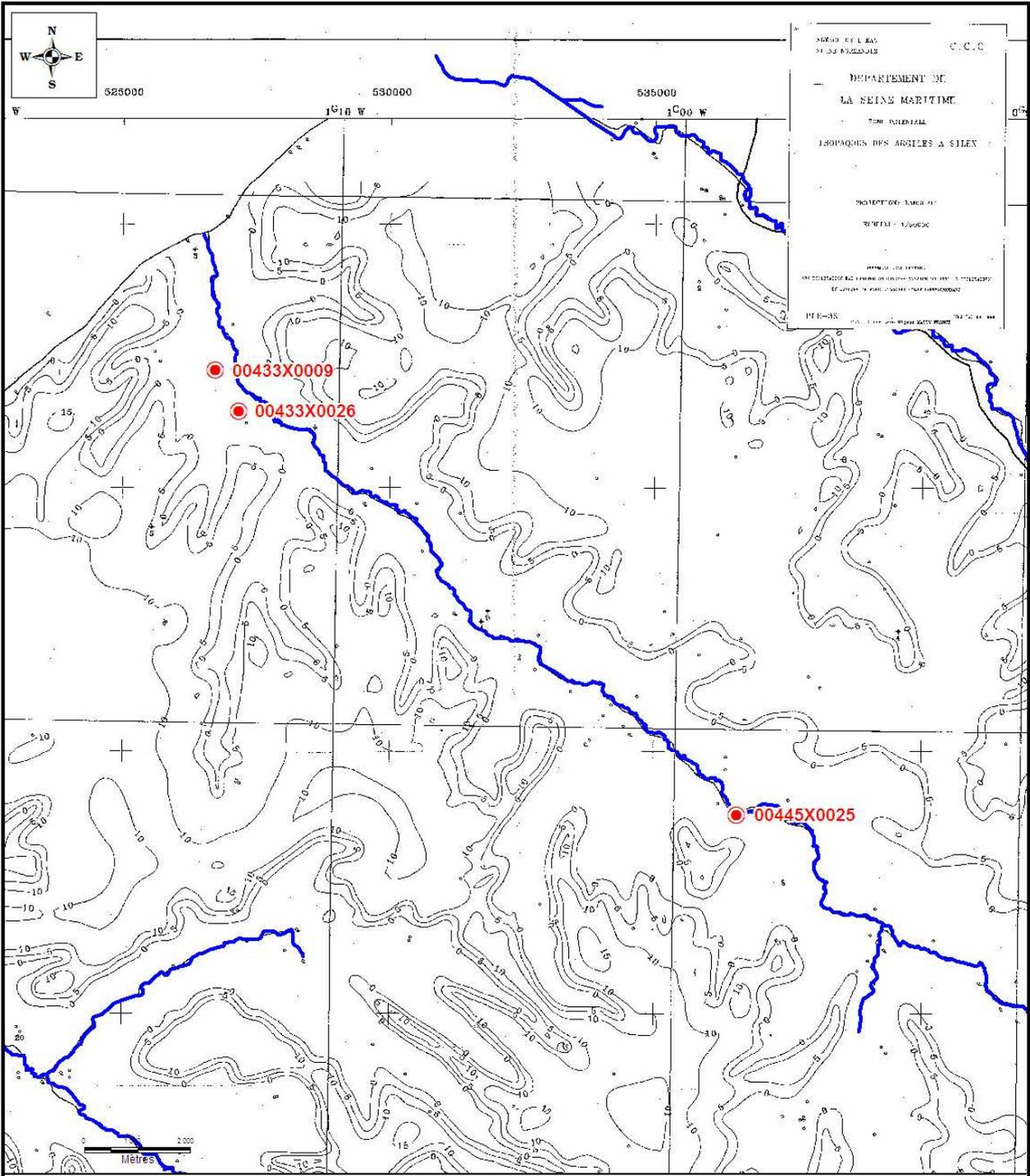
Légende

- 110— Isohyse du mur du Turonien (m NGF)
- Captage AEP
- Réseau hydrographique



A	10/12/2009	ROUP09009	OD	SMEA_Eu Turonien.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 100 000



DÉPARTEMENT DE
 LA SEINE MARITIME
 78000 PANDÉVILLE
 ISOPAQUES DES ARGILES À SILEX
 PROJET DE LAURENT
 TERRAIN 1/25000
 MISE À JOUR 2009
 ÉCHELLE 1/25000
 PHE-35

Légende

- 10— Isopaque de la formation résiduelle à silice (m)
- Captage AEP
- Réseau hydrographique



A	09/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu Argiles WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

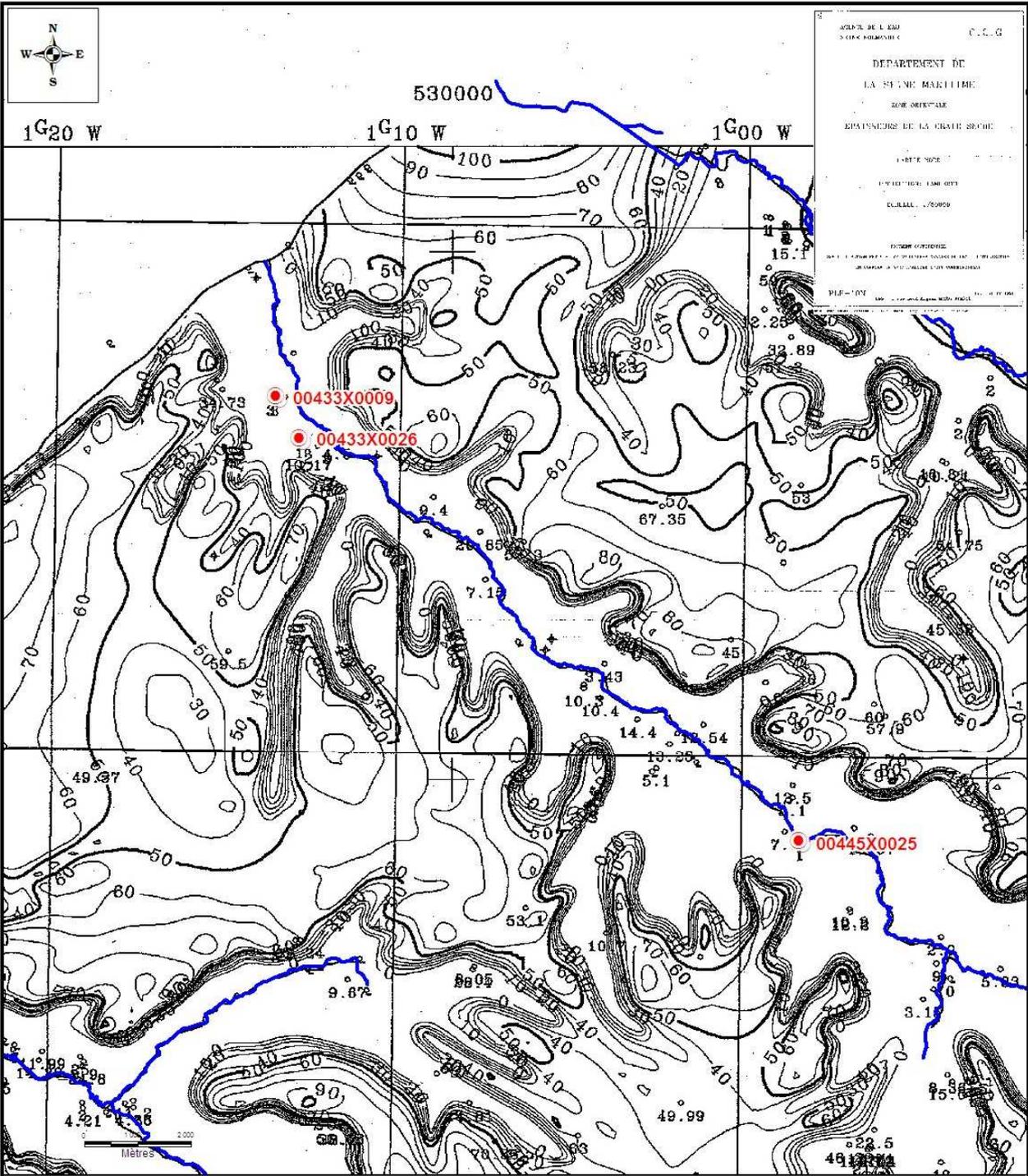
Echelle - 1 / 100 000

ANNEXE 3

Hydrogéologie

ANNEXE 3-1

Cartographie des épaisseurs de Craie sèche éditée par la Compagnie Générale de
Géophysique



Légende

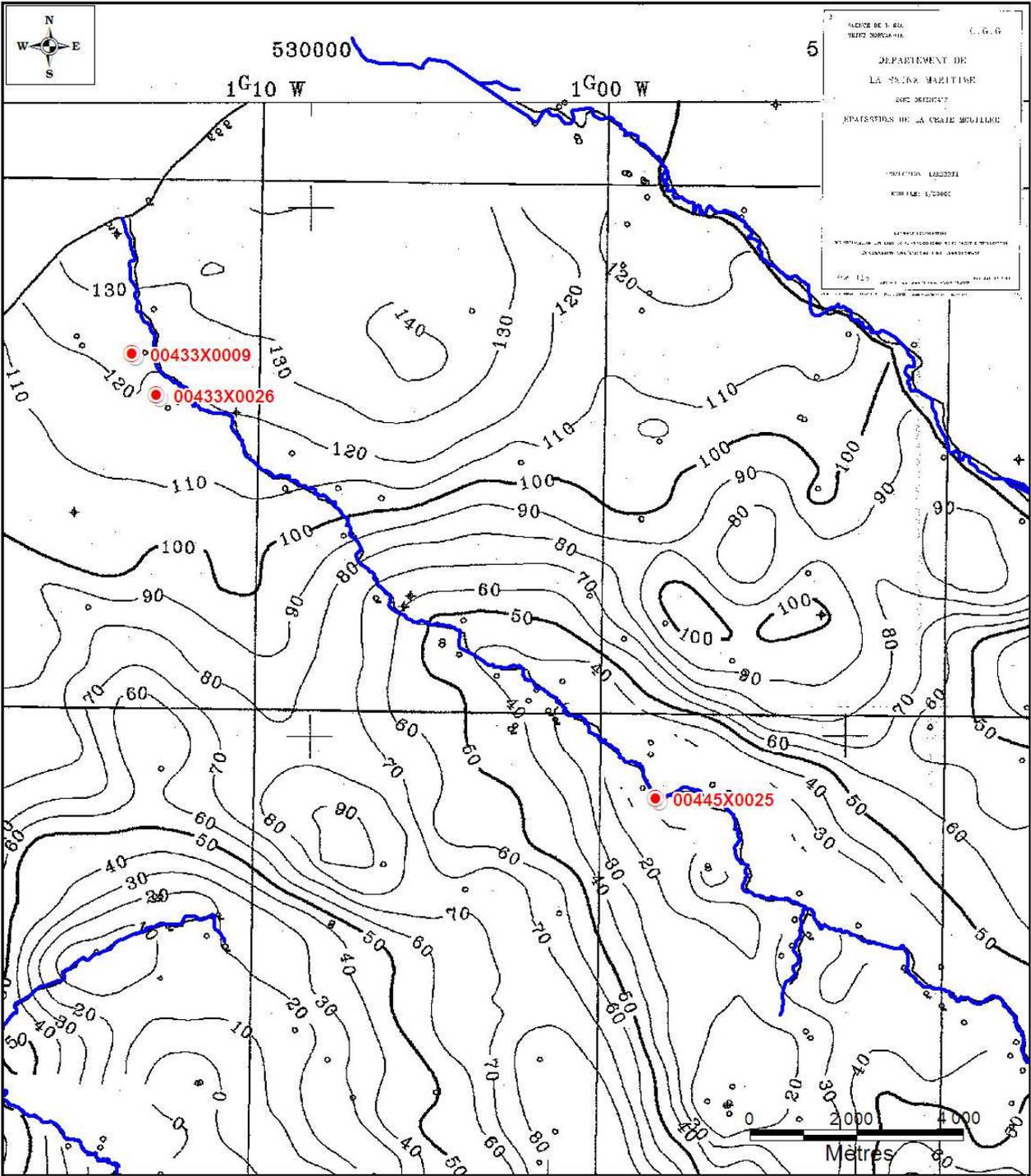
- 50— Epaisseur de craie sèche (m)
- Captage AEP
- Réseau hydrographique

A	10/12/2009	ROUP09009	OD	SMEA_Eu Craie_sèche.WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 100 000

ANNEXE 3-2

Cartographie des épaisseurs de Craie mouillée éditée par la Compagnie Générale
de Géophysique



SERVICE DE L'EAU
 SERVICE SÉPARATION C.T.G.G.
 DÉPARTEMENT DE
 LA SAÛVE MARITIME
 0000 00000000
 ÉPAGES DE LA CRAIE MOUILLÉE
 PROJET : L'ÉPAGES
 N° : L'ÉPAGES
 ÉCHELLE : 1/100 000
 10/12/2009

Légende

- 50 — Epaisseur de craie mouillée (m)
- Captage AEP
- Réseau hydrographique

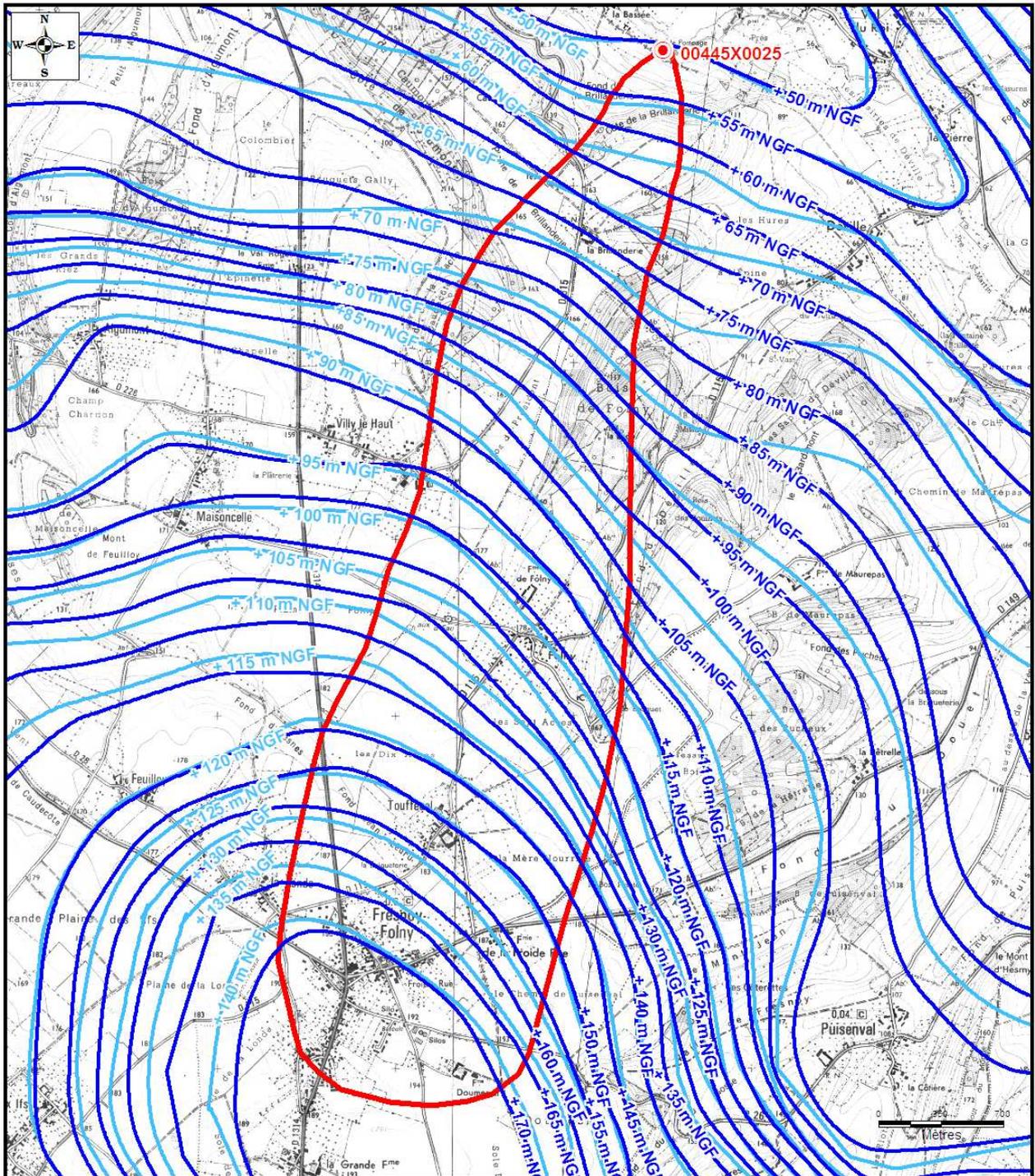


A	10/12/2009	ROUP09009	OD	SMEA_Eu Craie mouillée WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 100 000

ANNEXE 3-3

Cartographies des isopièzes de basses et hautes eaux de la nappe de la Craie
éditées par de la Compagnie Générale de Géophysique et du bassin versant
hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et
Criel-sur-Mer

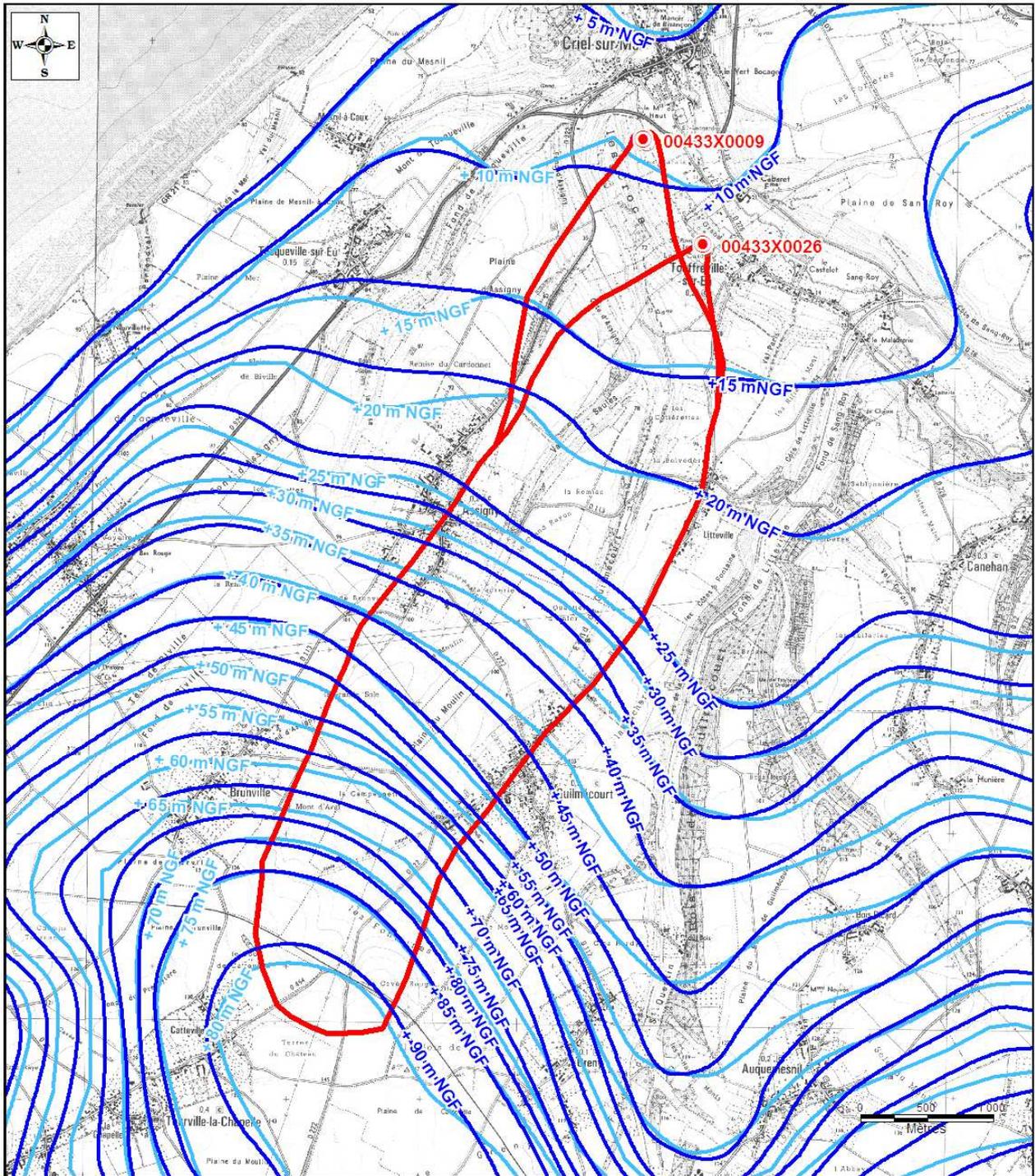


Légende

-  Captage AEP
-  Isopièze de basses eaux (d'après CGG, 1997)
-  Isopièze de hautes eaux (d'après CGG, 1997)
-  Bassin versant hydrogéologique (d'après CGG, 1997)

