

4.2 Etude hydrogéologique

4.2.1 Cadre hydrogéologique

4.2.1.1 Présentation générale

Le principal aquifère régional est représenté par la nappe de la craie reposant sur les faciès argileux de la base du Cénomaniens et de l'Albien (argiles noires du Gault) qui constituent le mur de cet aquifère. (Lithologie cf. avant)

Référentiel hydrogéologique : Craie altérée du Neubourg-Iton-plaine de Saint-André (HG211 – FRHG211)

Le forage de La Neuville des Vaux capte les eaux provenant de la nappe libre de la craie.

4.2.1.2 Perméabilité des formations crayeuse

L'existence de la nappe de la craie est due non pas à la porosité du matériau qui contient pour l'essentiel l'eau non mobilisable en raison de la dimension des pores, mais à sa perméabilité également définie comme « porosité efficace ».

On a communément l'habitude de qualifier la craie comme un matériau peu perméable à l'échelle de l'échantillon, mais perméable « en grand ». Joël Rodet en accord avec Jean-Claude Roux (La craie et ses karst – 1992) définit les critères qui contrôlent la perméabilité des réservoirs comme suit :

1. **La géologie :**
Influence des faciès plus ou moins marneux qui se développent régionalement (...). La présence ou l'absence de lits de silex qui font une véritable armature au réservoir, ou la recristallisation de certains niveaux sont d'autant d'éléments qui engendrent un comportement hétérogène de l'aquifère ;
2. **La morphologie :**
Pour un même faciès, la fissuration est plus développée sous les vallées humides, et à un degré moindre, sous les vallées sèches que sous les plateaux (...). Le débit spécifique médian est le double en vallée humide de celui en vallée sèche et 20 fois plus élevé que sur le plateau.
3. **La tectonique :**
Dans les faciès crayeux et plus particulièrement ceux très peu perméables, les failles jouent le rôle de drain favorisant la productivité. Globalement, la perméabilité croît dans les zones en décompression, à proximité des flexures, des failles et partout où la perméabilité secondaire s'exprime.
4. **La profondeur :**
En raison de la compression du massif, la perméabilité diminue avec la profondeur et la compaction de la craie. La perméabilité devient nulle ou faible, à plus faible profondeur sous les vallées que sous les plateaux. (...) sous les alluvions de vallée, la craie très altérée ne représente que 5 à 10 m de puissance.

5. L'hydrogéologie :

Le réservoir est plus altéré dans la zone de fluctuation de la nappe, où les coefficients d'emmagasinement sont plus élevés que dans la zone saturée en permanence.

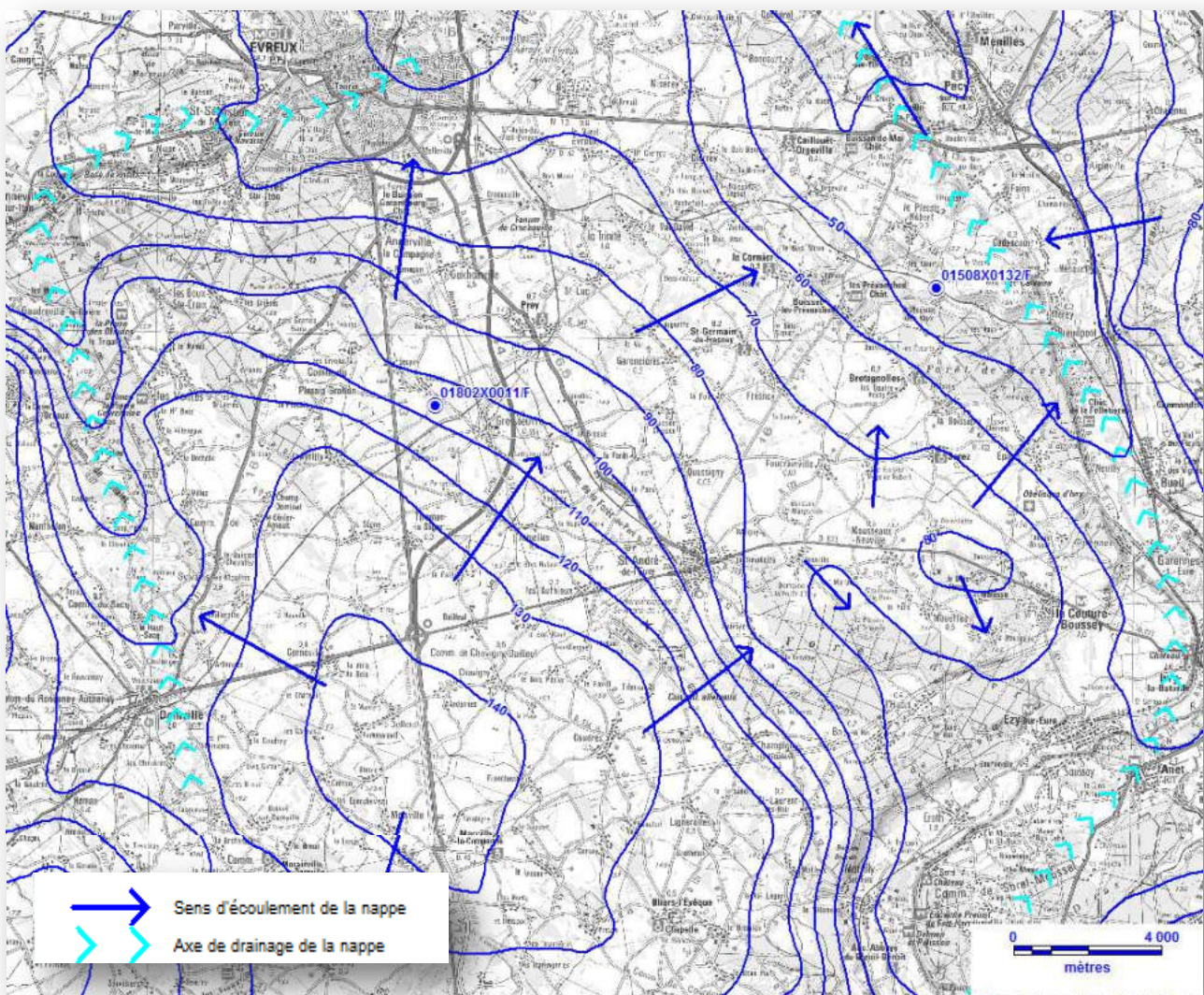
4.2.1.3 Piézométrie de la nappe

Nota : Afin de délimiter le Bassin d'Alimentation de Captage du forage de La Neuville des Vaux, nous avons utilisé l'atlas hydrogéologique de la Haute-Normandie du BRGM publié en 2012, à savoir le plus récent. L'atlas ainsi obtenu reste cependant une esquisse plus ou moins précise de la piézométrie de la nappe, avec des données à relativiser.

4.2.1.3.1 Configuration piézométrique

Le schéma suivant présente l'esquisse piézométrique de la nappe de la craie proposée dans l'atlas hydrogéologique de l'Eure de 2012.

Schémas 1/ : Carte piézométrique (Source : Atlas hydrogéologique de la l'Eure 2012)



Nous pouvons constater à partir de cette esquisse qu'il existe deux axes de drainage majeurs entourant le plateau de Saint André de l'Eure : l'Iton et le Sec-Iton à l'ouest et l'Eure à l'Est.

4.2.1.4 Développement du karst

Dans un contexte karstique, la connaissance des circulations est indéniablement une des clefs de définition du BAC. À ce titre nous avons recensé les traçages hydrogéologiques réalisés sur le secteur.

Ceux-ci sont très peu nombreux et aucun ne concerne le forage de La Neuville des Vaux.

Le schéma présenté ci-dessous localise les traçages qui peuvent apporter des précisions quant à la délimitation du BAC.

Schéma 18 : Résultats des traçages hydrogéologiques réalisés sur la zone d'étude ou aux alentours

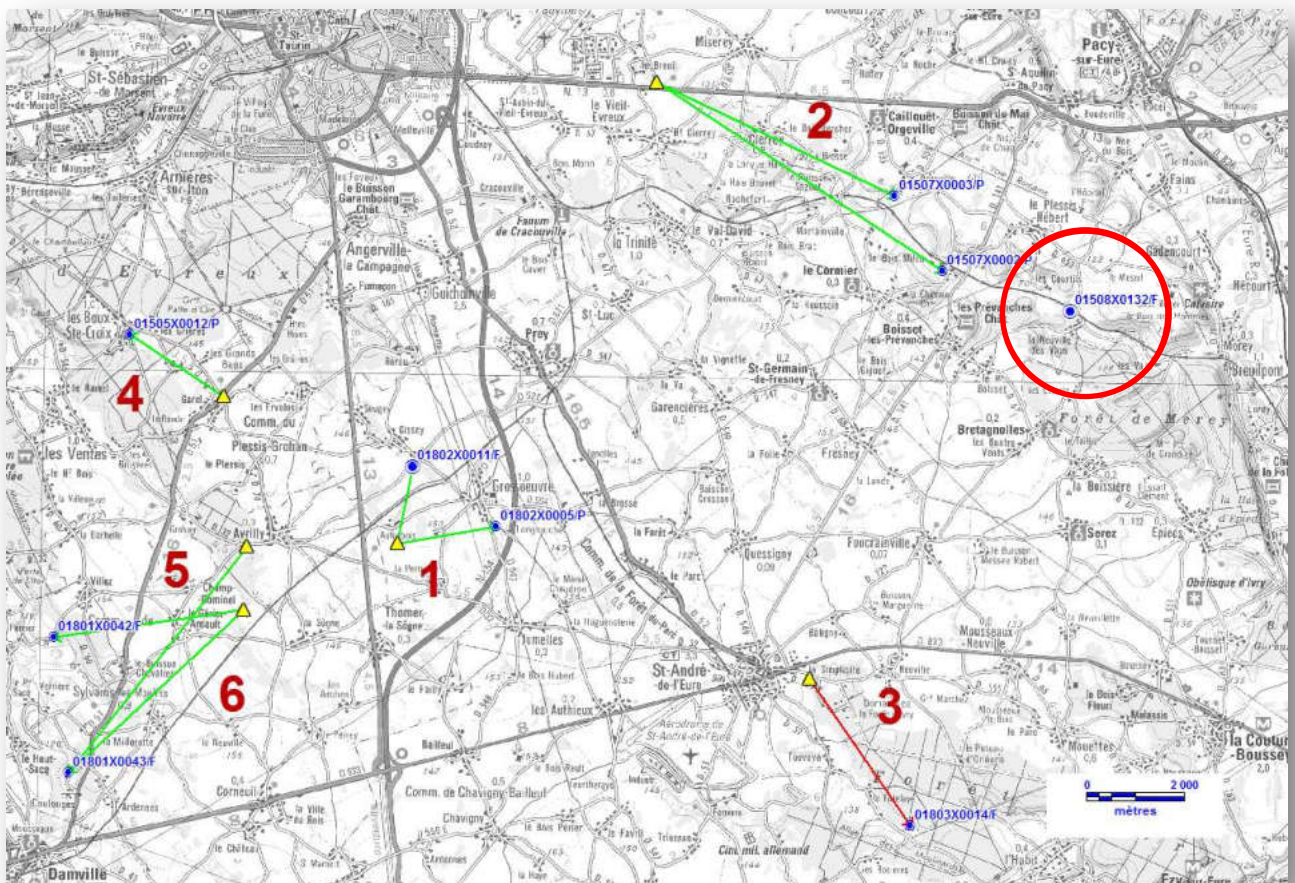


Tableau 11 : Résultats des traçages hydrogéologiques réalisés dans le secteur d'étude

N°	Date campagne	Point d'injection	Point de suivi	Résultat
1	1983	Bétoire d'Autrebois Autrebois-le-Fosse-Morin	Forage de Cissey Grossoeuvre 01802X0011/F	Positif vitesse supérieure à 33 m/h
			Puits du château d'eau Grossoeuvre 01802X0005/P	Positif vitesse supérieure à 42 m/h
2	1987	STEP de Miscrey	Puits Caillouet-Orgeville 01507X0003/P	Positif
			Puits Boisset-les-Prevanches 01507X0002/P	Positif
3	Hivers 1986 et été 1987	STEP de Saint-André-de-l'Eure	Forage Champigny-la-Futelaye 01803X0014/F	Négatif
4	1987	STEP de Garel	Puits Les Baux Ste Croix 01505X0012/P	Positif Relation bien établie en période pluvieuse
5	1997	Bétoire La Mare des Croix	Forage Coulonges 01801X0043/F	Positif Restitution rapide (3.5 j)
6	1997	Bétoire Le Parfons	Forage Coulonges 01801X0043/F	Positif
			Forage Sylvains-les-Moulins 01801X0042/F	Positif

Le nombre important de résultats positifs en ce qui concerne les traçages réalisés sur le plateau de Saint André de l'Eure laisse supposer l'impact prépondérant du système karstique dans les circulations souterraines.

