



Rapport d'expertise :

Perte totale de la Risle, commune de LA HOUSSAYE (27) (bétoire n°18262)

Avis hydrogéologique du BRGM

BRGM/RP-61446-FR

Août 2012

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : Août 2012

**Localisation géographique du sujet de l'expertise : La Risle
d'Ajou à Beaumont-le-Roger**

Auteurs BRGM : P.-Y. David, E. Equilbey

Demandeur : DREAL SRE/BEMA Haute-Normandie

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Document à accès différé :

Le tirage initial de ce rapport, en nombre fixé par convention, est diffusé à son commanditaire. Sa communicabilité ultérieure à des tiers est liée à la prise d'une décision administrative formelle à laquelle il concourt, conformément à la loi n° 78-753 du 17 Juillet 1978. Passé 2 ans, ce rapport devient communicable à tout tiers extérieur qui en ferait la demande ; le BRGM ne peut plus être tenu comme responsable de l'usage qui pourrait en être fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur : Nom : D. Pennequin  Date : 30/08/2012
Vérificateur : Nom : J.C. Maréchal  Date : 30/08/2012

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : expertise – appuis à la police de l'eau – BETOIRE, HYDROLOGIE KARST, KARST, PERTE, COURS EAU, RELATION NAPPE RIVIERE, RIVIERE SOUTERRAINE, RIVIERE, HAUTE NORMANDIE, EURE, RUGLES, LA HOUSSAYE, BEAUMONT LE ROGER.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

P.-Y. David ; E. Equilbey (2012) – Perte totale de la Risle, commune de LA HOUSSAYE, Avis hydrogéologique du BRGM, Rapport final. Rapport BRGM/RP-61446-FR. 96 p., 42 ill., 7 annexes.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM :

Demandeur : DREAL SRE/BEMA Haute-Normandie

Nature de l'expertise / question posée : au titre des appuis à la police de l'eau, le Service Ressource de la DREAL Haute-Normandie a sollicité le BRGM pour la réalisation :

- d'un diagnostic hydrogéologique du secteur,
- d'un diagnostic des enjeux,
- de propositions de pistes de préconisations dont géotechniques pour les différentes solutions possibles (rebouchage, dérivation, bétoire laissée en l'état,...) intégrant des éléments éventuels de suivis dans le temps.

Situation du sujet : Perte de la Risle sur la commune de LA HOUSSAYE (27)

Date d'occurrence ou de constat (si événement daté) : engouffrement total de la Risle dans la bétoire depuis le 28/07/2012.

Nature de l'intervention du BRGM : examen sur documents et visite de terrain le 08/08/2012 en présence de la DREAL et le 22/08/2012.

Faits constatés / dossier examiné :

Une bétoire s'est ouverte dans le lit mineur de la Risle le samedi 28 juillet provoquant un assèchement total de ce cours d'eau sur un linéaire de 12 km environ à l'aval de la perte. Différents services de l'Etat ou collectivités ont été avertis de ce phénomène : Préfecture, DDTM, DREAL, ARS, ONEMA, Gendarmerie, SNCF, Maires des communes concernées et la Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Syndicat de Rivière, SAGE de la Risle, Conseil Général....

Un traçage à la fluorescéine a été réalisé par le laboratoire de géologie de l'Université de Rouen le 2 août afin de déterminer la destination de l'eau s'engouffrant dans la bétoire.

Au titre des appuis à la police de l'eau, le Service Ressource de la DREAL Haute-Normandie a sollicité le BRGM pour la réalisation d'un diagnostic hydrogéologique du secteur, d'un diagnostic des enjeux, et de propositions de pistes de préconisations dont géotechniques pour les différentes solutions possibles (rebouchage, dérivation, bétoire laissée en l'état,...) intégrant des éléments éventuels de suivis dans le temps.

Avis du BRGM :

Concernant l'apparition de la bétoire B 18262

La bétoire observée à La Houssaye existait probablement avant l'observation de la perte totale de la Risle le 28/07 mais avec une capacité d'engouffrement moindre (la dépression présente dans le lit du cours d'eau autour de l'effondrement appuie cette hypothèse).

L'effondrement survenu le 28/07 a créé une connexion plus importante de cette bétoire au réseau endokarstique (conduits souterrains). La présence de conduits souterrains dans ce secteur a été

observée sur certains forages comme celui réalisé sur la commune d'Ajou en 1993 (forage 01495X0029) dont la coupe géologique met en évidence un vide dans la craie entre 16,5 et 17,8 m de profondeur.

Etant donné le volume de la doline formée, la taille des conduits endokarstiques doit être suffisamment importante pour pouvoir évacuer ce volume de matériel. Pour rappel le vide karstique rencontré sur le forage 01495X0029 à Ajou avait une dimension de 1,3 m de hauteur.

Les causes de l'effondrement du 28/07 peuvent être liées à l'érosion interne des voûtes instables des conduits karstiques en profondeur (lorsque ceux-ci atteignent une poche d'argile ou de la craie altérée). Une fois l'affaissement du sol initié, le phénomène peut être accentué par les eaux de la rivière.

D'une manière générale, l'ouverture d'une bétoire se déclenche dans des conditions climatiques extrêmes :

- pendant des périodes de fortes pluies, par l'arrachement de matériaux entraînés en profondeur ;
- pendant des périodes d'étiage, comme dans le cas présent, par le dessèchement progressif des terrains en profondeur entraînant une désorganisation des alluvions et donc une portance moindre.

L'état de très basses eaux actuel des eaux souterraines peut donc être un facteur aggravant en terme de quantité d'eau capable de s'infiltrer dans le compartiment souterrain (capacité d'engouffrement de la bétoire). Il faut cependant garder à l'esprit que ces effondrements soudains font suite à une érosion lente et progressive.

Concernant la capacité d'engouffrement de la bétoire

Le jaugeage de la DREAL du 06/08/20112 a montré que la capacité de la bétoire était ce jour-là d'au moins 813 l/s (la totalité du débit du cours d'eau était engouffrée dans la bétoire).

Il est à noter que la capacité maximale d'engouffrement d'une bétoire peut fluctuer dans le temps en fonction :

- des hauteurs de niveau des eaux souterraines (la capacité peut augmenter avec des baisses de niveau de la nappe) ;
- de la présence d'éventuels bouchons formés temporairement ou de façon plus pérenne par les sédiments et autres alluvions entraînés dans le réseau karstique par l'engouffrement de la rivière.

Les premières observations faites par comparaison des variations du niveau d'eau dans la bétoire et de celles du débit de la rivière, semble appuyer l'hypothèse de variations dans le temps de la capacité d'engouffrement de la bétoire B18262.

Cette hypothèse pourrait être confirmée par la réalisation de jaugeages en amont et aval de la bétoire lorsque l'écoulement reprendra en aval celle-ci (cf. recommandations du § 5).

Concernant le risque sanitaire

L'infiltration directe d'eau superficielle dans le karst représente un risque fort de dégradation de la qualité des eaux souterraines (notamment en cas de pollutions accidentelles) et une vulnérabilité importante étant donné les vitesses rapides d'écoulement (plusieurs centaines de mètres par heure).

Le traçage de la bétoire B18262 réalisé par l'université de Rouen semble montrer qu'il n'existe pas de lien entre cette bétoire et les 3 AEP qui ont été suivis (AEP de Beaumontel, Beaumont-le-Roger et Nassandres). Ce résultat semble être confirmé par l'absence d'augmentation significative de turbidité sur ces captages (suivi de la turbidité réalisé par l'exploitant). Il ne semble donc pas y avoir de risque sanitaire identifié lié à cette bétoire. Cependant plusieurs incertitudes demeurent concernant les résultats de ce traçage du fait des conditions de prélèvements sur les captages AEP et sur la durée de suivi (cf. § 3.4.2). De plus, un traçage réalisé en 1982 (situation de hautes eaux) par injection du colorant directement dans la Risle au niveau du pont d'Ambenay avait montré une connexion avec le captage de Beaumontel (comme évoqué précédemment, le suivi de ce traçage a été réalisé à l'aide de fluocapteurs, ce qui crée une incertitude sur la fiabilité de ses résultats).

Des liaisons entre certaines pertes de la Risle et les captages AEP ne sont donc pas à exclure. Un suivi rapproché de la qualité des captages AEP de Beaumont-le-Roger (captage des Gouttières et captage des Petits Champs), de Beaumontel et de Nassandres et éventuellement des captages de Fontaine-l'Abbé, de Romilly-la-Puthenay et la Houssaye devra être maintenu notamment au moment et après la reprise de l'écoulement de la Risle. Concernant le captage de la Houssaye (01496X0001), ce forage est certes situé en plateau, mais l'ouvrage de captage est composé d'un puits foré muni de 6 drains rayonnants horizontaux implantés à des profondeurs comprises entre 66 m et 87 m. Pour un tel ouvrage, le risque de recouper des conduits karstiques est plus important que pour un forage ou puits classique.

Il a été évoqué par l'animatrice du SAGE de la Risle, l'existence d'un rejet de la STEP d'Ajou en amont de la bétoire B18262. Une attention particulière devra être portée au bon fonctionnement de cette station d'épuration.

Concernant le risque de dégradation de la qualité de l'eau du fait de l'apport en matière organique lié à la mort des poissons et de la végétation aquatique

L'assèchement du cours d'eau sur un tronçon de 12 km a provoqué la mort de nombreux poissons et de plantes aquatiques dont la matière organique décomposée s'est déposée sur le lit asséché du cours d'eau. L'université de Rouen a mis en garde dans sa note du 08/08/2012, sur une éventuelle dégradation de la qualité des eaux de la Risle lors de la reprise de l'écoulement du fait de la remise en suspension de cette matière organique (risque pour l'usage piscicole à l'aval notamment). Cela pourrait être préoccupant pour la pisciculture en aval si de l'eau est prélevée dans la Risle.

Concernant l'impact de l'assèchement du lit du cours d'eau sur la stabilité des ouvrages d'art

Pour aucun des ouvrages d'art inspectés, l'assèchement du lit du cours d'eau n'a eu apparemment d'incidence. Il n'en est pas davantage attendu lors de la remise en eau du lit du cours d'eau. Cet épisode de mise à sec de la Risle a néanmoins montré que certains de ces ouvrages ont vieilli et ont besoin de travaux d'entretien plus réguliers.

C'est avant tout le pont du Val Gallerand et l'affouillement des piles et d'une culée qui nécessite en premier une intervention. La réalisation des travaux d'entretien ne devra pas oublier la présence dans l'aval immédiat de deux bétoires dont une ouverte.

Des travaux d'entretien d'une culée d'une passerelle à l'entrée d'un auget juste en amont de ce pont et sur les culées de l'ouvrage vannée du Moulin Blangy, tous trois endommagés sont également à prévoir.

Le Moulin Blangy ne pose pas d'inquiétude : le suivi occasionnel par emplâtre de certaines des fissures de sa façade devrait prévenir toute évolution anormale.

Enfin au niveau du Viaduc, quelques mesures de nivellement devraient confirmer que la pile du Viaduc reste bien dans un état stable.

Concernant l'éventuel aménagement de la bétoire B18262

3 pistes de dispositifs ont été discutées lors de la réunion du 09/08/2012 à la Préfecture :

- un dispositif étanche par colmatage de la bétoire,
- un dispositif de dérivation du cours d'eau,
- la bétoire laissée en l'état.

D'un point de vue géotechnique, ces trois dispositifs semblent réalisables (des préconisations de bonnes pratiques sont détaillées dans le rapport BRGM/RP-58795-FR). Cependant, concernant le choix de l'un de ces 3 dispositifs, il est nécessaire d'analyser les risques que représente la bétoire B18262 et son éventuel aménagement :

- le risque sanitaire (liaison à un captage AEP) n'a pas été identifié (cf. résultats du traçage réalisé par l'université) en basses eaux. Il serait nécessaire de confirmer cette observation en période de hautes eaux (cf. traçage de 1982) ;
- aucun risque géotechnique n'est identifié (pas de présence d'infrastructure type bâtiment, route, digue...à proximité) ;
- il existe un risque hydrologique : risque de perte de débits au niveau des sources la pisciculture en cas de rebouchage étanche de la bétoire (le lien entre la bétoire B18262 et les sources de la pisciculture a été mis en évidence par traçage, risque également mis en évidence par l'expérience du rebouchage de la bétoire B5875 en août 2005) ;
- il existe un risque de chute et d'accident corporel, voire de noyade lié à la présence de l'engouffrement existant.

Ainsi au vu des éléments cités précédemment, aucun risque identifié ne justifie le colmatage étanche de la bétoire.

Les usages perdus du fait de l'assèchement de la rivière (pêche, agrément, baignade, abreuvement des troupeaux et des animaux sauvages, présence de populations piscicoles,...) pourraient appuyer le choix de la mise en place d'un dispositif étanche (type colmatage ou dérivation des flux). Cependant le type d'espèces et d'habitats présents sur ce tronçon ne semble pas justifier un tel aménagement. La responsable des projets Natura 2000 du département de l'Eure indique en effet qu'une éventuelle demande de reconnexion de la Risle au titre de Natura 2000 et de la préservation des habitats ou espèces d'intérêt communautaire ne semble pas être recevable dans ce contexte de création naturelle de bétoire (au vu de la faune et la flore présentes sur ce secteur).

De plus, l'inventaire régional des bétoires complété par l'inventaire réalisé sur le terrain le 08/08/2012 montrent qu'à l'aval de la bétoire B18262 de la Houssaye il existe de nombreuses autres bétoires actives : bétoires B5875, B18263, B18280, B18286, B18285..... L'assurance de maintenir un débit minimum de la Risle en étiage nécessiterait d'intervenir également sur les bétoires situées à l'aval. Par ailleurs, la formation de bétoire est un phénomène évolutif dans le temps ; il n'est donc pas exclu que le colmatage d'une bétoire pourra être suivi de l'ouverture d'une nouvelle bétoire plus à l'aval.

Toutefois, afin d'éviter tout risque de chute ou de noyade, nous préconisons la mise en place d'un dispositif type massif autobloquant. Ce dispositif n'empêchera pas l'écoulement de l'eau dans la bétoire mais empêchera tout risque de chute en comblant le volume de la doline créée suite à l'effondrement. Il permettra par ailleurs de limiter l'évolution de la suffosion de la bétoire et donc de limiter l'érosion régressive observée actuellement dans le lit du cours d'eau.

Ce dispositif consiste à combler la bétoire de matériaux grossiers (gros blocs, gros silex, galets) (cf. exemple à l'illustration 42). Le pouvoir filtrant de ce dispositif est très limité. Il est probable que la mise en place de ce dispositif limite le flux d'engouffrement. Pour réduire autant que possible l'impact de cet aménagement sur la capacité d'engouffrement, on privilégiera l'utilisation de blocs les plus volumineux possibles (enrochement). La mise en place de cet enrochement pourrait participer probablement à un colmatage naturel partiel de la bétoire par dépôt de transport solide au moment des crues.

En définitive, il apparaît que sur le tronçon perché entre Rugles et Beaumont-le-Roger, la Risle a naturellement vocation à avoir un écoulement saisonnier du fait des nombreuses pertes existantes dans son lit (cf. les exemples de pertes totales observées en période estivale : en 1752, 1894, carte scolaire géographique du XIX^e siècle, en 2005 et le recensement actuel des nombreuses bétoires). La formation de ces bétoires est un phénomène naturel existant du fait du décrochage de la rivière et de la nappe phréatique sur ce secteur.

L'écoulement de la Risle semble en fait maintenue artificiellement en période estivale par l'intervention régulière de l'homme qui colmate au gré de leur ouverture, les principales bétoires (exemple du rebouchage de la perte totale de 2005 et des témoignages de rebouchages réalisés par des riverains, ponts et chaussés en 1899, etc...).

Recommandations du BRGM :

Afin d'éviter tout risque de chute ou de noyage, nous préconisons la mise en place d'un dispositif type massif autobloquant dans la bétoire B18262. Ce dispositif n'empêchera pas l'écoulement de l'eau dans la bétoire mais empêchera tout risque de chute en comblant le volume de la doline créée suite à l'effondrement. Il permettra par ailleurs de limiter la suffosion de la bétoire et donc de limiter l'érosion régressive observée actuellement dans le lit du cours d'eau.

Du fait des inconnues qui subsistent sur le fonctionnement des pertes, leur évolution future et l'impact sur l'aval, et afin d'améliorer la compréhension du phénomène, plusieurs recommandations doivent cependant être formulées :

- mise en place d'une station de jaugeage en continu en amont et en aval de la bétoire B18262 afin de mesurer en continu les débits engouffrés dans cette bétoire. Cette acquisition de données permettra d'avancer dans la connaissance du fonctionnement du karst d'introduction ;
- mise en place d'un piézomètre suivi en continu, implanté dans le karst sous-jacent à proximité de la bétoire B18262 ; ce piézomètre permettra de qualifier l'état de la nappe dans la zone d'infiltration et notamment :
 - de connaître l'impact des volumes engouffrés d'eau superficielle sur les variations du niveau de la nappe,
 - de vérifier qu'il existe bien des périodes de reconnexion de la nappe et de la rivière en période de hautes eaux sur ce tronçon karstique,
 - d'étudier les éventuelles corrélations entre niveau de nappe et débits d'engouffrement ; en effet la charge du karst renseigne a priori sur sa capacité à engouffrer une quantité plus ou moins grande d'eau ;
 - une campagne de jaugeage de la Risle avec de nombreux points entre les communes de Rugles et Beaumont le Roger afin d'identifier finement les secteurs où les pertes sont les plus importantes,
- réalisation d'une inspection caméra du fond de la bétoire et du conduit karstique pour évaluer, si possible, les dimensions du conduit endokarstique. Cette opération devra être

réalisée en dérivant temporairement le cours de la Risle (utilisation de la tranchée de dérivation réalisée le 20/08) ;

- réalisation d'un traçage de la bétoire n°B18262 en période de hautes-eaux. L'objectif de ce traçage serait de vérifier les résultats du traçage de 1982 et notamment le lien des pertes de la Risle avec les différents captages AEP. Ce traçage devra être quantitatif (réalisation d'une courbe de restitution pour chaque point de suivi, en cas de résultat positif), et devra en particulier permettre de calculer les vitesses de circulations, les taux de dilution ainsi que les taux de restitution. Il devra enfin être réalisé en période de hautes eaux. Les outils et méthodes d'analyses devront être constitués de mesures in-situ confirmées par des prélèvements d'échantillons analysés en laboratoire par des analyses spectrofluorimétriques notamment.

Ces acquisitions de données pourront être valorisées par une étude du tronçon karstique de la Risle qui permettra de mieux comprendre son fonctionnement (quantifier les échanges entre la nappe et la rivière, connaître les périodes d'inversion des flux, mieux appréhender la vulnérabilité que représente le karst pour les captages AEP de la vallée de la Risle,...).

En attendant que les travaux de sécurisation de la bétoire soient réalisés il est également recommandé de conserver la mise en place d'une signalisation adaptée (panneaux de signalisation...) afin de prévenir du risque et de limiter l'accès aux trous formés.

Des liaisons entre certaines pertes de la Risle et les captages AEP n'étant pas à exclure notamment en période de hautes eaux, nous préconisons également :

- le maintien du suivi rapproché de la qualité des captages AEP de Beaumont le Roger (captage des gouttières et captage des petits champs), de Beaumontel et de Nassandres et éventuellement des captages de Fontaine-l'Abbé, de Romilly-la-Puthenay et la Houssaye notamment au moment et après la reprise de l'écoulement de la Risle ; nous préconisons notamment le suivi en continu de la turbidité sur ces captages ;
- un suivi rapproché du bon fonctionnement de la station d'épuration d'Ajou devra être mis en place (rejet à l'amont de la bétoire).

Cet épisode de mise en assec de la Risle a été aussi l'occasion de constater que certains ouvrages auraient besoin d'être entretenus et/ou plus régulièrement suivis, à commencer par le pont du Val Gallerand dont les piles et une culée dans le lit sont en partie affouillées. Ainsi, sont à prévoir :

- en premier lieu, une intervention sur le pont du Val Gallerand où un affouillement des piles et d'une culée ont été observés,
- l'entretien d'une culée d'une passerelle à l'entrée d'un auget juste en amont de ce pont et des culées de l'ouvrage vanné du Moulin Blangy,
- enfin au niveau du Viaduc, quelques mesures de nivellement devraient confirmer que la pile du Viaduc reste bien dans un état stable.