A	14/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

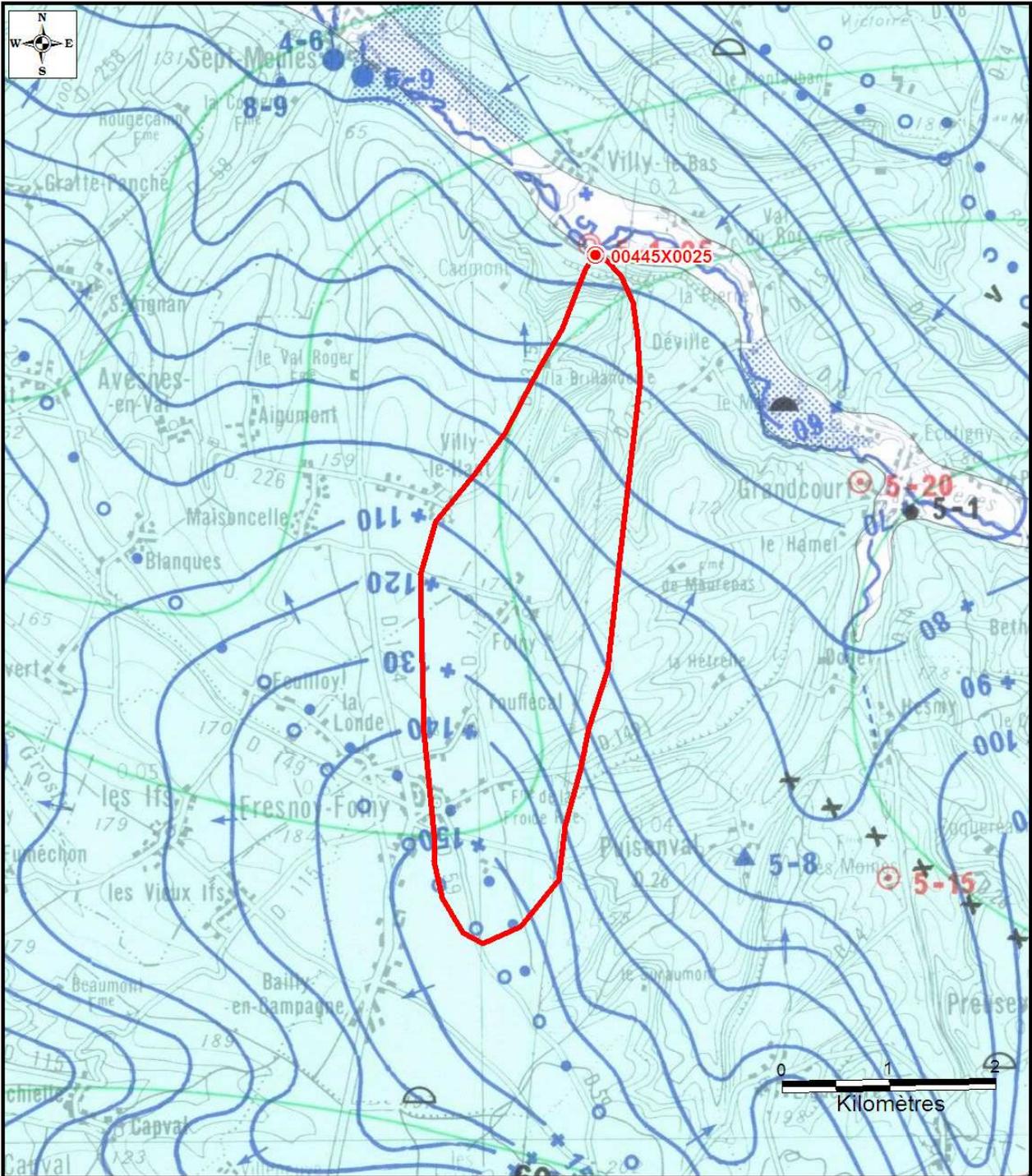
-  Captage AEP
-  Isopièze de basses eaux (d'après CGG, 1997)
-  Isopièze de hautes eaux (d'après CGG, 1997)
-  Bassin versant hydrogéologique (d'après CGG, 1997)

A	14/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 40 000

ANNEXE 3-4

Cartographies des isopièzes de moyennes eaux d'après l'Atlas hydrogéologique de Seine Maritime édité par le BRGM et du bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer



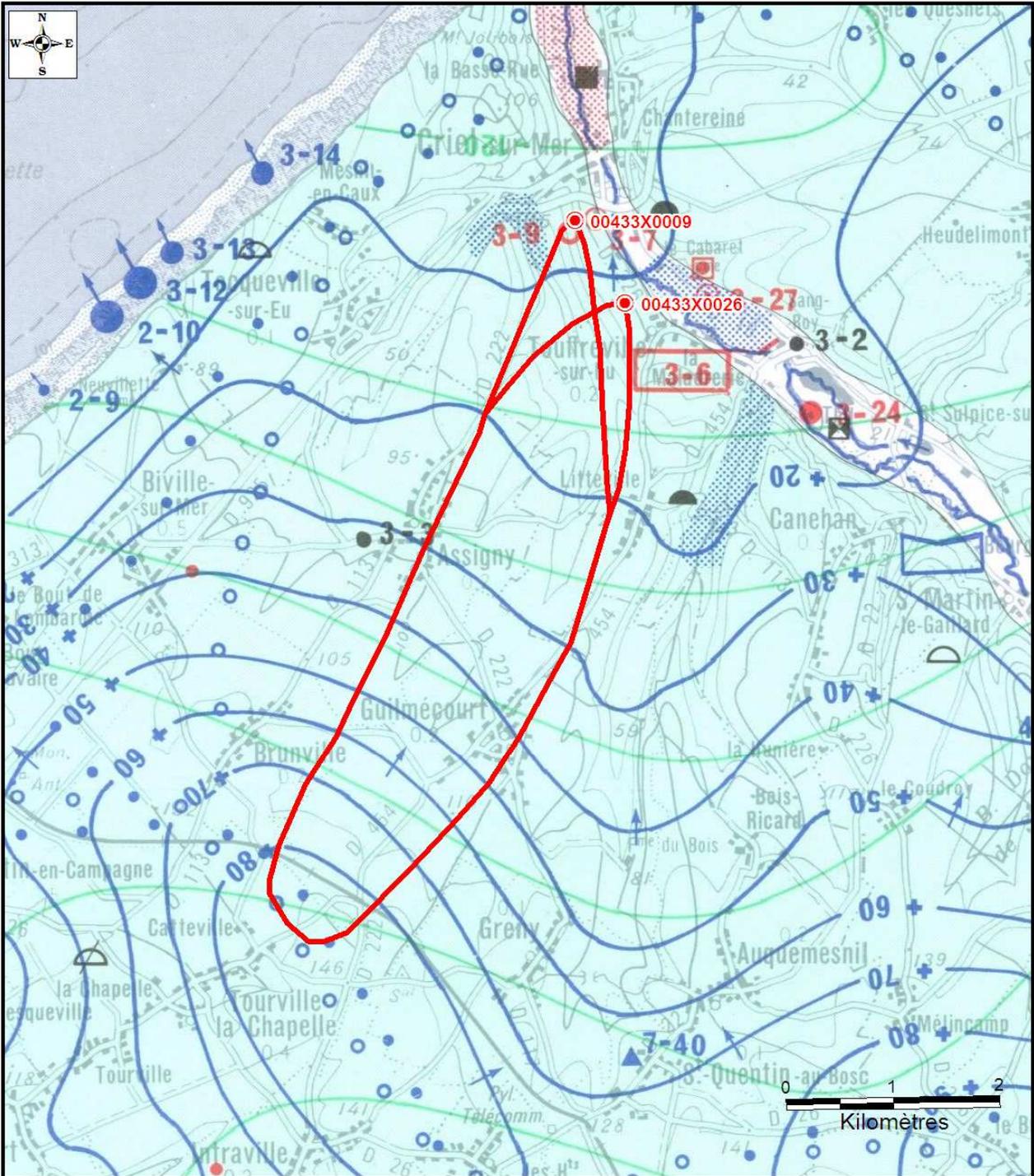
Légende

-  Captage AEP
-  Isopièze (d'après l'Atlas 76 du BRGM, 1990)
-  Bassin versant hydrogéologique (d'après l'Atlas 76 du BRGM, 1990)



A	14/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 50 000



Légende

-  Captage AEP
-  Isopiète (d'après l'Atlas 76 du BRGM, 1990)
-  Bassin versant hydrogéologique (d'après l'Atlas 76 du BRGM, 1990)

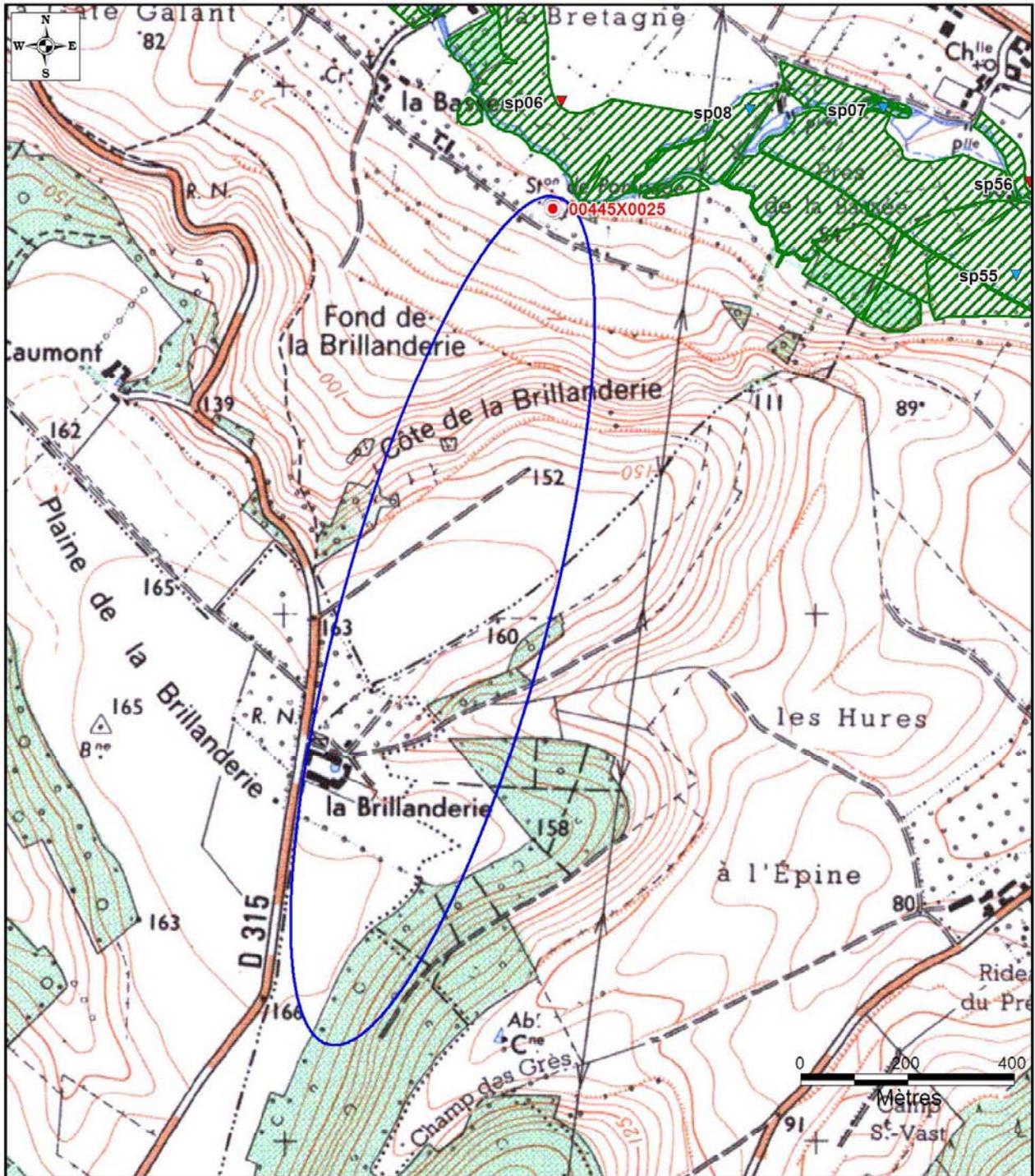


A	14/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie.WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 50 000

ANNEXE 3-5

Cartographies des isochrones 50 jours aux captages de Villy-sur-Yères,
Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer



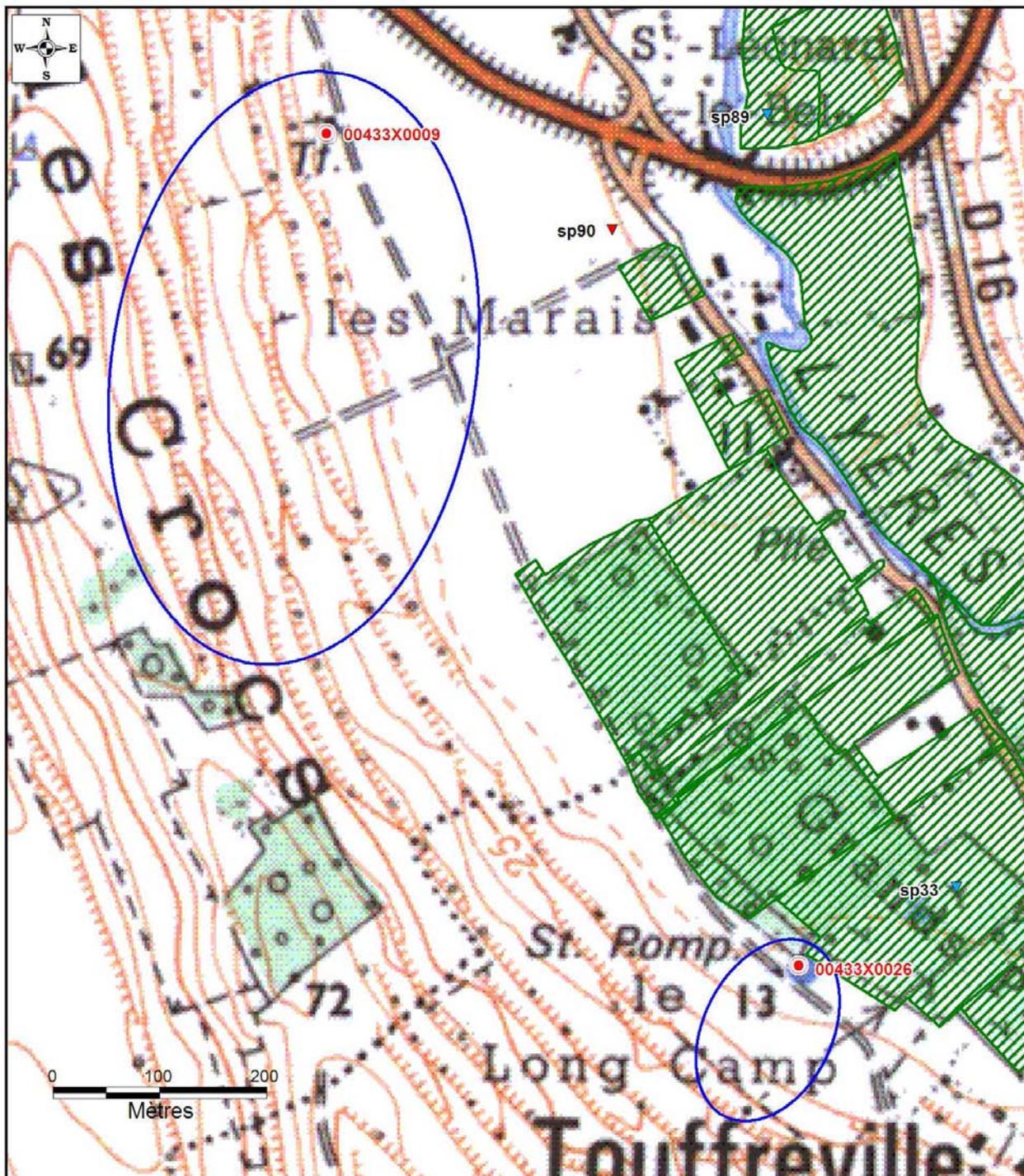
Légende

-  Captage AEP
-  Isochrone 50 jours
-  Sondage pédologie avec trace d'hydromorphie (Alise 2009)
-  Sondage pédologie sans trace d'hydromorphie (Alise 2009)
-  Zone humide (Alise 2009)



A	15/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 10 000



Légende

-  Captage AEP
-  Isochrone 50 jours
-  Sondage pédologie avec trace d'hydromorphie (Alise 2009)
-  Sondage pédologie sans trace d'hydromorphie (Alise 2009)
-  Zone humide (Alise 2009)



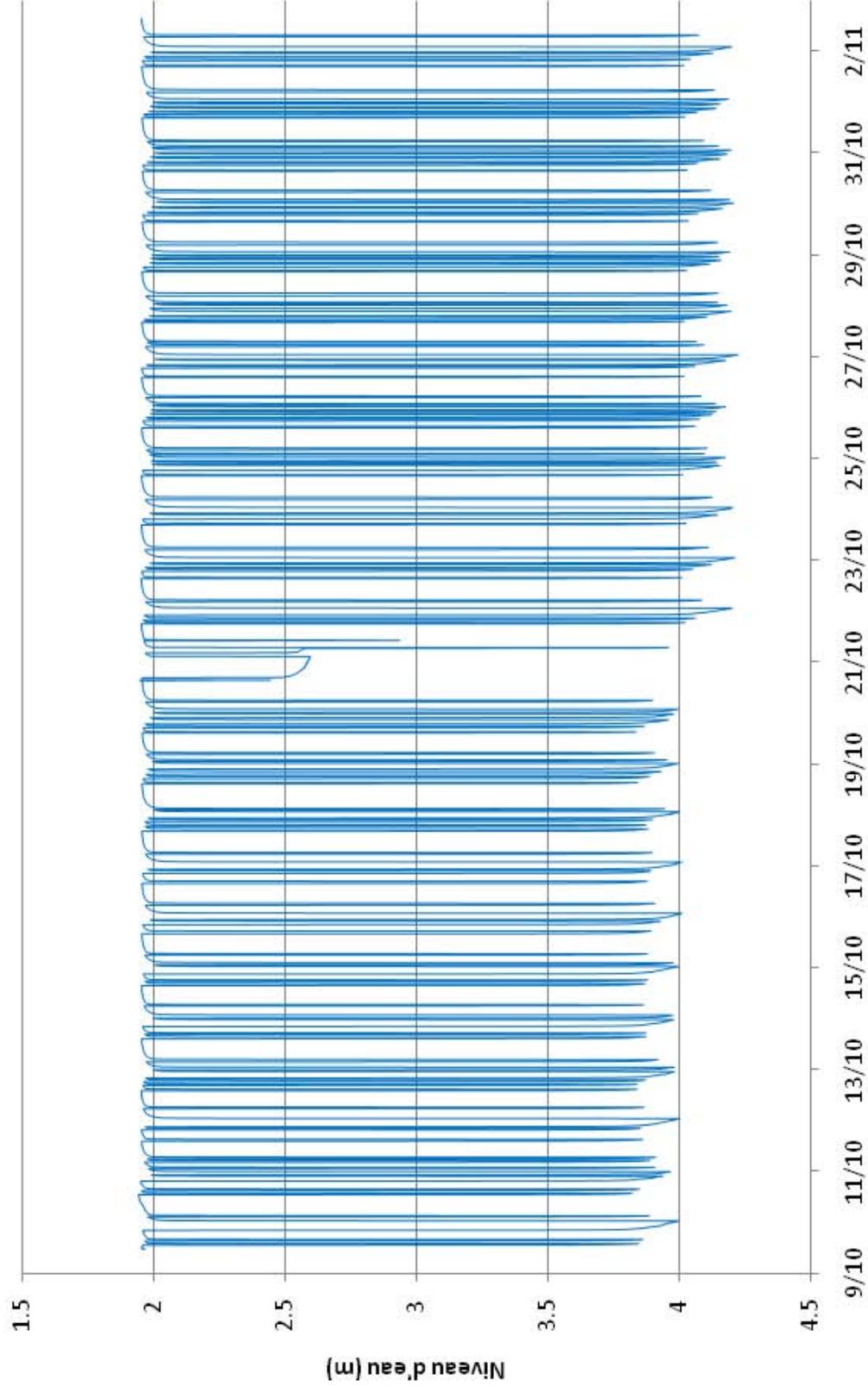
A	15/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu hydrogéologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 5 000