Nota : Le traçage n°2 a été réalisé avec seulement 2 kg de fluorescéine. Les points de suivi se situant à plus de 5 km du point d'injection, nous pouvons mettre en doute ces résultats. Malheureusement nous ne possédons pas de détails quant à la quantité de traceur restituée, par conséquent nous prendrons tout de même en compte ce traçage dans la délimitation du BAC.

4.2.1.5 Délimitation du BAC

4.2.1.5.1 Bassin d'Alimentation de Captage

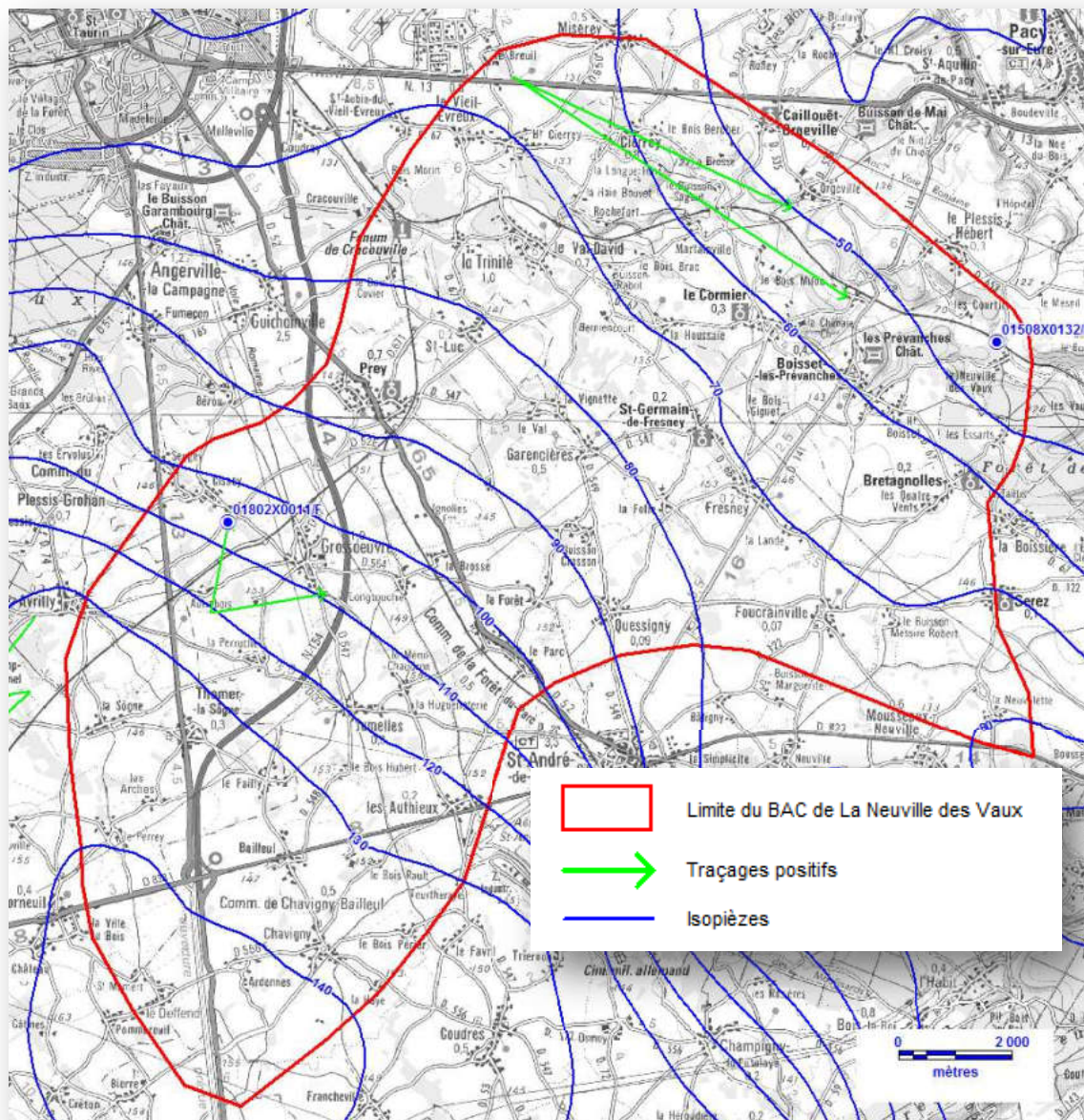
L'amélioration de la qualité de la ressource utilisée pour l'alimentation en eau potable passe par la mise en œuvre de programmes d'action sur les zones sensibles des captages. La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30/12/2006 a renforcé les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection des aires d'alimentation des captages (AAC parfois également nommée BAC), pour lutter notamment contre les pollutions diffuses d'origine agricole. Une étude BAC a eu lieu en parallèle de la démarche DUP.

Ainsi, la définition d'une zone de protection de l'aire d'alimentation du captage permet la mise en œuvre de programmes d'action visant notamment à modifier les pratiques agricoles (réduction des intrants, couverture des sols, diversification de l'assolement...) dans le but d'améliorer la qualité de la ressource.

Le forage de La Neuville des Vaux a été classé comme prioritaire « captage SDAGE 2 ».

Le BAC a été tracé à partir de la piézométrie de l'atlas hydrogéologique de 2012 et des résultats des traçages réalisés sur le secteur.

Schémas 19 : Extension du BAC en fonction de la piézométrie et des résultats des traçages – Fond IGN 100



On obtient un BAC potentiel d'une surface de 173 km².

L'amont du BAC de La Neuville des Vaux s'étend jusqu'au nord de la commune de Marcilly-la-Campagne, l'écoulement des eaux s'effectue principalement selon un axe SO-NE. À l'aval du BAC le traçage de la STEP de Miserey montre un écoulement selon un axe NO-SE.

4.2.1.5.2 Variations piézométriques

Il existe un point de suivi piézométrique dans le BAC potentiel situé sur la commune de Cierrey, mais les enregistrements n'ont débuté qu'en 2001. Le BAC s'étendant principalement sur un plateau nous proposons de prendre les données issues de la station piézométrique de Moisville (01805X0036/S1) située quelques kilomètres en amont du BAC et donc dans un contexte de plateau similaire.

Schéma 20 : Localisation des piézomètres de Moisville et Cierrey

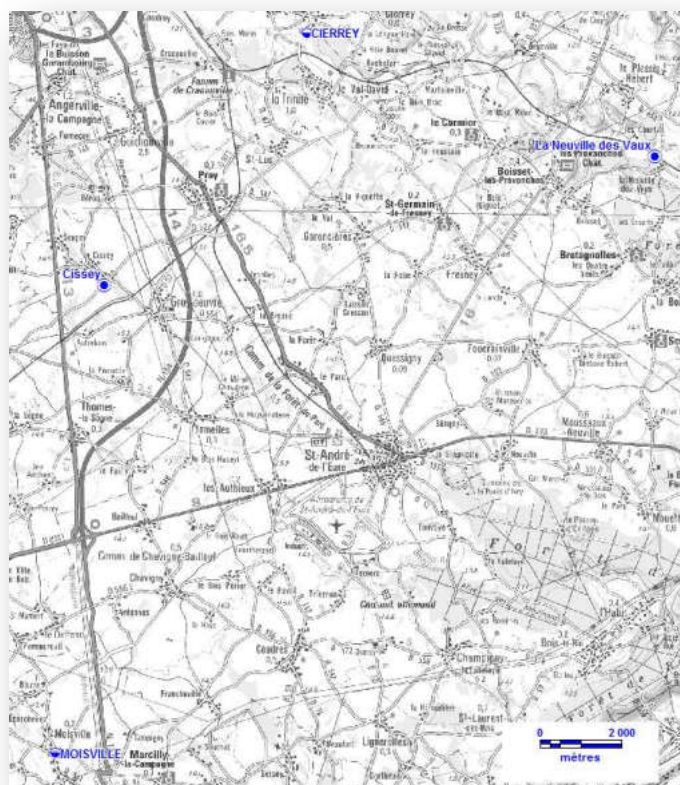


Schéma 21 : Fiche d'identification de la station de suivi piézométrique de Moisville