Sommaire

1. Contexte	13
2. Zone d'étude	13
2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	13
2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE	15
2.3 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE / HYDROLOGIQUE	16
3. Faits constatés - Eléments recueillis	27
3.1 TEMOIGNAGES DE PERTE TOTALE DE LA RISLE DANS LE PASSE.....	27
3.1.1 « Histoire de l'Académie Royale des Sciences – 1758 »	27
3.1.2 Carte physique agricole et industrielle du département de l'Eure – H. Galmot et R. Foucu 19 ^{ième} siècle	27
3.1.3 L'Eure souterraine – tome IV – Ferray 1894	28
3.1.4 Perte au Val Gallerand en 2005 (rapport BRGM BRGM/RP-54124-FR)	29
3.1.5 Bilan de ces témoignages	30
3.1.6 Exemple de cours d'eau connaissant des pertes totales dans la région	32
3.2 DONNEES METEOROLOGIQUES.....	32
3.3 DONNEES HYDROLOGIQUES.....	34
3.3.1 Catégories piscicoles de la Risle	34
3.3.2 Campagnes de jaugeage de la RISLE	34
3.3.3 Débits horaires à Rai et Pont-Authou.....	35
3.4 DONNEES HYDROGEOLOGIQUES.....	39
3.4.1 Situation hydrogéologique de l'été 2012	39
3.4.2 Résultats de l'opération de traçages du 2 août 2012.....	40
3.5 OBSERVATIONS DU BRGM SUR LE TERRAIN	43
3.5.1 Description de la bétoire de la Houssaye (B18262).....	43
3.5.2 Recensement des bétoires dans le lit asséché de la Risle	46
3.5.3 Observations des ouvrages d'art et du bâti.....	49
3.6 ETUDE DES FLUCTUATIONS DU NIVEAU D'EAU DANS LA BETOIRE.....	56
4. Généralités sur les aménagements de betoire	59
4.1 AMENAGEMENT D'UNE BETOIRE EN LIEN AVEC UN RISQUE IDENTIFIE	59
4.2 DIFFERENTS TYPES D'AMENAGEMENTS EXISTANTS	59
4.3 PRECONISATIONS GENERALES DU RAPPORT BRGM/RP-58795-FR.....	62
4.3.1 Cas des bétoires situées dans les rivières ou sur les berges	62

4.3.2 Cas des vallées à forte activité karstique.....	62
4.4 EXEMPLES D'AMENAGEMENT DE BETOIRES SITUES DANS OU A PROXIMITE IMMEDIATE D'UN COURS D'EAU (DANS LE DEPARTEMENT DE L'EURE)	63
4.4.1 Exemple d'un colmatage étanche.....	63
4.4.2 Exemple de dérivation des flux par la mise en place d'auget dans le lit du cours d'eau	63
4.5 MISE EN GARDE CONCERNANT LES AMENAGEMENTS DE BETOIRES.....	65
5. Avis du BRGM	67
6. Recommandations	71
7. Bibliographie	73
8. Annexes	75
8.1 RESULTATS DE L'ESSAI DE TRAÇAGE REALISE PAR L'UNIVERSITE DE ROUEN.....	77
8.2 SYNTHESE DES RESULTATS DES OPERATIONS DE TRAÇAGES DISPONIBLES SUR CE SECTEUR (INVENTAIRE REGIONAL + OPERATION DE L'UNIVERSITE D'AOUT 2012)	81
8.3 BETOIRES RECENSEES DANS LE LIT DE LA RISLE PAR LES PONTS ET CHAUSSEES EN 1899 DANS LE SECTEUR DU VAL GALLERAND (DONNEES TRANSMISES PAR LA DDTM27).....	83
8.4 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE JAUGEAGE REALISEE PAR LA DREAL HN / SRE LE 06/08/2012.....	85
8.5 ZONE DE RECONNEXION NAPPE / RIVIERE (OBSERVATION 08/08/2012).....	89
8.6 COUPE GEOLOGIQUE DU FORAGE 01495X0029 FAISANT APPARAITRE UN VIDE KARSTIQUE 16,50 ET 17,80 M DE PROFONDEUR (COMMUNE D'AJOU)	91
8.7 DESCRIPTIFS DES DISPOSITIFS DE COLMATAGE DES 3 BETOIRES DE SYLVAIN-LES-MOULINS DANS L'ITON.....	93

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la perte examinée (bétoire n°B18262) (triangle vert dans le cercle rouge) et des autres bétoires du secteur recensées dans l'inventaire Régional Haute-Normandie des bétoires sur fond de carte topographique à 1 / 25 000 (coupures 1913 Ouest – Beaumont-le-Roger - IGN©).....	14
Illustration 2 : Altitude du mur de la craie au droit du profil de la Risle	16
Illustration 3 : Coupe réalisée le long du cours de la Risle entre Rugles et Pont Authou (d'après les données de l'atlas hydrogéologique de 2010 de Haute-Normandie (BRGM) (piézométrie basses eaux de 2006 et très hautes eaux de 2001, grille du mur de la craie) et d'après le MNT au pas de 50 mètres de l'IGN).....	17
Illustration 4 : Données de jaugeage des sources de Beaumont-le-rogier (Données de l'Inventaire régional des sources de Haute-Normandie – données téléchargeables depuis le site http://sigessn.brgm.fr/spip.php?rubrique54)	19
Illustration 5: Expériences de traçages réalisées sur le bassin versant de la Risle amont (Source : Inventaire régional des bétoires et sources de Haute-Normandie (AESN, CG27, CG76, CR Haute-Normandie et BRGM).	21
Illustration 6 : 3 tronçons hydrauliques de la Risle, d'après l'inventaire régional des bétoires et sources de Haute-Normandie (AESN, CG27, CG76, CR Haute-Normandie et BRGM).....	24
Illustration 7 : Résultats des traçages hydrogéologiques positifs existants dans le bassin de la Risle (extrait de l'inventaire régional Haute-Normandie des traçages, données en libre accès sur le site http://sigessn.brgm.fr/)	25
Illustration 8 :Carte physique agricole et industrielle du département de l'Eure – H. Galmot et R. Foucu 19 ^{ième} siècle (document photographié sans échelle).....	28
Illustration 9 : Bétoires dans le lit mineur de la Risle au Val Galerand en 2005 (source : CG27, Val Gallerand à Grosley, juillet 2005).....	30
Illustration 10 : Historique des pertes totales mentionnées dans la bibliographie	31
Illustration 11 : Données des précipitations journalières sur la période 1 ^{ier} juin – 14 août 2012 pour 5 stations météo de la Risle (données Météo France) (n.d. = données non disponibles)	33
Illustration 12 : Débits horaires enregistrés aux stations de jaugeage de Rai et Pont Authou sur la Risle (données DREAL HN).....	36
Illustration 13 : Cacul des gains spécifiques (apport de la nappe et des affluents) et des pertes spécifiques (pertes vers la nappe) de débit de la Risle	37
Illustration 14 : Suivi piézométrique 0149X0009/S1 situé à Goupillières à 14km au Nord du site d'étude (Coordonnées Lambert II étendu : X : 485548 m Y : 2458526 m)	39
Illustration 15 : Suivi BSH du piézomètre 0149X0009/S1 situé à Goupillières à 14 km au Nord du site d'étude (Coordonnées Lambert II étendu : X : 485548 m Y : 2458526 m).....	40
Illustration 16 : Cartographie faite sur la base des résultats de l'opération de traçages transmis par l'université de Rouen (cf. annexe 7.1)	42
Illustration 17 : Photos du 30/07/2012 : craie apparente (photo du BE Eco-environnement)	43
Illustration 18 :Erosion à l'amont de la bétoire B18262 (érosion régressive entre le 30/07/2012 et le 08/08/2012).....	44

Illustration 19 : Dénivellation du lit du cours d'eau à environ 4m en amont de la bétoire provoquant une petite cascade de 1 m de hauteur environ (observation du 08/08/2012).....	44
Illustration 20 : Tranchée de dérivation de la risle réalisée le 20/08/2012 d'environ 2,60 m de large et 1,40 m de profondeur (Photo du 22/08/2012).....	45
Illustration 21 : Photo de la bétoire B18262 le 22/08/2012	45
Illustration 22 : Ecoulement visible de la Risle à l'aval immédiat de la bétoire B18262 le 22/08/2012	45
Illustration 23 : Ecoulement visible de la Risle au lieu-dit Moulin de la Chapelle le 22/08/2012.....	46
Illustration 24 : Ecoulement visible de la Risle au lieu-dit Les Forges le 22/08/2012.....	46
Illustration 25 : Observation de la Risle à sec au Val Gallerand le 22/08/2012	46
Illustration 26 : Inventaire des bétoires présentes dans le lit de la Risle à l'aval de l'engouffrement actuel - Journée terrain réalisée le 08/08/2012 par la DREAL et le BRGM	47
Illustration 27 : Pile nord légèrement affouillée et fissuration de sa façade aval.....	49
Illustration 28 : Pile sud largement affouillée sur un coin amont et fissuration de sa façade amont.....	50
Illustration 29 : Fissuration de la pile sud sur sa base aval et début d'affouillement de la culée sud de l'ouvrage	50
Illustration 30 : Percement ponctuel du radier du chenal de jaugeage et culée de passerelle endommagée faute d'entretien suffisant.....	51
Illustration 31: Viaduc SNCF - vue d'ensemble à gauche (photo du 22/08/2012) et vue de la pile située dans le lit de la Risle à droite (photo du 08/08/2012)	52
Illustration 32 : Vue du Moulin Blangy.....	53
Illustration 33 : Murets du bief : poussées en amont et déchaussement ponctuel en aval.....	54
Illustration 34 : Ouvrage vanné en amont immédiat du moulin, avec nettes fissures ouvertes des culées maçonnées	54
Illustration 35 : Fissures anciennes existantes sur la facade du moulin	55
Illustration 36 : variations du niveau d'eau dans la bétoire observées entre le 30 juillet et le 10 août 2012	57
Illustration 37 : Débits horaires enregistrés aux stations de jaugeage de Rai et Pont Authou sur la Risle (données DREAL HN). Ces variations de débits semblent corrélées aux épisodes pluvieux supérieurs à 5mm qui ont ensuite été mesurés les 29/07, 03/08 et 05/08.	57
Illustration 38 : Différents dispositifs identifiés dans le cadre de l'état des lieux des pratiques d'aménagements de bétoires (rapport BRGM/RP-58795-FR).....	61
Illustration 39 : Auget mis en place à Val Gallerand sur la Risle (par les ponts et chaussés en 1898 ?) sur un tronçon d'une 50aine de mètres	63
Illustration 40 : Section de l'Iton aménagé par un auget pour contourner une bétoire située en amont de Gaudreville-la-Rivière (Photo 10).....	64
Illustration 41 : Vue sur la bétoire contournée par l'auget (Photo 11).....	65
Illustration 42 : Exemple d'un aménagement d'une bétoire par mise en place d'enrochements	70

1. Contexte

Une bétoire s'est ouverte dans le lit mineur de la Risle le samedi 28 juillet 2012 provoquant un assèchement total de ce cours d'eau sur un linéaire de 12 km environ à l'aval de la perte. Différents services de l'Etat ou collectivités ont été avertis de ce phénomène : Préfecture, DDTM, DREAL, ARS, ONEMA, Gendarmerie, SNCF, Maires des communes concernées et la Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Syndicat de Rivière, SAGE de la Risle, Conseil Général....

Un traçage à la fluorescéine a été réalisé par le laboratoire de géologie de l'Université de Rouen le 2 août afin de déterminer la destination de l'eau s'engouffrant dans la bétoire.

Au titre des appuis à la police de l'eau, le Service Ressource de la DREAL Haute-Normandie a sollicité le BRGM pour la réalisation :

- d'un diagnostic hydrogéologique du secteur,
- d'un diagnostic des enjeux,
- d'une proposition de pistes d'éléments de préconisations dont géotechniques pour les différentes solutions possibles (rebouchage, dérivation, bétoire laissée en l'état,...) intégrant des éléments éventuels de suivis dans le temps.

A noter que cette bétoire a été bancarisée dans la base de données régionale des bétoires de Haute-Normandie et porte l'identifiant n° B18262.

2. Zone d'étude

2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La perte de la Risle examinée par le BRGM, est située sur la commune de LA HOUSSAYE, dans le lit de la Risle au droit du hameau Mancelles situé en rive gauche sur le plateau (Illustration 1). Cette commune appartient au bassin versant de la Risle amont. Au droit de cette perte, la Risle, qui s'écoule du Sud vers le Nord, est bordée en rive droite par des terrains de pâture et en rive gauche par le versant amenant sur le plateau au hameau de Mancelles.

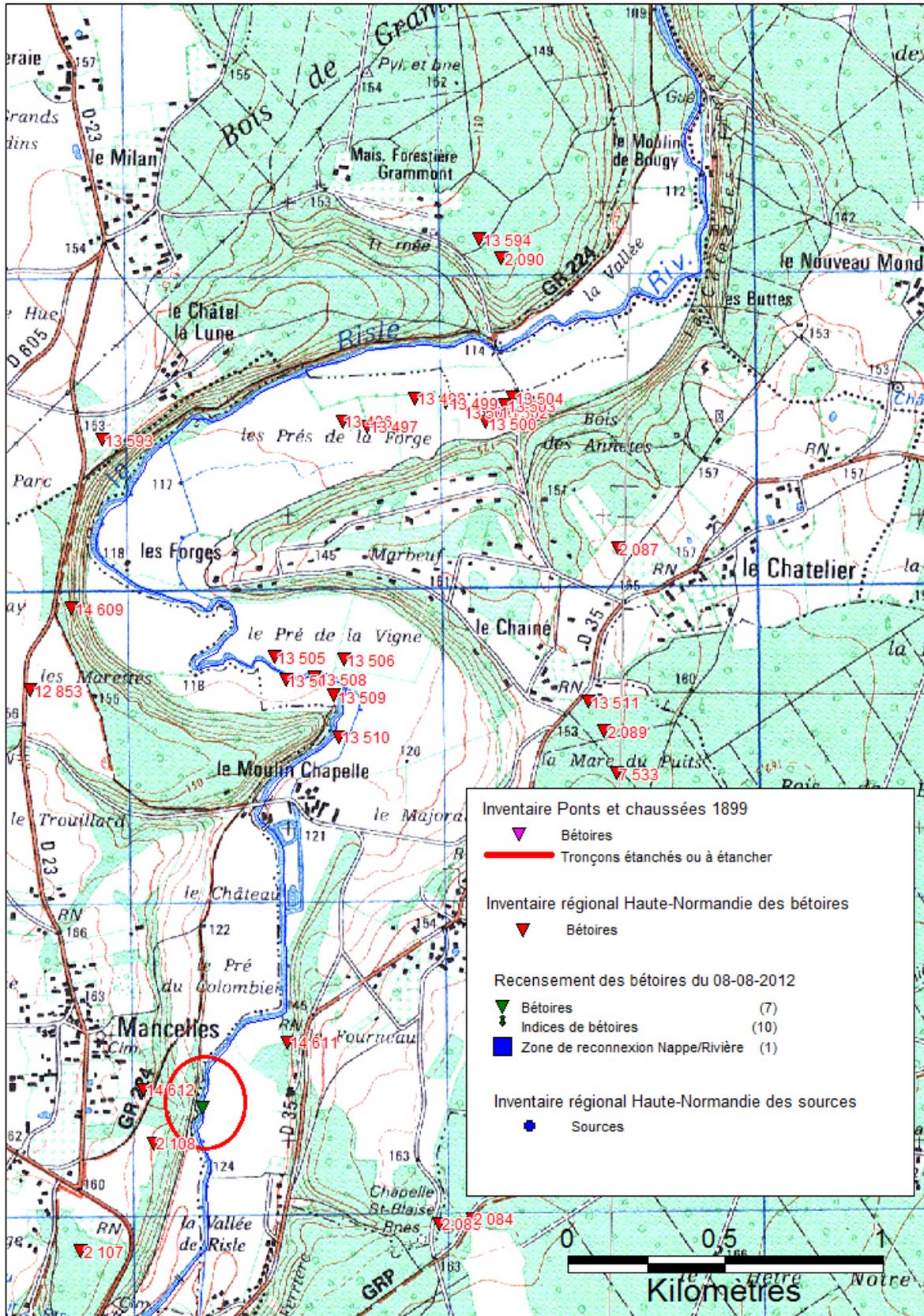


Illustration 1 : Localisation de la perte examinée (bétoire n°B18262) (triangle vert dans le cercle rouge) et des autres bétoires du secteur recensées dans l'inventaire Régional Haute-Normandie des bétoires sur fond de carte topographique à 1 / 25 000 (coupures 1913 Ouest – Beaumont-le-Roger - IGN©).

Les coordonnées géographiques de la perte (système de projection : Lambert II étendu métrique), prises par un GPS terrain (précision +/- 8 m), sont les suivantes : X = 486 647 ; Y = 2 444 298 m ; l'altitude étant de l'ordre de + 124 m NGF d'après la carte IGN.

2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte à 1/50 000 de Beaumont-le-Roger (n°149, 1981, BRGM©) et les données archivées en BSS (Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM et accessible au public), le site examiné est installé sur un sous-sol constitué de plusieurs ensembles lithologiques distincts, avec du sommet vers la base :

- des alluvions récentes (notées Fz) qui tapissent le lit majeur de la Risle. Ce sont des alluvions fines, limono-sableuses auxquelles se mêlent des silex provenant des colluvions de versant. Leur épaisseur peut atteindre au plus 1,5 à 2,5 m ;
- des colluvions indifférenciées (notées C) sur les versants, on les retrouve également en fond de vallée sèche. Ce sont des matériaux fins ou grossiers (silex) mis en place par le ruissellement et la solifluxion. L'épaisseur des colluvions peut atteindre plusieurs mètres sur les versants ;
- des limons de plateaux (notés LP) qui affleurent sur l'ensemble des plateaux du secteur (dépôts éoliens) ;
- de la formation résiduelle à silex (notée Rs) couvrant l'ensemble des plateaux où elle est masquée par les limons de plateaux et affleurant sur les versants de la haute vallée de la Risle : matrice argilo-sableuse enfermant des silex ;
- de la craie gris blanchâtre du Turonien (notée C₃) qui affleure de façon sporadique de Nassandres à Beaumont-le-Roger ainsi que dans le vallon de la Bave ;
- de la craie grise glauconieuse du Cénomaniens (notée C_{1,2}), la craie de cet étage affleure dans la vallée de la Risle au Nord-Ouest de Nassandres ainsi qu'entre Launay et Beaumontel.

En BSS (Banque du sous-sol accessible depuis le site internet infoterre), les 2 forages les plus proches de la perte sont les suivants :

- Forage n°01495X0029, situé à 1,8 km au Sud-Ouest de la bétoire de la Houssaye dans la vallée de la Risle sur la commune d'Ajou ; la coupe géologique de ce forage indique une épaisseur de 11 m d'argiles à silex surmontant la craie. Ce forage recoupe un karst : un vide important est rencontré dans la craie entre 16,5 et 17,8 m de profondeur (cf. Annexe 8.6). La profondeur de la nappe de 12,1 m /sol le 12/02/1993 montre que la rivière est perchée au-dessus de la nappe ;
- Les 2 forages n°01495X0032 et n°01495X0033, situés à 1,5 km au Nord-Est de la bétoire de la Houssaye dans la vallée de la Risle sur la commune de la Houssaye ; les coupes géologiques de ces 2 forages indiquent une épaisseur respectivement de 10,4 m et 12,3 m d'argiles à silex surmontant la craie. Ces 2 forages recoupent probablement un karst : lors de la foration du forage 01495X0033, des petites pertes du fluide de foration ont été observées dans la craie à 18 m et à 31 m de profondeur ; lors de la foration du forage 01495X0032, une perte totale du fluide de foration a été observée dans la craie à 27 m de profondeur. La profondeur de la nappe était de 14,3 m /sol le 22/09/1998 sur le forage 01495X0032 et 9,99 m / sol sur le forage 01495X0033 en février 1999.

A noter qu'une perte d'injection totale a également été observée à 20 m de profondeur lors de la foration du forage n°01495X0039, situé auprès du lieu-dit « Les Forges » à la Houssaye.

D'un point de vue structural, le mur de la craie présente entre Rugles et Beaumont-le-Roger un synclinal suivi d'un anticlinal (Illustration 3 et Illustration 2).