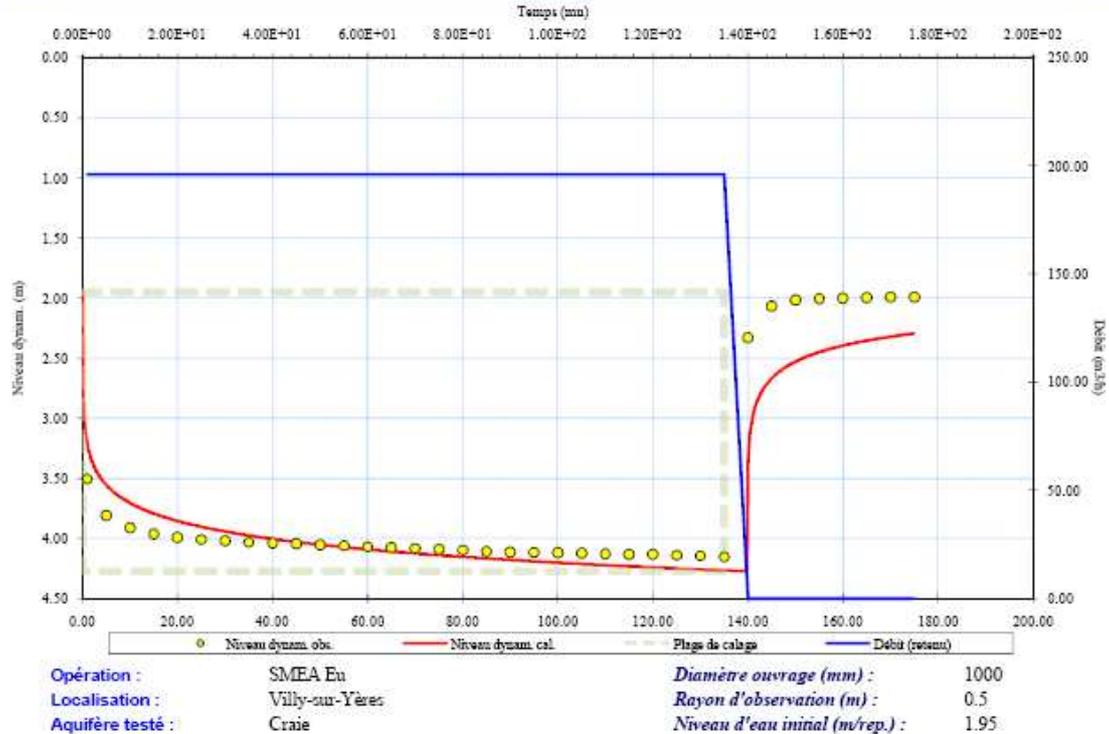
ANNEXE 3-6

Courbes du suivi du niveau de la nappe sur la période du 09/10 au 02/11/2009 et courbes d'interprétation des suivis de nappe réalisés sur les captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Suivi du niveau de la nappe de la Craie au captage de Villy sur Yeres (du 09/10 au 02/11/09)



Test réalisé dans le PUITIS 0044-5X-0025 le 24 octobre 2009 par la société ANTEA

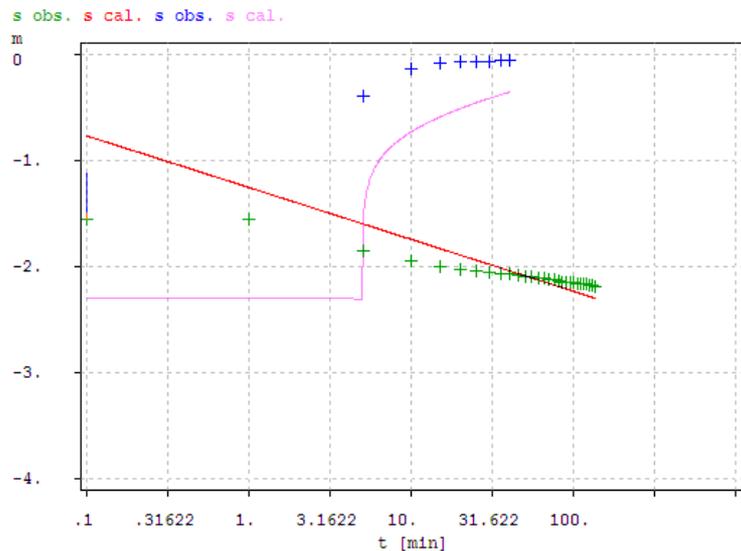


Résultats d'interprétation

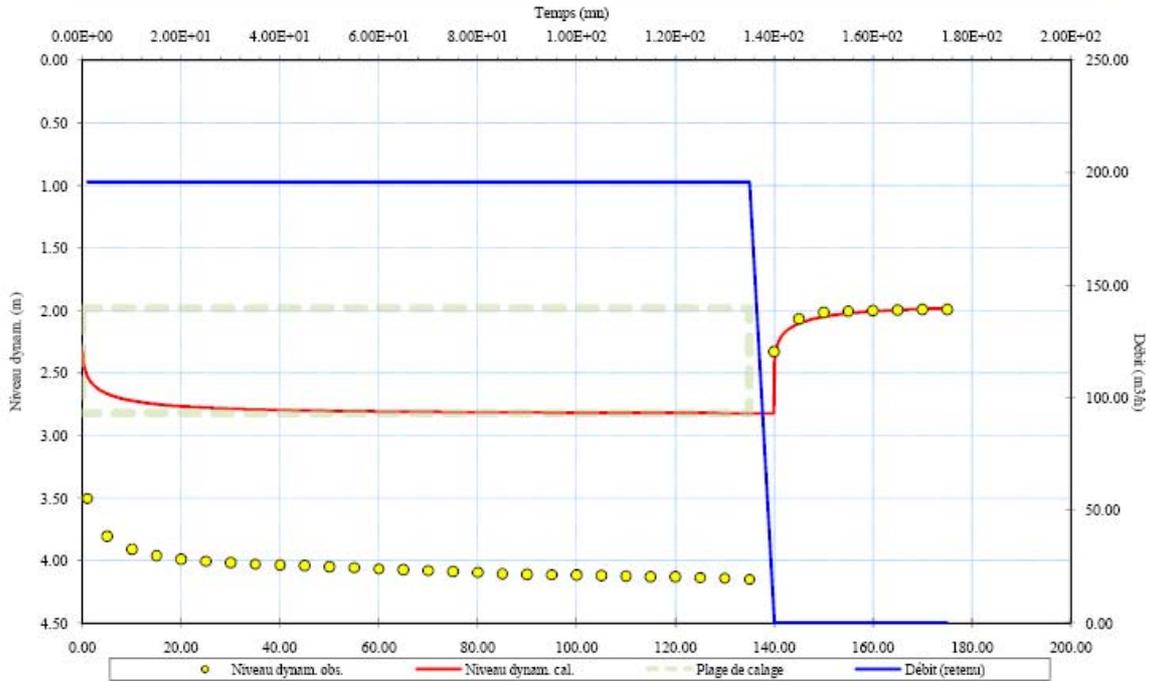
Plage de calage (min) : valeur minimale = 0, valeur maximale = 135
Résultats d'interprétation : Transmissivité (m²/s) = 2.01E-02, Enmagasinement (-) = 3.16E-02

Commentaires

Le calage a été réalisé sur la courbe de descente (le calage est correct)
 La courbe de descente n'est pas stabilisée après 135 min de pompage (niveau à 4,15 m de profondeur environ en fin de pompage)
 Les courbes observée et théorique de la descente ne présente pas de point d'inflexion (pas de limite étanche, pas de limite alimentée)



Test réalisé dans le PUIITS 0044-5X-0025 le 24 octobre 2009 par la société ANTEA



Opération :	SMEA Eu	Diamètre ouvrage (mm) :	1000
Localisation :	Villy-sur-Yères	Rayon d'observation (m) :	0.5
Aquifère testé :	Craie	Niveau d'eau initial (m/rep.) :	1.95

Résultats d'interprétation

Plage de calage (min) : valeur minimale = 0, valeur maximale = 135

Résultats d'interprétation : Transmissivité (m²/s) = 5.03E-02, Emmagasinement (-) = 3.27E-02

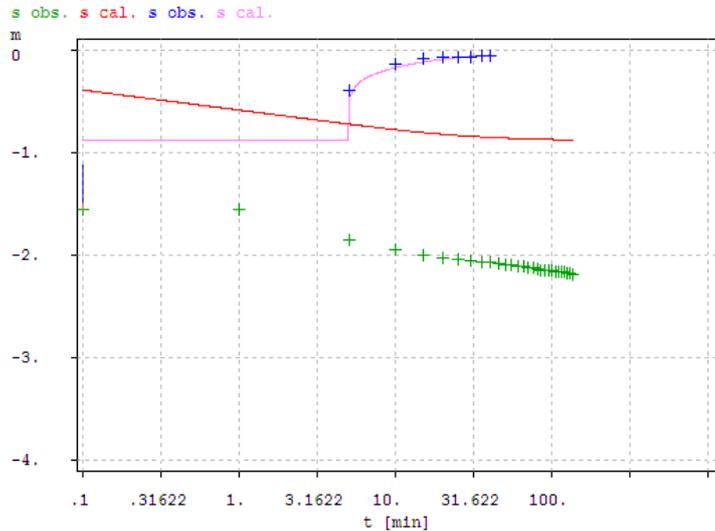
Effet de limite(s) : Nature de la limite: alimentée, Distance / puits (m) = 43

Commentaires

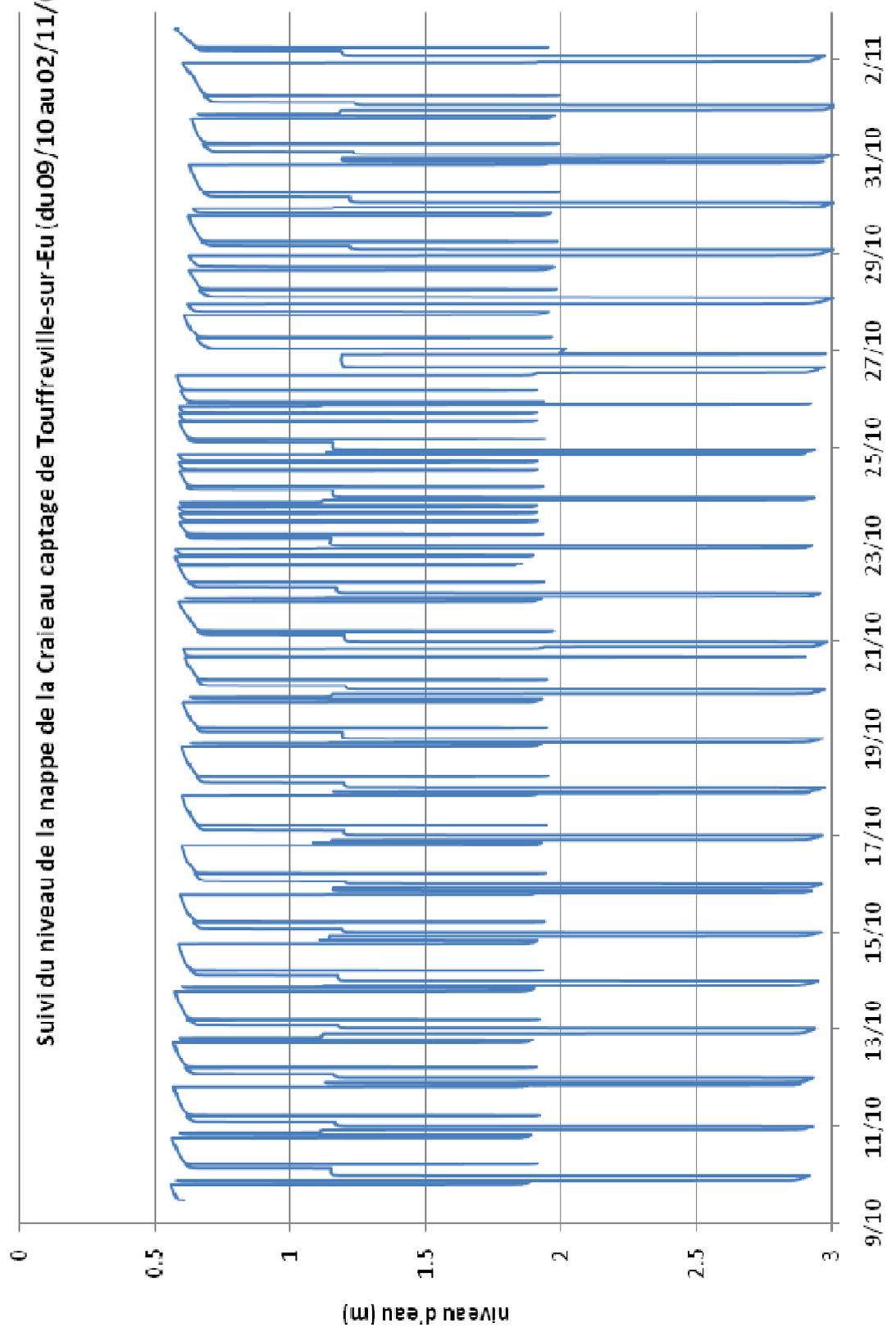
Le calage a été réalisé sur la courbe de descente (le calage n'est pas correct en l'absence des données connues de pertes de charge quadratique)

Avec une limite alimentée à 43 m du captage (pour simuler la rivière), la courbe de descente serait la courbe théorique rouge

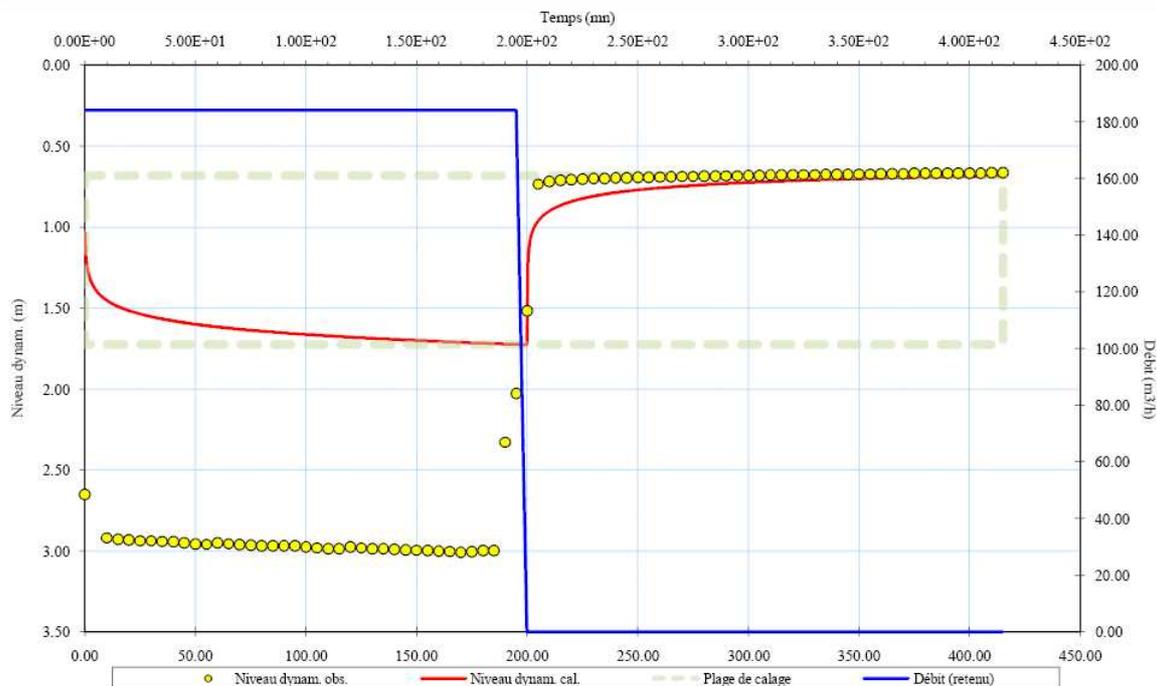
Avec une telle limite, la courbe de descente (s=log(t)) présente un point d'inflexion vers le haut après 10 min de pompage



Suivi du niveau de la nappe de la Craie au captage de Touffreville-sur-Eu (du 09/10 au 02/11/09)



Test réalisé dans le PUITIS 0043-3X-0026 le 28 octobre 2009 par la société ANTEA



Opération :	SMEA Eu	Diamètre ouvrage (mm) :	1000
Localisation :	Touffreville-sur-Eu	Rayon d'observation (m) :	0.5
Aquifère testé :	Craie	Niveau d'eau initial (m/rep.) :	0.624

Résultats d'interprétation

Plage de calage (min) : valeur minimale = 0, valeur maximale = 415

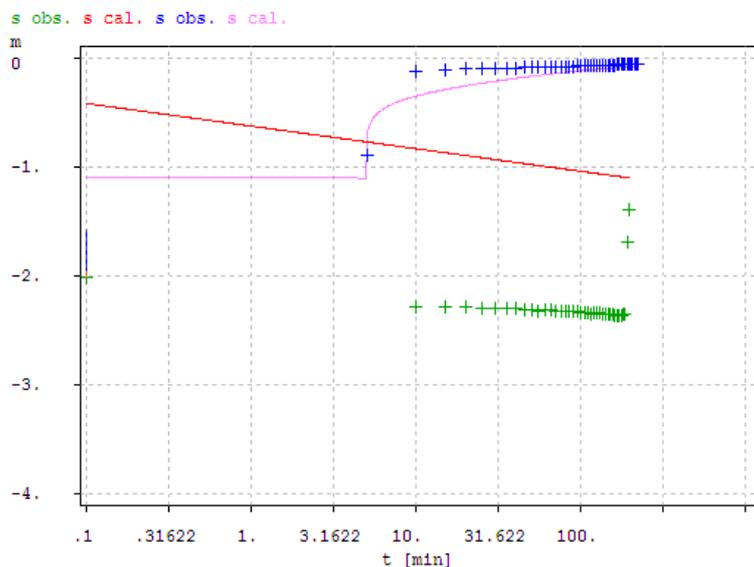
Résultats d'interprétation : Transmissivité (m²/s) = 4.45E-02, Emmagasinement (-) = 2.76E-02