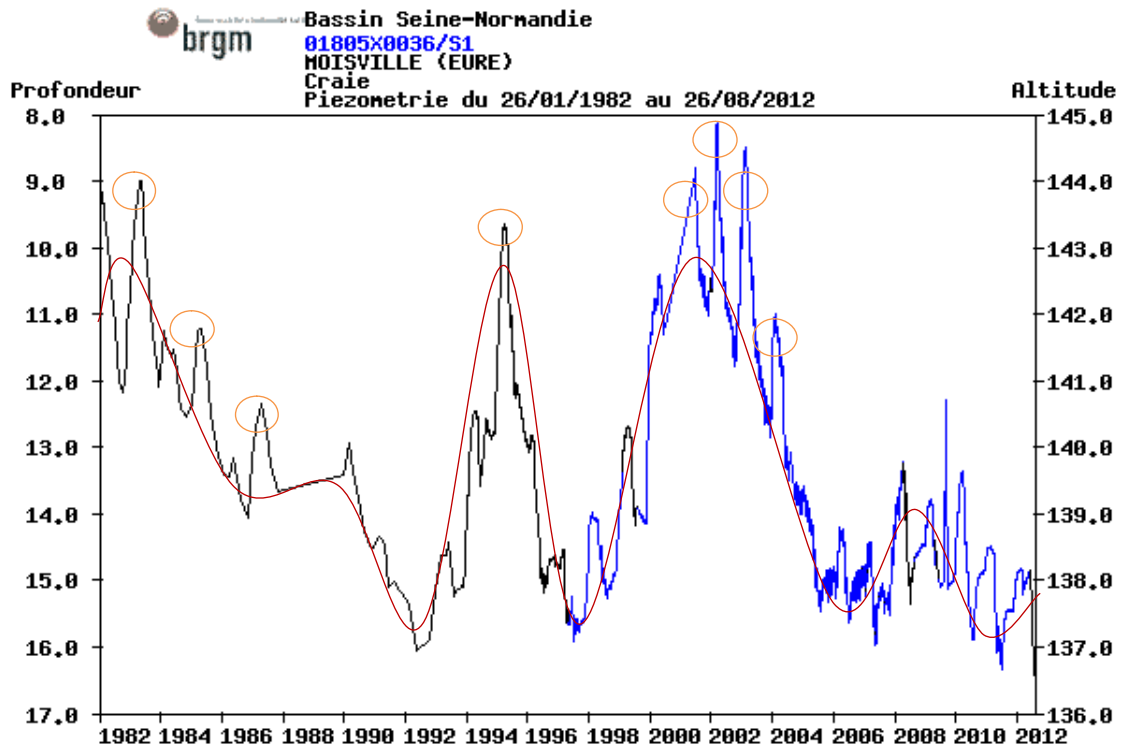
	Station:01805X0036/S1	
Réseau : Bassin Seine-Normandie Nature : PUITES Créé le : 26/01/1982 Bassin : SEINE_NORMANDIE Couche aquifère : Craie Matériel : Centrale télétransmise	Région : Haute Normandie Département : EURE Commune : MOISVILLE X : 514024 Y : 2427472 Altitude : 153.0 metres Profondeur : 18.0 metres	

Sur la station de Moisville, des données sont disponibles depuis 1982. Nous observons que globalement, les variations piézométriques s'effectuent avec des cycles pluriannuels de durée et d'amplitude variables et consécutifs aux variations des conditions pluviométriques. Le battement de la nappe reste cependant limité et toujours inférieur à 8 mètres.

Nous noterons cependant au sein de ces variations pluriannuelles la présence de pics pouvant correspondre à une recharge rapide de la nappe en période pluvieuse par le biais de point d'engouffrement et de circulations karstiques.

Cette hypothèse semble confirmée par le bilan quantitatif réalisé pour chacune des grandes unités hydrologiques et présenté dans l'atlas hydrogéologique numérique de l'Eure de 2004.

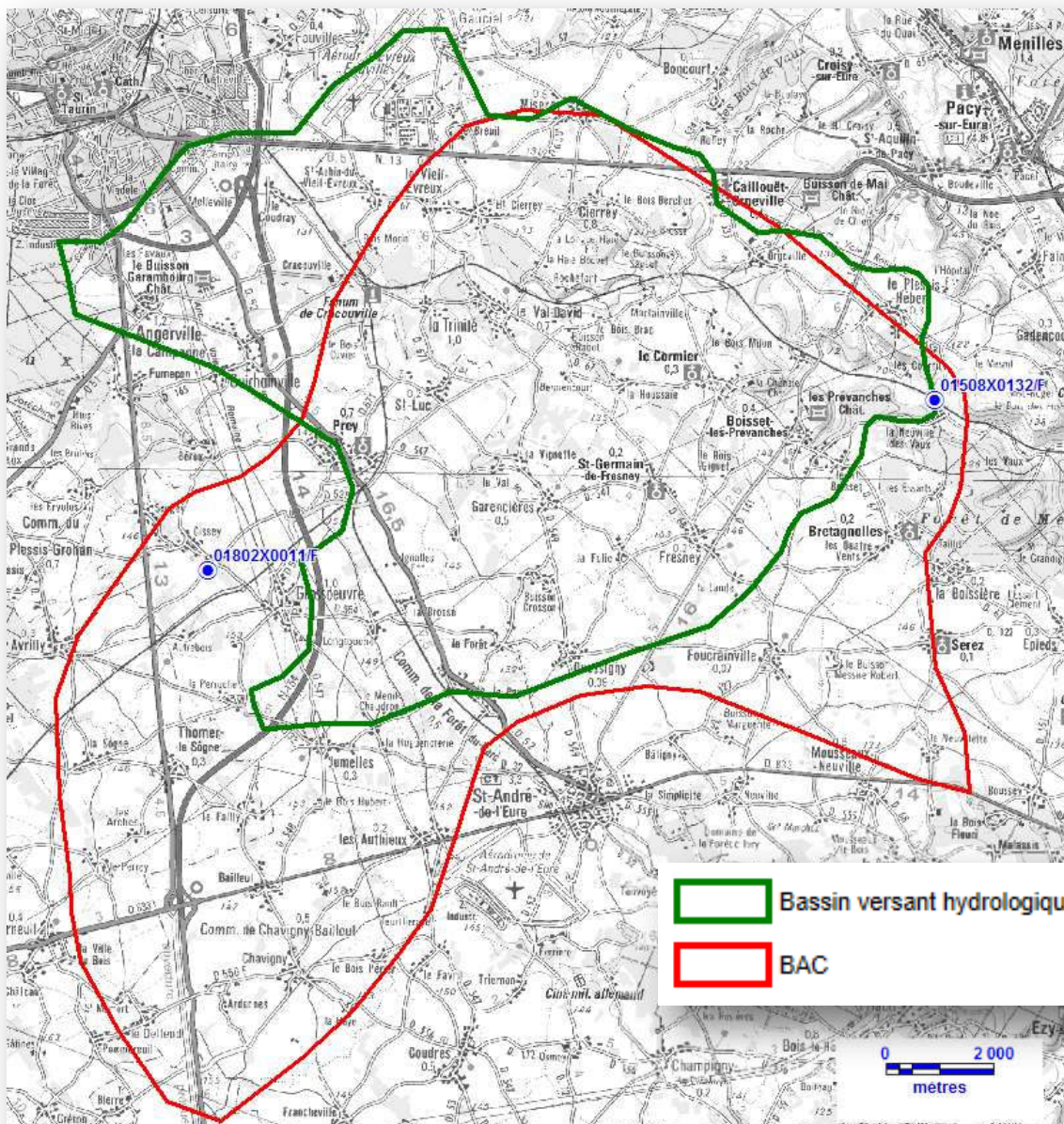
Graphique 9 : Piézomètre de Moisville 01805x0036/S1 - évolution de la piézométrie entre 1982 et 2012



4.2.1.6 Extension hydrologique

Le bassin versant hydrologique a été tracé et est présenté ci-dessous.

Schéma 22 : Comparaison des limites du BAC du captage de La Neuville des Vaux proposées au bassin versant hydrologique – Fond IGN 100



Le bassin hydrologique s'étend sur une surface de 116 km². On distingue deux extensions hydrologiques par rapport aux limites du BAC, à savoir :

- Une extension de 25 km² au nord-ouest du BAC qui s'étend sur les communes au sud-est d'Evreux (Angerville-la-Campagne, Saint-Aubin-du-Vieil-Evreux, le Vieil Evreux) ;
- Une extension de 1.5 km² au nord-est du BAC au niveau du Plessis-Hebert.

La surface totale « BAC + extension hydrologique » mesure 200 km².

4.2.1.7 Bilan hydrologique

L'extension d'un bassin d'alimentation peut être calculée en équilibrant le bilan hydrique : les quantités d'eau souterraine exportées par le système devant alors être égales à la fraction de la pluie infiltrée sur le bassin d'alimentation, aux variations de réserve près.

Cette dernière condition impose un raisonnement à l'échelle de temps interannuelle pour que les stockages et déstockages s'annulent, c'est-à-dire sur des valeurs moyennes.

La fraction de la pluie infiltrée correspond à la pluie efficace, c'est-à-dire de la pluie totale diminuée de la fraction évaporée et/ou transpirée par la végétation, en excluant la fraction ruisselée en surface jusqu'à l'exutoire.

Le bilan hydrique équilibré s'écrit donc :

$$P = ETR + Q_s + Q_w$$

Avec P : Pluie totale,
 ETR : Évapotranspiration réelle,
 Q_s : Débit de ruissellement superficiel,
 Q_w : Débit d'écoulement souterrain

Dans le cas présent, nous ne sommes pas à l'exutoire d'un bassin versant et donc il n'est pas possible d'équilibrer le bilan.

(a) Superficie du BAC, Pluies efficaces et Volumes d'eau annuels entrants

Rappel : La surface du BAC « hydrogéologique » a été estimée de **173 km²**.

Les données de pluies efficaces fournies par l'atlas hydrogéologique numérique de l'Eure de 2012 diffèrent significativement à l'intérieur du BAC.

Pour ce bassin versant, l'atlas hydrogéologique de l'Eure de 2012 propose des valeurs de précipitations efficaces moyennes comprises entre 55 mm et 91 mm. Ces moyennes ont été calculées sur les valeurs de pluie enregistrées entre 1946 et 2001.

Nous prendrons la valeur moyenne par unité de surface de 66 mm. On obtient ainsi un volume d'eau entrant de **11 354 398 m³.**

(b) Prélèvements

Les prélèvements moyens effectués sur les deux ouvrages AEP présents sur le BAC sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 : Prélèvements annuels moyens des différents ouvrages

Forage	Prélèvement annuel moyen (2007-2013)	Part des volumes sortants (en %)
La Neuville des Vaux 0150-8X-0132	558 976 m ³ /an	99.3 %
Cissey 0180-2X-0011	3 993 m ³ /an	0.7 %
Total	562 969 m³/an	100%

Comme nous pouvons le constater, les prélèvements effectués sur les différents forages présents sur le BAC sont très nettement inférieurs aux volumes d'eaux entrant sur le BAC, de l'ordre de 4.9%.

La différence est due au fait que les volumes de ressources prélevées et ruisselantes sur le BAC restent inférieurs aux volumes infiltrés rejoignant la nappe.

4.2.1.8 Vulnérabilité : écrans géologiques successifs depuis la surface du sol**4.2.1.8.1 Épaisseur des formations superficielles**

La nature et l'épaisseur des formations superficielles conditionnent directement la vitesse de transfert des polluants et plus largement de tous les intrants vers la nappe et indirectement le processus de dégradation en relation avec le temps de transfert.

D'autre part, l'épaisseur des formations superficielles influe directement sur la vitesse de réalimentation de l'aquifère. Les secteurs où les formations superficielles sont les moins épaisses permettent aux précipitations efficaces de rejoindre plus rapidement la nappe. En revanche, les zones de fortes épaisseurs de formations superficielles favorisent une infiltration lente des eaux vers la nappe.