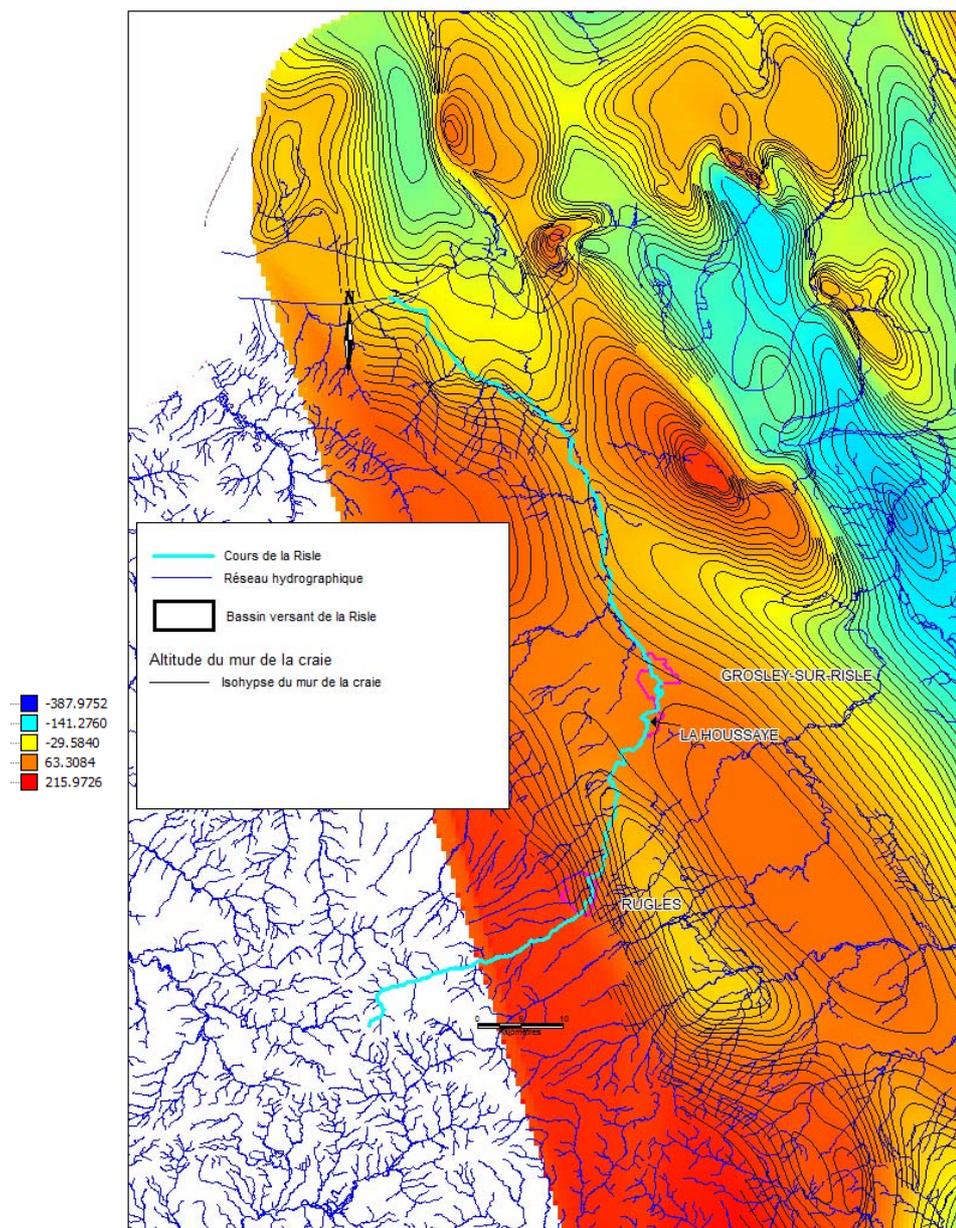


Illustration 2 : Altitude du mur de la craie au droit du profil de la Risle

2.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE / HYDROLOGIQUE

D'un point de vue hydrogéologique, le principal aquifère de la zone est celui de la craie du Crétacé supérieur. Dans le bassin versant de la Risle, la craie comporte une triple porosité I : matricielle, fissurée et karstique.

Dans des systèmes de ce type (bassin sédimentaire entaillé par des vallées) et lorsque les formations géologiques constituant les plateaux sont également présentes en fond de vallées (ce qui est le cas dans ce secteur), ceux-ci constituent généralement le lieu de l'exutoire de la nappe. Le cours d'eau et la nappe alluviale sont alimentés par la nappe. La Risle ne répond cependant pas à ce schéma de fonctionnement sur la totalité de son linéaire.

L'illustration 3 présente une coupe réalisée le long du cours de la Risle entre Rugles et Pont Authou à partir des données de l'atlas hydrogéologique de 2010 de Haute-Normandie (BRGM) (piézométrie de basses eaux de 2006 et de très hautes eaux de 2001 et grille du mur de la craie).

D'après les cartes piézométriques régionales de basses eaux 2006 et de très hautes eaux de 2001, on voit que :

- en période de basses eaux, le cours de la Risle est perché au-dessus de la nappe sur le tronçon compris entre Rugles et Beaumont-le-Roger mais la nappe alimente cependant la Risle en amont et en aval de ce tronçon ;
- en période de très hautes eaux, la nappe alimente la Risle sur la totalité de son cours.

Il est à noter que ces cartes piézométriques sont réalisées à une échelle régionale. Une analyse locale de ces données est à prendre avec précaution. Ces observations seraient à confirmer par des mesures piézométriques sur le terrain.

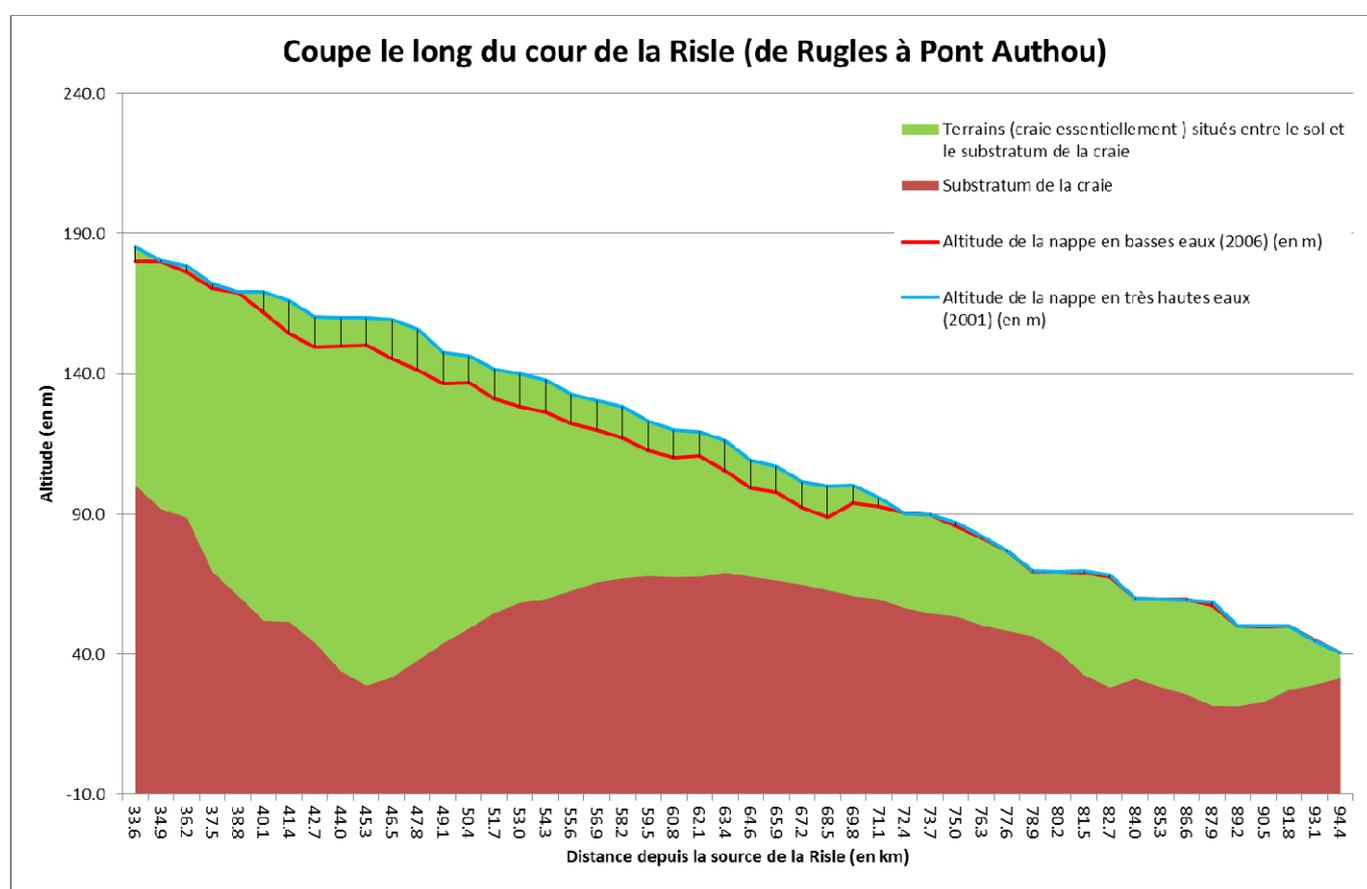


Illustration 3 : Coupe réalisée le long du cours de la Risle entre Rugles et Pont Authou (d'après les données de l'atlas hydrogéologique de 2010 de Haute-Normandie (BRGM) (piézométrie basses eaux de 2006 et très hautes eaux de 2001, grille du mur de la craie) et d'après le MNT au pas de 50 mètres de l'IGN).

Ces observations sont appuyées par les données de bétoires recensées dans le lit de la Risle et les données de sources (Inventaire régional des bétoires et sources de Haute-Normandie). Trois tronçons hydrauliques distincts peuvent être identifiés pour ce cours d'eau (Illustration 6) :

- des sources de la Risle à Rugles : la Risle naît des sources situées dans les sables du Perche puis s'écoule en direction du nord-est ;
- de Rugles à Grosley-sur-Risle : le cours d'eau est perché par rapport à la nappe. Le substrat crayeux sous-jacent est karstifié et responsable de pertes limitant le débit jusqu'au niveau de Grosley-sur-Risle. D'après l'analyse faite des mesures piézométriques lors de la réalisation de l'atlas piézométrique de 2010 (Mougin, 2011), la Risle était perchée au-dessus de la nappe de 10 m environ en 2006 et n'était par contre pas perchée lors de l'épisode de très hautes eaux de 2001 ;
- de Grosley-sur-Risle à l'estuaire de la Seine : la rivière redevient drainante et se trouve alimentée par la nappe de la craie.

Les circulations d'eaux au sein du réseau karstique et les pertes de la rivière ont été approchées, par le passé, par plusieurs expériences de traçage recensées dans l'inventaire régional Haute-Normandie des traçages (Illustration 7). Les traçages recensés sont listés dans le tableau suivant (Illustration 5).

La zone de résurgence aval de ces pertes, concentrée sur la commune de Beaumont-le-Roger, est constituée de nombreuses sources situées dans le bourg de Beaumont-le-Roger, à l'aval de celui-ci ainsi que dans la vallée de la Bave à l'amont de la confluence avec la Risle (Source de l'Abbaye, Sources du Val-Saint-Martin, Source de la Blanchisserie, Source de l'Abyme, Source de la Pisciculture, Source de la « Fontaine à Roger », source de la Georgette...). Des données de jaugeage des années 1970 et 1971 sont disponibles pour ces sources (Illustration 4). A cette date, la somme des débits des sources Beaumont-le-Roger était supérieure à 1880 l/s dont 1360 l/s provenant des sources situées à l'amont de la confluence Bave/Risle (Illustration 4).

Toutes les pertes de la Risle (situées dans le tronçon perché) semblent être restituées au niveau de la zone de résurgence de Beaumont-le-Roger (cf. pertes tracées positivement à Gisay-la-Coudre, Neaufles-Auvergny, et Ambenay commune située à 27 km de Beaumont le Roger).

Les pertes des affluents de la Risle (comme le Vernet à Glos-la-Ferrière ou les pertes de la commune de Granchain) sont restituées également au niveau des résurgences de Beaumont-le-Roger (cf. traçages de 1972 et 1999).

N°Inventaire Régional	Désignation locale	N°BSS	Débit l/s	Date du jaugeage
Sources à l'aval de la Bave :				
3543	Source du Val Martin	01491X0027/SO	10	estimé-01/01/1971--
3545	Source de la Blanchisserie (Abyrne)	01491X0026/SO	290	mesuré-01/01/1971--
3546	Source en aval de la Blanchisserie	01491X0028/SO	5	estimé-01/01/1971--
3556	Sources du Val-Saint-Martin (Etrier Beaumontais)	01491X0004/SO	660	mesuré-01/01/1971--
3559	Sources de la Colignère- Le Mont Frileux	01491X0005/SO	10	estimé-01/08/1970--
3560	Source de la Colignère	01491X0006/SO	5	estimé-01/08/1970--
14664		non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
769	SOURCE EN AMONT DE LA BLANCHISSERIE	01491X0025/SO	20	estimé-01/01/1971--
			300	mesuré-01/01/1971
			290	PAR BURGEAP LE
			338	27/01/71
770	SOURCE DE LA BLANCHISSERIE	01491X0026/X		PAR LE BRGM LE
				17/02/81
771	SOURCE DE LA GEORGETTE	01491X0029/SO	60	estimé-01/08/1970--
		TOTAL	1360	
Sources du flanc de coteau Est de la Risle :				
3553	Source de la Pâtisserie	01491X0020/SO	2	estimé-01/08/1970--
3554	Source de l'Abbaye	01491X0018/SO	50	estimé-01/08/1970--
3555	Source du Jardin public	01491X0019/SO	10	estimé-01/08/1970--
		TOTAL	62	
Source de la pisciculture :				
3542	SOURCE DU HOM	01491X0024/SO	10	estimé-01/11/1970--
3551	Source de la Pisciculture	01491X0017/SO	100	estimé-01/11/1970--
			350	mesuré-01/11/1970--
			350	LE 04/11/70
3552	Source de la Pisciculture	01491X0016/SO	230	LE 25/05/72
14661		non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
		TOTAL	460	
Source ballastière SNCF :				
14657	Exutoire	non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
14653	Exutoire	non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
14654	Exutoire	non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
14655	Exutoire	non recensée en BSS		pas de jaugeage disponible
		TOTAL	?	

Illustration 4 : Données de jaugeage des sources de Beaumont-le-rogier (Données de l'Inventaire régional des sources de Haute-Normandie – données téléchargeables depuis le site <http://sigessn.brqm.fr/spip.php?rubrique54>)

Perte totale de la Risle, la Houssaye (27), Bétoire n°18262

Identifiant du traçage	Identifiant du pt d'injection	Désignation locale	Commune	Date d'injection	OBJECTIF_TRAÇAGE	Traceur	Identifiant du point de restitution	N°BSS du point de restitution	Désignation locale	Commune	Vitesse de la première arrivée du traceur (m/h)	Commentaire	Distance Pt-injection / Pt-restitution (en km)
265	5601	- PETITS BOTTEREAUX (LES)	AMBENAY	14-sept-82	VERIFIER L'EXPERIENCE DE FERRAY FAITE EN 1894 DANS LA BETOIRE DU VAL GALLERAUD OU SE PERDAIT LA TOTALITE DU DEBIT DE LA RISLE	10Kg Fluorescéine / Uranine	4442	01491X0022/F1	-	BEAUMONTEL		LA VITESSE PEUT VARIER DE 57 M/H A 196 M/H,FERRAY EN 1894 INDIQUE UNE VITESSE DE 290 M/H ENTRE LE VAL GALLERAUD ET LE MOULIN DU PARC A BEAUMONTEL;EXTREME VULNERABILITE DE LA NAPPE ENTRE RUGLES ET BEAUMONT-LE-ROGER ; TOUS LES CAPTEURS ET TOUTES LES SOURCE	27.7
265	5601	- PETITS BOTTEREAUX (LES)	AMBENAY	14-sept-82	VERIFIER L'EXPERIENCE DE FERRAY FAITE EN 1894 DANS LA BETOIRE DU VAL GALLERAUD OU SE PERDAIT LA TOTALITE DU DEBIT DE LA RISLE	10Kg Fluorescéine / Uranine	3554	01491X0018/SO	Source de l'Abbaye -	BEAUMONT-LE-ROGER		LA VITESSE PEUT VARIER DE 57 M/H A 196 M/H,FERRAY EN 1894 INDIQUE UNE VITESSE DE 290 M/H ENTRE LE VAL GALLERAUD ET LE MOULIN DU PARC A BEAUMONTEL;EXTREME VULNERABILITE DE LA NAPPE ENTRE RUGLES ET BEAUMONT-LE-ROGER ; TOUS LES CAPTEURS ET TOUTES LES SOURCE	27.4
265	5601	- PETITS BOTTEREAUX (LES)	AMBENAY	14-sept-82	VERIFIER L'EXPERIENCE DE FERRAY FAITE EN 1894 DANS LA BETOIRE DU VAL GALLERAUD OU SE PERDAIT LA TOTALITE DU DEBIT DE LA RISLE	10Kg Fluorescéine / Uranine	3556	01491X0004/SO	Sources du Val-Saint-Martin (Etrier Beaumontais) - VAL ST-MARTIN	BEAUMONT-LE-ROGER		LA VITESSE PEUT VARIER DE 57 M/H A 196 M/H,FERRAY EN 1894 INDIQUE UNE VITESSE DE 290 M/H ENTRE LE VAL GALLERAUD ET LE MOULIN DU PARC A BEAUMONTEL;EXTREME VULNERABILITE DE LA NAPPE ENTRE RUGLES ET BEAUMONT-LE-ROGER ; TOUS LES CAPTEURS ET TOUTES LES SOURCE	26.4
265	5601	- PETITS BOTTEREAUX (LES)	AMBENAY	14-sept-82	VERIFIER L'EXPERIENCE DE FERRAY FAITE EN 1894 DANS LA BETOIRE DU VAL GALLERAUD OU SE PERDAIT LA TOTALITE DU DEBIT DE LA RISLE	10Kg Fluorescéine / Uranine	770	01491X0026/X	SOURCE DE LA BLANCHISSERIE - VAL-SAINT-MARTIN	BEAUMONT-LE-ROGER		LA VITESSE PEUT VARIER DE 57 M/H A 196 M/H,FERRAY EN 1894 INDIQUE UNE VITESSE DE 290 M/H ENTRE LE VAL GALLERAUD ET LE MOULIN DU PARC A BEAUMONTEL;EXTREME VULNERABILITE DE LA NAPPE ENTRE RUGLES ET BEAUMONT-LE-ROGER ; TOUS LES CAPTEURS ET TOUTES LES SOURCE	26.1
265	5601	- PETITS BOTTEREAUX (LES)	AMBENAY	14-sept-82	VERIFIER L'EXPERIENCE DE FERRAY FAITE EN 1894 DANS LA BETOIRE DU VAL GALLERAUD OU SE PERDAIT LA TOTALITE DU DEBIT DE LA RISLE	10Kg Fluorescéine / Uranine	3552	01491X0016/SO	Source de la Pisciculture -	BEAUMONT-LE-ROGER		LA VITESSE PEUT VARIER DE 57 M/H A 196 M/H,FERRAY EN 1894 INDIQUE UNE VITESSE DE 290 M/H ENTRE LE VAL GALLERAUD ET LE MOULIN DU PARC A BEAUMONTEL;EXTREME VULNERABILITE DE LA NAPPE ENTRE RUGLES ET BEAUMONT-LE-ROGER ; TOUS LES CAPTEURS ET TOUTES LES SOURCE	25.1
699	18279	- Val Gallerand	GROSLEY-SUR-RISLE	01/01/1874		3Kg Fluorescéine / Uranine	3554	01491X0018/SO	Source de l'Abbaye -	BEAUMONT-LE-ROGER			6.5
700	18287	-	GISAY-LA-COUDRE	16-mars-81		10Kg Fluorescéine / Uranine	3545	01491X0026/SO	Source de la Blanchisserie (Abyme) -	BEAUMONT-LE-ROGER			16.9
172	5130	-	GLOS-LA-FERRIERE	07-mars-72	PREVISION DES CONSEQUENCES SUR LES COURS D'EAU RECEPTEURS DES RECHARGES ARTIFICIELLES	Kg Fluorescéine / Uranine	3552	01491X0016/SO	Source de la Pisciculture -	BEAUMONT-LE-ROGER		LA VITESSE DE RESTITUTION EST SUPERIEURE A 206 m/h	27.4
107	761	BETOIRE DU FOSSE DE GRANDCHAIN - FRESNAIE (LA)	GRANDCHAIN	27-sept-99	DETERMINATION DU CHEMINEMENT DES EAUX S'ENGOUFFRANT DANS LA BETOIRE DU FOSSE DE GRANDCHAIN (761), ET POUVANT MENACER DES CAPTAGES AEP	2Kg Fluorescéine / Uranine	770	01491X0026/X	SOURCE DE LA BLANCHISSERIE - VAL-SAINT-MARTIN	BEAUMONT-LE-ROGER		LES CONCENTRATION SONT EXPRIMEE EN VALEUR RELATIVE (VALEUR DU FLUORIMETRE)	8.4
107	761	BETOIRE DU FOSSE DE GRANDCHAIN - FRESNAIE (LA)	GRANDCHAIN	27-sept-99	DETERMINATION DU CHEMINEMENT DES EAUX S'ENGOUFFRANT DANS LA BETOIRE DU FOSSE DE GRANDCHAIN (761), ET POUVANT MENACER DES CAPTAGES AEP	2Kg Fluorescéine / Uranine	771	01491X0029/SO	SOURCE DE LA GEORGETTE -	BEAUMONT-LE-ROGER		LES CONCENTRATION SONT EXPRIMEE EN VALEUR RELATIVE (VALEUR DU FLUORIMETRE)	8.5
454	10463	-	NEUFLES-AUVERGNY	26-avr-71		inconnue Indéterminé	3552	01491X0016/SO	Source de la Pisciculture -	BEAUMONT-LE-ROGER			22.4

Illustration 5: Expériences de traçages réalisées sur le bassin versant de la Risle amont (Source : Inventaire régional des bétoires et sources de Haute-Normandie (AESN, CG27, CG76, CR Haute-Normandie et BRGM).