Commentaires

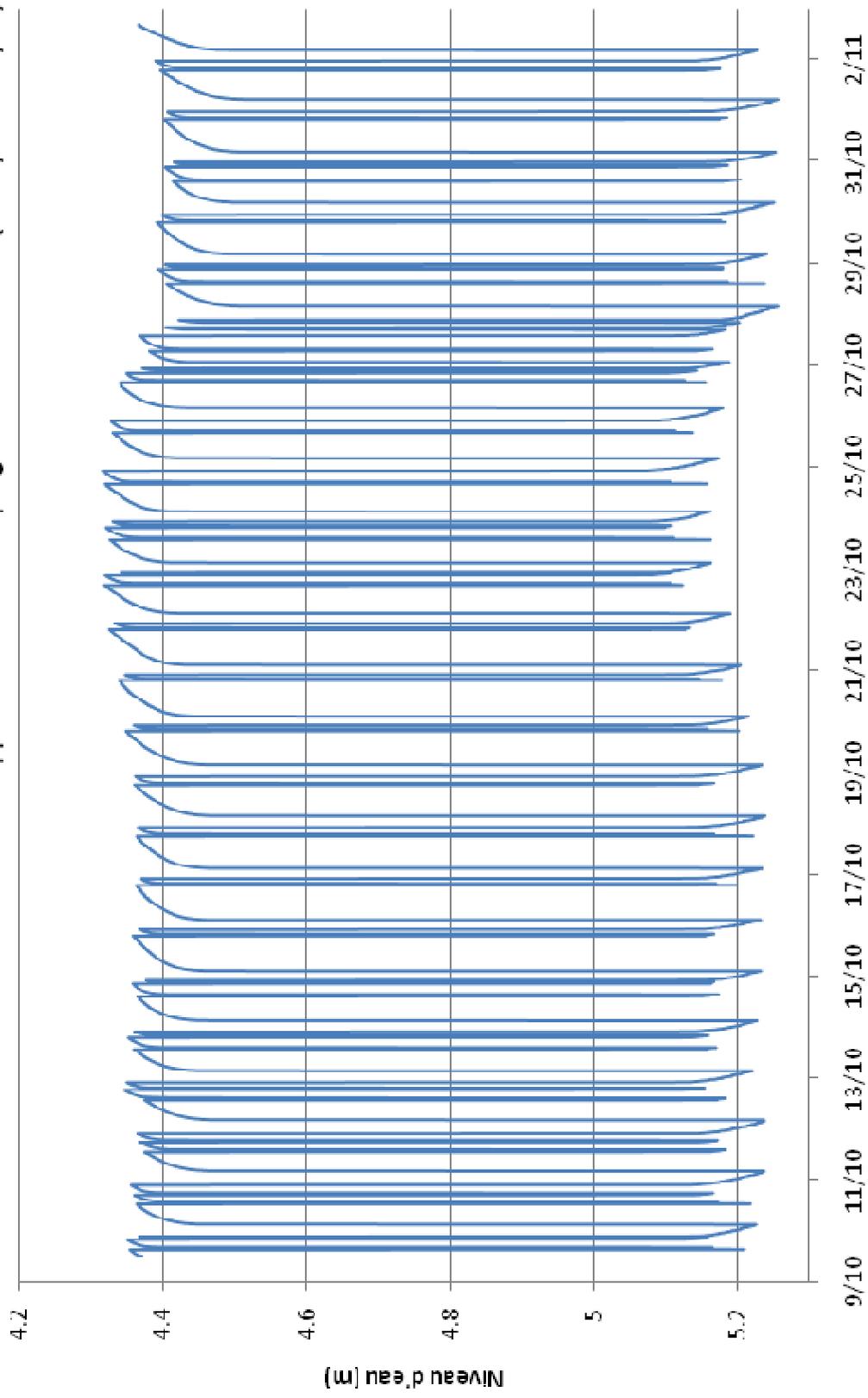
Le calage a été réalisé sur les deux courbes de descente et de remontée du niveau de la nappe (le calage est correct sur la courbe de remontée)

La courbe de descente est pseudo-stabilisée à 3,00 m de profondeur après 185 min de pompage

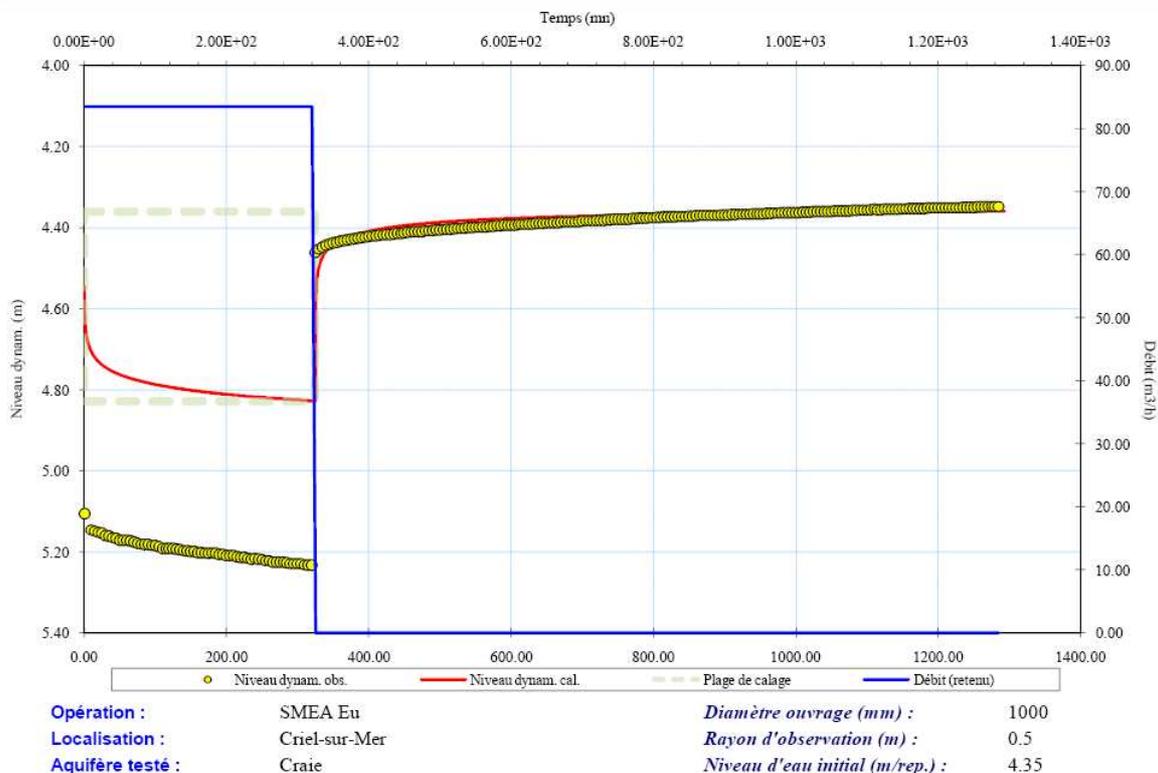
Les courbes observée et théorique de descente ($n=\log(t)$) ne présentent pas de point d'inflexion (pas de limite étanche, pas de limite alimentée)



Suivi du niveau de la nappe de la Craie au captage de Criel-sur-Mer (du 09/10 au 02/11/09)



Test réalisé dans le PUIT 0043-3X-0009 le 19 octobre 2009 par la société ANTEA



Résultats d'interprétation

Plage de calage (min) : valeur minimale = 0, valeur maximale = 324

Résultats d'interprétation : Transmissivité (m²/s) = 5.26E-02, Emmagasinement (-) = 1.11E-02

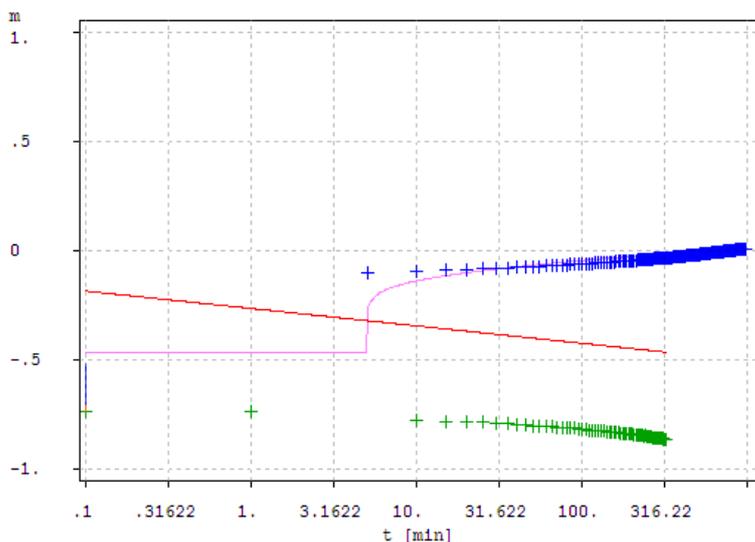
Commentaires

Le calage a été réalisé sur la courbe de descente (le calage n'est pas correct en l'absence des données connues de pertes de charge quadratique)

La courbe de descente n'est pas stabilisée (niveau à 5,22 m de profondeur après 320 m de pompage)

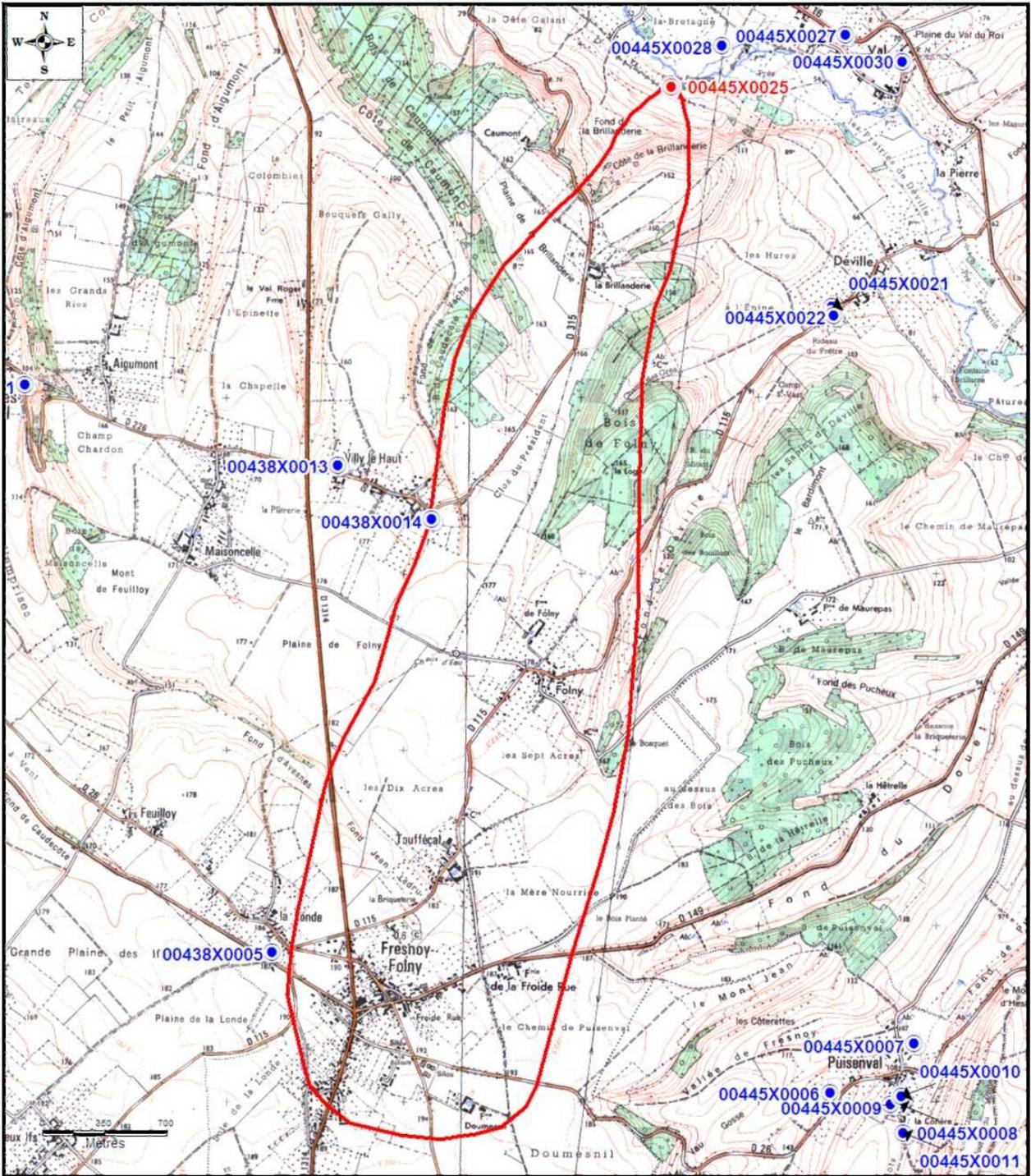
Les courbes observée et théorique ne présentent pas de point d'inflexion (pas de limite étanche, pas de limite alimentée)

s obs. s cal. s obs. s cal.



ANNEXE 3-7

Captages d'eau recensés à la Banque de Données du Sous-Sol



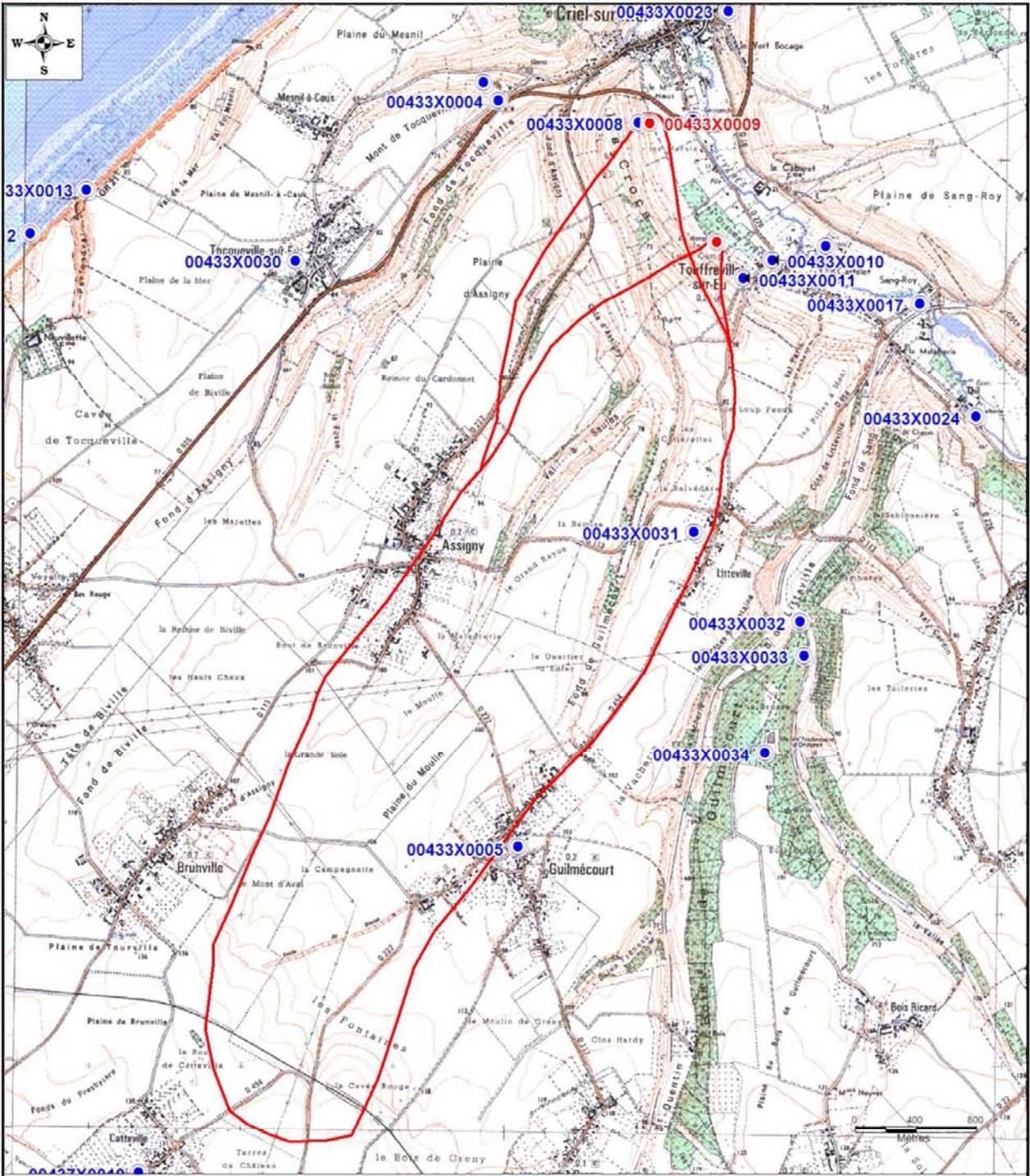
ANTEA
Ingénierie et Conseil

Légende

- Captage AEP
- Bassin versant hydrogéologique
- Point d'eau (données BSS)

A	05/01/09	ROUP09009	OD	SMEA_Eu BSS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	NOM

Echelle : 1 / 30 000



Légende

- Captage AEP
- Bassin versant hydrogéologique
- Point d'eau (données BSS)

A	05/01/09	ROUP09009	OD	SMEA_Eu BSS WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	NOM

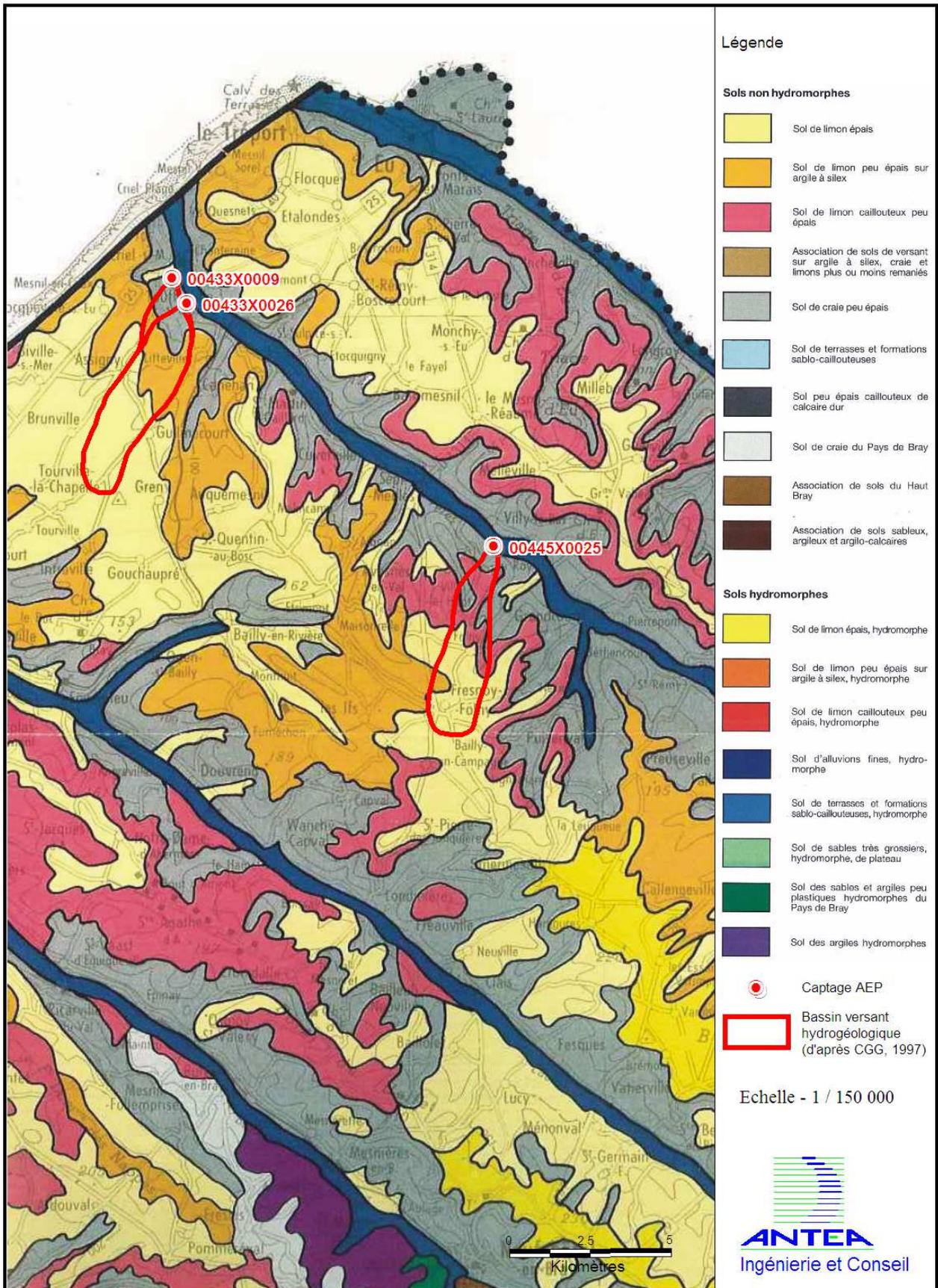
Echelle : 1 / 35 000

ANNEXE 4

Pédologie

ANNEXE 4-1

Cartographies des sols sur le bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer d'après l'Atlas des Sols de Haute Normandie édité par les Chambres d'Agriculture de Haute Normandie