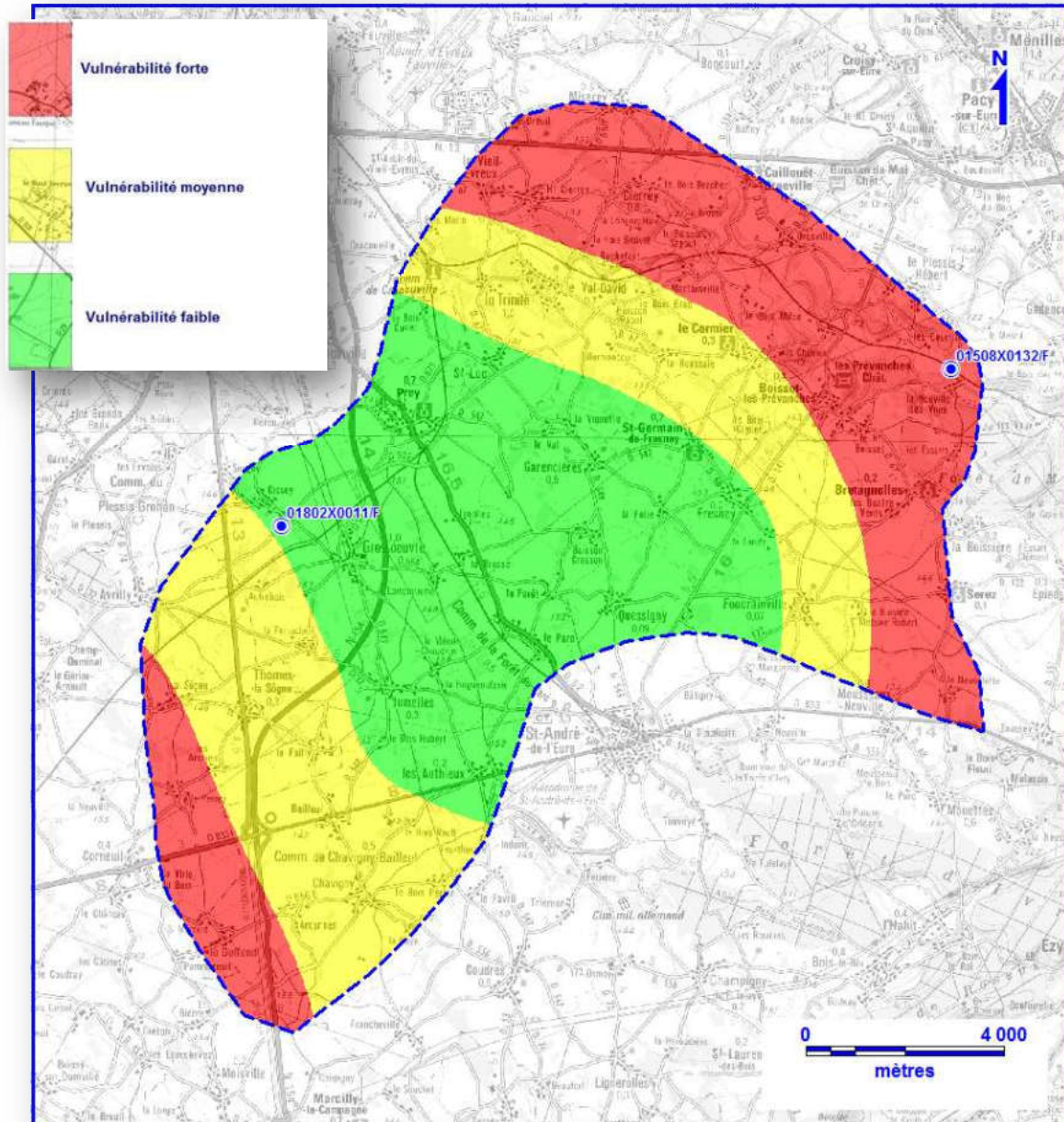
Comme nous l'avons vu précédemment, les formations crétacées (aquifères) sont peu visibles sur la zone d'étude et sont donc masquées en surface par une couverture composée par les limons sus-jacents à la formation résiduelle des argiles à silex et plus localement des colluvions ou alluvions excepté sur les flancs des vallées les plus importantes.

À petite échelle, l'épaisseur des formations superficielles au droit du BAC est globalement comprise entre « 0 » et 13 m.

On notera toutefois que cette interprétation n'est valable qu'au niveau d'une analyse d'un territoire étendu. En effet, sur le terrain les affleurements locaux de la craie à la faveur d'une vallée sèche ou d'un ressaut topographique mettent en évidence une réalité beaucoup plus fragmentée qui n'est pas « illustrable » à l'échelle d'un BAC.

Une carte de vulnérabilité en fonction des épaisseurs des formations superficielles a été réalisée à l'aide de l'atlas hydrogéologique de l'Eure de 2012. La carte obtenue est présentée ci-après.

Schéma 23 : Épaisseur des formations superficielles - Discrétisation en classes d'isovulnérabilité



4.2.1.8.2 Zone non saturée de l'aquifère : épaisseur de craie sèche

La zone non saturée de l'aquifère correspond à la zone du sol dans laquelle l'eau n'occupe pas complètement la porosité totale des roches et du sol (dans le cas présent on peut l'assimiler à l'épaisseur de craie sèche). Cette zone est toutefois traversée par les eaux qui s'infiltrent de la surface en direction de la nappe.

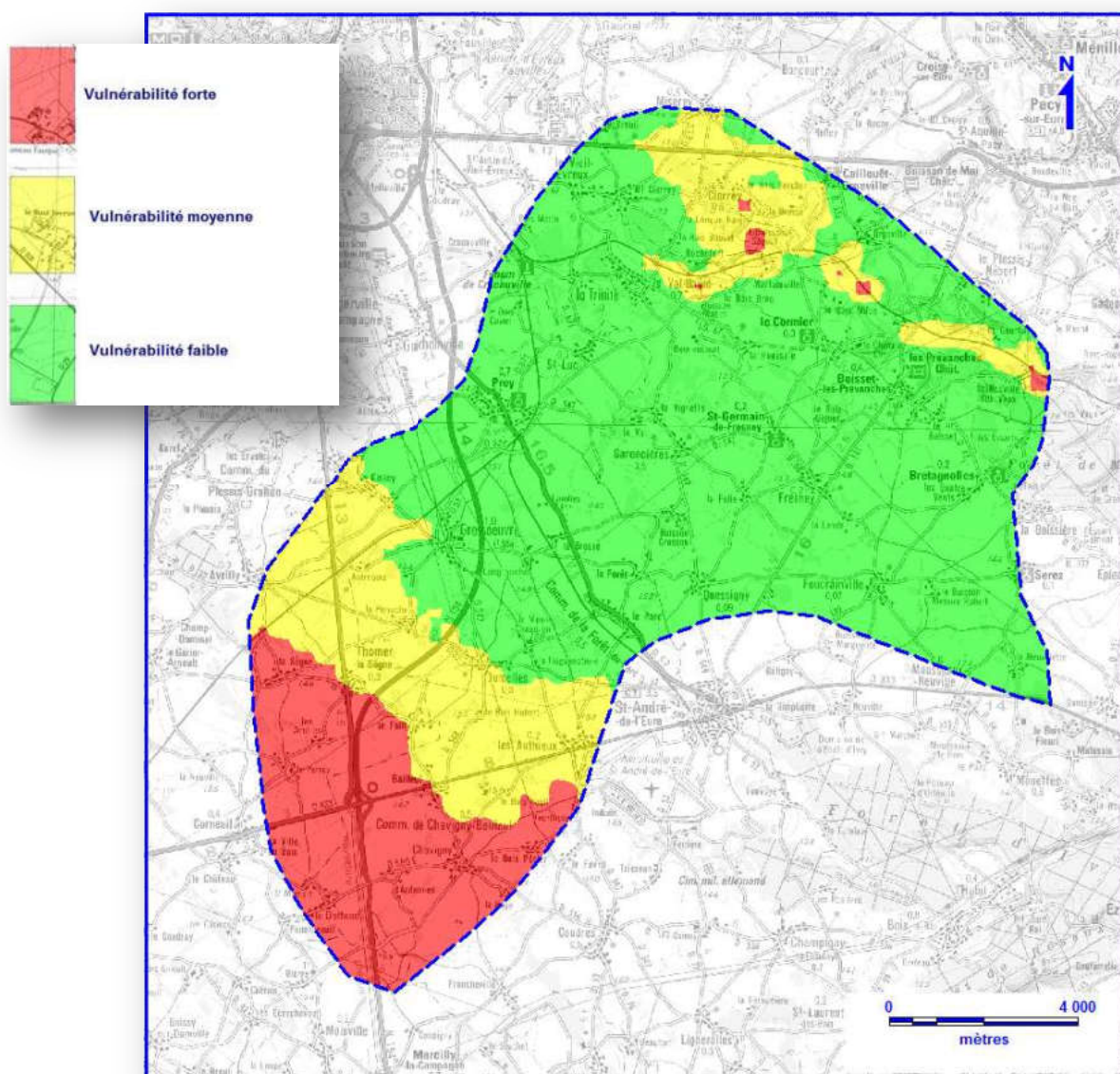
En complément de la couverture peu perméable, la zone non saturée de l'aquifère constitue le «tampon» crucial de transport de divers polluants. La vulnérabilité des nappes phréatiques et le risque de leur pollution dépendent de la constitution structurelle et de l'importance de cette zone.

Dans les secteurs où l'épaisseur de la zone non saturée est minimale, le temps de transit des eaux est très court et nous sommes alors dans un contexte de vulnérabilité maximale.

L'épaisseur de craie sèche (zone non saturée) est globalement comprise entre « 1 m » (cf. au niveau de la vallée de La Neuville des Vaux) et 80 m (cf. au niveau des communes de Bretagnolles et Saint-Germain-de-Fresney).

Une carte de vulnérabilité en fonction des épaisseurs de craie sèche a été réalisée à l'aide de l'atlas hydrogéologique de l'Eure de 2012.

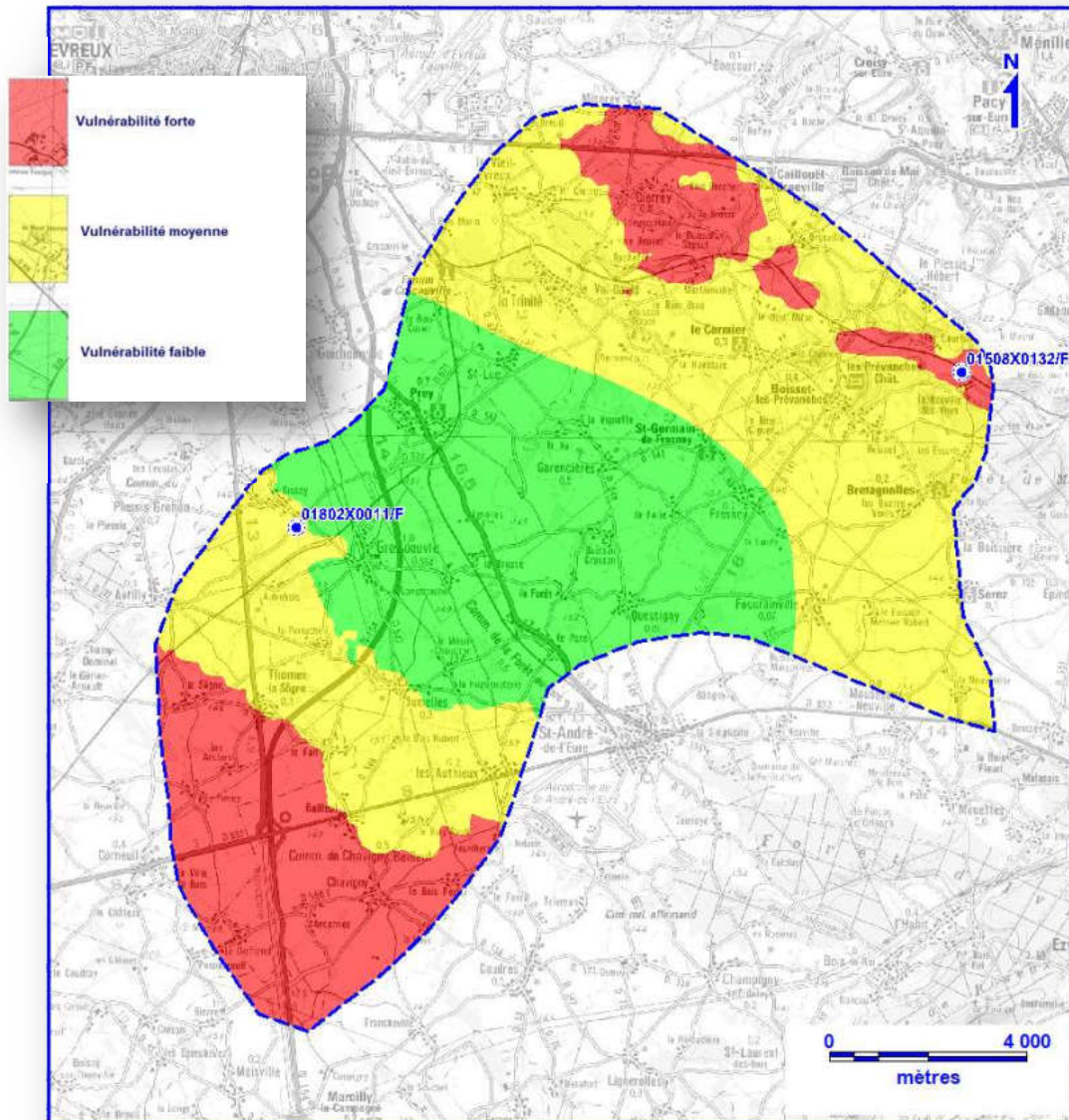
Schéma 74 : Zone non saturée de l'aquifère - épaisseur de craie sèche - Discretisation en classes de vulnérabilité