Perte totale de la Risle, la Houssaye (27), Bétoire n°18262

L'état des lieux du SAGE de la Risle (2007) confirme d'ailleurs que ce comportement hydrologique affecte également les affluents de la Risle « de nombreux autres petits affluents de la Risle (Finard, Cauche, Sommaire, Logé-Juigné et Vernet) situés dans le tronçon Rugles-Beaumont-le-Roger se retrouvent en à-sec quelques kilomètres après leurs sources pour réapparaître plus en aval après un parcours souterrain ».

D'après l'Atlas Géologique Numérique du département de l'Eure (2004), ces réseaux « karstiques » sont liés à une différence d'altitude entre l'amont et le niveau de base et ont induit un drainage de la nappe et son décrochement du niveau des rivières sur des profondeurs de 10 à 15 mètres.

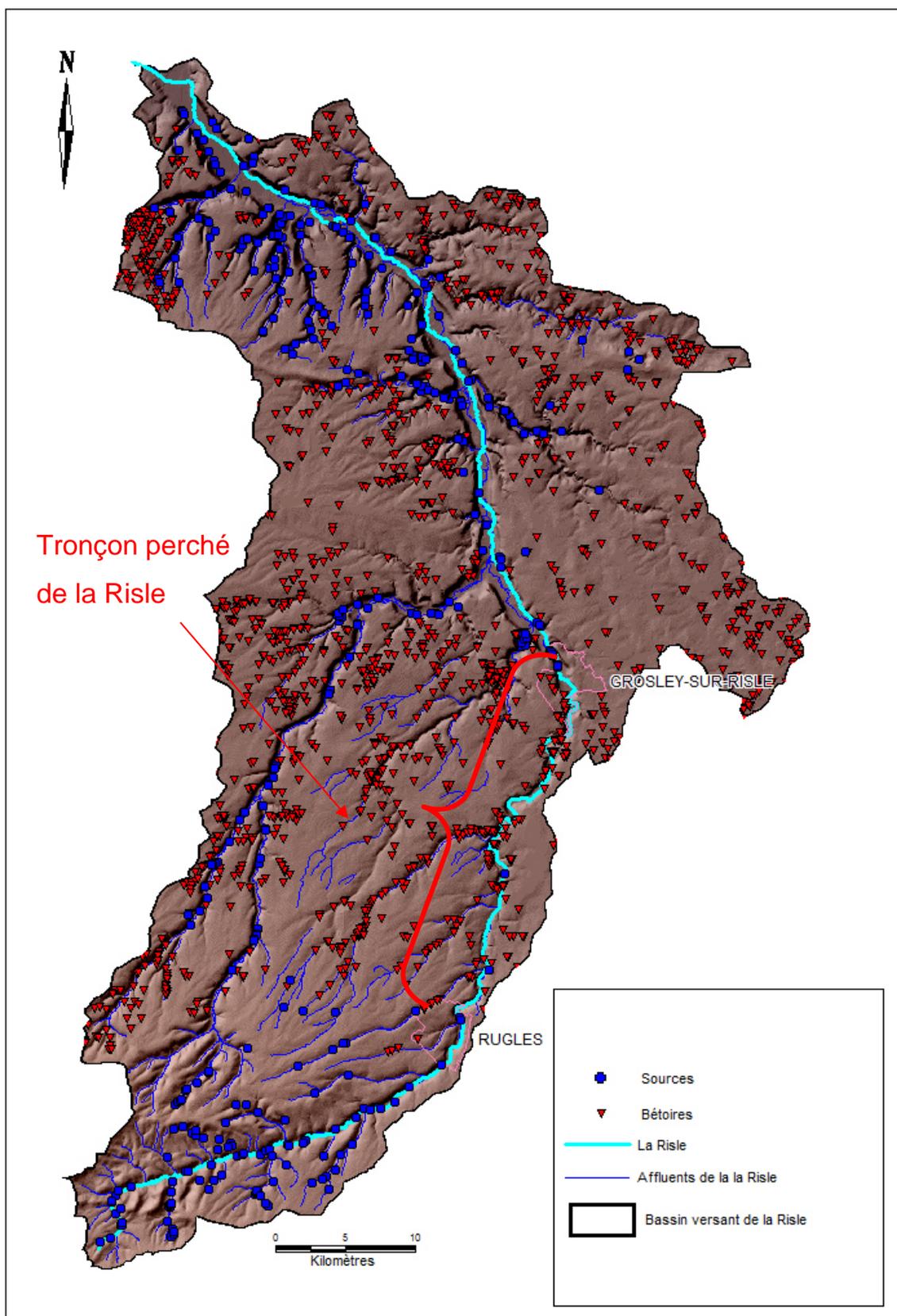


Illustration 6 : 3 tronçons hydrauliques de la Risle, d'après l'inventaire régional des bétoires et sources de Haute-Normandie (AESN, CG27, CG76, CR Haute-Normandie et BRGM)

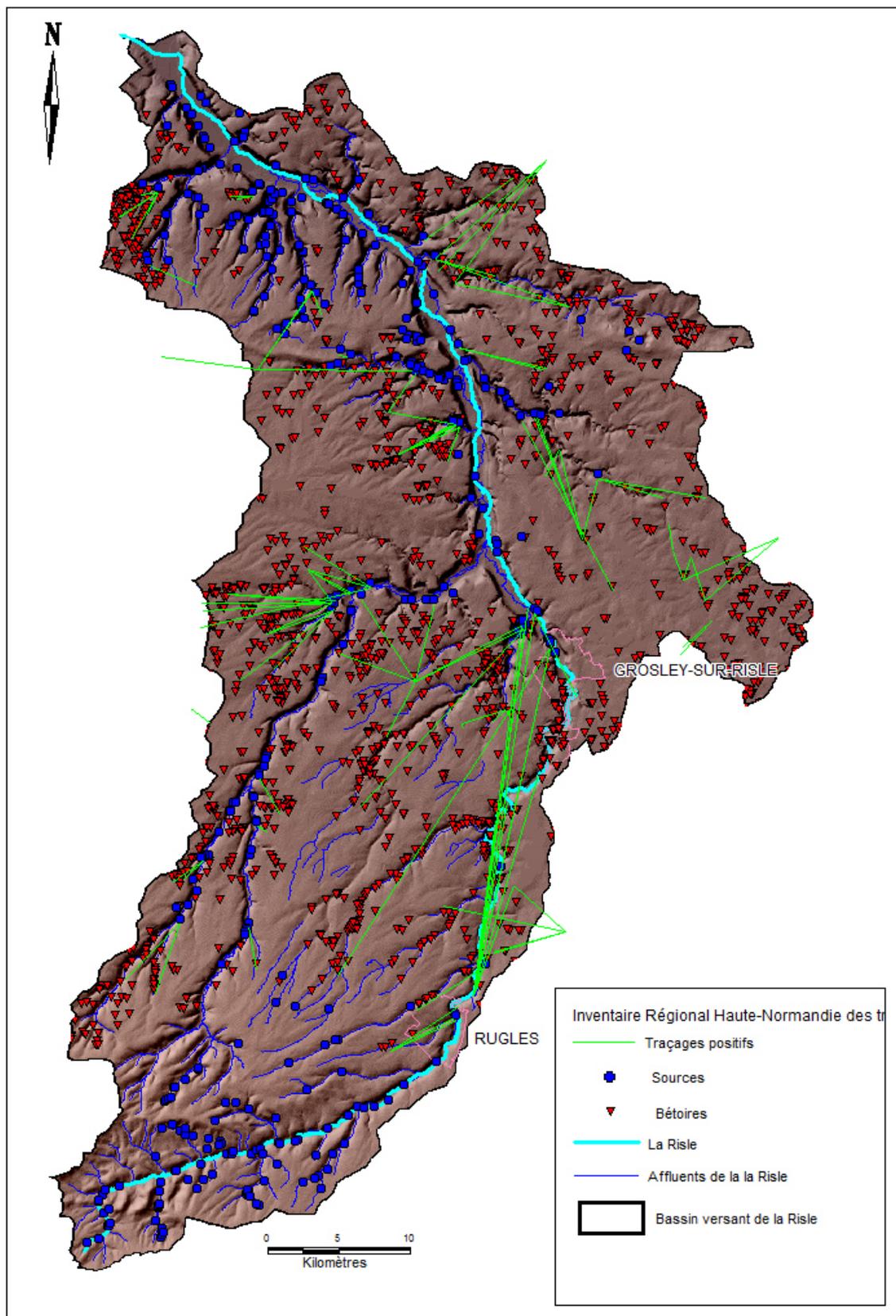


Illustration 7 : Résultats des traçages hydrogéologiques positifs existants dans le bassin de la Risle (extrait de l'inventaire régional Haute-Normandie des traçages, données en libre accès sur le site <http://sigessn.brgm.fr/>)

3. Faits constatés - Eléments recueillis

3.1 TEMOIGNAGES DE PERTE TOTALE DE LA RISLE DANS LE PASSE

Plusieurs témoignages de perte totale de la Risle ont été retrouvés dans la bibliographie.

3.1.1 « Histoire de l'Académie Royale des Sciences – 1758 »

Un paragraphe de ce mémoire est dédié aux « rivières de Normandie qui se perdent et réapparaissent ensuite ». Ces observations ont été faites par M. Guettard sur 5 rivières de Normandie : la Risle et l'Iton en Haute-Normandie et l'Aure, la Sap-André et la Drôme en Basse Normandie.

Cet ouvrage indique que pour la Risle, l'Iton et l'Aure, ces cours d'eau se « perdent peu-à-peu et réapparaissent ensuite ». « Ce qui semble donner lieu à la perte de la Risle, de l'Iton et de l'Aure, c'est la nature du terrain des lieux par où elles passent [...]. Quelquefois il s'affaisse tout d'un coup dans certains endroits et y forme des grands trous. [...] des ouvertures que les gens du pays appellent bétoires, et qui absorbent plus ou moins d'eau, selon qu'ils sont plus ou moins grands. »

« Ces bétoires sont des trous formés en entonnoir, dont le diamètre et l'ouverture est au moins de 2 pieds et va quelquefois jusqu'à 10 et 15 pieds et dont la profondeur varie également depuis 1 à 2 pieds jusqu'à 5, 5 et même 15 pieds et 20. L'eau entre dans ces bétoires [...] en faisant un bruit et une espèce de gargouillement et en tournant en rond [...]. »

« Dans une bétoire qui a 2 ou 3 pied de profondeur et par lequel [la rivière] perd beaucoup d'eau, on ne peut enfoncer un bâton plus loin que la surface de son fond ».

« Le lit et les bords de la Risle, de l'Iton et de l'Aure étant ainsi parsemés de bétoires, il n'est pas étonnant que ces rivières se perdent. **La Risle perd en été presque toute son eau dans l'espace de 2 petites lieues, la même chose arrive à peu près à l'Iton** ».

« Ces bétoires deviennent en hiver, pour la plupart, des fontaines qui refournissent autant d'eau dans le lit de la rivière ».

« On a essayé plusieurs fois de boucher ces bétoires ; mais la force avec laquelle l'eau revient en hiver, emporte presque toujours les matières dont on les avait bouchées. »

3.1.2 Carte physique agricole et industrielle du département de l'Eure – H. Galmot et R. Foucu 19^{ième} siècle

Une carte physique agricole et industrielle du département de l'Eure (H. Galmot et R. Foucu 19^{ième} siècle), carte scolaire, fait apparaître la Risle comme un cours d'eau temporaire sur un tronçon compris entre Noyer-en-Ouche et Fontaine Roger (Illustration 8). Cette même carte mentionne la « Perte de la Risle » à Noyer-en-Ouche.

Ferray a également réalisé un jaugeage de la Risle en 10 points en 1894 (cf. § 3.3.2.1 et Illustration 13) et un traçage de cette bétoire en 1894.

3.1.4 Perte au Val Gallerand en 2005 (rapport BRGM BRGM/RP-54124-FR)

Le rapport BRGM/RP-54124-FR fait état des 2 bétoires ouvertes dans le lit mineur de la Risle constatées le 23 juillet 2005 et ayant entraîné une rupture de l'écoulement de la Risle en aval du Val Gallerand :

« L'historique des faits depuis l'ouverture des pertes a été relaté par l'agent du CSP :

- 23/07/2005 : le CSP a été alerté de la **rupture d'écoulement en aval du Val Gallerand** (localisation à l'illustration 10) par la pisciculture de Beaumont-le-Roger (**assec total du cours d'eau à Grosley-sur-Risle**). D'après le maire de Grosley-sur-Risle et l'agent du CSP, aucun assec de la Risle n'avait auparavant été observé sur la commune ;
- 26/07/2005 : visite sur le terrain du CSP et rédaction d'un rapport d'intervention. D'après les témoignages recueillis, 2 bétoires, distantes de 4 m, se sont ouvertes dans le lit de la rivière, l'une d'un diamètre apparent de l'ordre de 2 m (la plus en amont) et l'autre d'un diamètre de l'ordre de 1 m. Un léger écoulement était alors de nouveau visible en aval des pertes ;
- 11/08/2005 : un agriculteur a procédé au comblement des 2 trous par des blocs de silex, centimétriques à décimétriques, curés dans le lit de la rivière à la pelle mécanique (essentiellement en bordure droite) ;
- fin août 2005 : à la demande de la pisciculture, qui s'est plainte d'une baisse importante du débit des sources depuis la fermeture des bétoires, il a été procédé à la réouverture de la plus petite des bétoires (la plus en aval). Pour retrouver la perte, l'enlèvement d'un volume de matériaux de l'ordre de 2 m³ a été nécessaire ;
- depuis l'ouverture des bétoires, l'agent du CSP a constaté des variations dans les débits absorbés par les bétoires.

Lors de la visite du BRGM, la bétoire amont était comblée et l'observation des lignes de courant ne semblait pas indiquer des pertes par infiltration importantes. »

L'illustration 9 présente le vortex observable sur la bétoire n°2.

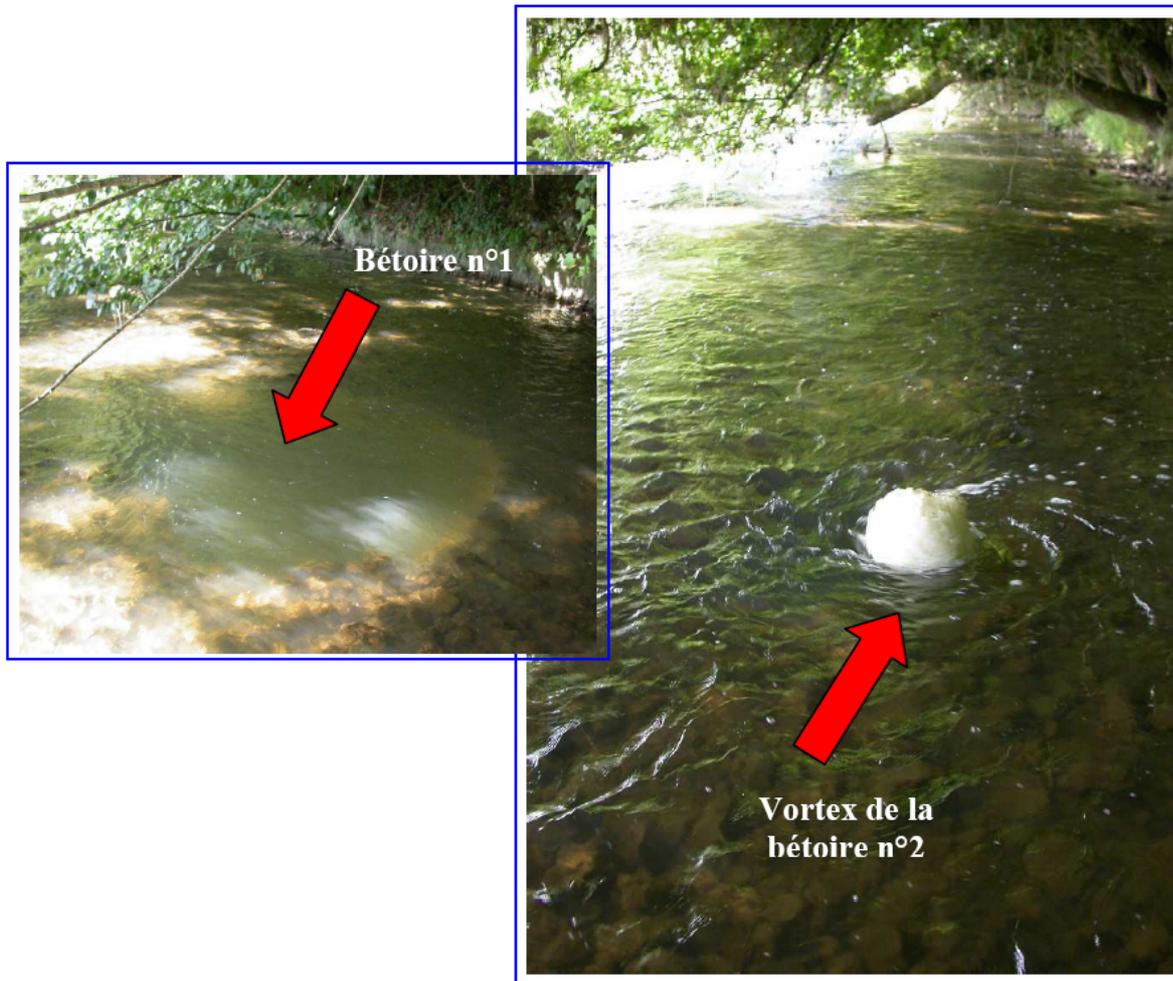


Illustration 9 : Bétoires dans le lit mineur de la Risle au Val Gallerand en 2005 (source : CG27, Val Gallerand à Grosley, juillet 2005)

3.1.5 Bilan de ces témoignages

Ces 4 documents :

- mentionnent des pertes totales de la Risle à des périodes différentes (1752, 19ième siècle, 1894 et 2005) ; le document 1894 fait état d'assecs sur 7-8 km en période estivale ;
- indiquent que ces pertes totales sont saisonnières (estivales),

La reconnexion entre la nappe et la rivière en période de hautes eaux est mentionnée par le rapport de 1758 qui fait état de « bétoires fontaines ».

La position de ces pertes totales n'est pas toujours constante :

- perte de la Risle à Noyer-en-ouche (H. Galmot, 19ième),
- perte totale au niveau de la jonction voie ferrée / Risle (Ferray 1894),
- perte au val Gallerand (Arnaud, 2005) (les pertes signalées en 1894 et 2005 sont proches, il est possible qu'il s'agisse de la même perte, la localisation de 1894 étant peu précise).