Légende

Sols non hydromorphes

- Sol de limon épais
- Sol de limon peu épais sur argile à silex
- Sol de limon caillouteux peu épais
- Association de sols de versant sur argile à silex, craie et limons plus ou moins remaniés
- Sol de craie peu épais
- Sol de terrasses et formations sablo-caillouteuses
- Sol peu épais caillouteux de calcaire dur
- Sol de craie du Pays de Bray
- Association de sols du Haut Bray
- Association de sols sableux, argileux et argilo-calcaires

Sols hydromorphes

- Sol de limon épais, hydromorphe
- Sol de limon peu épais sur argile à silex, hydromorphe
- Sol de limon caillouteux peu épais, hydromorphe
- Sol d'alluvions fines, hydromorphe
- Sol de terrasses et formations sablo-caillouteuses, hydromorphe
- Sol de sables très grossiers, hydromorphe, de plateau
- Sol des sables et argiles peu plastiques hydromorphes du Pays de Bray
- Sol des argiles hydromorphes

- Captage AEP
- Bassin versant hydrogéologique (d'après CGG, 1997)

Echelle - 1 / 150 000



A	17/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu pédologie.WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

ANNEXE 4-2

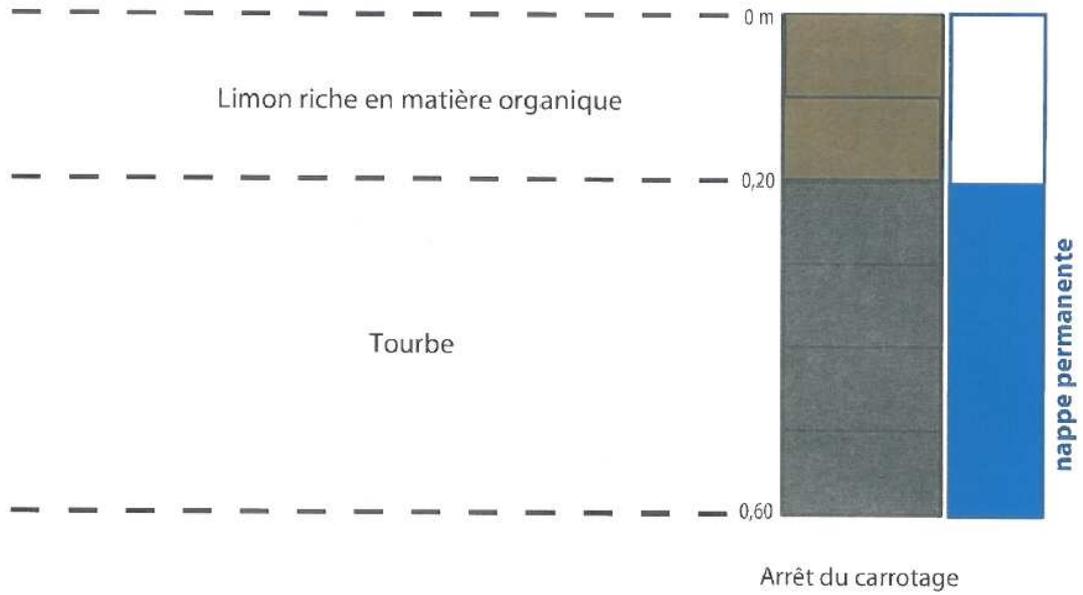
Fiches descriptives des quelques sondages pédologiques réalisés en 2009 par
Alise dans le cadre de l'étude d'inventaire, localisation, caractérisation et
orientation de gestion des zones humides du lit majeur de l'Yères

Sondage pédologique sp33

Date : avril 2008

Commune : Touffreville-sur-Eu (76)

Parcelle cadastrale : A182

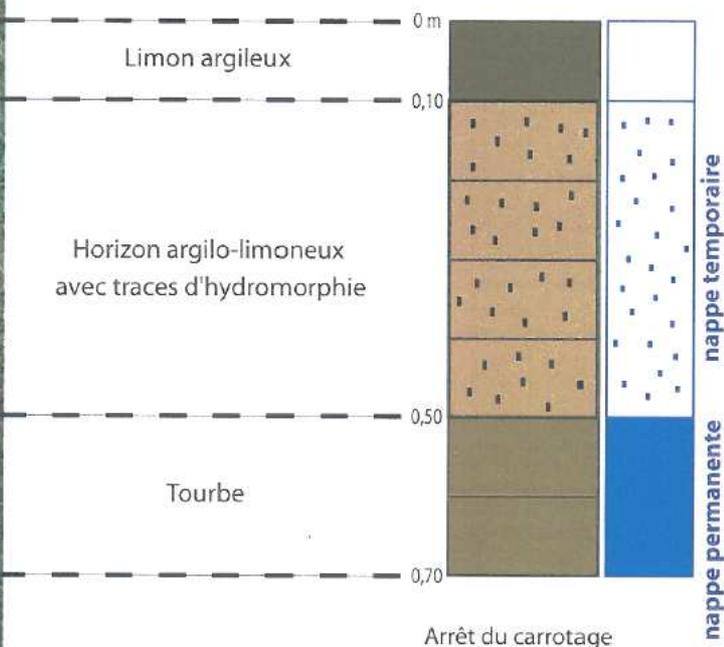
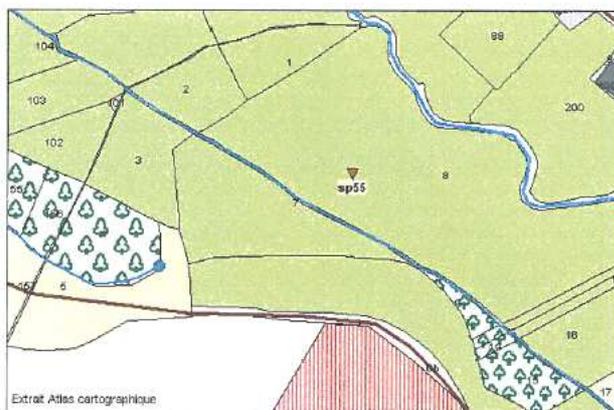


Sondage pédologique sp55

Date : avril 2008

Commune : Grandcourt (76)

Parcelle cadastrale : AV 8

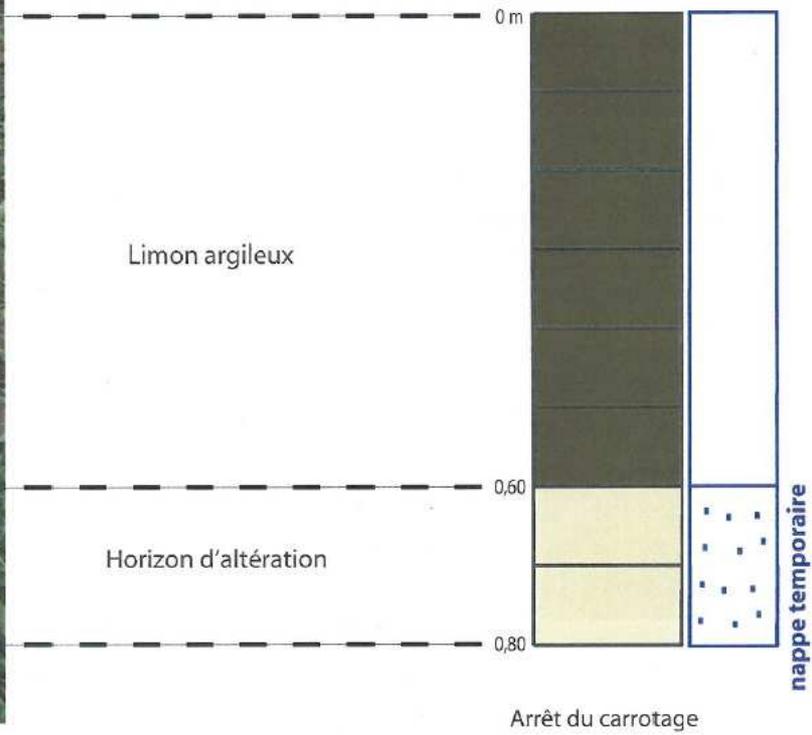


Sondage pédologique sp90

Date : avril 2008

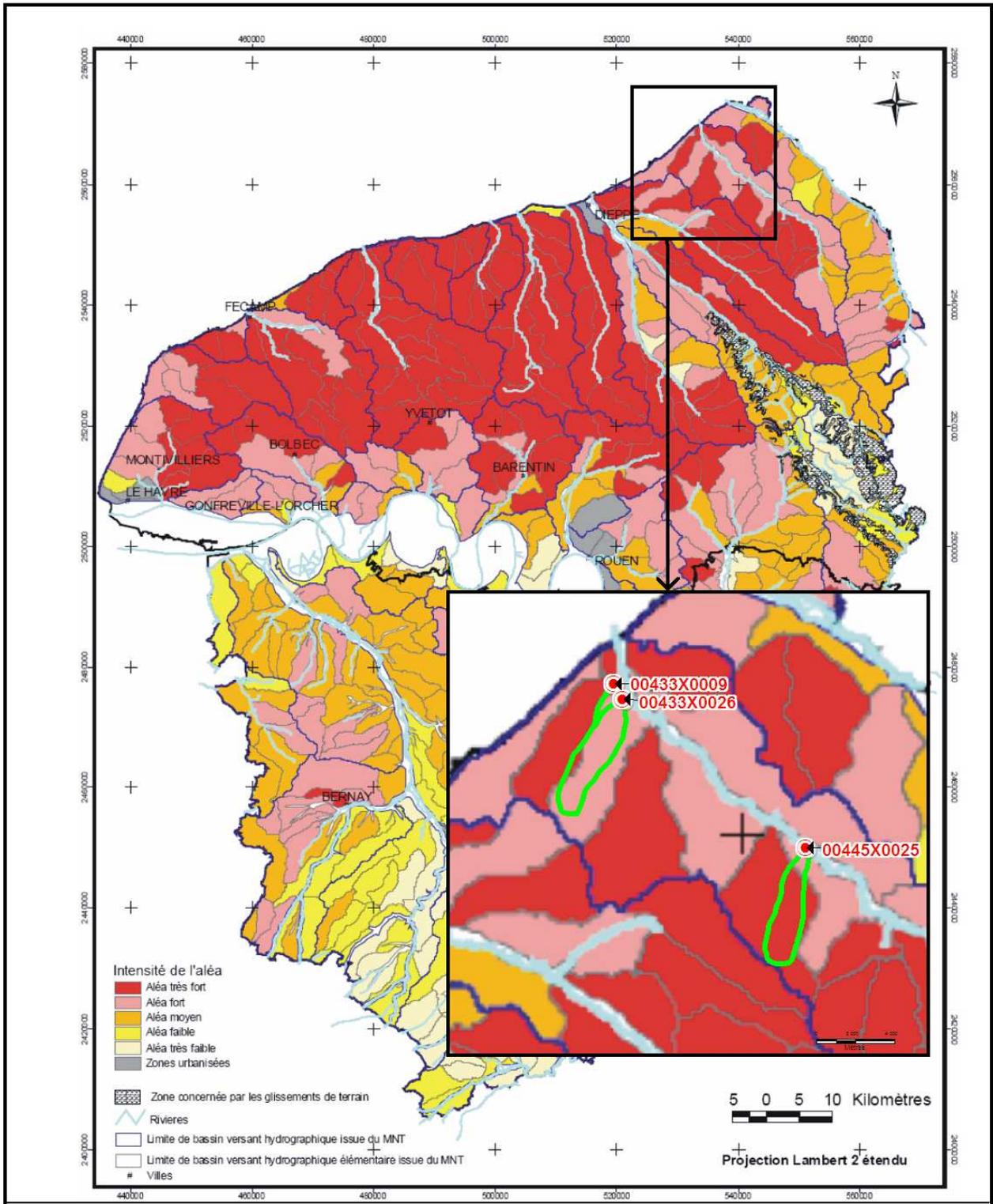
Commune : Criel-sur-Mer (76)

Parcelle cadastrale : ZS 51



ANNEXE 4-3

Cartographies de l'aléa érosion sur le bassin versant hydrogéologique des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer d'après l'Atlas de l'Aléa Erosion de Haute Normandie



Intensité de l'aléa

- Aléa très fort
- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible
- Aléa très faible
- Zones urbanisées

- Zone concernée par les glissements de terrain
- Rivieres
- Limite de bassin versant hydrographique issue du MNT
- Limite de bassin versant hydrographique élémentaire issue du MNT
- # Villes

5 0 5 10 Kilomètres

Projection Lambert 2°étendu



Légende

- Captage AEP
- Bassin versant hydrogéologique (d'après CGG, 1997)

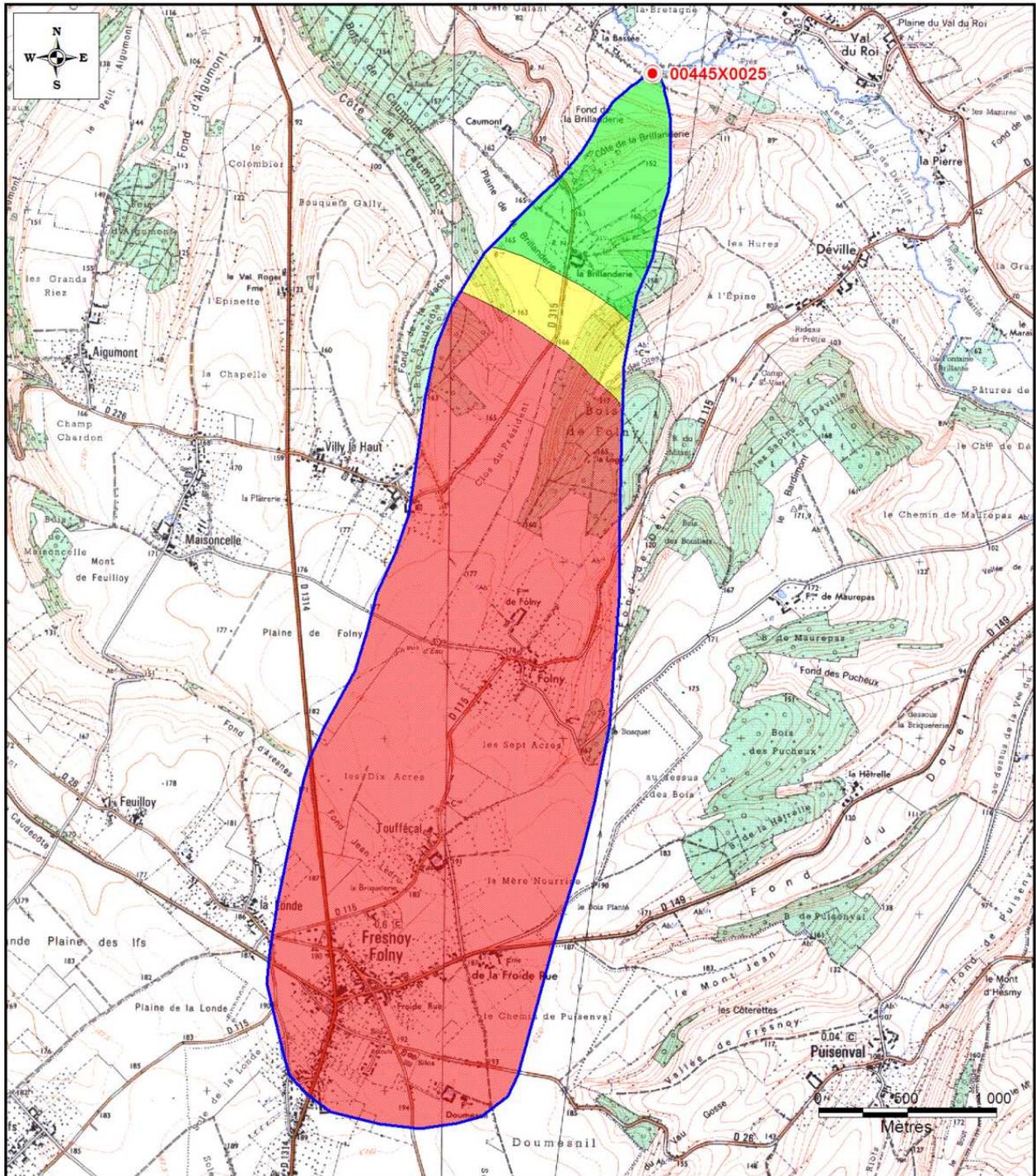
A	14/12/2009	ROUP090009	OD	SMEA_Eu Erosion.WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

ANNEXE 5

Vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère

ANNEXE 5-1

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « variations piézométriques »



Légende

● Captage AEP

□ Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "variations piézométriques"

■ Vulnérabilité forte (10 m < variation)

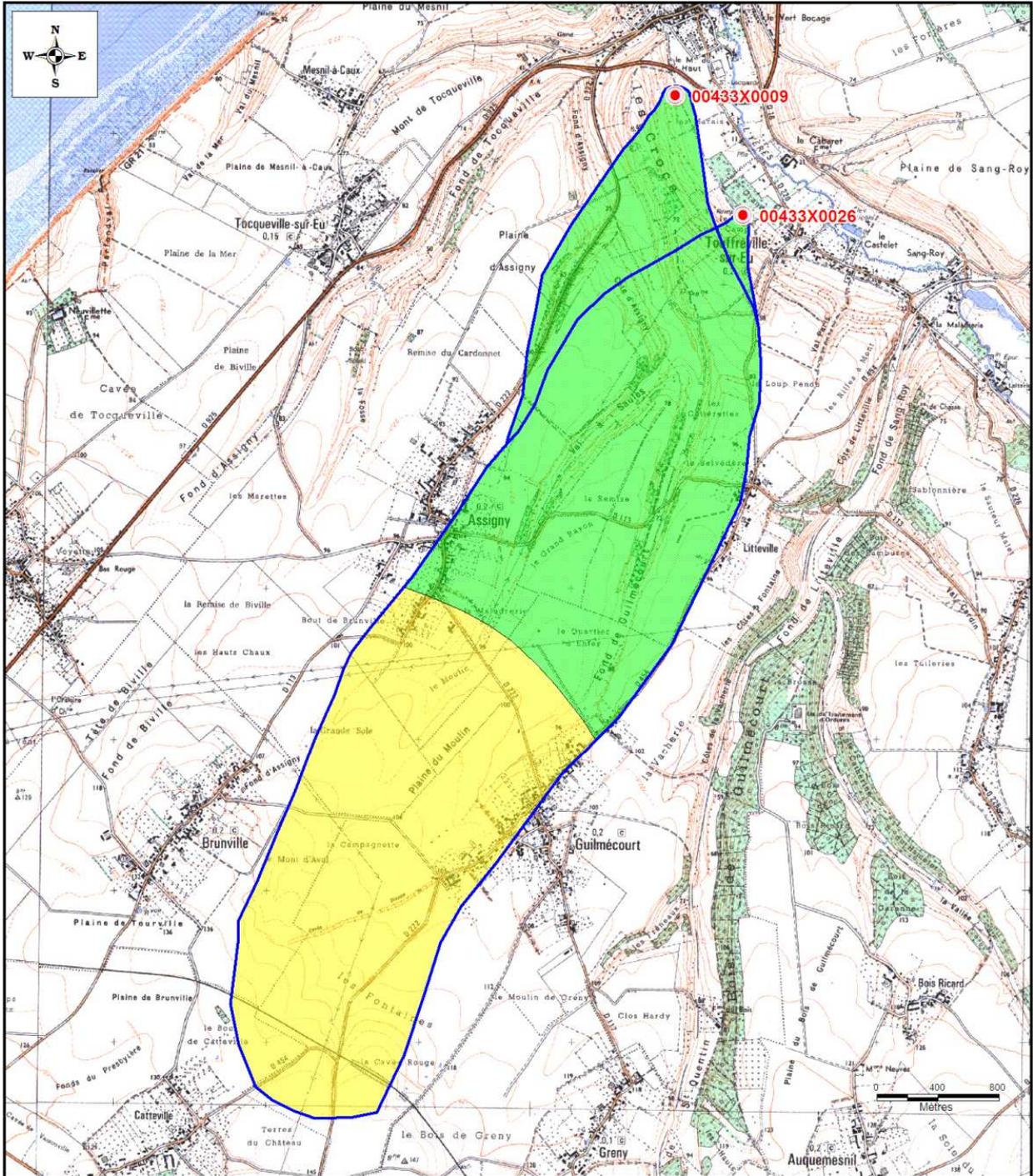
■ Vulnérabilité moyenne (5 m < variation < 10 m)