4.2.1.8.3 Caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque sur la surface du BAC

Une cartographie de la vulnérabilité intrinsèque sur la surface du BAC a été réalisée par explor-e dans le cadre de l'étude BAC du forage de La Neuville des Vaux. On se réfère au schéma ci-dessous.

Schéma 25 : Carte validée de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère au droit du BAC du forage de La Neuville des Vaux – comportement matriciel - Répartition en 3 classes homogènes à l'échelle du BAC – Report sur fond IGN Scan 100 ©



Cette cartographie repose sur une analyse multicritère et la hiérarchisation et la pondération de différents critères en fonction de leur importance relative par rapport au problème posé, dans notre cas il s'agira de la vulnérabilité des eaux souterraines.

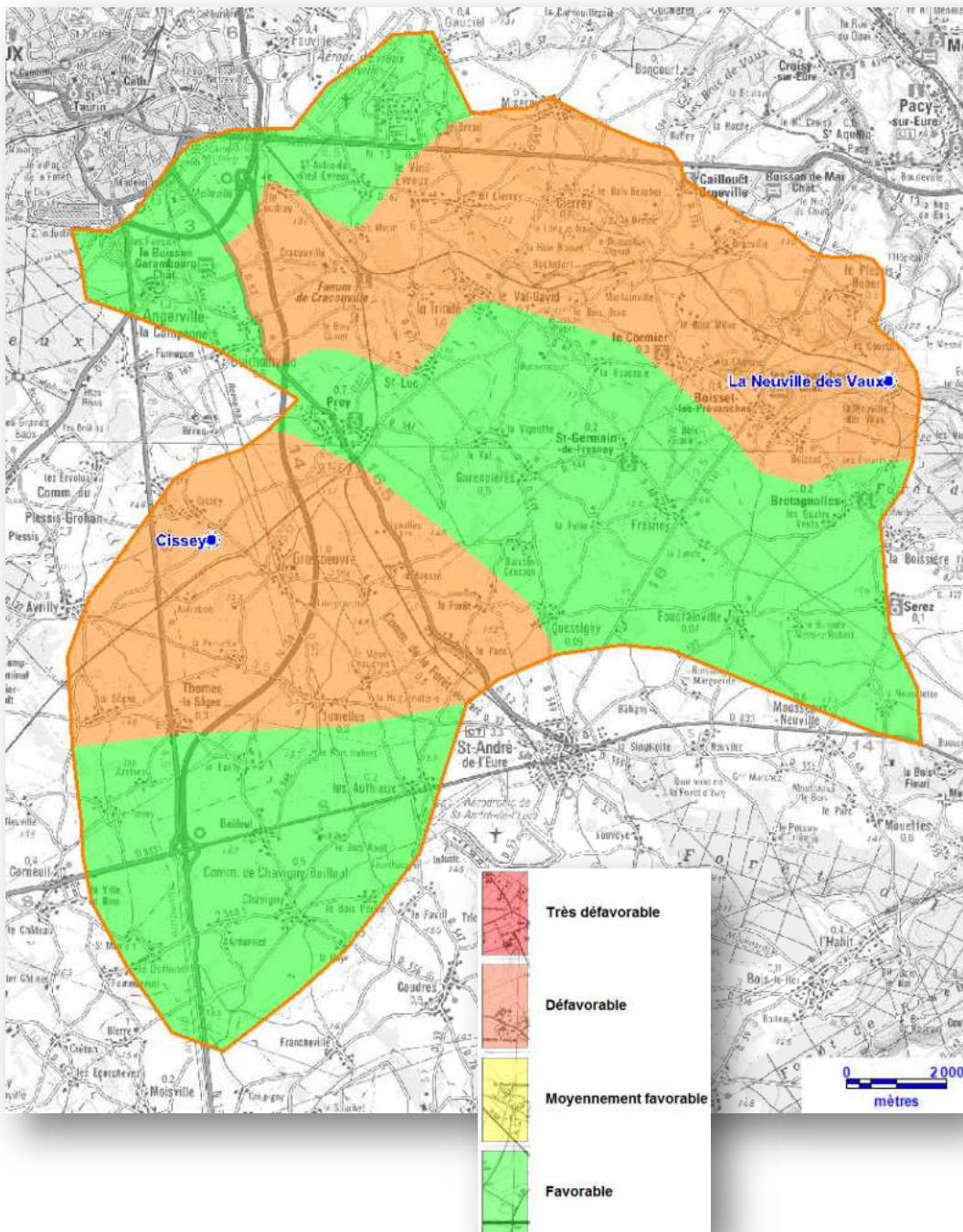
L'approche choisie s'est basée sur le croisement de 4 paramètres hydrogéologiques :

- ↳ L'épaisseur des formations superficielles ;
- ↳ La zone non saturée de l'aquifère.

4.2.1.8.4 Caractérisation de la vulnérabilité karstique sur la surface « BAC + extension hydrologique »

En ce qui concerne la vulnérabilité karstique, les observations réalisées en 2012, complétées par les données issues de la bibliographie mettent en évidence une densité moyenne de points d'engouffrements au niveau des talwegs, soulignant un réseau karstique à priori moyennement développé sur ce BAC et ses extensions hydrologiques. D'autre part, si seulement 3 bétoires ont été tracées positivement il est à priori certain que d'autres relations directes et rapides pourraient être mises en évidence sur cette zone d'étude.

Schéma 26 : Carte validée de la vulnérabilité karstique de l'aquifère au droit de la zone d'étude du forage de La Neuville des Vaux-
Report sur fond IGN Scan 100 ©



4.2.2 Paramètres hydrodynamiques du captage

4.2.2.1 Essais de pompage

Deux essais de pompages ont été réalisés sur le forage de La Neuville des Vaux, en 1982 et 2013.

Les données du pompage de 1982 ne sont pas assez détaillées et ne permettent pas de définir les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère. Une transmissivité avait cependant été évaluée à 0.1 m²/s.

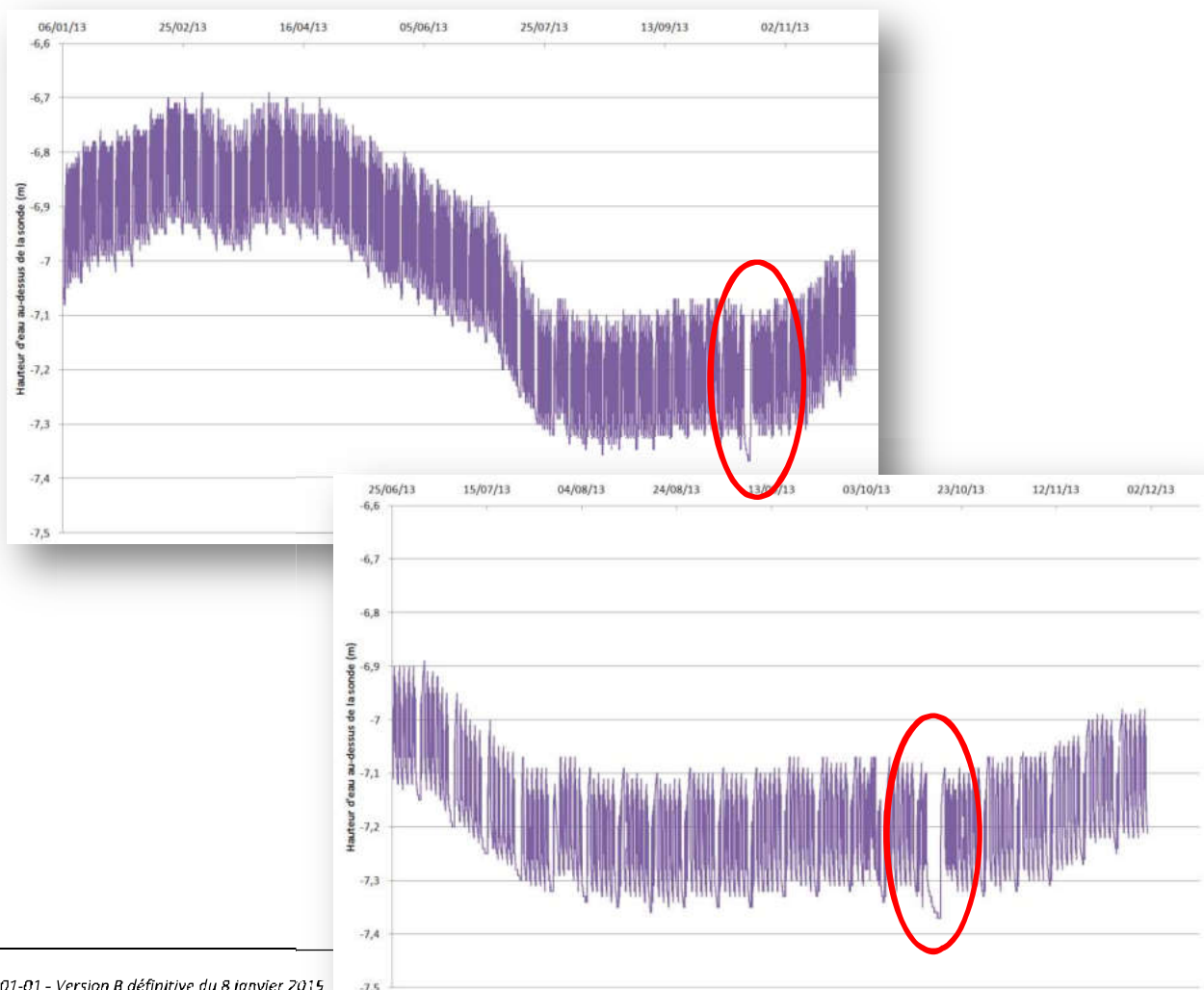
Les données du pompage de 2013 sont plus détaillées et permettent de définir un certain nombre de paramètres hydrodynamique. Le compte rendu très détaillé de ces essais de pompage est présent en annexe n°2.