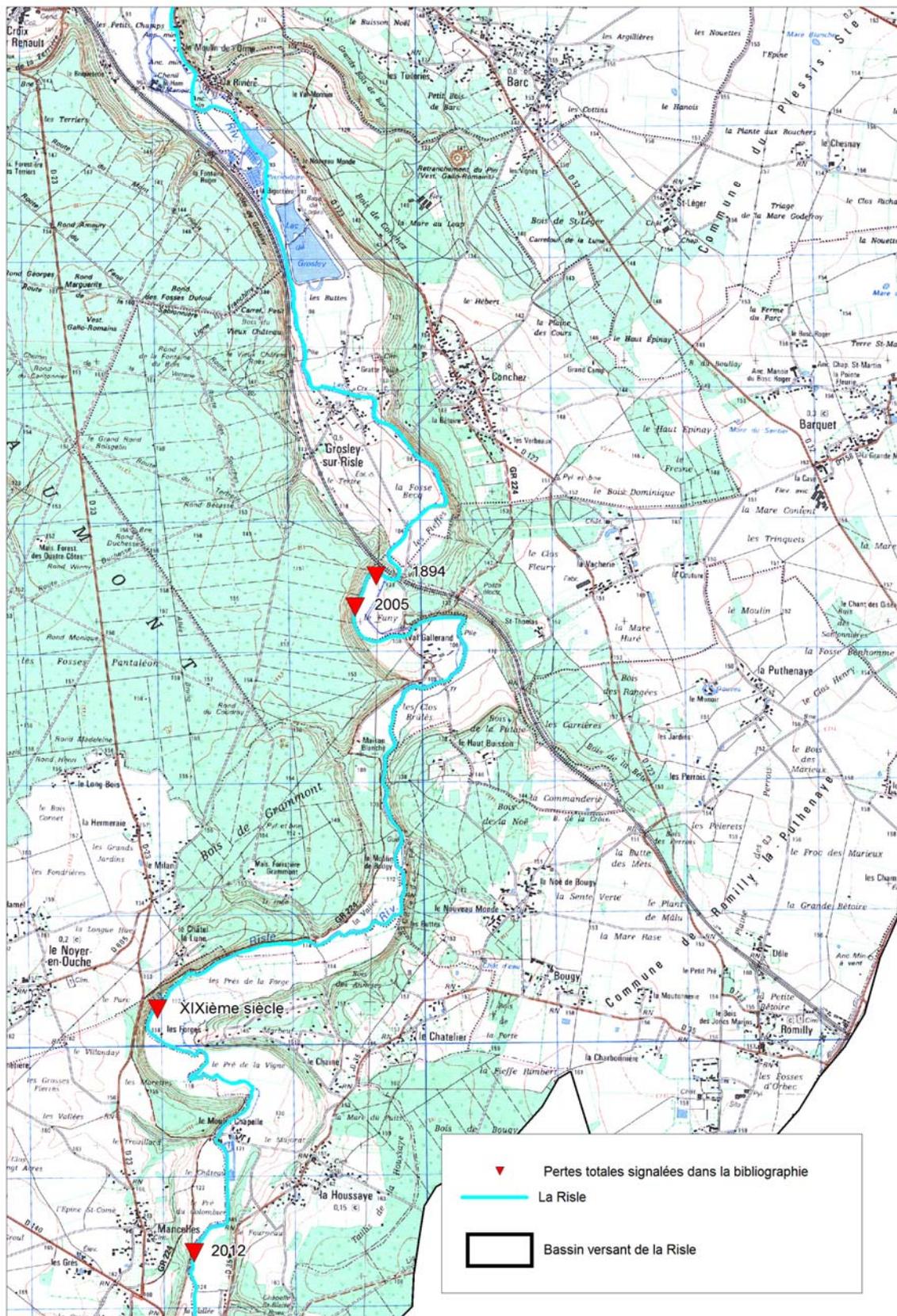


Illustration 10 : Historique des pertes totales mentionnées dans la bibliographie

3.1.6 Exemple de cours d'eau connaissant des pertes totales dans la région

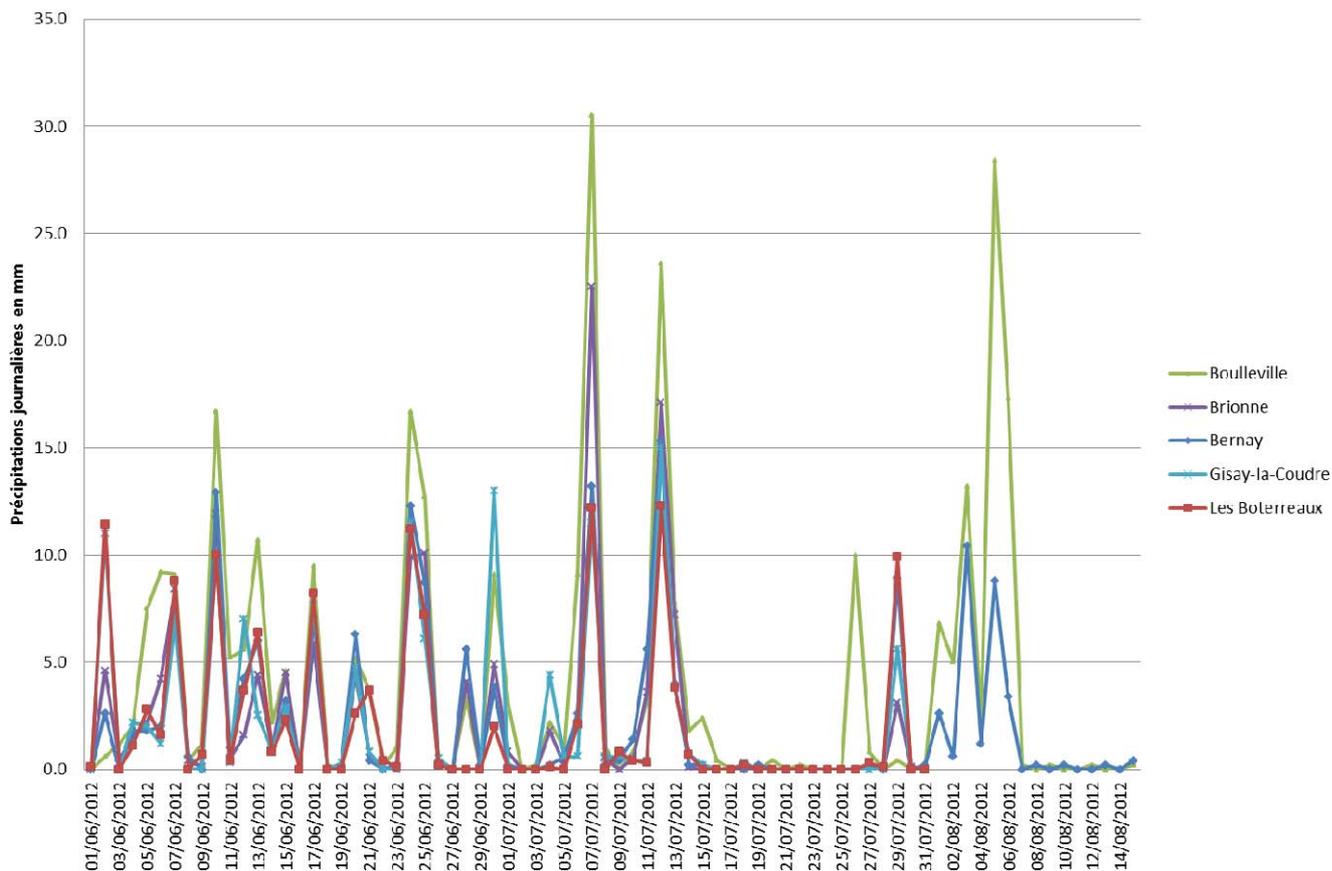
Le département de l'Eure compte plusieurs exemples de cours d'eau affectés par des pertes totales : l'Iton dont la perte totale est saisonnière (estivale) ; le Guiel dont la perte totale est quasi-permanente. D'après l'état des lieux du SAGE de la Risle au lieu-dit "le Moulin du Chesnay", les eaux de la Guiel s'infiltrent dans le sol au niveau de pertes et disparaissent totalement de la surface sur un peu plus de 2,5 kilomètres. **Sur ce parcours, en dehors des périodes d'excédent hydrique où une circulation d'eau reprend en surface, la vallée de la Guiel présente donc les caractéristiques d'un talweg sec.**

3.2 DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données des précipitations journalières ont été récupérées auprès de Météo France sur la période : 1^{er} juin – 14 août 2012 pour 5 stations situées dans le bassin de la Risle : Boulleville, Brionne, Bernay, Gisay-la-Coudre et Les Bottereaux (respectivement de l'aval vers l'amont).

Ces données sont présentées à l'illustration 11. Il apparaît que les précipitations ont été nulles ou quasi-nulles pendant 11 jours précédant l'ouverture de la bétoire (28/07) excepté sur la station de Boulleville mais située à l'extrême aval du bassin. Des épisodes pluvieux supérieurs à 5 mm ont ensuite été mesurés les 29/07, 03/08 et 05/08.

L'effondrement ne semble ainsi pas lié à un épisode pluviométrique important.



	Les Botterreux	Gisay-la-Coudre	Bernay	Brionne	Bouleville
21/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
23/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26/07/2012	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
27/07/2012	0.3	0.0	0.2	0.0	0.8
28/07/2012	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
29/07/2012	9.9	5.6	8.9	3.1	0.4
30/07/2012	tr.	0.0	0.0	0.1	0.0
31/07/2012	tr.	0.0	0.2	0.0	0.2
01/08/2012	n.d.	n.d.	2.6	n.d.	6.8
02/08/2012	n.d.	n.d.	0.6	n.d.	5.0
03/08/2012	n.d.	n.d.	10.4	n.d.	13.2
04/08/2012	n.d.	n.d.	1.2	n.d.	2.2
05/08/2012	n.d.	n.d.	8.8	n.d.	28.4
06/08/2012	n.d.	n.d.	3.4	n.d.	17.3
07/08/2012	n.d.	n.d.	0.0	n.d.	0.2
08/08/2012	n.d.	n.d.	0.2	n.d.	0.0
09/08/2012	n.d.	n.d.	0.0	n.d.	0.2
10/08/2012	n.d.	n.d.	0.2	n.d.	0.0
11/08/2012	n.d.	n.d.	0.0	n.d.	0.0
12/08/2012	n.d.	n.d.	0.0	n.d.	0.2
13/08/2012	n.d.	n.d.	0.2	n.d.	0.0
14/08/2012	n.d.	n.d.	0.0	n.d.	0.0
15/08/2012	n.d.	n.d.	0.4	n.d.	0.2

Illustration 11 : Données des précipitations journalières sur la période 1^{er} juin – 14 août 2012 pour 5 stations météo de la Risle (données Météo France) (n.d. = données non disponibles)

3.3 DONNEES HYDROLOGIQUES

3.3.1 Catégories piscicoles de la Risle

D'après l'état des lieux du SAGE de la Risle, l'intégralité du cours de la Risle et de ses affluents est classée en 1ère catégorie piscicole (arrêté ministériel du 19 novembre 1991, article 5). Par contre, un certain nombre d'étangs ou anciennes gravières présents dans le lit majeur de la Risle ou de ses affluents est classé en seconde catégorie (lac de Grosley (commune de Grosley) notamment).

3.3.2 Campagnes de jaugeage de la RISLE

2 campagnes de jaugeage ont été réalisées lors des assecs de la Risle de 1894 et 2012.

3.3.2.1 *Campagne de 1894*

En 1894, Ferray a réalisé une campagne de jaugeage qui a mis en évidence des pertes de débit dans le tronçon de la Risle compris entre Rugles et Beaumont-le-Roger.

Les débits de la Risle mesurés lors de cette campagne sont les suivants :

Localité	Débit de la Risle (l/s)	Gain / perte (l/s)	Gain/perte spécifique (l/s/km)
A Rugles	2160		+55
A la Vieille Lyre	1660	- 500	-35
La Ferrière sur Risle	700	- 940	-80
A Romilly la Puthenay	360	- 240	-35
Le Val-Gallerand (Grosley-sur-Risle)	0 (à sec)	- 360	-130
Fontaine-Roger (Beaumont le Roger)	Filet d'eau		0
Beaumont le Roger (ville)	1920	+1920	+769
Moulin le Parc (Beaumontel)	2130	+ 210	+148
La Rivière Thibouville	4130	+ 2000	+240
Pont-Audemer	12100	+ 7970	+215

Cette campagne de jaugeage confirme les constats réalisés à partir de l'inventaire de bétoires et sources : on retrouve les 3 tronçons hydrauliques de la Risle :

- des sources de la Risle à Rugles : la Risle draine la nappe ; elle gagne environ 55 l/s/km ;

- de Rugles à Grosley-sur-Risle : le cours d'eau perd du débit. La campagne a permis d'identifier 2 secteurs où les pertes sont particulièrement intenses : 1) entre la Vieille Lyre et la Ferrière-sur-Risle et 2) entre Romilly la Puthenay et Val-Gallerand. A noter que tout le débit se perdait au niveau de la bétoire de Val-Gallerand lors de cette campagne de jaugeage. La somme des débits perdus entre Rugles et le Val Gallerand est de 2160 l/s ;
- de Beaumont-le-Roger à l'estuaire de la Seine : la rivière redevient drainante et se trouve alimentée par la nappe de la craie. Le gain apporté par les sources et les affluents est variable suivant les tronçons (entre +148 et +770 l/s/km). Le gain le plus important est concentré au niveau de Beaumont-le-Roger où la Risle, après l'assec de Val Gallerand récupère 90% du débit qu'elle avait à Rugles (+770 l/s/km).

3.3.2.2 **Campagne d'août 2012**

La DREAL-SRE a effectué des jaugeages début août 2012 en 5 points de la Risle. Les résultats obtenus sont les suivants :

Localité	Débit de la Risle (l/s)	Gain / perte (l/s)	Gain/perte spécifique (l/s/km)
A Rai	613	+613	+25
A Ambenay	958	+345	+19
A la Houssaye (en amont immédiat de la perte)	816	-142	-6
A la Houssaye (aval de la bétoire)	A sec	-816	-80 000
A la sortie des bassins de la pisciculture	667	+667	+444
A Beaumontel	2700	+2033	+546
A Pont Authou	6770	+4070	+190

La somme des débits perdus entre Ambenay et la Houssaye est de 958 l/s.

Les gains et pertes par mètre linéaire de cours d'eau (gains et pertes spécifiques) sont cartographiés à l'illustration 13.

3.3.3 Débits horaires à Rai et Pont-Authou

La DREAL Haute-Normandie dispose de 2 stations de suivi des débits de la Risle en continu : l'une située sur la commune de Rai, l'autre sur la commune de Pont-Authou, respectivement à l'amont et à l'aval de la bétoire. La bétoire s'est ouverte le 28/07/2012 et a engouffré la totalité du débit à cet endroit.

La chronique des débits horaires à la station de jaugeage de Pont-Authou (Illustration 12) ne semble pas mettre en évidence de décrochage significatif des débits de la Risle à la suite de

l'ouverture de la perte totale la Risle à la Houssaye le 28/07/12.. On peut toutefois noter que l'épisode de tarissement observé les 28 et 29/07/12 sur le débit de la Risle est plus marqué à la station située à l'aval de la perte (Pont-Authou) (récession de 0,19 m³/s) qu'à l'amont de la perte (récession de 0.012m³/s). Cette récession différentielle observée entre les 2 stations amont et aval est peut-être dûe au temps de rééquilibrage hydraulique (temps de parcours souterrain du cours d'eau plus long que le parcours superficiel).

Ces observations semblent ainsi confirmer le fait que la totalité des débits perdus dans la bétoire de la Houssaye sont restitués à Beaumont-le-Roger (cf. résultat du traçage réalisé par l'université de Rouen début août 2012 (§ 3.4.2). Ces débits perdus ont été quantifiés par la campagne de jaugeage réalisée par la DREAL le 06/08/2012 (§ 3.3.2.2).

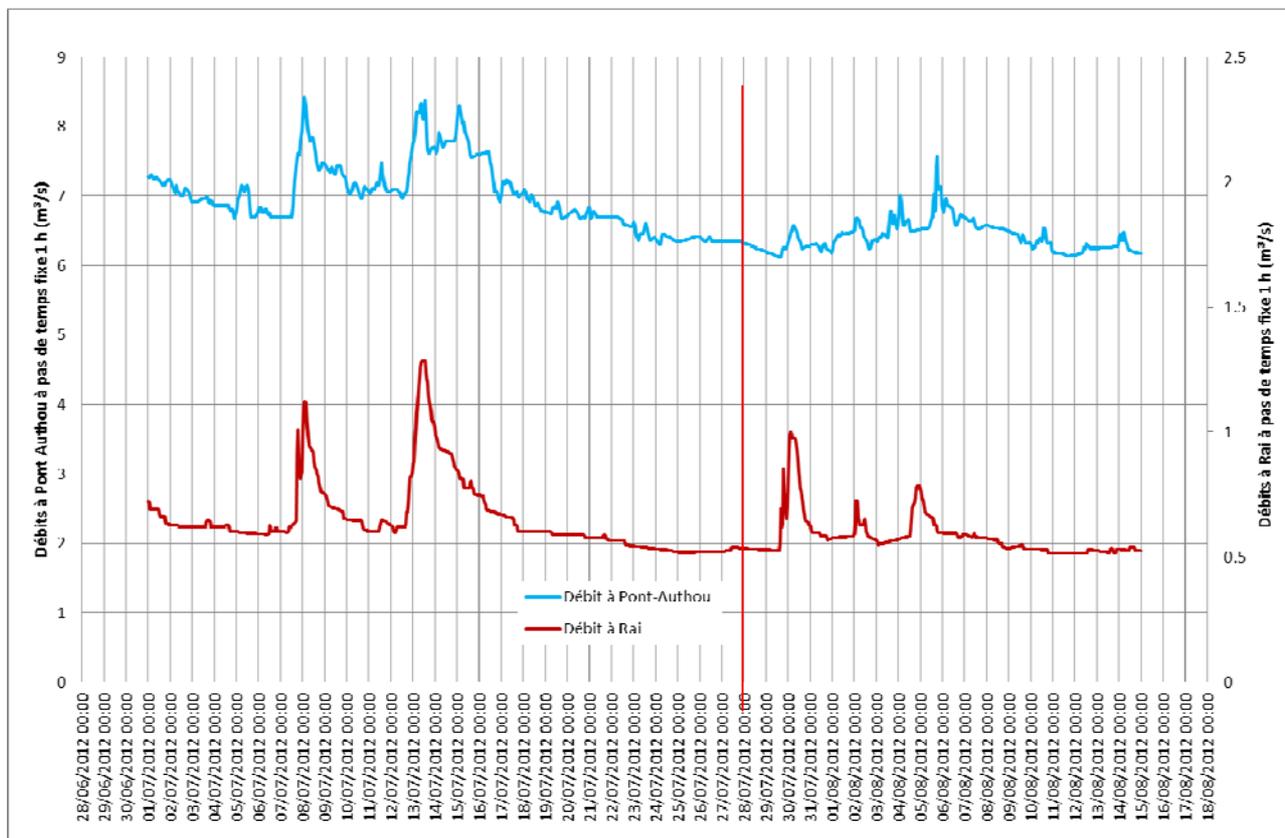


Illustration 12 : Débits horaires enregistrés aux stations de jaugeage de Rai et Pont Authou sur la Risle (données DREAL HN)

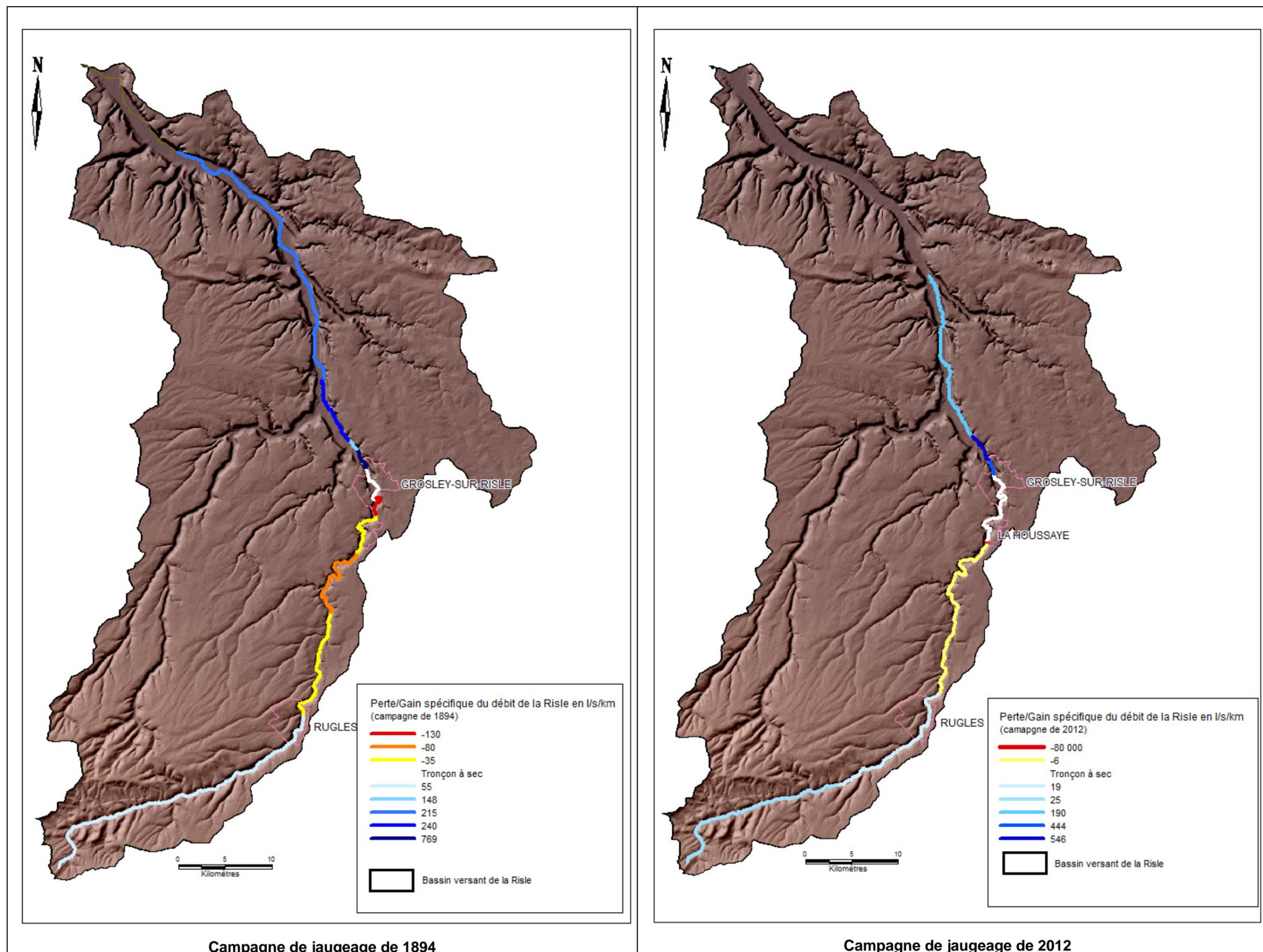


Illustration 13 : Cacul des gains spécifiques (apport de la nappe et des affluents) et des pertes spécifiques (pertes vers la nappe) de débit de la Risle

Perte totale de la Risle, la Houssaye (27), Bétoire n°18262

3.4 DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

3.4.1 Situation hydrogéologique de l'été 2012

Dans le cadre du réseau piézométrique patrimonial géré par le BRGM (et dont les données sont publiques et disponibles sur le site internet ADES), nous disposons d'un point de suivi (ouvrage N° BSS : 0149X0009/S1) situé à Goupillières à 14 km au Nord de la bétoire de la Houssaye (Illustration 14). Sur cet ouvrage, les données piézométriques sont disponibles de 1973 à aujourd'hui.