■ Vulnérabilité faible (0 m < variation < 5 m)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_piézo.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende



Captage AEP



Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère
"variations piézométriques"

■ Vulnérabilité forte (10 m < variation)

■ Vulnérabilité moyenne (5 m < variation < 10 m)

■ Vulnérabilité faible (0 m < variation < 5 m)

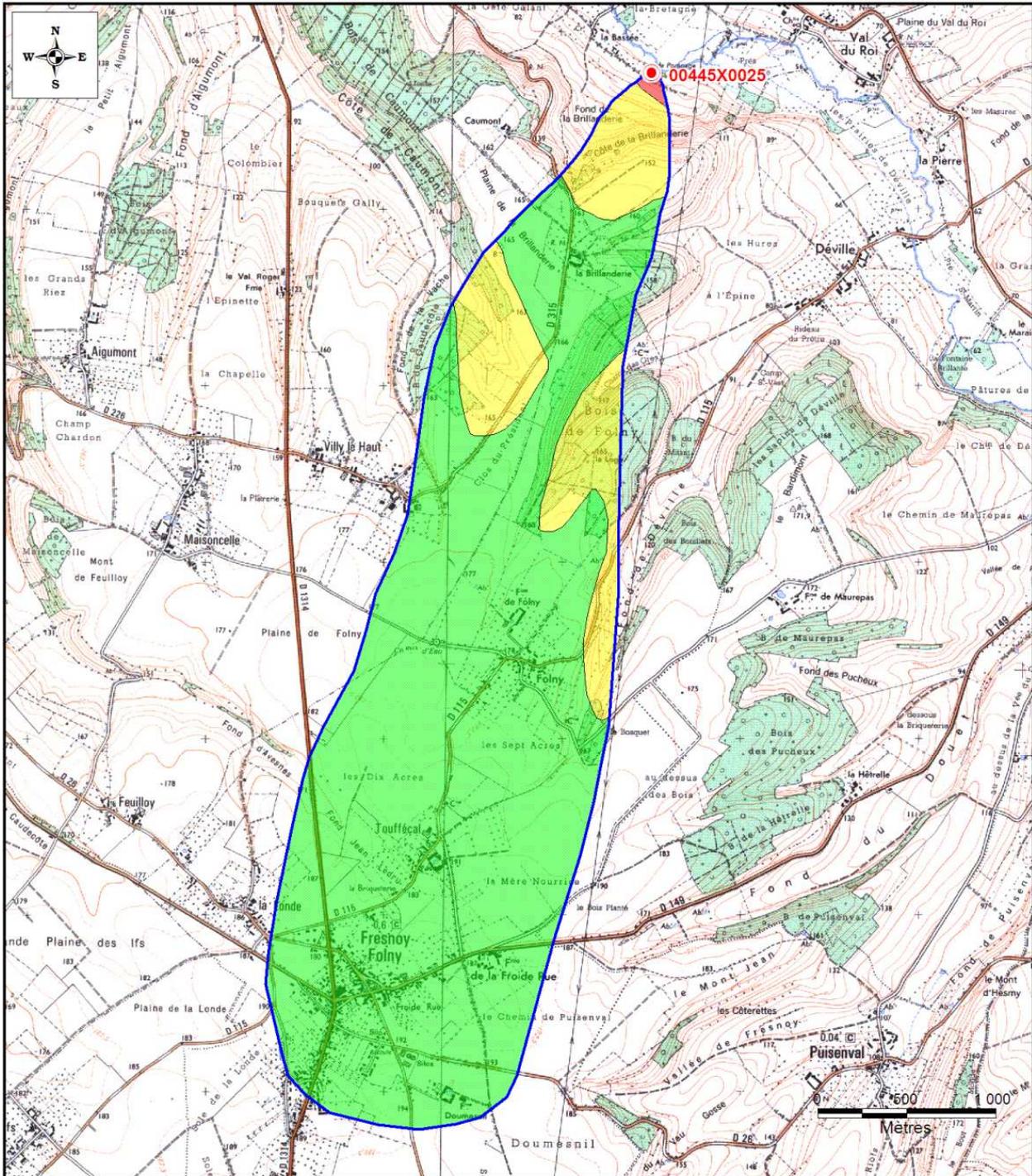


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_piézo.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-2

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « pédologie »



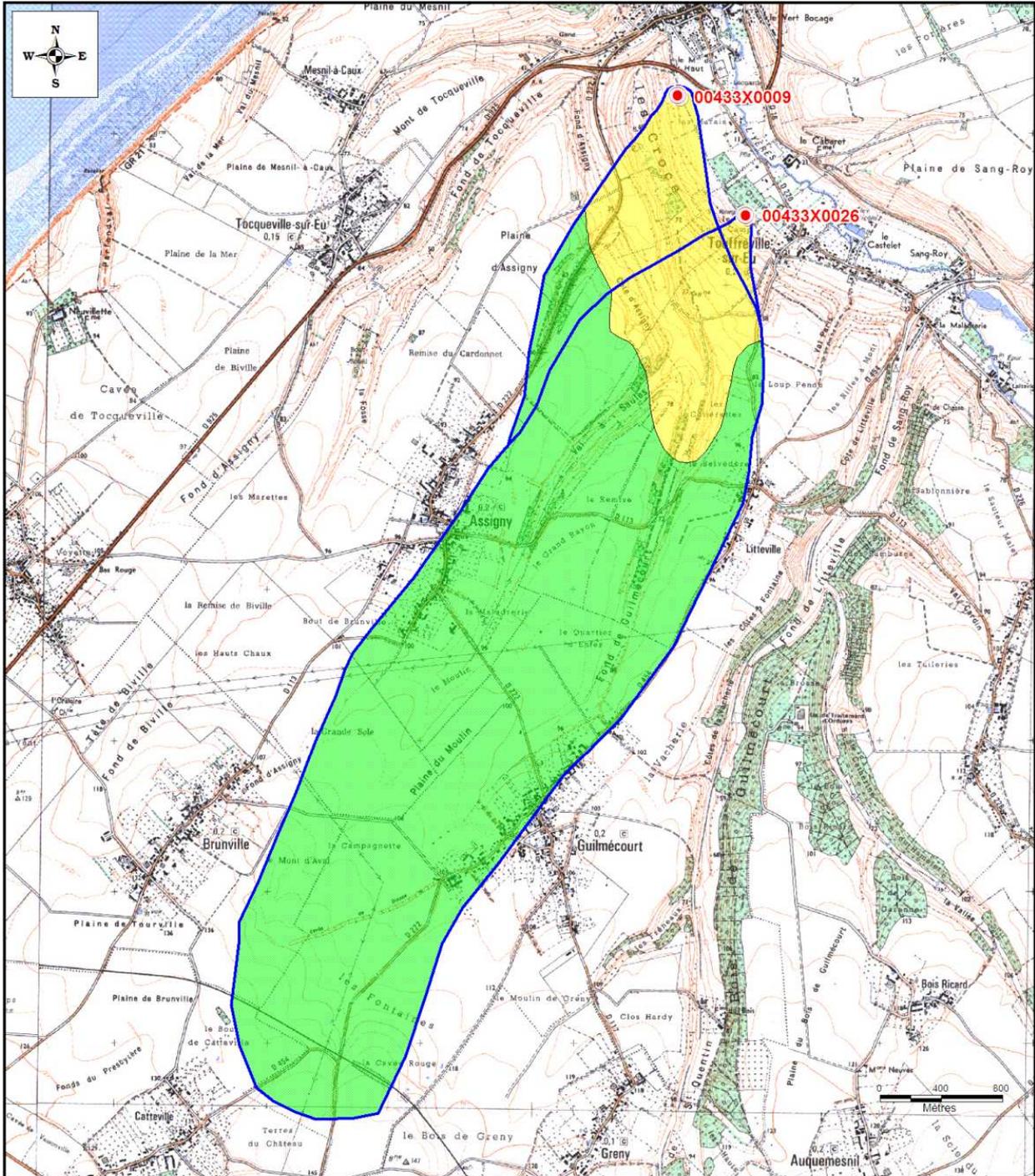
Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC
- Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "perméabilité et typologie des sols"
 - Vulnérabilité forte (alluvions - $10^{-2} < K < 10^{-3}$ m/s)
 - Vulnérabilité moyenne (rendzine - $10^{-3} < K < 10^{-5}$ m/s)
 - Vulnérabilité faible (limon et limon argileux - $10^{-4} < K < 10^{-8}$ m/s)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_pédologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "perméabilité et typologie des sols"

- Vulnérabilité forte (alluvions - $10^{-2} < K < 10^{-3}$ m/s)
- Vulnérabilité moyenne (rendzine - $10^{-3} < K < 10^{-5}$ m/s)
- Vulnérabilité faible (limon et limon argileux - $10^{-4} < K < 10^{-8}$ m/s)

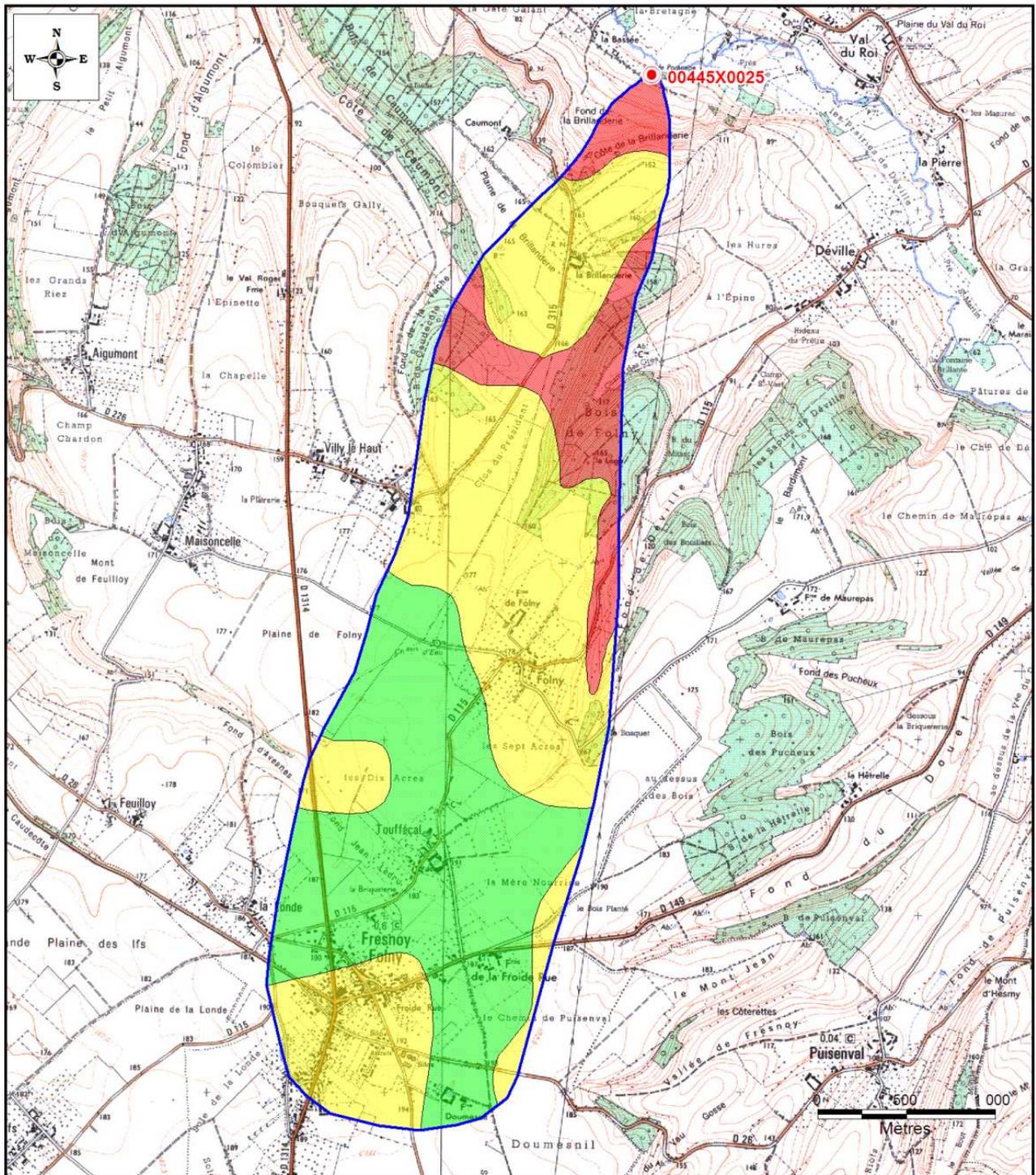


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_pédologie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-3

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la formation résiduelle à silex »



Légende

 Captage AEP

 Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur des formations superficielles"

 Vulnérabilité forte (form. sup. = 0 m)

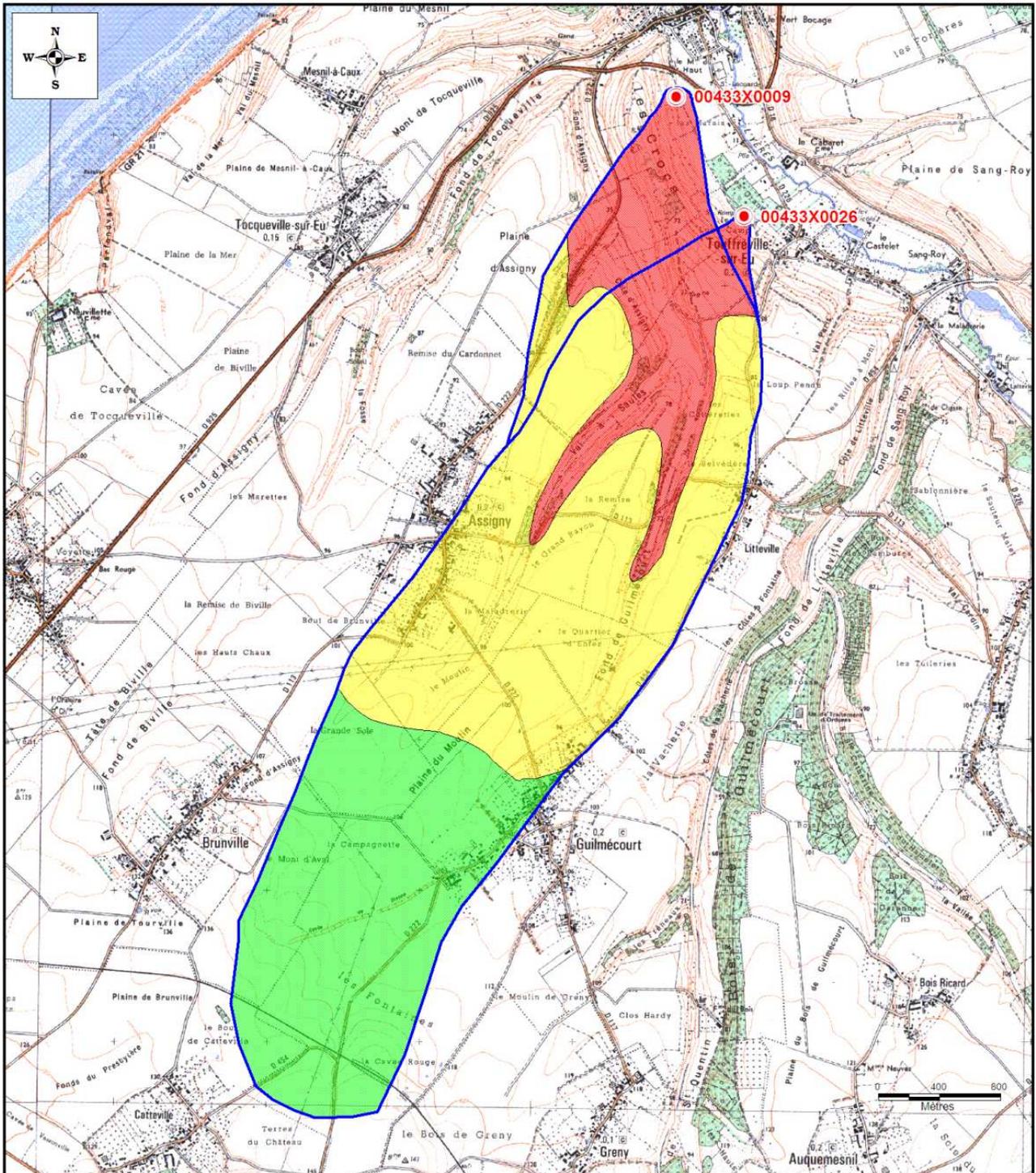
 Vulnérabilité moyenn (0 m < form. sup. < 10 m)

 Vulnérabilité faible (10 < form. sup.)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_RS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur des formations superficielles"

- Vulnérabilité forte (form. sup. = 0 m)
- Vulnérabilité moyenn (0 m < form. sup. < 10 m)
- Vulnérabilité faible (10 < form. sup.)