4.2.2.2 Niveau statique, fluctuation

L'aquifère capté est celui de la nappe de la craie. La profondeur du plan d'eau (niveau statique) est d'environ 17 m/TN.

La SAUR nous a fourni les données d'enregistrement de leur sonde de mesure installée sur le forage de La Neuville des Vaux de janvier à novembre 2013. On se refera aux graphiques ci-dessous.

Graphique 10 : Variations piézométriques enregistrées sur l'ouvrage de La Neuville des Vaux - Source : SAUR



La SAUR n'a pas retrouvé la profondeur à laquelle la sonde a été positionnée sur le forage, nous ne pouvons donc pas recalculer le niveau d'eau exact dans le forage. Ces données permettent néanmoins d'établir :

- Une hauteur moyenne de marnage due à l'exploitation de 20 cm ;
- Une hauteur de marnage naturel de la nappe de 65 cm sur l'année 2013.

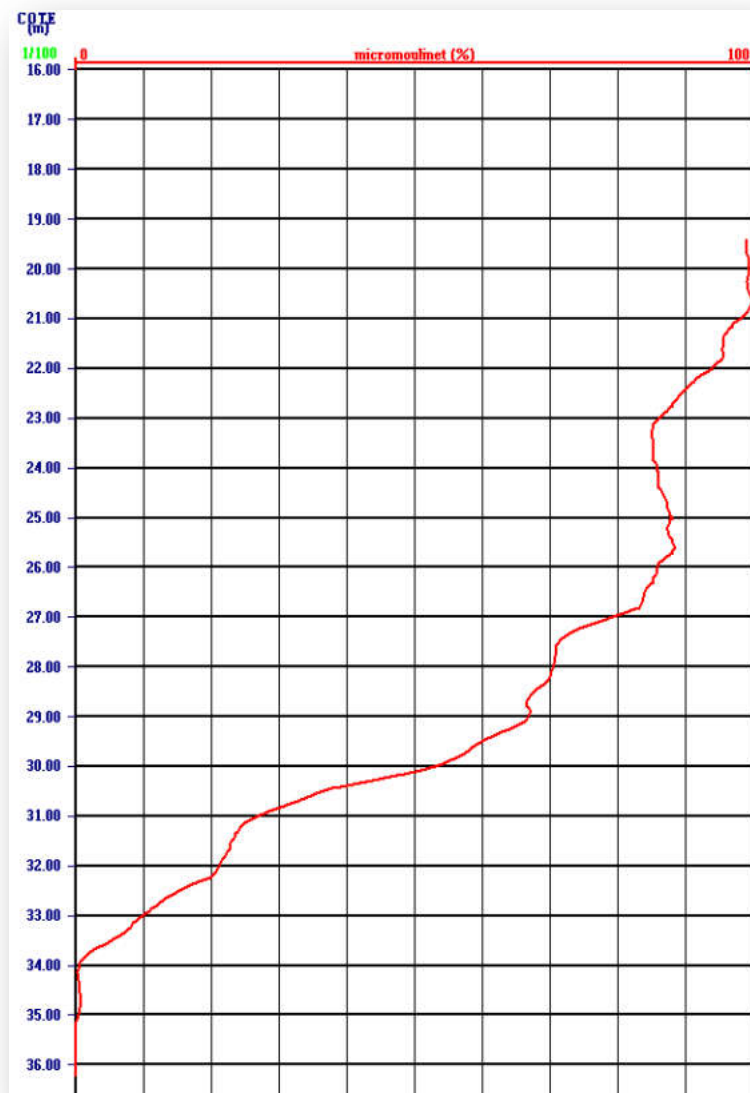
On observe que les essais de pompage ont été effectués dans un contexte piézométrique basses eaux.

4.2.2.3 Arrivée d'eau dans le forage

Le profil de vitesses, réalisé au micromoulinet, a été réalisé lors du pompage longue durée, dans les conditions d'exploitation, le 15/10/2013, à un débit d'exhaure de 114.5 m³/h.

Les mesures débutent en fond de forage puis sont faites en remontant régulièrement et en se basant sur une vitesse nulle en fond de forage. Les résultats sont présentés sur le graphique ci-dessous.

Graphique 11 : Forage de La Neuville des Vaux
Débits interprétés à partir des résultats des mesures de vitesses au micromoulinet



Le faciès crayeux n'étant pas homogène, les venues d'eau ne sont donc pas homogènes pour une cote donnée, les fracturations et/ou karsts ne sont pas régulièrement répartis et donc ne traversent pas l'ouvrage de façon régulière.

D'après ce profil, on observe ainsi que l'ouvrage est alimenté par deux niveaux productifs situés entre -22.5 et -25m/R et également entre -27.5 et -29 m/R.

4.2.2.4 Débit critique

Les données issues de l'essai par palier sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Forage de La Neuville des Vaux
Résultats de l'essai de pompage par paliers réalisé les 14 octobre 2013

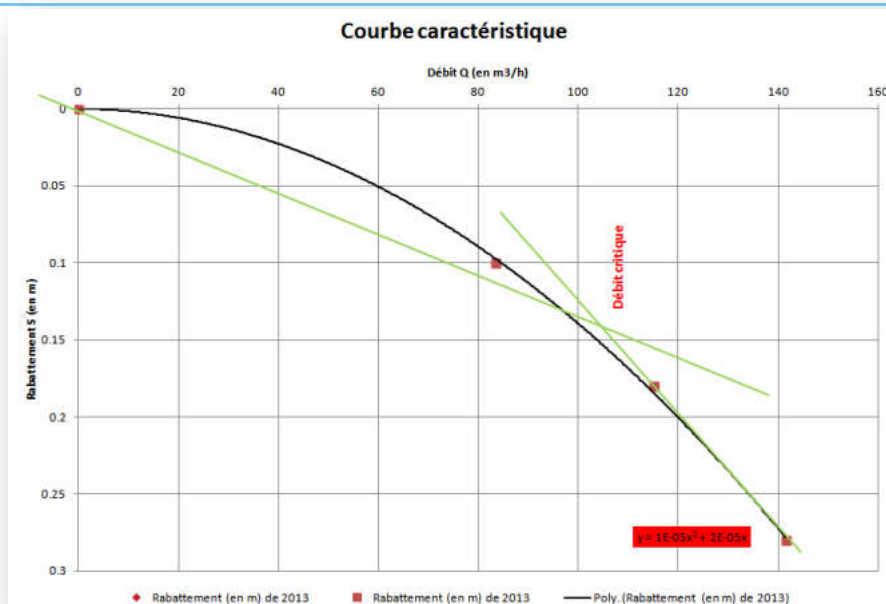
Débit de pompage : Q (en m ³ /h)	Rabatement : S (en m)	Débit spécifique : Q/s (en m ³ /h/m)	Rabat. spécifique : s/Q (en m/m ³ /h)
83.5	0.1	835	1,197.10 ⁻³
115	0.18	639	1,565.10 ⁻³
141.5	0.28	505	1,979.10 ⁻³

Nota : Le niveau d'eau mesuré lors du bref pompage à 200 m³/h (arrêté du fait de la turbidité) n'étant pas stabilisé, il n'a pas été pris en compte.

L'absence de ce quatrième palier rend l'interprétation de la courbe caractéristique plus délicate du fait de la durée réduite des 2 premiers paliers (1h00) qui n'a peut-être pas permis d'atteindre un rabattement stabilisé.

La courbe caractéristique est présentée ci-dessous et n'est donc tracée qu'à partir des données de 3 paliers de pompage.

Graphique 17 : Forage de La Neuville des Vaux - Résultats de l'essai de pompage par paliers réalisé le 14 octobre 2013 - courbe caractéristique



À partir de l'interprétation mathématique de la courbe caractéristique, l'on peut déduire que l'ouvrage a été correctement conçu, les pertes de charges quadratiques étant relativement faibles.

Le **débit critique** correspond au débit maximal pouvant affluer d'un aquifère à un puits de pompage en écoulement laminaire, c'est-à-dire sans dépassement de la vitesse critique. En pratique, c'est le débit pompé au-delà duquel les pertes de charge ne croissent plus en fonction linéaire du débit. Il est interprété graphiquement comme le « point de cassure » de la courbe caractéristique.

À partir de la courbe caractéristique établie en octobre 2013, le débit critique est ainsi interprété à environ 105 m³/h, mais comme nous l'avons vu précédemment, il s'agit d'une estimation compte tenu du défaut de pertinence du rabattement à 83.5 m³/h et de l'existence de seulement 3 paliers. Au-delà, les pertes de charge artificielles deviennent plus importantes.

Si l'on retient, malgré les limites énoncées, un débit critique à environ 105 m³/h, le rapport « débit critique/ débit d'exploitation » établit à 0.92 (105/114.5). On peut donc estimer que l'exploitation de l'ouvrage est légèrement trop importante toutefois ce résultat est à relativiser compte tenu des faibles rabattements en jeux.

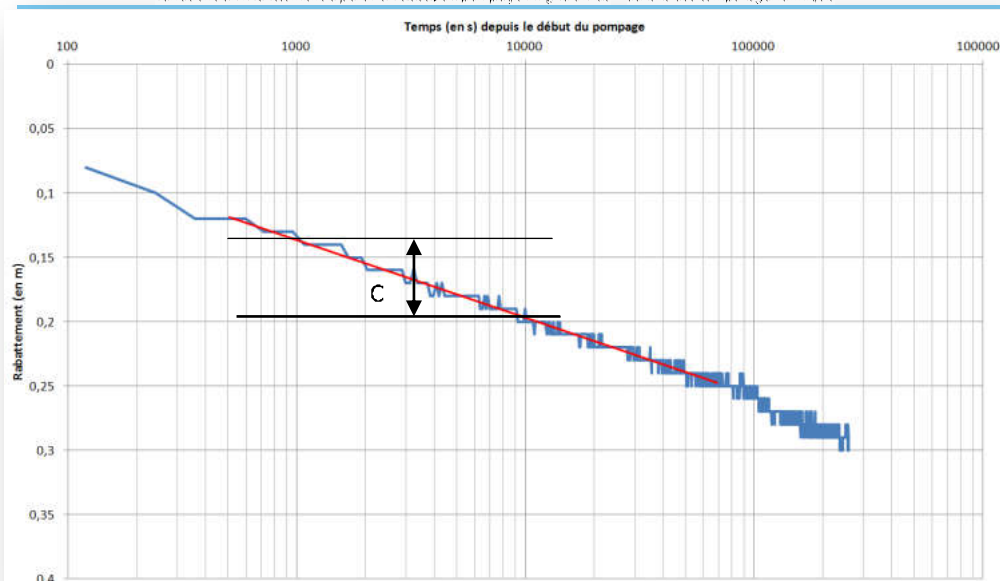
On notera d'ailleurs que l'inspection vidéo n'a pas mis en évidence de vieillissement de l'ouvrage lié à des survitesses. Malgré l'écart avec le débit critique théorique, le débit d'exploitation actuel ne semble donc pas incohérent.