Ce piézomètre montre que les mois de juillet et août 2012 se situent dans un contexte de très basses eaux. Seules les années 1974 et 1994 ont connu des niveaux plus bas que ceux enregistrés cette année. Il s'agit d'une situation sèche de période de retour supérieure à 10 ans (Illustration 15).

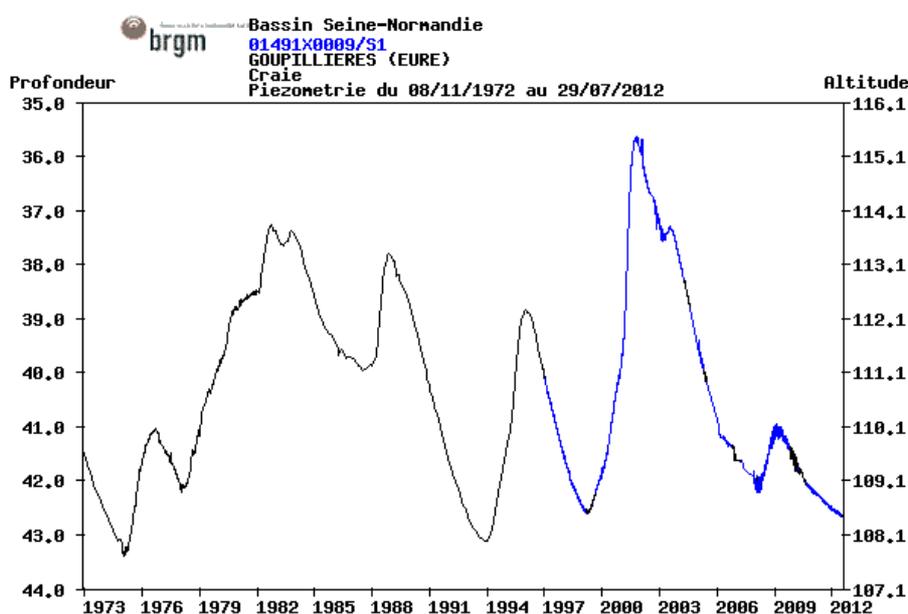


Illustration 14 : Suivi piézométrique 0149X0009/S1 situé à Goupillières à 14km au Nord du site d'étude (Coordonnées Lambert II étendu : X : 485548 m Y : 2458526 m)

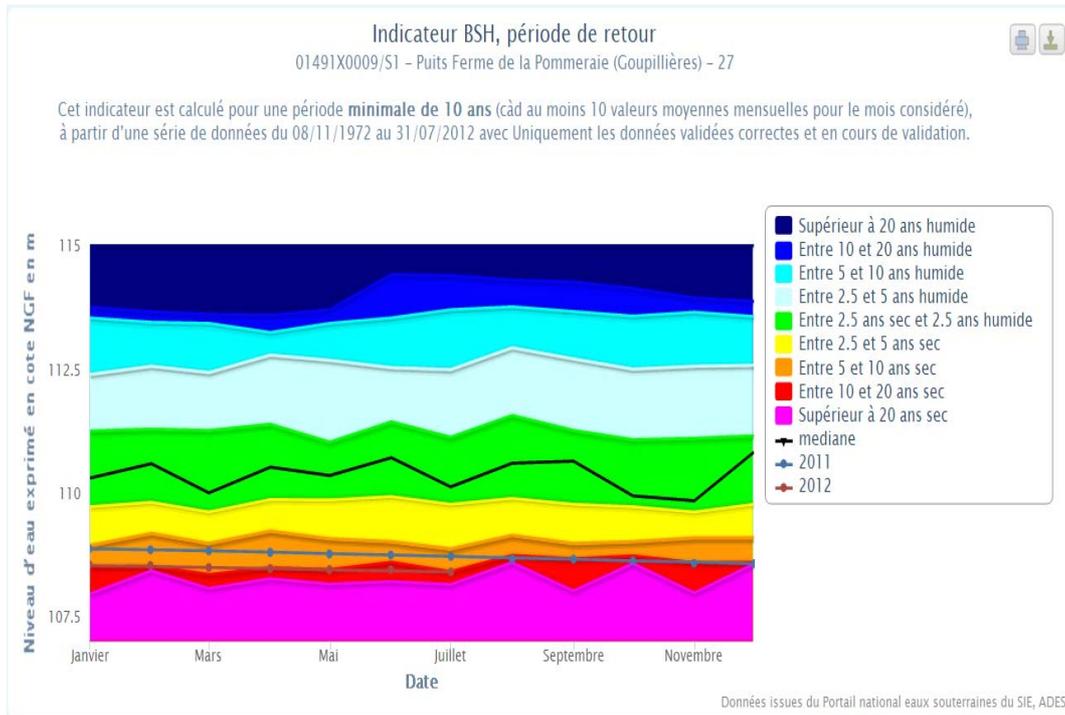


Illustration 15 : Suivi BSH du piézomètre 0149X0009/S1 situé à Goupillières à 14 km au Nord du site d'étude (Coordonnées Lambert II étendu : X : 485548 m Y : 2458526 m)

3.4.2 Résultats de l'opération de traçages du 2 août 2012

Un traçage artificiel par injection de fluorescéine (3kg) dans la bétoire B18262 a été réalisé le 2 août 2012 à 15h par l'Université de Rouen. Le protocole du suivi et les résultats sont décrits dans la note de l'Université en Annexe 8.2.

Le traceur est réapparu au niveau des sources de « Fontaine Roger », « sources de la ballastière SNCF, sources de la Bave en amont de la confluence avec la Risle (Illustration 14). Les courbes de restitution sont disponibles (cf. annexe 8.2). La vitesse de transit est estimée à 200 m/h. 35% de la masse de traceur injectée dans la bétoire a été restitué au niveau des sources situées à l'amont de la pisciculture et 5% au niveau des sources situées dans la vallée de la Bave à l'amont de sa confluence avec la Risle (donnée Université de Rouen).

Les résultats de ce traçage aux sources confirment les résultats des traçages réalisés dans le passé concernant la restitution des pertes au niveau des différentes résurgences de Beaumont-le-rogier.

Par ailleurs, d'après les résultats de ce traçage, les 3 captages AEP suivis (forage 01491X0045 de BEAUMONT-LE-ROGER, forages 01491X0023 ou 01491X0022 de BEAUMONTEL et forage 01491X0046 de NASSANDRES) n'auraient pas été atteints par le traceur et ne seraient donc pas en lien direct (dans les conditions actuelles de basses eaux) avec la bétoire B18262.

Cette hypothèse semblerait être confirmée par le suivi de la turbidité réalisé sur les captages de Nassandres et Beaumontel (suivi réalisé en continu sur le captage de Nassandres et de façon manuelle sur le captage de Beaumontel). Celui-ci n'a pas mis en évidence d'augmentation significative de la turbidité depuis l'ouverture de la bétoire.

Cependant, il demeure des incertitudes concernant les résultats de ce traçage aux captages AEP. Ces incertitudes sont liées au protocole de suivi. En effet, s'agissant de puits ou forage, la prise d'échantillon doit être réalisée par pompage. Les modalités de prélèvements réalisés sur ces 3 ouvrages AEP ne sont pas connues. Il semble que ces ouvrages n'étaient pas tous en exploitation au moment de la prise de tous les échantillons. Or une mise en pompage en continu pendant la

période de suivi du traçage, permet de maintenir un cône de rabattement assurant un prélèvement représentatif de la nappe.

Une seconde incertitude concerne la durée de suivi. Celle-ci a été de 5 jours seulement. Cette durée de suivi ne semble pas suffisante pour suivre tous les connexions potentielles dont la vitesse est considérée comme représentative d'un écoulement karstique.

De plus, un traçage réalisé le 14/09/1982 par injection du colorant directement dans la Risle au niveau du pont d'Ambenay avait montré une connexion avec le captage de Beaumontel (01491X0022/). Ce traçage, réalisé en 1982, a pour avantage d'avoir été réalisé en période de hautes-eaux. Il présente en revanche l'inconvénient d'avoir été effectué à l'aide de fluocapteurs, moyen de suivi très répandu à cette époque. Le mode d'analyse (analyse visuelle, fluorimètre, spectrofluorimètre..) n'est pas précisé dans le rapport. Le principal inconvénient de l'utilisation de fluocapteurs est l'adsorption simultanée d'autres éléments (matière organique naturelle par exemple) susceptibles de créer une fluorescence parasite (faux positif). Toute fluorescence doit être vérifiée par spectrofluorimétrie afin de s'assurer que celle-ci est bien provoquée par le traceur que l'on recherche. Compte tenu du fait que nous ne connaissons pas les appareils d'analyse utilisés en 1982, il ne peut être exclu l'hypothèse des faux positifs.

A noter que :

- le forage AEP de Beaumont-le-Roger (n°01491X0045) est crépiné entre 1,5 et 4,5 m de profondeur). Ce forage ne capte donc pas la craie mais les alluvions de la Risle (ces 2 nappes sont néanmoins en équilibre) ;
- les forages AEP de Beaumontel : forage 01491X0023 et 01491X0022 : profondeur 20 m, crépiné de 15 à 20 m captant la craie ;
- le forage AEP de Nassandres (n°01491X0046) : profondeur 22 m, crépiné de 3 m à 22 m ; ce forage capte la craie du Cénomanién.

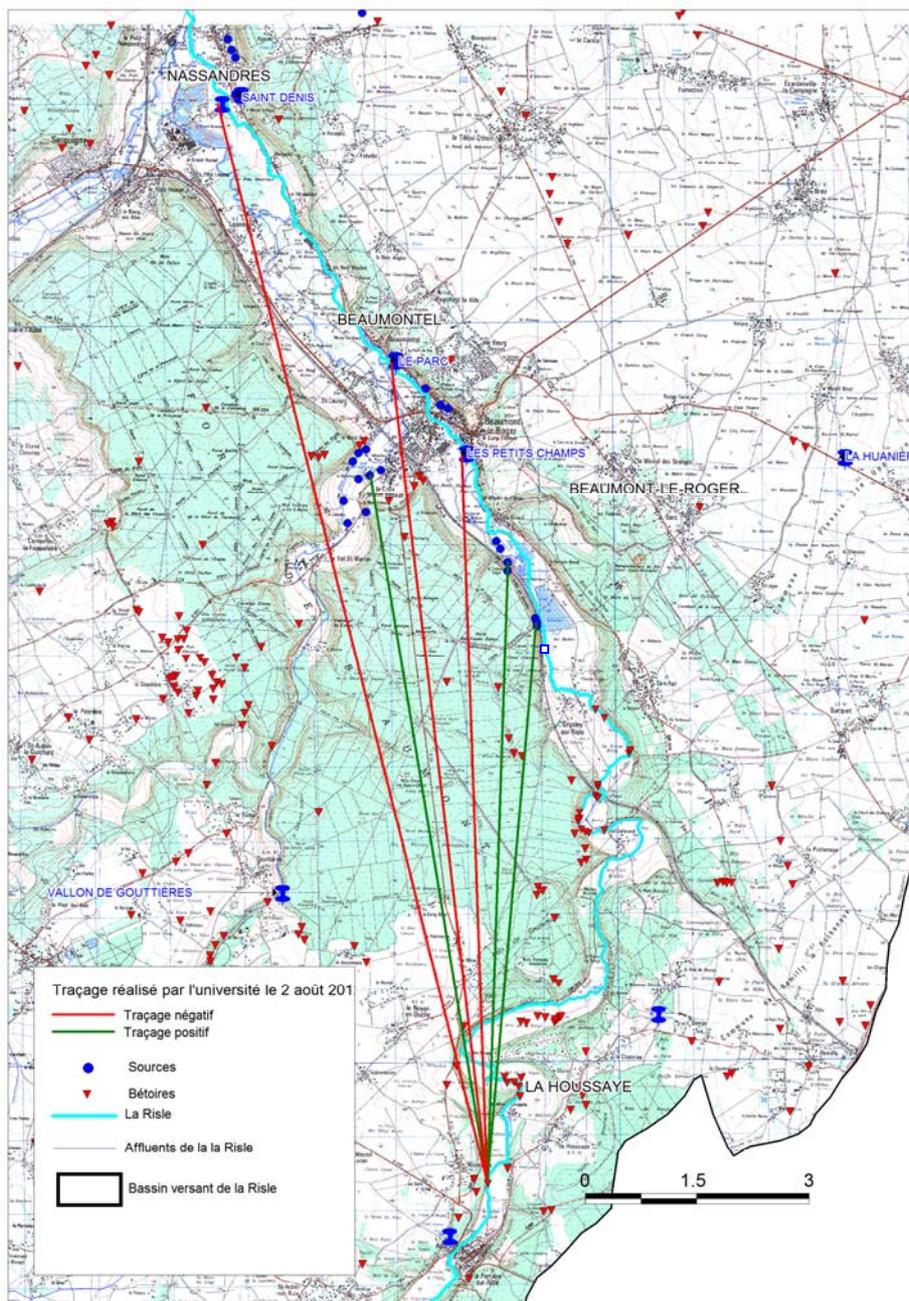


Illustration 16 : Cartographie faite sur la base des résultats de l'opération de traçages transmis par l'université de Rouen (cf. annexe 7.1)

3.5 OBSERVATIONS DU BRGM SUR LE TERRAIN

Le BRGM s'est rendu sur site à deux reprises : le 08/08/2012 en compagnie de la DREAL pour une observation de la bétoire ainsi que pour un recensement des bétoires présentes dans le lit asséché de la Risle et le 22/08/2012 pour observer les ouvrages d'art et le bâti.

3.5.1 Description de la bétoire de la Houssaye (B18262)

La bétoire n°18262 (X : 486 640 m ; Y : 2 444 301 m LII étendue), située dans le lit mineur de la Risle, engouffrait le 08/08/2012 la totalité du débit (aucun écoulement à l'aval immédiat de la bétoire). L'assec était ce jour-là observable sur tout le linéaire du cours de la Risle compris entre la bétoire et le point de reconnexion de la nappe et de la rivière observé ce jour-là en amont du lac de Grosley (X : 487 420 m ; Y : 2 451 537 m LII étendue).

Cette perte est liée à un effondrement de 4 m de diamètre environ en forme de cloche.

Cet effondrement laisse apparaître une coupe des terrains composant le lit de la Risle. Ce lit est composé d'alluvions très fins, argileux avec des passées caillouteuses d'une épaisseur estimée à 2 mètres environ. Ces alluvions reposent sur la craie visible dans le fond de la bétoire (cf. Illustration 17).

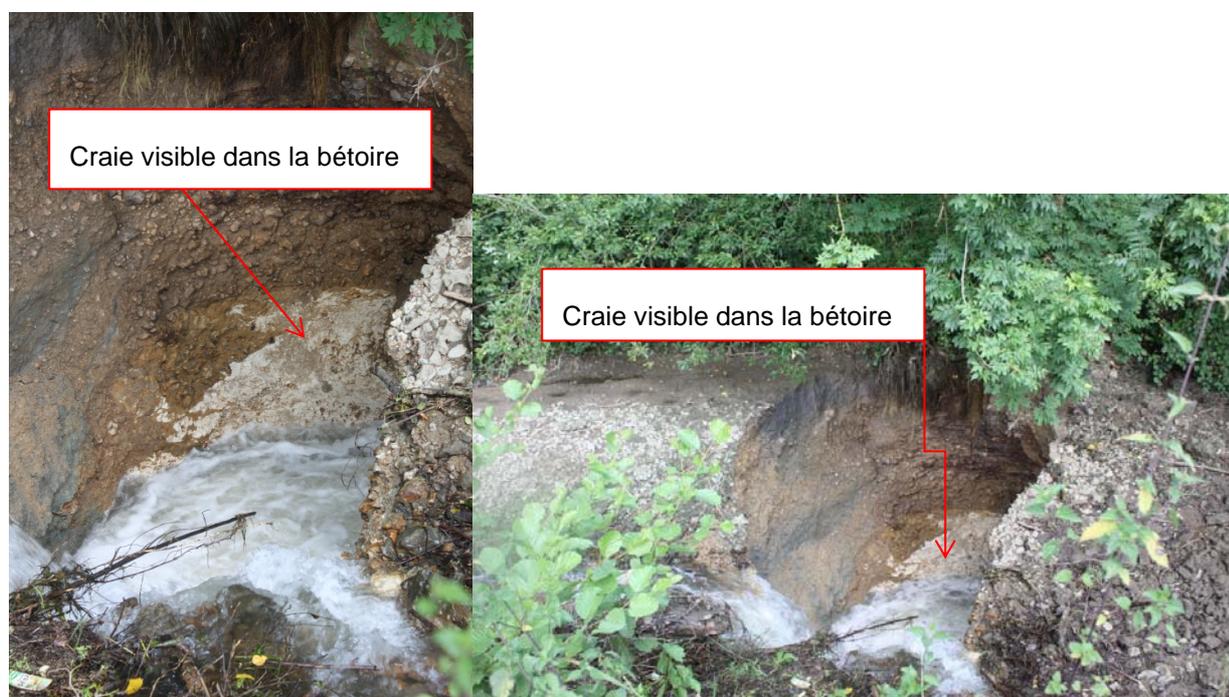


Illustration 17 : Photos du 30/07/2012 : craie apparente (photo du BE Eco-environnement)

La comparaison des photos prises à différentes dates, permet de visualiser une érosion régressive des alluvions fines en amont de la bétoire (Illustration 18).

Cela a abouti à la création d'un petit chenal encaissé d'1 mètre de profondeur par rapport à l'ancien niveau du lit du cours d'eau. Une dénivellation dans le lit du cours d'eau apparaissait ainsi le 08/08/2012 à environ 4 m en amont de la bétoire (Illustration 19)



Illustration 18 :Erosion à l'amont de la bétoire B18262 (érosion régressive entre le 30/07/2012 et le 08/08/2012)



Illustration 19 : Dénivellation du lit du cours d'eau à environ 4m en amont de la bétoire provoquant une petite cascade de 1 m de hauteur environ (observation du 08/08/2012)

Lors de notre second passage sur site le 22/08/2012, les observations suivantes ont été faites :

- présence d'une tranchée de dérivation d'environ 2,60 m de large et 1,40 m de profondeur (cf. Illustration 20). Cette tranchée était rendue inactive par un tas de terre empêchant l'entrée de la Risle ; d'après les renseignements pris par ailleurs, cette tranchée aurait été réalisée le 20/08/2012 après-midi ;

- la Risle coulait dans son lit naturel ; la bétoire était ennoyée (cf. Illustration 21) et un écoulement réduit avait repris en aval de la bétoire jusqu'au moins à hauteur du lieu-dit « Les Forges » ;
- A partir du lieu-dit « Les Forges » la Risle était de nouveau à sec (cf. Illustration 22 à Illustration 25).



Illustration 20 : Tranchée de dérivation de la risle réalisée le 20/08/2012 d'environ 2,60 m de large et 1,40 m de profondeur (Photo du 22/08/2012)



Illustration 21 : Photo de la bétoire B18262 le 22/08/2012



Illustration 22 : Ecoulement visible de la Risle à l'aval immédiat de la bétoire B18262 le 22/08/2012



Illustration 23 : Ecoulement visible de la Risle au lieu-dit Moulin de la Chapelle le 22/08/2012



Illustration 24 : Ecoulement visible de la Risle au lieu-dit Les Forges le 22/08/2012



Illustration 25 : Observation de la Risle à sec au Val Gallerand le 22/08/2012

3.5.2 Recensement des bétoires dans le lit asséché de la Risle

Le 08/08/2012, le lit asséché de la Risle a été parcouru par la DREAL et le BRGM afin de recenser les pertes existantes sur ce tronçon. En effet un plan réalisé par les Ponts et Chaussées en 1898 recensait de nombreuses bétoires sur ce secteur (cf. plan en Annexe 8.3). 2 tronçons ont été parcourus à pied : 1) du Val Gallerand au Lac de Grosley-sur-Risle et 2) de la bétoire B18262 au lieu-dit Les Forges. Sur ces 2 tronçons, 5 bétoires et 10 indices de bétoires ont été identifiées. Le tronçon situé entre le lieu-dit Les Forges » et le Val Gallerand n'a pu être observé faute de temps. Ces observations ont été intégrées dans la base de données régionale Haute-Normandie des bétoires et sont présentées à l'illustration 26.