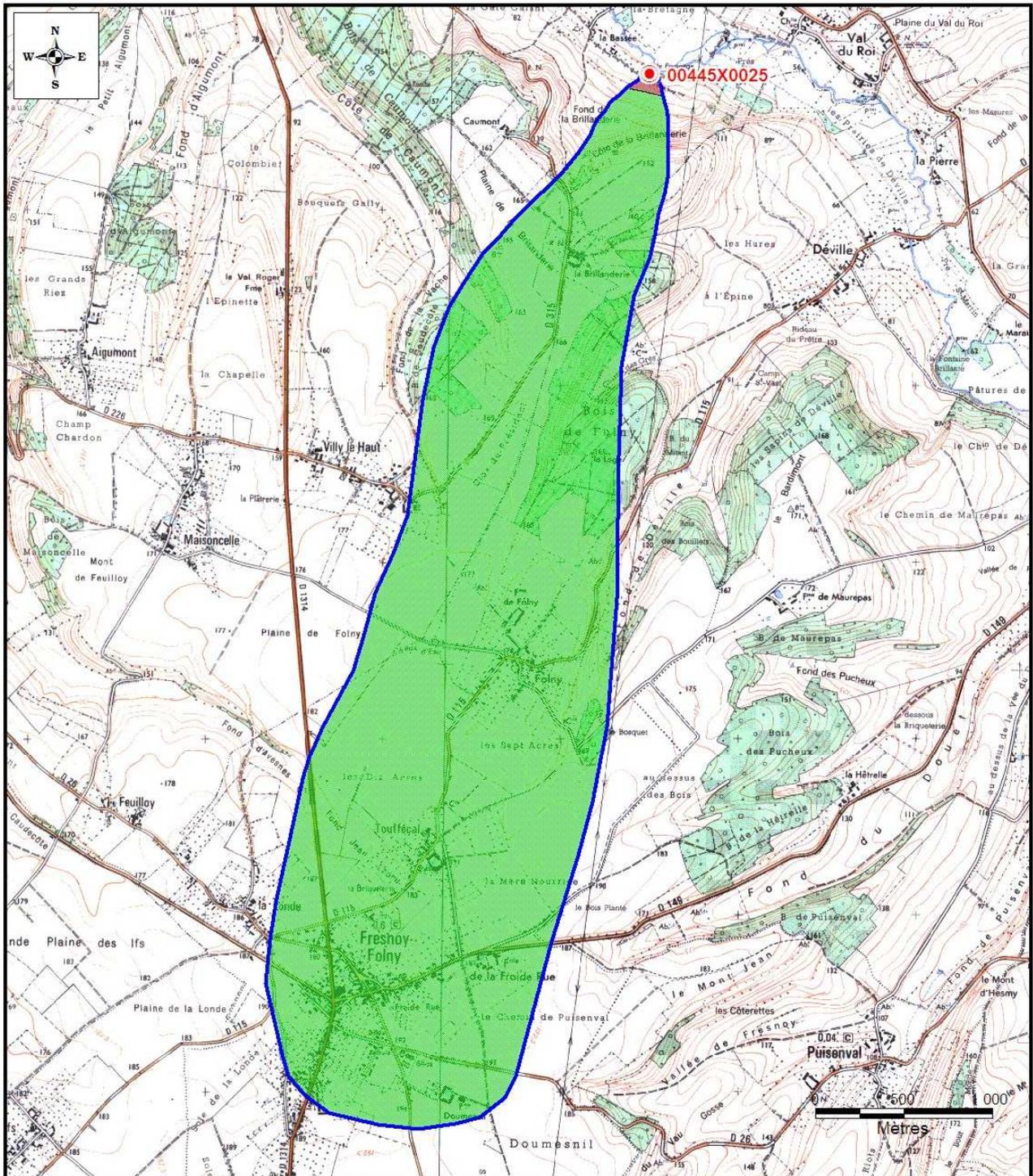


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_RS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-4

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « géologie structurale »



Légende

 Captage AEP

 Contour du BAC

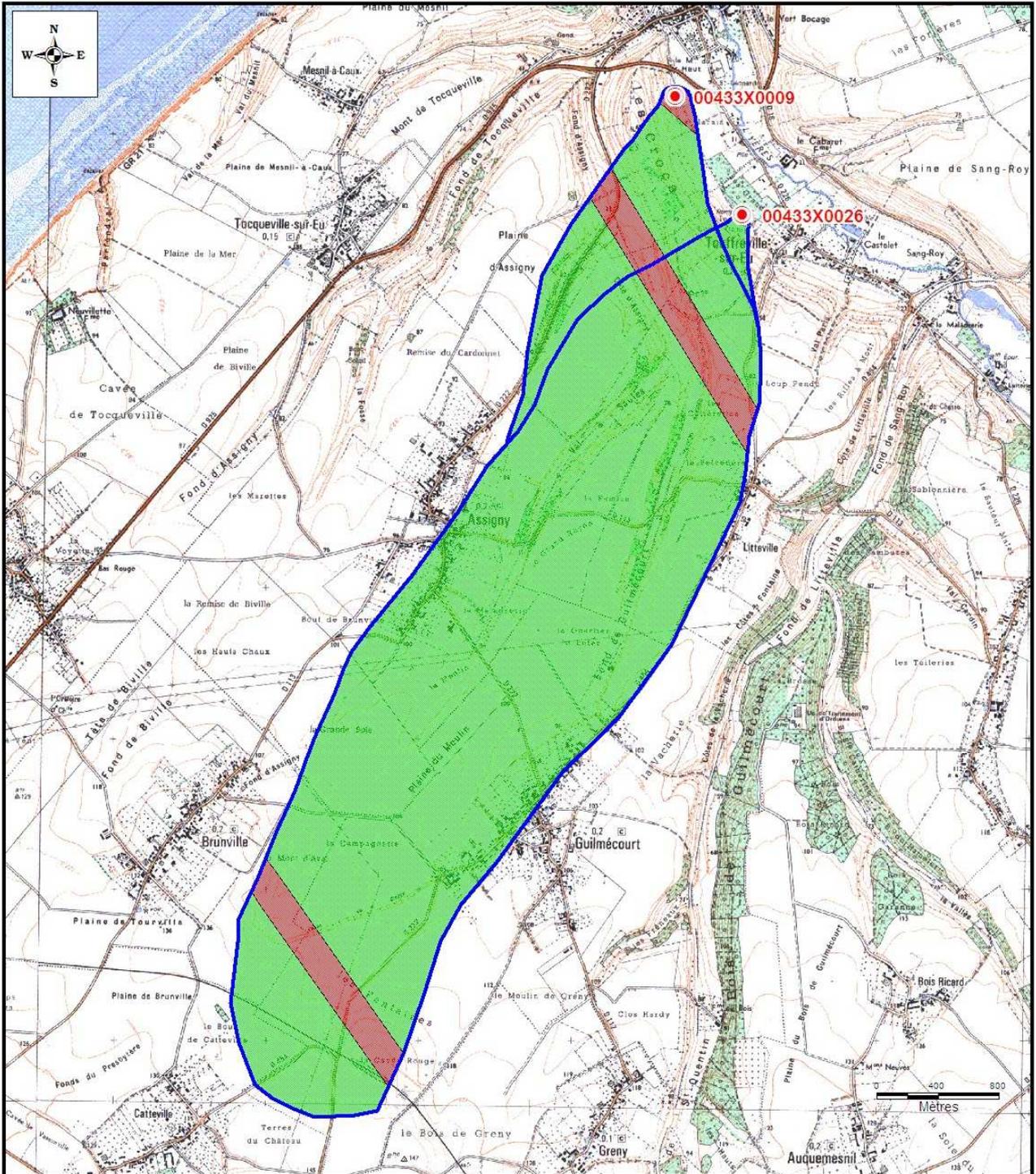
Vulnérabilité de l'aquifère selon le paramètre "géologie structurale"

-  Vulnérabilité forte (perméabilité en grand / présence d'accident géologique)
-  Vulnérabilité faible (perméabilité en petit / absence d'accident géologique)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_pédologie WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

 Captage AEP

 Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le paramètre "géologie structurale"

 Vulnérabilité forte (perméabilité en grand / présence d'accident géologique)

 Vulnérabilité faible (perméabilité en petit / absence d'accident géologique)

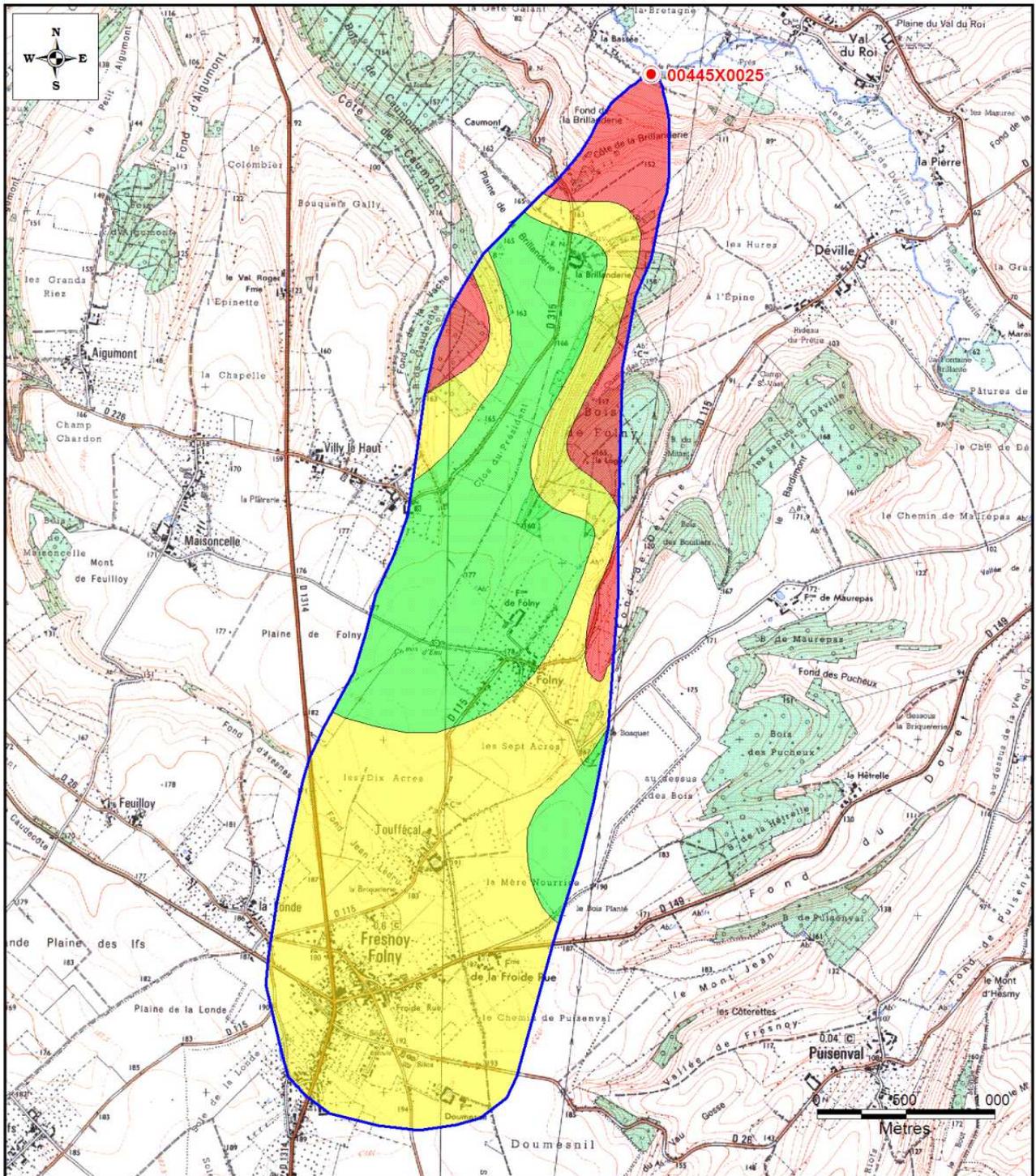


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_géologie.WOR
IND	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-5

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la zone non saturée »



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

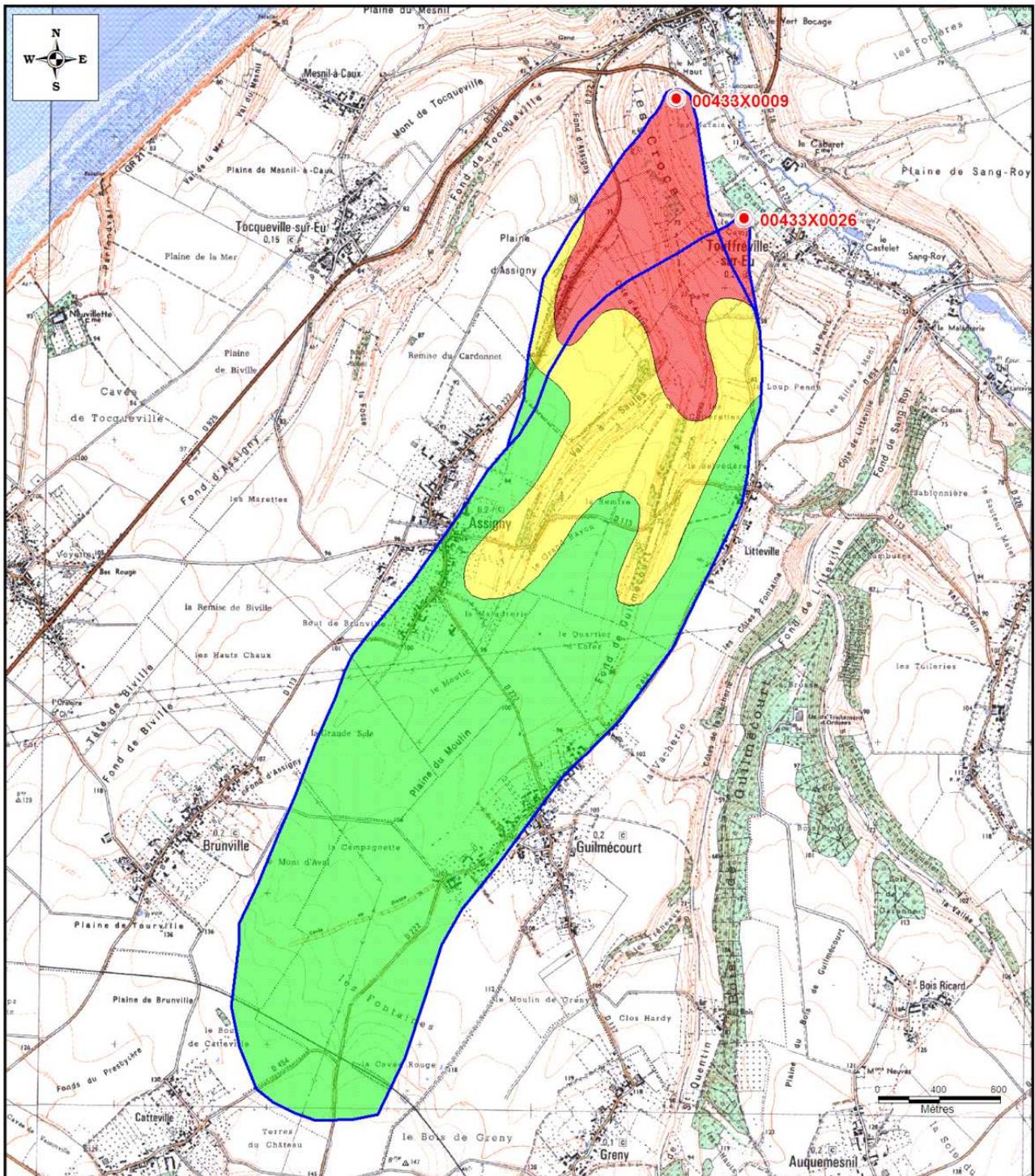
Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur de la zone non saturée"

- Vulnérabilité forte (0 m < ZNS < 10 m)
- Vulnérabilité moyenne (10 m < ZNS < 50 m)
- Vulnérabilité faible (50 m < ZNS)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_ZNS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur de la zone non saturée"

- Vulnérabilité forte (0 m < ZNS < 10 m)
- Vulnérabilité moyenne (10 m < ZNS < 50 m)
- Vulnérabilité faible (50 m < ZNS)

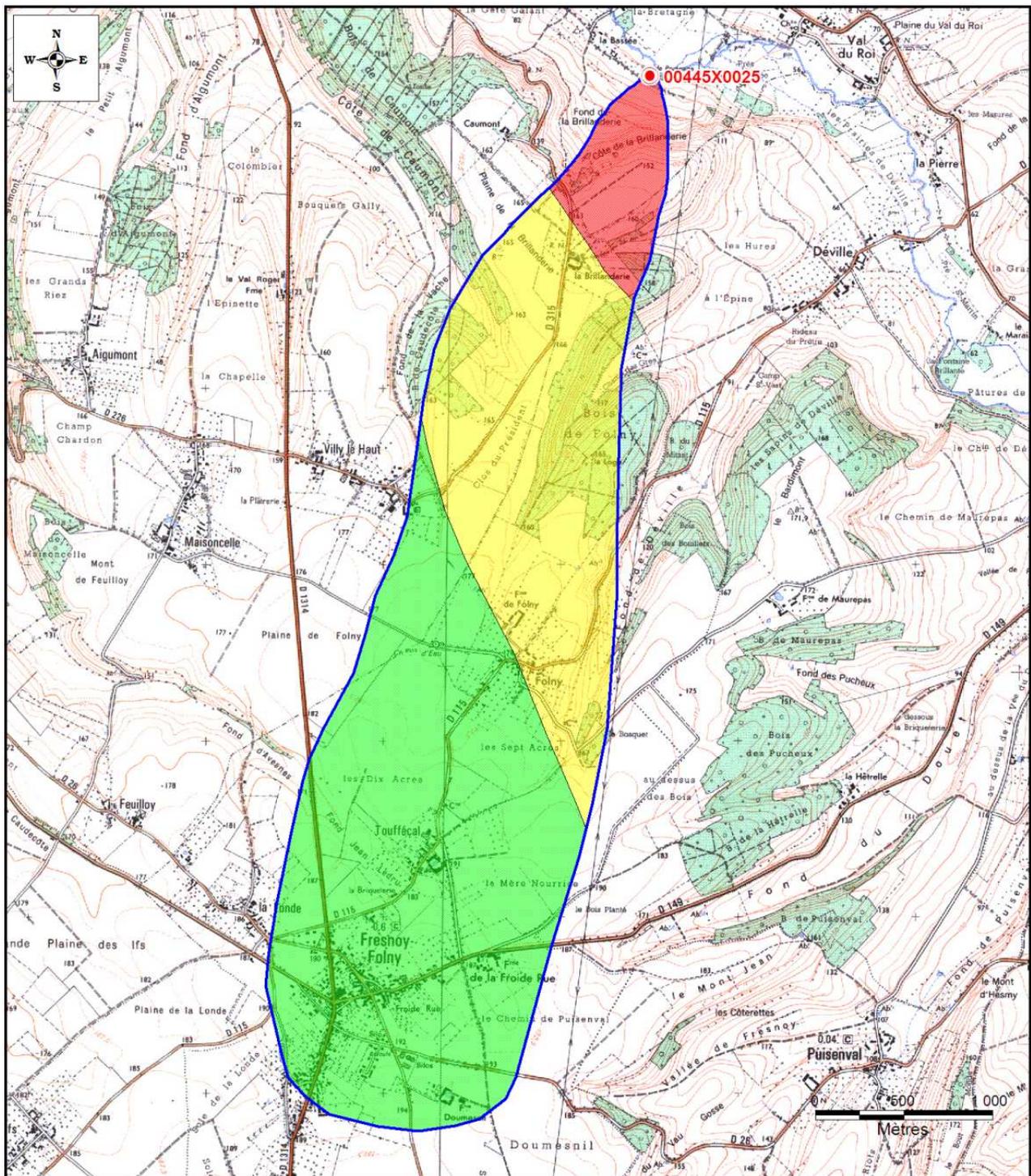


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_ZNS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-6

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « épaisseur de la zone saturée »



Légende

 Captage AEP

 Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur de la zone saturée"

 Vulnérabilité forte ($ZS < 20$ m)

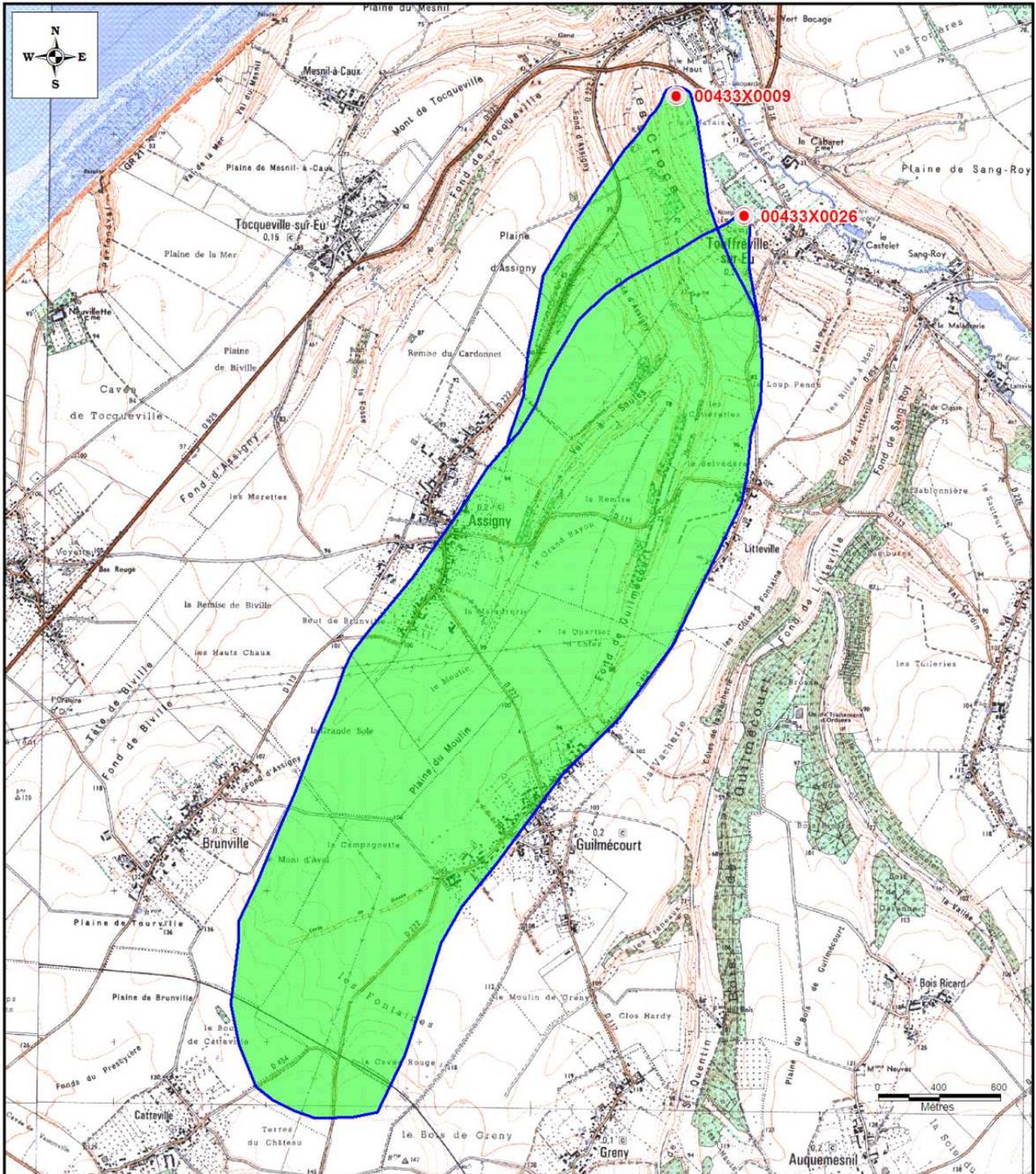
 Vulnérabilité moyenne ($20 \text{ m} < ZS < 50$ m)