4.2.2.5 Transmissivité

La transmissivité a été calculée à l'aide de la formule de JACOB sur la descente et la remontée du niveau d'eau lors de l'essai longue durée d'octobre 2013. Le débit de pompage moyen mesuré durant l'essai longue durée a été de 114.5 m³/h, correspondant au débit réel d'exploitation de l'ouvrage.

L'enregistrement des rabattements mesurés sur l'ouvrage (report sur échelle de temps logarithmique) est présenté sur le graphique ci-dessous. On notera que la pente utilisée pour l'interprétation est cohérente entre 500 et 80 000 secondes (# 22h).

Graphique 12 : Forage de La Neuville des Vaux
Variations du rabattement à partir du début du pompage longue durée – échelle des temps logarithmique



Le calcul de la transmissivité a été réalisé à l'aide la formule de JACOB.

$$T_{\text{descente}} = \frac{(0,183 \times Q)}{c} = \frac{(0,183 \times 0,0318)}{0,06}$$

Avec C représentant le module logarithmique.

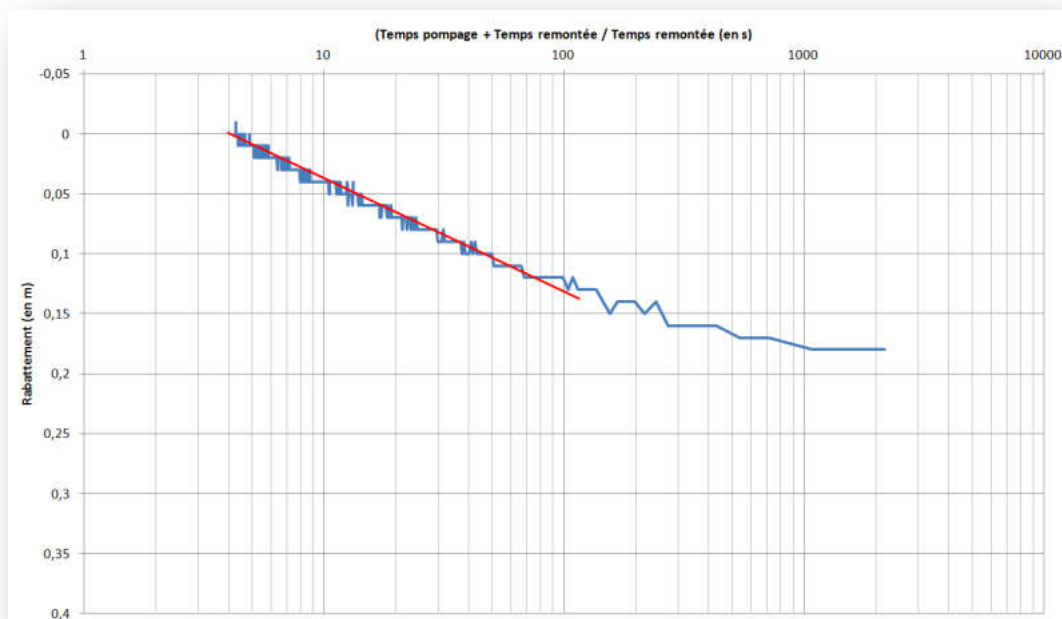
À partir de cette interprétation, on obtient une transmissivité de $9,7.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Concernant la remontée, le calcul de la transmissivité a été réalisé à l'aide la formule de JACOB.

$$T_{\text{remontée}} = \frac{(0,183 \times Q)}{c} = \frac{(0,183 \times 0,0318)}{0,09}$$

La transmissivité calculée sur la remontée s'établit à $6,5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Graphique 14 : Forage de La Neuville des Vaux
Variations du rabattement à partir de la remontée échelle des temps logarithmique



On notera que ces deux valeurs sont du même ordre de grandeur. Pour le calcul des isochrones, on retiendra une transmissivité moyenne de $8,1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

En prenant une épaisseur captante du forage de 17 m, on obtient une perméabilité **K de $4,8.10^{-3} \text{ m/s}$.**

4.2.2.6 Coefficient d'emmagasinement

Durant les essais de pompages, deux ouvrages situés à proximité du forage ont été suivis. Ils ont permis de calculer le coefficient d'emmagasinement.

Selon la méthode de Jacob, le coefficient d'emmagasinement S est déterminé par l'expression :

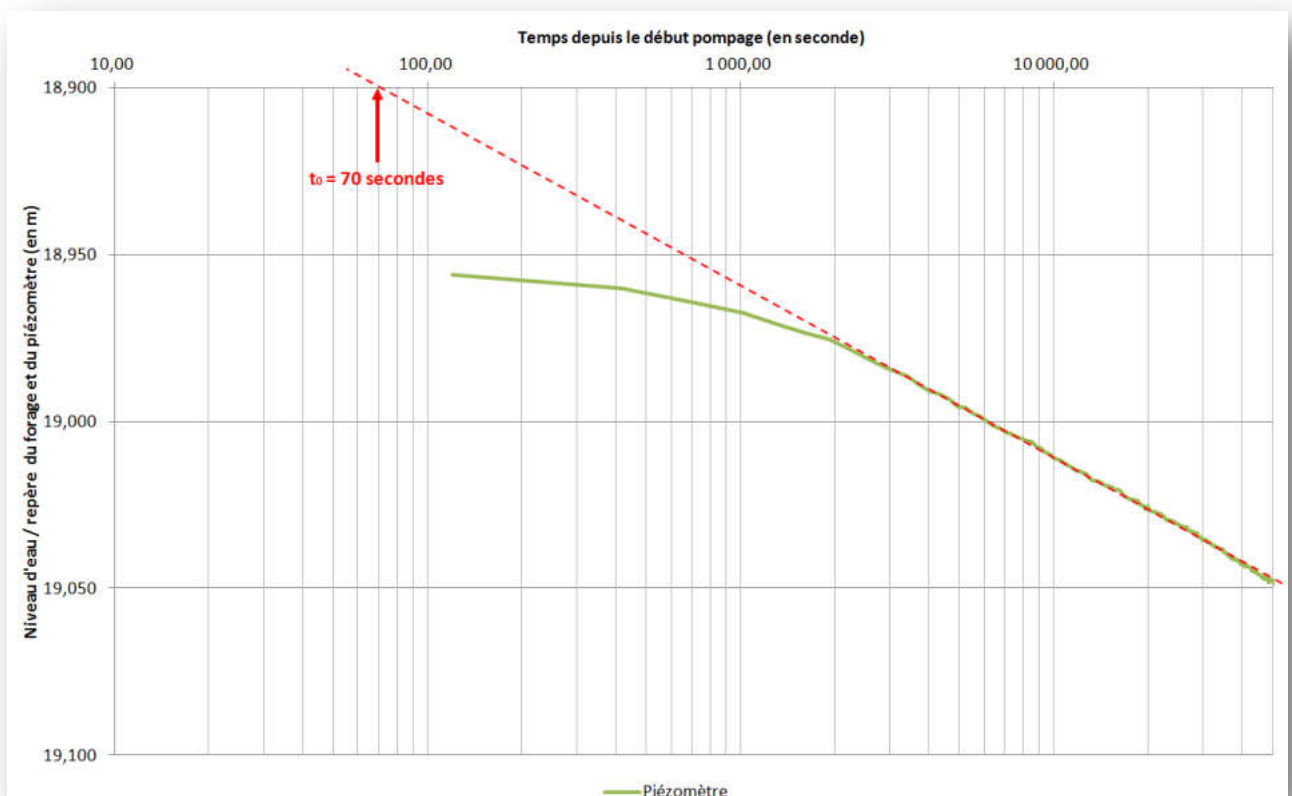
$$S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2}$$

Avec $t(0) = 70$ secondes,

Avec x , la distance du piézomètre à l'axe du forage et le piézomètre (113 m).

Le graphique ci-dessous présente le niveau d'eau/repère sur le piézomètre en fonction du temps exprimée en seconde, sur une échelle logarithmique.

Graphique 15 : Forage de La Neuville des Vaux
Variations du rabattement sur le piézomètre à partir du début du pompage longue durée échelle des temps logarithmique.



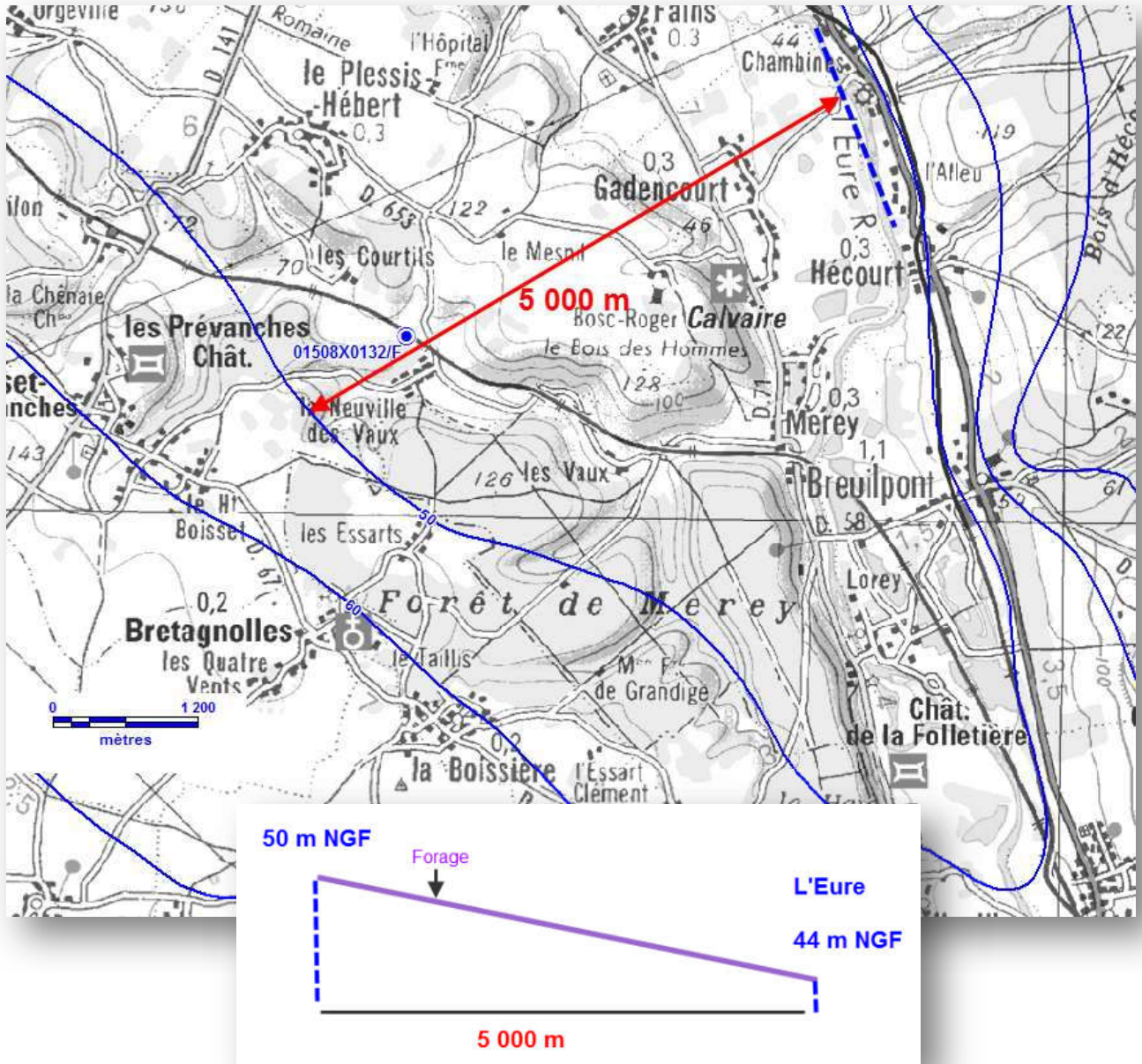
$$\text{Ainsi : } S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2} = \frac{(2,25 \times 0,097 \times 70)}{150^2}$$

On obtient un coefficient d'emmagasinement S de $1,2 \cdot 10^{-3}$.