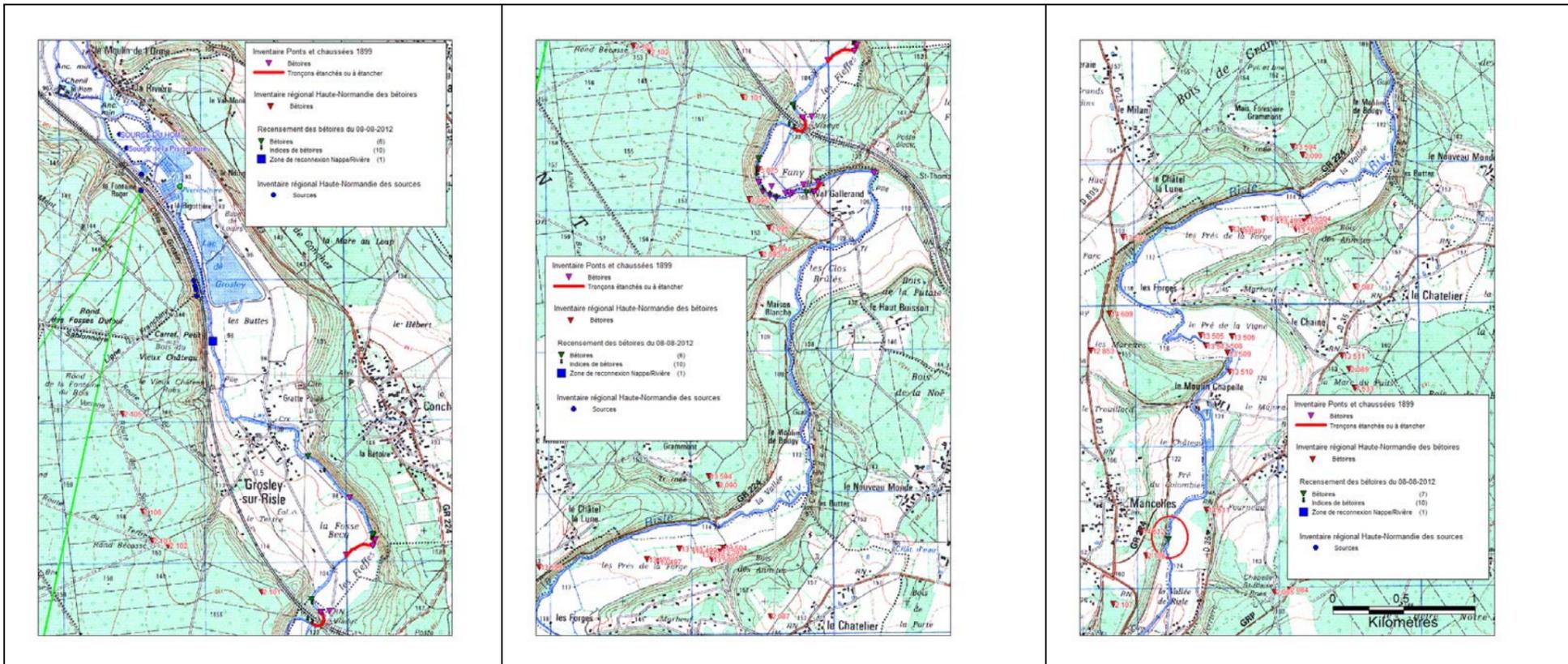


Photo de la béttoire B18263 dans le lit de la Risle le 08/08/2012



Photo de la béttoire B18274 dans le lit de la Risle le 08/08/2012



Photo de la béttoire B18280 dans le lit de la Risle le 08/08/2012



Photo des béttoires B18286 et B18285 dans le lit de la Risle le 08/08/2012



Photo de la béttoire B18319 dans le lit de la Risle le 08/08/2012

Illustration 26 : Inventaire des béttoires présentes dans le lit de la Risle à l'aval de l'engouffrement actuel - Journée terrain réalisée le 08/08/2012 par la DREAL et le BRGM

Perte totale de la Risle, la Houssaye (27), Bétoire n°18262

3.5.3 Observations des ouvrages d'art et du bâti

3.5.3.1 *Pont du val Gallerand*

La mise en assec de la Risle a permis une observation directe des deux piles du pont situées dans le lit mineur du cours d'eau.

Les deux piles sont déjà sensiblement affouillées :

- la pile nord (Illustration 26) reste encore peu touchée : l'affouillement touche essentiellement le flanc sud (coté axe central du cours d'eau) de la pile et sur la façade amont sur une profondeur maximale d'une 20aine de centimètres. La base de la pile présente juste une légère fissuration sur la façade coté aval encore peu développée ;
- la pile sud (Illustrations 27 et 28) est bien plus touchée là encore sur le flanc sud (coté rive) de la pile et sur la façade amont sur une profondeur atteint la largeur de 40cm et la mise à nu entre la base de la pile et les alluvions dépasse le mètre. La base de la pile présente là aussi une légère fissuration peu développée sur la façade coté aval (de direction essentiellement verticale mais aussi horizontale, d'ouverture généralement inframillimétrique) et même un peu sur la façade amont.

On notera aussi que la base du mur de culée côté sud (rive érosive) est également affouillée (Illustration 28) sur 20 à 30 cm de profondeur avec une mise à nu sur une hauteur de 30 à 40 cm.



Illustration 27 : Pile nord légèrement affouillée et fissuration de sa façade aval



Illustration 28 : Pile sud largement affouillée sur un coin amont et fissuration de sa façade amont



Illustration 29 : Fissuration de la pile sud sur sa base aval et début d'affouillement de la culée sud de l'ouvrage

Le reste de la structure de l'ouvrage ne présente pas d'autres indices particuliers, notamment aux points de raccord des piles et du radier.

La fissuration reste trop peu importante pour indiquer un possible mouvement significatif des assises du sol à la base des piles. Par contre, le processus d'affouillement des piles est déjà bien entamé. Il reste encore pour l'essentiel périphérique, limité à la base élargie des piles, et la section non affouillée de la base des piles reste plus importante que la section des piles sous le radier : le report des charges de la structure sur les assises de fondation reste pour l'instant préservé et ne remet pas en cause la stabilité de la structure à l'immédiat. Mais l'affouillement amont de la pile sud commence à être sévère et toute progression de l'affouillement à l'avenir risquerait d'entraîner

assez rapidement un comportement différentiel et dissymétrique de la fondation d'appui, pouvant remettre en cause son rôle d'assises de la structure et à terme la stabilité de l'ouvrage surtout en période de crues. Il conviendrait de lancer dès à présent (programmation puis mise en œuvre) des travaux de remise en état des piles. Lors de la visite du 08 août 2012, des agents de la communauté de communes (?) étaient justement en train d'inspecter l'ouvrage.

La bétoire en aval du pont, B18263 (Illustration 25) signalée par de la rubalise sur l'illustration 26 en arrière de la pile est à une distance suffisante en aval pour ne pas être en mesure d'interférer avec le pont mais comme il s'agit d'une perte ouverte, elle pourrait continuer à évoluer sur un court terme et favoriser entre autres l'érosion de la rive sud immédiate. Le suivi de son évolution reste à assurer de manière occasionnelle.

Dans l'amont proche du pont, l'aménagement d'un auget a été mis en place anciennement sur la rivière. Dans le chenal canalisé, l'eau a ponctuellement percé le radier (avec mise à jour du ferrailage) et à l'entrée de ce seuil, une passerelle piétonne a une des culées déjà bien endommagée qui pourrait évoluer à la ruine si aucun travail d'entretien et de consolidation n'est entrepris à temps.



Illustration 30 : Percement ponctuel du radier du chenal de jaugeage et culée de passerelle endommagée faute d'entretien suffisant

3.5.3.2 **Viaduc SNCF**

En amont proche de Grosley-sur-Risle, le franchissement de la Risle par la voie ferrée s'effectue sur un viaduc. Seule une des piles du viaduc est située dans le lit de la Risle (Illustration 31). La pile maçonnée de l'ouvrage a été examinée le 22 août 2012 et s'avère en très bon état sans affouillement notoire et avec quelques rares fissures inframillimétriques anciennes. Les abords du lit de la rivière autour de la pile ne révèlent aucun indice particulier.



Illustration 31: Viaduc SNCF - vue d'ensemble à gauche (photo du 22/08/2012) et vue de la pile située dans le lit de la Risle à droite (photo du 08/08/2012)

D'après la personne représentant la SNCF à la réunion du 09/08/2012 à la Préfecture, le viaduc SNCF aurait des fondations superficielles de 3 mètres sous le niveau de la rivière (sans fondations plus profondes reposant sur un ensemble de pieux en bois comme il est couramment rencontré). On observe néanmoins en aval immédiat de la pile du pont des rangées de pieux bois enfoncés dans les alluvions du lit de la Risle. Ils auraient pu avoir un rôle à jouer lors de la construction de la pile dans les travaux d'aménagements du lit (ou s'agit-il de restes d'un ouvrage temporaire de dérivation ?).

Les assises d'appui de l'unique pile du viaduc du pont située dans le lit de la rivière seraient donc vraisemblablement situées immédiatement sous les alluvions dans la partie crayeuse (vraisemblablement altérée). La désaturation des horizons alluviaux voire même de la partie crayeuse altérée sous-jacente ne devrait avoir normalement aucune incidence notable sur le comportement géomécanique de cette fondation de l'infrastructure. On notera d'ailleurs que ce n'est pas la première fois que la rivière se trouve à sec sous le viaduc puisqu'elle l'était déjà en 1894 (Cf. 3.1.3).

Par précaution et comme la SNCF le prévoit, la mesure la plus adéquate pour tenir compte de ce changement de régime hydrologique est d'effectuer un suivi du nivellement de la pile afin de confirmer l'absence de tout mouvement de la fondation.

La SNCF va effectuer ce nivellement par une mesure sous peu, suivie d'une mesure de contrôle cet hiver. La réalisation d'un piézomètre dans le lit à proximité immédiate de la pile permettrait de connaître précisément le niveau de la nappe sous les assises de la pile (déjà dénoyées ou pas ?).

3.5.3.3 **Moulin Blangy**

Le Moulin Blangy n'est en fait pas directement implanté dans le lit de la Risle mais sur un bief aménagé pour assurer le fonctionnement pérenne du moulin. Le bief est en principe conçu pour être au moins temporairement mis à sec (afin d'en assurer les travaux d'entretien) et donc cette situation n'est en théorie en rien préjudiciable au moulin. L'examen de l'ensemble (moulin et bief au niveau du moulin) n'a rien décelé d'inquiétant. L'examen a permis de faire un état des lieux, qui montre néanmoins quelques signes de vétusté encore peu conséquents :

- en amont du moulin, les murets du bief ont subi des poussées ;
- en aval immédiat du moulin, un déchaussement en tête du mur pourrait faire chuter les pierres 3 mètres environ en contrebas ;

- l'ouvrage vanné en amont immédiat du moulin (dérivation du bief vers la Risle) présente sur ces culées plusieurs nettes fissures serpentant entre les pierres maçonnées. De fortes poussées hydrauliques (flux d'eau en crue ?) pourraient expliquer ce début de dislocation des culées ;
- au niveau du bâtiment du moulin, la façade présente plusieurs fissures anciennes qui serpentent entre les briques ou moellons du mur. Elles témoignent vraisemblablement du travail cyclique des murs lors du fonctionnement de la roue du moulin dans une atmosphère humide. Dans leur état apparent actuel, elles ne posent pas plus de soucis que cela (un simple suivi régulier suffit).



Illustration 32 : Vue du Moulin Blangy



Illustration 33 : Murets du bief : poussées en amont et déchaussement ponctuel en aval



Illustration 34 : Ouvrage vanné en amont immédiat du moulin, avec nettes fissures ouvertes des culées maçonnées



Illustration 35 : Fissures anciennes existantes sur la façade du moulin

Cette fissuration de la façade est en l'état 'attendue' et peu préoccupante ; il est recommandé néanmoins d'en suivre à l'avenir la progression : la pose de discrets enduits en plâtre sur les fissures les plus importantes devrait permettre de détecter de manière prématurée toute évolution anormale (au-delà de jeux saisonniers et/ou d'une très lente progression des ouvertures).

Sur un court terme, l'entretien des culées de l'ouvrage vanné est à envisager pour éviter une défaillance critique de l'ouvrage dans les phases paroxysmales lorsqu'il joue son rôle à plein.

3.6 ETUDE DES FLUCTUATIONS DU NIVEAU D'EAU DANS LA BÉTOIRE

Des variations importantes du niveau d'eau dans la bétoire ont été observées entre le 30 juillet et le 22 août (cf. Illustration 36). Ces variations ne semblent pas corrélées aux variations de débits de la Risle enregistrées à Rai et Pont Authou (cf. Illustration 37).

Il a été signalé une reprise de l'écoulement le 15 août jusqu'à 500 mètres à l'aval de la bétoire sans que l'illustration 37 ne mette en évidence une hausse sensible du débit de la Risle.

Par ailleurs, alors que le 06/08/2012 l'engouffrement de la Risle dans la bétoire B18262 était totale (débit de 816 l/s), le 23/08/2012, la bétoire n'était pas en capacité d'absorber le débit de la Risle de 530 l/s ; l'écoulement étant observé ce jour-là en aval de la bétoire jusqu'au lieu-dit Les Forages.

Ainsi, il est probable que les variations de niveau d'eau dans la bétoire soient liées à des variations de la capacité d'engouffrement de la bétoire.

30 juillet	31 juillet 2012	31 juillet 2012	2 août 2012	3 août 2012	6 août 2012	8 août 2012	10 août 2012
							
(photo BE ecoenvironnement)	(photo CG 27)	(photo ARS)	(photo BE ecoenvironnement)	(photo DREAL ?)	(photo DREAL ?)	(photo BRGM)	photo DREAL
Niveau très bas	bas	Haut	Moyen	Très Haut	Moyen	Bas	Bas

Illustration 36 : variations du niveau d'eau dans la bétoire observées entre le 30 juillet et le 10 août 2012

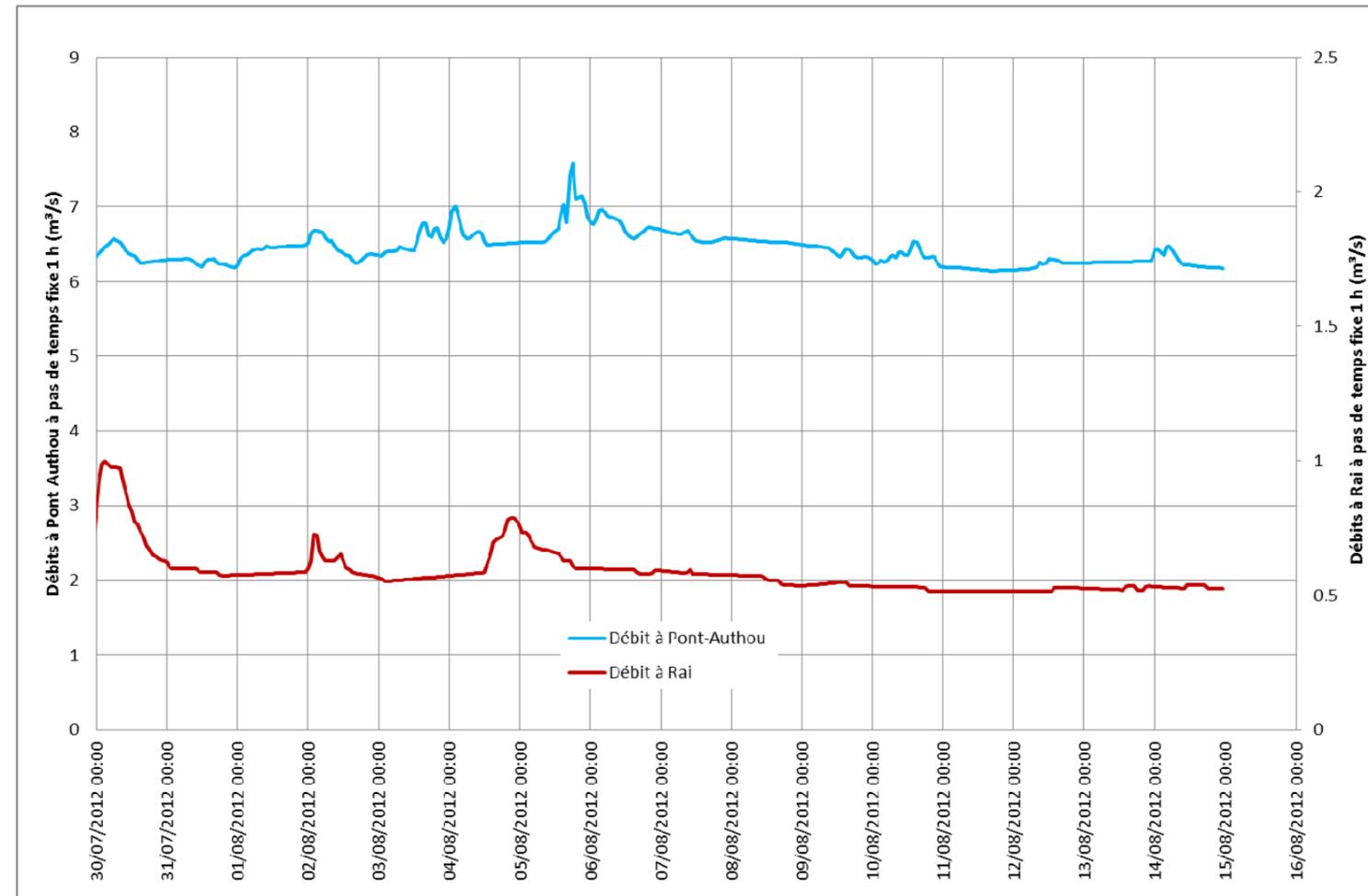


Illustration 37 : Débits horaires enregistrés aux stations de jaugeage de Rai et Pont Authou sur la Risle (données DREAL HN). Ces variations de débits semblent corrélées aux épisodes pluvieux supérieurs à 5mm qui ont ensuite été mesurés les 29/07, 03/08 et 05/08.

Perte totale de la Risle, la Houssaye (27), Bétoire n°18262

4. Généralités sur les aménagements de betoire

Un rapport a été réalisé par le BRGM en 2010, à la demande de la DREAL, dans l'objectif de dresser un bilan de l'état de l'art et de disposer de préconisations de bonnes pratiques en matière d'aménagement de bétoires (Rapport BRGM\RP-58795-Fr). Quelques brefs éléments de ce rapport sont rappelés ci-dessous ; le rapport dans son intégralité est disponible en téléchargement via ce lien : http://pmb.brgm.fr/brgm/brgm_broogle_notice.php?id=128578.

4.1 AMENAGEMENT D'UNE BETOIRE EN LIEN AVEC UN RISQUE IDENTIFIE

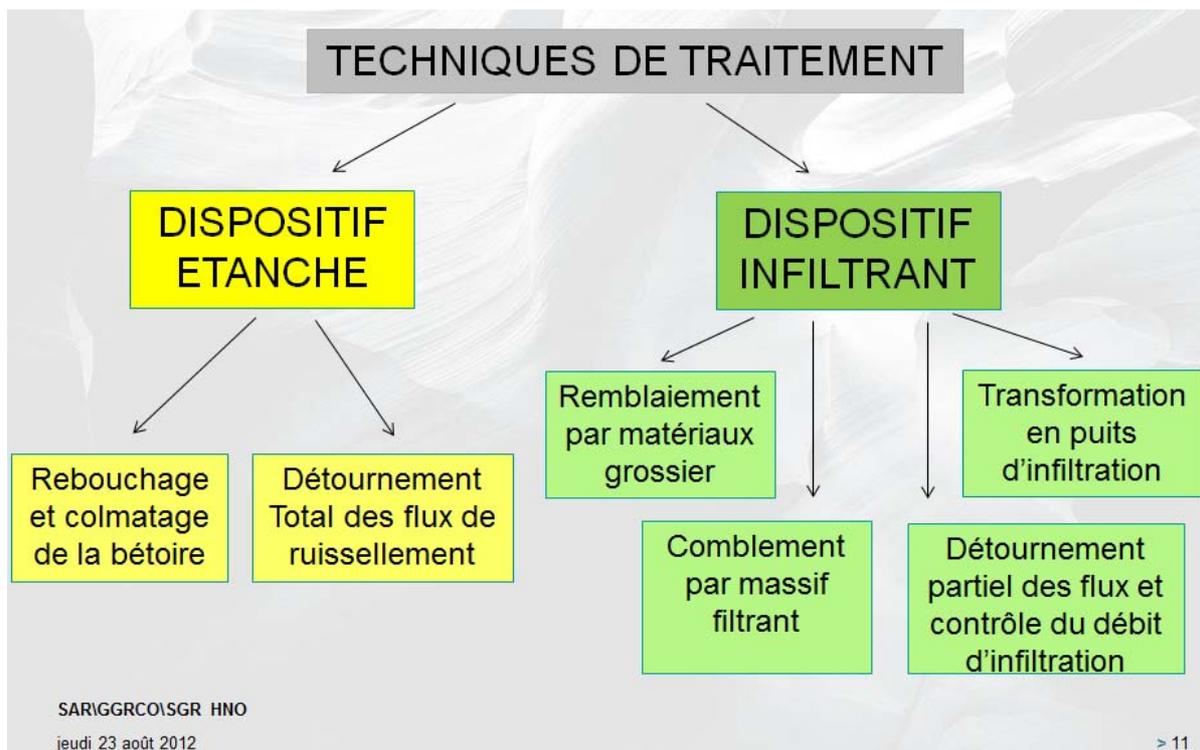
Une bétoire est généralement aménagée pour lutter contre un risque identifié.