 Vulnérabilité faible ($50 \text{ m} < ZS$)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_ZS.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

 Captage AEP

 Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "épaisseur de la zone saturée"

 Vulnérabilité forte ($ZS < 20$ m)

 Vulnérabilité moyenne ($20 < ZS < 50$ m)

 Vulnérabilité faible ($50 < ZS$)

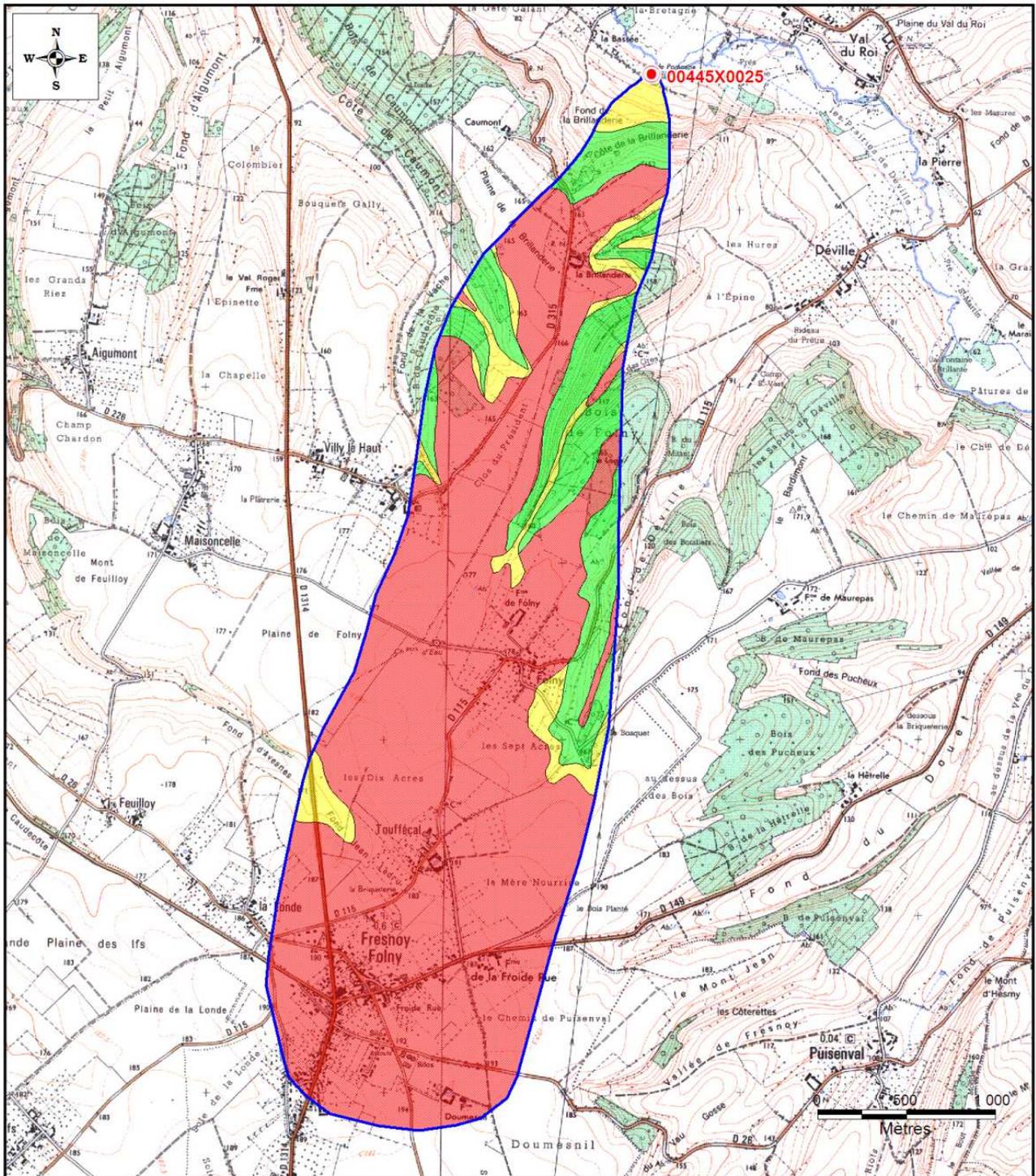


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_ZS_WOF
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-7

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer selon le critère « topographie »



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

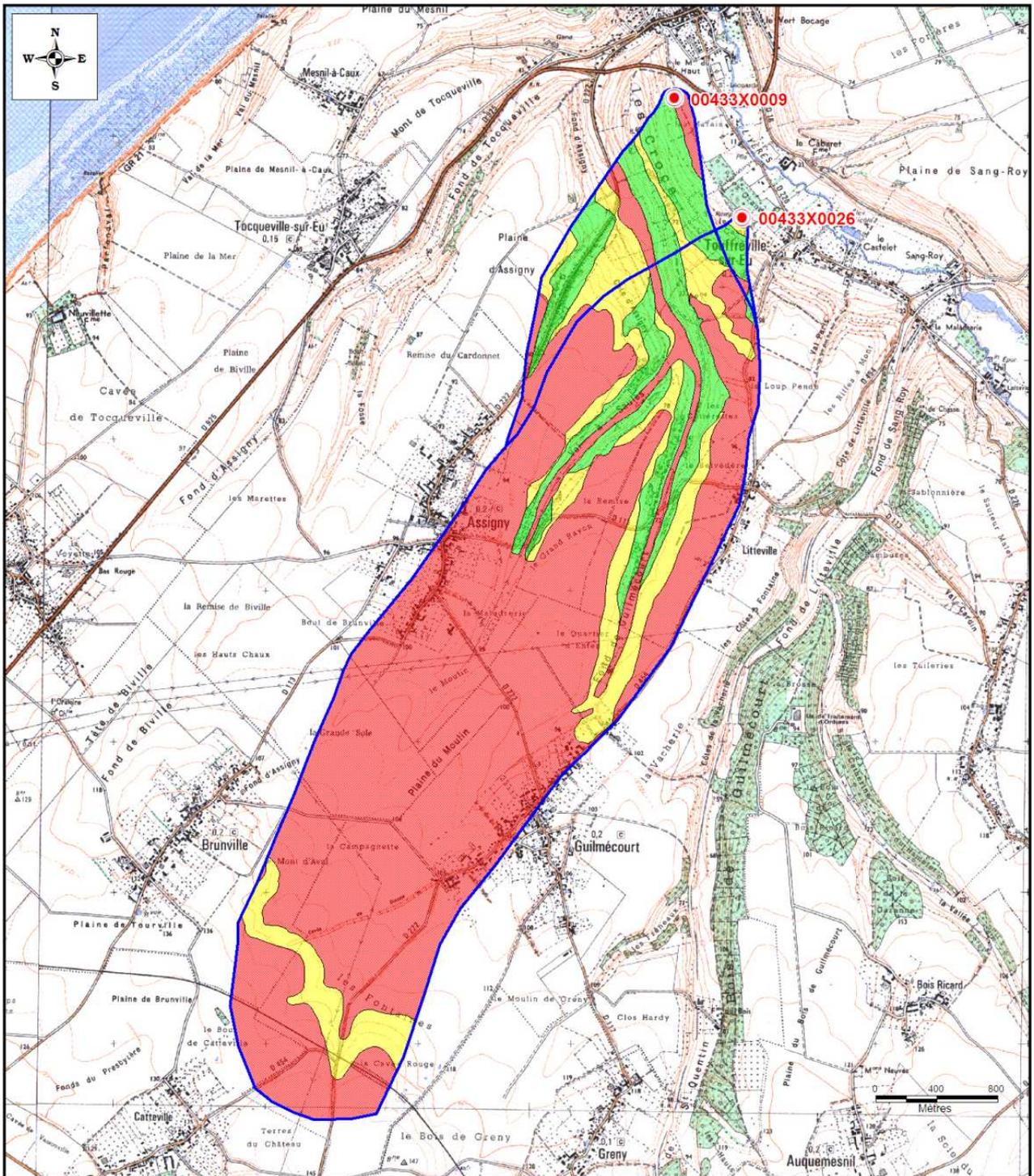
Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "topographie"

- Vulnérabilité forte (0% < pente < 5%)
- Vulnérabilité moyenne (5% < pente < 10%)
- Vulnérabilité faible (10% < pente)



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_topographie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

- Captage AEP
- Contour du BAC

Vulnérabilité de l'aquifère selon le critère "topographie"

- Vulnérabilité forte (0% < pente < 5%)
- Vulnérabilité moyenne (5% < pente < 10%)
- Vulnérabilité faible (10% < pente)

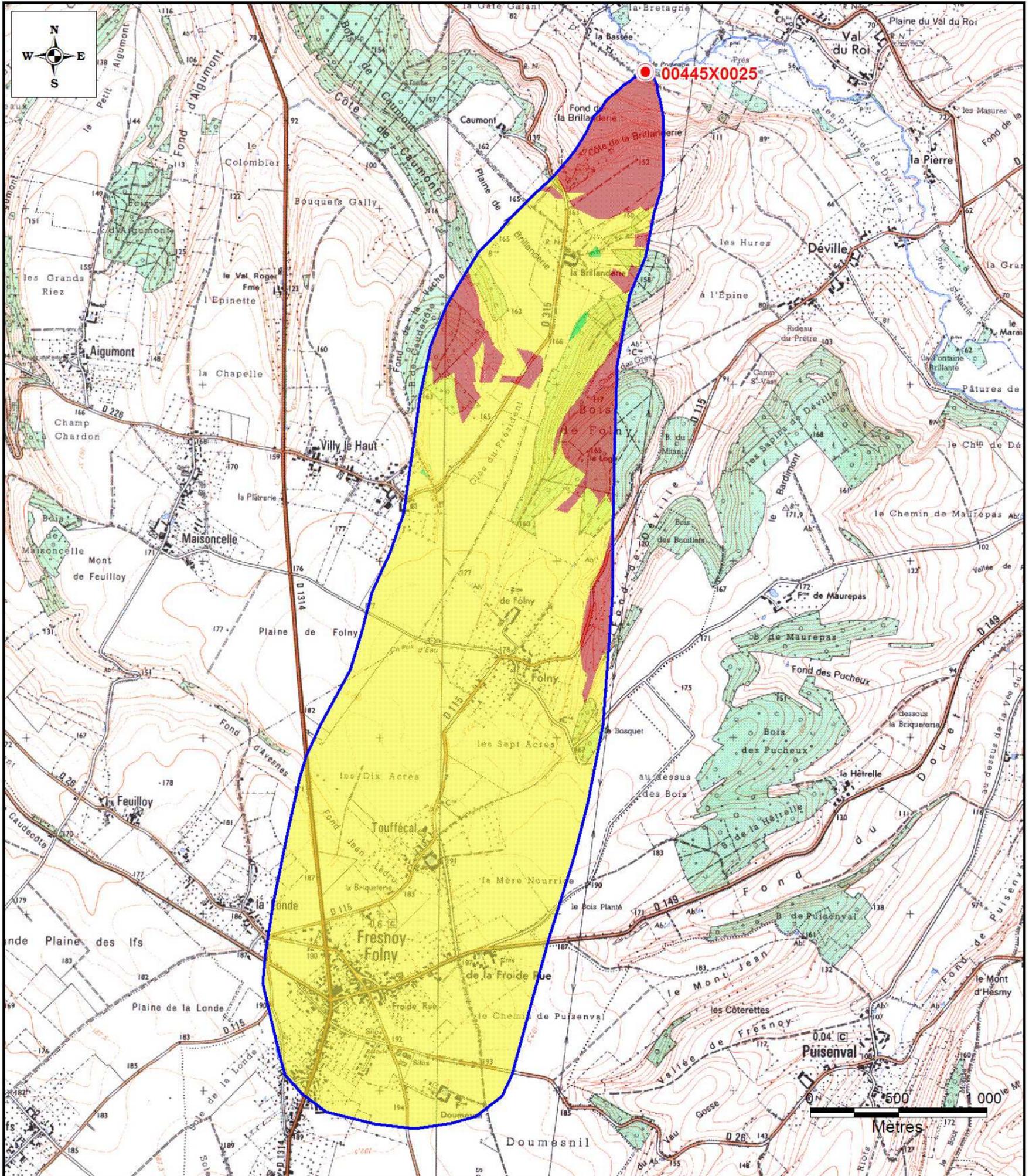


A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_topographie.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000

ANNEXE 5-8

Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère dans le BAC des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer établie selon la méthode 2 présentée au chapitre 4.3



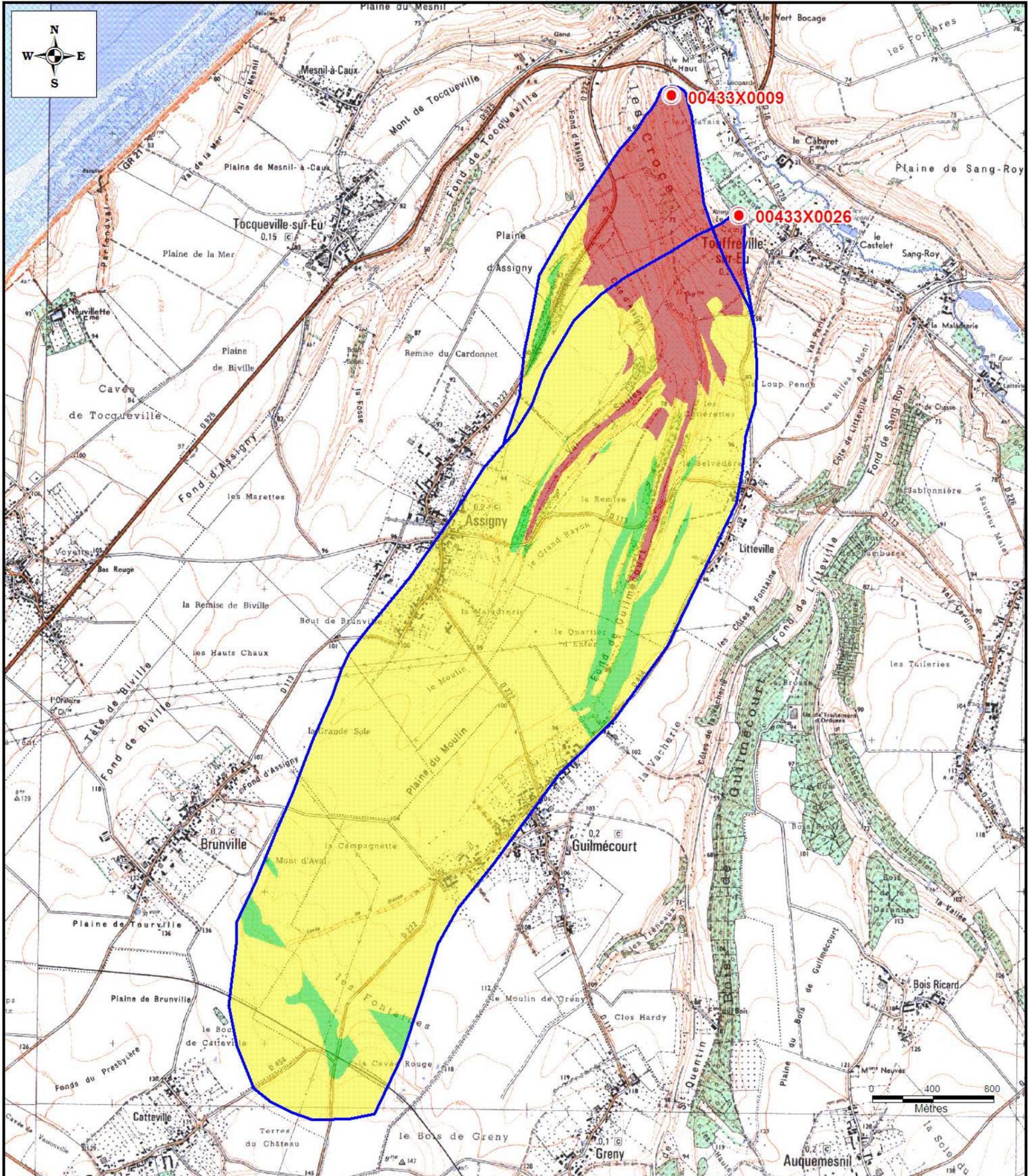
Légende

-  Captage AEP
-  Contour du BAC
- Vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère
 -  Vulnérabilité intrinsèque forte
 -  Vulnérabilité intrinsèque moyenne
 -  Vulnérabilité intrinsèque faible



A	08/01/2009	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_intrinsèque.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 30 000



Légende

-  Captage AEP
-  Contour du BAC
- Vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère
 -  Vulnérabilité intrinsèque forte
 -  Vulnérabilité intrinsèque moyenne
 -  Vulnérabilité intrinsèque faible



A	10/02/2010	ROUP090009	OD	SMEA_EU_vuln_intrinsèque.WOR
IND.	DATE	PROJET	DESSIN	DESIGNATION

Echelle - 1 / 35 000



Fiche signalétique

Rapport

Titre : Etude relative à la protection des captages de Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer - Phase 2 : délimitation du bassin d'alimentation des captages et évaluation de leur vulnérabilité intrinsèque

Numéro et indice de version : A56562/A

Date d'envoi : 25/02/2010

Nombre de pages : 64 (hors annexes)

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 ex. ANTEA Bihorel

Nombre d'annexes dans le texte : 5

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

10 ex. Client

1 ex. Auteur

Client

Coordonnées complètes : SMEA DE LA REGION D'EU

81 rue Paul Bignon

BP 06

76260 - EU

Téléphone : 02 35 50 65 66

Télécopie : 02 35 50 65 66

Nom et fonction des interlocuteurs : M Pierre VIGREUX

ANTEA

Unité réalisatrice : PEAU

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Gérard GURLIAT

Responsable de projet : Gérard GURLIAT

Auteur : Olivier DURIER

Expert technique : Gérard GURLIAT

Secrétariat : Virginie PEIGNE

Qualité

Contrôlé par : *Hubert DEHAYS*

Le 23/02/2010 - Version A

N° du projet : *ROUP090009*

Références et date de la commande : OS n°1 du 10 juin 2009

Département : Seine Maritime, Commune : Villy-sur-Yères, Touffreville-sur-Eu et Criel-sur-Mer

Mots clés : BAC, forage, bassin d'alimentation, pollution diffuse, pollution ponctuelle, DUP, périmètre de protection