4.2.2.7 Sens d'écoulement et approche du gradient hydraulique au niveau du forage

Au niveau du forage de La Neuville des Vaux la nappe s'écoule dans une direction NO-SE, vers la rivière de l'Eure. Nous avons estimé le gradient hydraulique à partir de la piézométrie de l'atlas hydrogéologique de 2012 (nota : Ces données sont peu précises et donc à prendre avec esprit critique).

Schéma 27 : Gradient hydraulique au niveau du forage de La Neuville des Vaux



Le gradient hydraulique au niveau du forage de La Neuville des Vaux est évalué à :

$$I = (50-44)/5\ 000 = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

4.2.2.8 Approche des isochrones du forage – Méthode de Wyssling

Le calcul des isochrones, à l'aide de la méthode de Wyssling a été demandé par l'hydrogéologue agréé. Cette méthode est couramment utilisée dans le calcul des isochrones. Elle nécessite cependant d'appliquer comme hypothèses de base que :

1. Les conditions régnant dans l'aquifère sont plus ou moins homogènes ;
2. Le débit prélevé est nettement inférieur au débit total de la nappe.

Si l'hypothèse 2 est respectée dans notre cas, l'hypothèse 1 ne l'est pas. En effet, s'agissant d'un aquifère de craie plus ou moins karstique, nous ne sommes pas dans un milieu homogène. Par conséquent le calcul des isochrones est donné à titre indicatif, mais les résultats, comme nous allons le voir, ne sont pas très cohérent.

Les données utilisées sont les suivantes :

b = épaisseur de l'aquifère en m (ici nous prendrons l'épaisseur de la partie captante dans le forage, la méthode n'étant pas adaptée à des aquifères profonds tel que la nappe de la craie, $b = 17$ m)

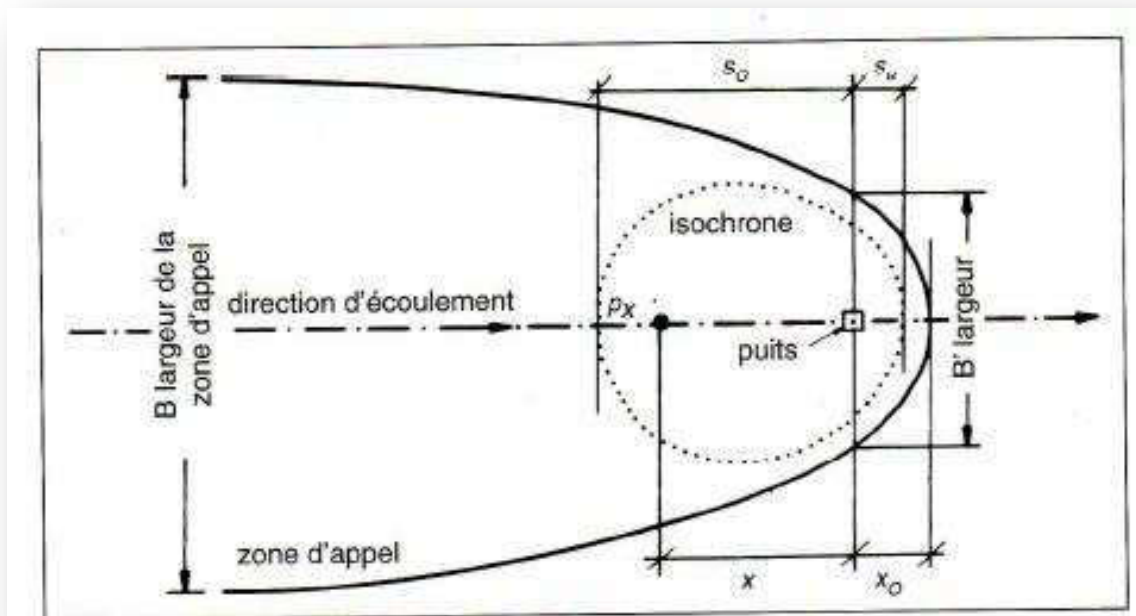
K = perméabilité en m/s

i = gradient

ω = porosité efficace (craie fissurée : 2 à 5%, ici on prendra 3%)

Q = Débit critique estimé du forage en m^3/s

Schéma 28 : Détermination des isochrones – Méthode de Wyssling (Source : Périmètres de protection des captages d'eau souterraine BRGM)



On calcule B, la largeur du front d'appel, à l'aide de la formule :

$$B = \frac{Q}{Kbi} = \frac{105/3600}{4,8 \cdot 10^{-3} \times 17 \times 1,2 \cdot 10^{-3}}$$

On obtient une largeur du front d'appel de 298 m.

Le rayon d'appel est alors calculé grâce à la formule :

$$X_0 = \frac{Q}{Kbi2\pi} = \frac{B}{2\pi}$$

On obtient un rayon d'appel de 47 m.

Ainsi, à hauteur du forage, la largeur du front d'appel est :

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2Kbi} = \frac{105/3600}{4,8 \cdot 10^{-3} \times 17 \times 1,2 \cdot 10^{-3} \times 2} = \mathbf{149 \text{ mètres}}$$

D'autre part, la vitesse effective U est égale à :

$$U = \frac{Ki}{\omega} = \frac{4,8 \cdot 10^{-3} \times 1,2 \cdot 10^{-3}}{0,03}$$

On obtient une vitesse effective de $1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s.

On cherche à présent à calculer les isochrones à 0,2, 1, 10, 20, 50 et 100 jours.

Soit S_0 , la distance en amont du captage depuis le forage jusqu'à la distance correspondant au temps t souhaité (en m) ;

Soit S_u , la distance en aval du captage, sur l'axe d'écoulement, depuis le forage jusqu'à la distance correspondant au temps t souhaité (en m) ;

On a :

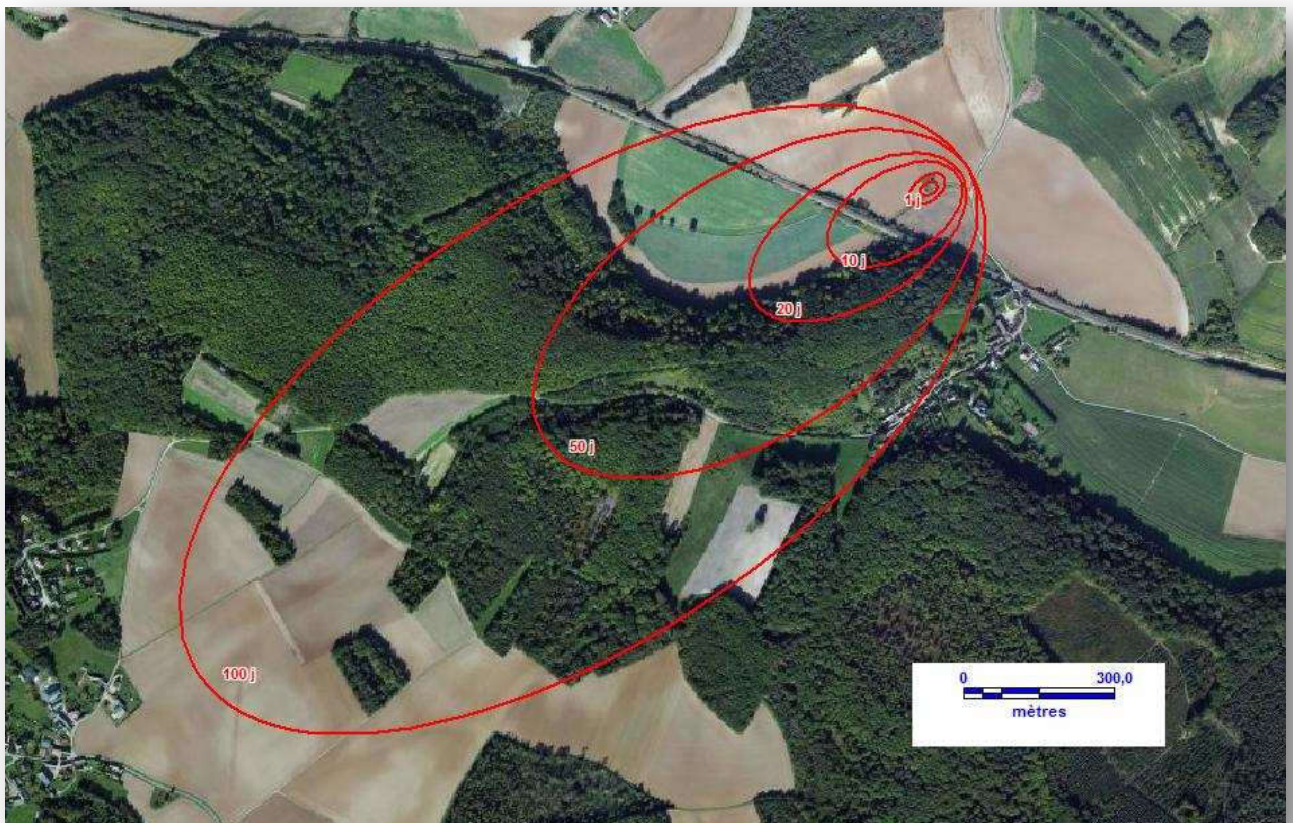
$$S_0 \text{ ou } S_u = \frac{\pm 1 + \sqrt{1 + 8 \times X_0}}{2} \text{ avec } l = U \times t$$

Cette formule donne une valeur approchée de S_0 et S_u . On se réfère au tableau de résultats suivant.

Tableau 14 : Isochrones de temps de transferts – Méthode de Wyssling

	I	Distance amont S_0	Distance aval S_u
0.2 j	3	19 m	16 m
1 j	16	49 m	32 m
10 j	165	232 m	68 m
20 j	329	407 m	77 m
50 j	823	910 m	86 m
100 j	1 647	1 737 m	91 m

Schéma 29 : Isochrones au niveau du forage de La Neuville des Vaux – Méthode de Wyssling



Comme dit précédemment, les résultats paraissent peu cohérents. En effet, les distances semblent largement sous-évaluées, car lors des essais de pompage le niveau d'eau dans le piézomètre était influencé au bout de 10 min par le pompage à 115 m³/h. Avec la méthode de Wyssling, à 105 m³/h, le niveau d'eau dans le piézomètre ne serait influencé qu'au bout de cinq jours.