Les principaux risques que représente la présence de la bétoire ou son aménagement sont de cinq natures :

- le risque sanitaire : les bétoires peuvent établir un lien direct entre des eaux superficielles de qualité dégradée et la ressource en eau souterraine (risque de pollution de la ressource en eau souterraine, pollution de captages...) ;
- le risque géotechnique : lié à la présence de bétoires situées à proximité d'une infrastructure (bâtiment, route, digue...) pouvant les déstructurer ;
- le risque hydrologique : lié au rôle de la bétoire dans le cycle de l'eau (infiltration des eaux de surface vers les eaux souterraines) ou à toute modification de ce rôle du fait d'un aménagement de la bétoire : modification du rôle de la bétoire pouvant accentuer des risques d'inondation, diminuer la productivité de captage,... Il faut en effet s'assurer que l'aménagement ne provoque pas : une amplification des volumes de ruissellement et un risque d'inondation à l'aval, une diminution des débits de sources situées à l'aval et utilisées pour la pisciculture, cressiculture, l'AEP...) liées à une diminution de l'infiltration ;
- le risque hydraulique correspond à un risque de dysfonctionnement d'un ouvrage hydraulique (perçement de bassin de rétention, effondrement sous ou proche d'une digue, d'un barrage,...). Ces bétoires peuvent entraîner des problèmes de gestion des eaux pluviales et des eaux usées (cas des lagunes d'assainissement) ;
- le risque humain : en cas de bétoires de dimension importante présentant un risque pour les humains en cas de chute.

4.2 DIFFERENTS TYPES D'AMENAGEMENTS EXISTANTS

Dans le cadre de l'état des lieux fait en 2010 concernant les techniques utilisées pour les aménagements des bétoires en Haute-Normandie (Rapport BRGM/RP-58795-FR), un bilan a été dressé des principales catégories d'aménagement rencontrées sur le terrain et dans les rapports :



Ces différents dispositifs sont présentés dans le tableau de l'illustration 38.

Descriptifs des dispositifs infiltrants	Ces dispositifs ont comme objectif de maintenir le potentiel infiltrant de la bétoire et ou de bloquer son évolution		
	Mise en place d'un massif autobloquant	Ces dispositifs ont simplement comme objectif de bloquer l'évolution de la bétoire. Ce dispositif consiste à combler la bétoire de matériaux grossiers (gros blocs, gros silex, galets). L'emploi de ces massifs autobloquants a pour objectif le blocage de la suffosion de la bétoire. Le pouvoir filtrant de ce dispositif est très limité.	
	Mise en place d'un massif filtrant	Les dispositifs avec un remplissage grano-classé permettent de constituer un filtre avant que les eaux de surface n'atteignent les conduits karstiques (cf. fiches en Annexe 10). Ce dispositif est généralement constitué de matériaux grossiers en fond de comblement, puis de matériaux plus fins vers la surface (« sable », « gravier calibré »).	
	Transformation de la bétoire en puits d'infiltration	Ce dispositif consiste à drainer l'eau par la bétoire tout en maintenant sa pérennité par un cuvelage latéral. La bétoire est purgée et un cuvelage, généralement en béton, est mis en place	
	Ceinturage de la bétoire par un merlon avec un débit de fuite	Ce dispositif consiste à mettre en place un merlon de ceinturage constitué de matériaux étanches, autour de la bétoire. Le merlon est traversé par un ou plusieurs tuyaux assurant l'entrée des eaux extérieures avec un débit contrôlé. Le débit s'infiltrant dans la bétoire est donc limité/contrôlé par le diamètre de la canalisation. La bétoire elle-même est comblée de matériaux filtrants ou laissée à l'état naturel.	
Descriptifs des dispositifs étanches	Ces dispositifs ont comme objectif d'une part d'empêcher l'infiltration des eaux de surface de qualité dégradée vers les eaux souterraines et d'autre part de maintenir la stabilité de la surface. L'un et l'autre étant liés.		
	Deux systèmes d'étanchéification se distinguent.		
	Dispositifs colmatants (comblement étanche de la bétoire)	Système d'étanchéification par couches d'argiles compactées	Ce type de comblement est constitué d'une superposition de couches d'argiles compactées, avec parfois en fond de fouille une géogridde pour assurer la stabilité. Certains aménagements à enjeux (sous une digue) préconisent une superposition de trois couches d'argile compactées et de trois géogriddes (bassin de Blacqueville, diapo 13, Annexe 6). Certains dispositifs prévoient, au milieu du comblement entre deux couches d'argile, un complexe bentonitique pour améliorer l'étanchéité
		Système d'étanchéification par comblement par du béton fluide	L'utilisation de béton fluide pour combler la bétoire, peut permettre d'assurer la stabilité de la bétoire tout en limitant la perméabilité. Cependant, ce dispositif n'est pas imperméable et doit, de toutes manières, être complété par un matériau étanche complémentaire. L'utilisation de béton fluide en domaine karstique est risqué (risque de perte du béton dans le milieu).
		Système d'étanchéification par granulométrie décroissante	La bétoire est purgée, puis comblée de matériaux de granulométrie décroissante avec une couche d'argile (ou membrane imperméable) au sommet : blocs de silex, puis graviers, sables, argiles. Des feutres non tissés sont mis en place pour éviter le mélange des matériaux de granulométrie différente.
Dispositifs de type détournement de flux	Ces dispositifs ont comme objectif, de détourner les écoulements pour qu'elles ne puissent s'infiltrer dans la bétoire.		

Illustration 38 : Différents dispositifs identifiés dans le cadre de l'état des lieux des pratiques d'aménagements de bétoires (rapport BRGM/RP-58795-FR)

4.3 PRECONISATIONS GENERALES DU RAPPORT BRGM/RP-58795-FR

Le rapport RP-58795-FR avait identifié 7 contextes dans lesquels peuvent se situer les bétoires et dont les caractéristiques influencent le choix de l'aménagement. Le rapport présente des préconisations pour chacun de ces 7 contextes. La bétoire n°B18262 correspond à 2 de ces 7 contextes identifiés :

- Bétoire située en rivière ;
- Bétoire située dans une vallée à forte activité karstique.

Les 2 paragraphes ci-dessous rappellent les préconisations générales faites par le rapport BRGM/RP-58795-FR pour ces 2 types de contexte :

4.3.1 Cas des bétoires situées dans les rivières ou sur les berges

Le colmatage de bétoires en rivière est généralement réalisé dans le but de protéger la qualité d'une ressource AEP ou de préserver un débit minimum au cours d'eau à l'étiage.

Concernant la protection des captages AEP

Si les études préalables montrent que la part des débits apportée par la bétoire (capacité d'engouffrement) à la productivité de la source ou du forage capté pour l'AEP est négligeable, et qu'il n'existe pas d'autre source à l'aval captée pour d'autres usages (pisciculture, cressiculture,...), la bétoire peut être rebouchée de façon étanche ou contournée (pas de risque de perte de débit pour le captage).

Si, en revanche, il existe un risque de perte de débit pour les sources ou forages exploités, la bétoire devra conserver son rôle d'infiltration. Un dispositif de traitement adapté devra être mis en place au niveau du captage AEP.

Concernant la préservation des débits d'étiage des cours d'eau

Si la bétoire ne provoque pas d'assèchement du cours d'eau (faible capacité d'engouffrement par rapport au débit d'étiage de la rivière) la bétoire pourra être laissée en l'état (vérifier cependant qu'elle ne soit pas située dans un BAC ou PPE avec un traçage positif vers le captage).

Dans le cas contraire s'il est nécessaire de maintenir un débit minimum de la rivière en étiage, un comblement de la bétoire ou un contournement peut être envisagé.

4.3.2 Cas des vallées à forte activité karstique

Une vallée à forte activité karstique est un secteur où plusieurs événements karstiques proches sont observables en surface. Il est difficilement envisageable de proposer un aménagement pérenne d'une de ces bétoires sans tenir compte du contexte global. Quel que soit l'aménagement proposé, la modification des écoulements superficiels, quasi-inévitable, risque d'entraîner la formation de nouvelles bétoires à proximité.

Une possibilité est d'amener les eaux au-delà du secteur à forte activité karstique, via la mise en place des noues ou fossés avec fond imperméabilisé, vers un exutoire (cours d'eau ou secteur où pourra être mise en place une aire d'infiltration,...). Pour ce faire, il resterait nécessaire de chercher à localiser l'extension de la zone d'activité karstique (consultation de l'inventaire régional des bétoires, réalisation de géophysique ou à défaut, par une étude des écoulements).

4.4 EXEMPLES D'AMENAGEMENT DE BETOIRES SITUES DANS OU A PROXIMITE IMMEDIATE D'UN COURS D'EAU (DANS LE DEPARTEMENT DE L'EURE)

4.4.1 Exemple d'un colmatage étanche

Un cas de colmatage étanche de bétoire située à proximité immédiate du lit mineur d'un cours d'eau a été recensé : il s'agissait de 3 bétoires situées sur la berge du lit de l'Iton à Sylvain-les-Moulins.

La première bétoire était située à cheval sur la rivière et la berge, le mur ayant été à moitié démoli. Ces bétoires étaient en connexion avec des forages AEP. Face au risque sanitaire, il avait été décidé de colmater ces bétoires de façon étanche.

Des fiches descriptives de ces aménagements ont été réalisées dans le cadre du rapport BRGM/RP-58795-FR et sont présentées en Annexe 8.7.

4.4.2 Exemple de dérivation des flux par la mise en place d'auget dans le lit du cours d'eau

Dans la Risle

Lors du parcours de lit asséché de la Risle le 08/08/2012, un auget de 40 à 50 mètres de longueur a été observé dans le lit de la Risle au lieu-dit du Val Gallerand (Illustration 39). Sa localisation correspond à la portion indiquée comme ayant été étanchée par les ponts et chaussés en 1898 (cf. Annexe 8.3).



Illustration 39 : Auget mis en place à Val Gallerand sur la Risle (par les ponts et chaussés en 1898 ?) sur un tronçon d'une 50aine de mètres

Dans l'Iton

Ci-dessous l'illustration d'un autre exemple de la mise en place d'un auget dans le lit de l'Iton permettant de contourner la bétoire et d'assurer un débit minimum en période d'étiage (Illustration 40 et Illustration 41). A noter que l'hiver, le cours de l'Iton occupe tout le lit mineur, y compris la zone où se situe la bétoire.

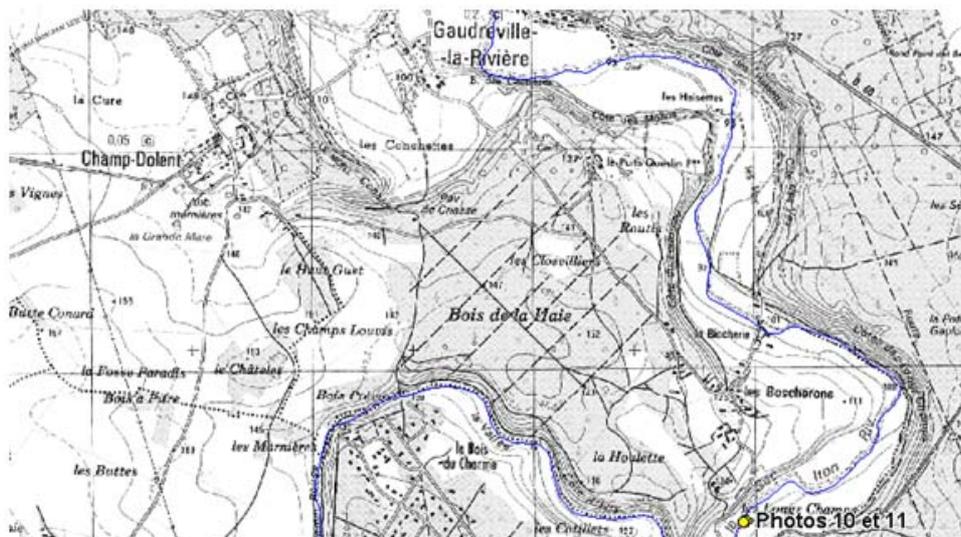


Illustration 40 : Section de l'Itan aménagée par un auget pour contourner une bétoire située en amont de Gaudreville-la-Rivière (Photo 10)

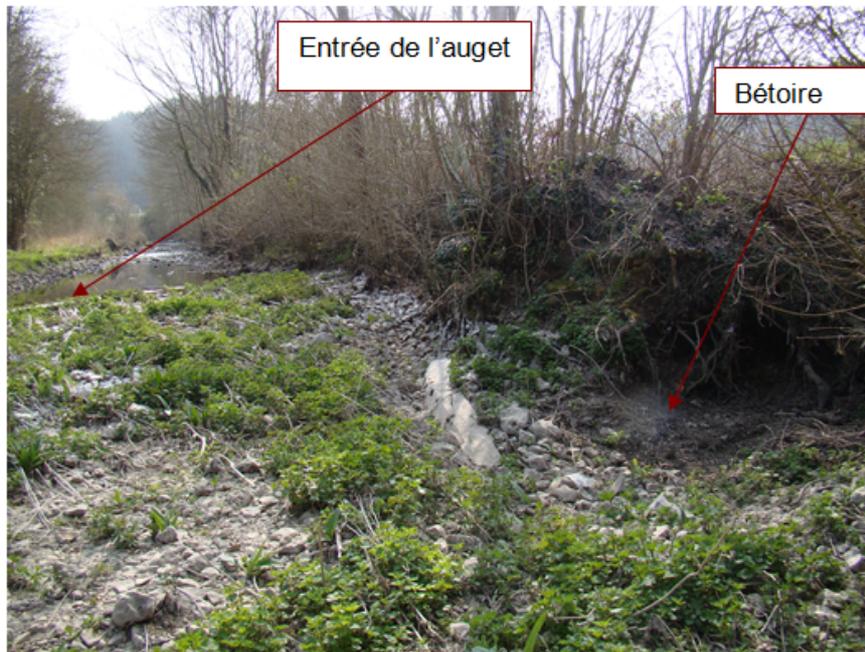


Illustration 41 : Vue sur la béttoire contournée par l'auget (Photo 11)

4.5 MISE EN GARDE CONCERNANT LES AMENAGEMENTS DE BETOIRES

Les aménagements de béttoires peuvent créer des dysfonctionnements hydrologiques à l'échelle du bassin versant. Ci-dessous trois exemples :

A Grosley-sur-Risle au lieu-dit « Le Val Gallerand » (27), en août 2005, le colmatage de deux béttoires ouvertes dans le lit mineur de la Risle, aurait, selon l'exploitant de la pisciculture située à l'aval, provoqué une baisse du débit des sources captées pour cette pisciculture. L'une des deux béttoires a donc été désobstruée pour maintenir les débits des sources en aval.

A Tilleul-Lambert (27), le comblement d'une béttoire aurait entraîné la baisse de production du puits de Feugerolles (passant de 300m³/h avant comblement à 20-25m³/h après comblement d'après la plaquette du Pôle de compétence Sol et Eau Haute-Normandie).

A Sassetot-le-Mauconduit (76), le comblement de la béttoire de La Fosse Taillefer (béttoire n°12147 de l'inventaire régional) par le propriétaire des terrains en septembre 2007, aurait provoqué, selon le propriétaire des terrains agricoles situés à l'aval, des inondations à répétition (procédure judiciaire en cours).

Ces exemples montrent combien il est important de vérifier l'impact des aménagements envisagés sur l'aval du système. Les deux premiers montrent qu'avant de court-circuiter ou combler une béttoire, il convient de vérifier sa capacité d'engouffrement et son rôle par rapport à un captage. Le dernier exemple montre qu'avant de combler une béttoire, il convient de vérifier l'impact de l'aménagement en termes d'augmentation des volumes des ruissellements à l'aval.

5. Avis du BRGM

Concernant l'apparition de la bétoire B 18262

La bétoire observée à La Houssaye existait probablement avant l'observation de la perte totale de la Risle le 28/07/12 mais avec une capacité d'engouffrement moindre (la dépression présente dans le lit du cours d'eau autour de l'effondrement appuie cette hypothèse).

L'effondrement survenu le 28/07/12 a créé une connexion plus importante de cette bétoire au réseau endokarstique (conduits souterrains). La présence de conduits souterrains dans ce secteur a été observée sur certains forages comme celui réalisé sur la commune d'Ajou en 1993 (forage 01495X0029) dont la coupe géologique met en évidence un vide dans la craie entre 16,5 et 17,8 m de profondeur.

Etant donné le volume de la doline formée, la taille des conduits endokarstiques doit être suffisamment importante pour pouvoir évacuer ce volume de matériel. Pour rappel le vide karstique rencontré sur le forage 01495X0029 à Ajou avait une dimension de 1,3 m de hauteur.

Les causes de l'effondrement du 28/07/12 peuvent être liées à l'érosion interne des voûtes instables des conduits karstiques en profondeur (lorsque ceux-ci atteignent une poche d'argile ou de la craie altérée). Une fois l'affaissement du sol initié, le phénomène peut être accentué par les eaux de la rivière.

D'une manière générale, l'ouverture d'une bétoire se déclenche dans des conditions climatiques extrêmes :

- pendant des périodes de fortes pluies, par l'arrachement de matériaux entraînés en profondeur ;
- pendant des périodes d'étiage, comme dans le cas présent, par le dessèchement progressif des terrains en profondeur entraînant une désorganisation des alluvions et donc une portance moindre.

L'état de très basses eaux actuel des eaux souterraines peut donc être un facteur aggravant en terme de quantité d'eau capable de s'infiltrer dans le compartiment souterrain (capacité d'engouffrement de la bétoire). Il faut cependant garder à l'esprit que ces effondrements soudains font suite à une érosion lente et progressive.

Concernant la capacité d'engouffrement de la bétoire

Le jaugeage de la DREAL du 06/08/20112 a montré que la capacité de la bétoire était ce jour-là d'au moins 813 l/s (la totalité du débit du cours d'eau était engouffré dans la bétoire).

Il est à noter que la capacité maximale d'engouffrement d'une bétoire peut fluctuer dans le temps en fonction :

- des hauteurs de niveau des eaux souterraines (la capacité peut augmenter avec des baisses de niveau de la nappe) ;
- de la présence d'éventuels bouchons formés temporairement ou de façon plus pérenne par les sédiments et autres alluvions entraînés dans le réseau karstique par l'engouffrement de la rivière.

Les premières observations faites par comparaison des variations du niveau d'eau dans la bétoire et de celles du débit de la rivière, semble appuyer l'hypothèse de variations dans le temps de la capacité d'engouffrement de la bétoire B18262.

Cette hypothèse pourrait être confirmée par la réalisation de jaugeages en amont et aval de la bétoire lorsque l'écoulement reprendra en aval de celle-ci (cf. recommandations du § 5).

Concernant le risque sanitaire

L'infiltration directe d'eau superficielle dans le karst représente un risque fort de dégradation de la qualité des eaux souterraines (notamment en cas de pollutions accidentelles) et une vulnérabilité importante étant donné les vitesses rapides d'écoulement (plusieurs centaines de mètres par heure).

Le traçage de la bétoire B18262 réalisé par l'université de Rouen semble montrer qu'il n'existe pas de lien entre cette bétoire et les 3 AEP qui ont été suivis (AEP de Beaumontel, Beaumont-le-Roger et Nassandres). Ce résultat semble être confirmé par l'absence d'augmentation significative de turbidité sur ces captages (suivi de la turbidité réalisé par l'exploitant). Il ne semble donc pas y avoir de risque sanitaire identifié lié à cette bétoire. Cependant plusieurs incertitudes demeurent concernant les résultats de ce traçage du fait des conditions de prélèvements sur les captages AEP et sur la durée de suivi (cf. § 3.4.2). De plus, un traçage réalisé en 1982 (situation de hautes eaux) par injection du colorant directement dans la Risle au niveau du pont d'Ambenay avait montré une connexion avec le captage de Beaumontel (comme évoqué précédemment, le suivi de ce traçage a été réalisé à l'aide de fluocapteurs, ce qui crée une incertitude sur la fiabilité de ses résultats).

Des liaisons entre certaines pertes de la Risle et les captages AEP ne sont donc pas à exclure. Un suivi rapproché de la qualité des captages AEP de Beaumont-le-Roger (captage des Gouttières et captage des Petits Champs), de Beaumontel et de Nassandres et éventuellement des captages de Fontaine-l'Abbé, de Romilly-la-Puthenay et la Houssaye devra être maintenu notamment au moment et après la reprise de l'écoulement de la Risle. Concernant le captage de la Houssaye (01496X0001), ce forage est certes situé en plateau, mais l'ouvrage de captage est composé d'un puits foré muni de 6 drains rayonnants horizontaux implantés à des profondeurs comprises entre 66 m et 87 m. Pour un tel ouvrage, le risque de recouper des conduits karstiques est plus important que pour un forage ou puits classique.

Il a été évoqué par l'animatrice du SAGE de la Risle, l'existence de rejets d'eaux usées sans traitement sur le secteur d'Ajou / La Ferrière en amont de la bétoire B18262. Ces rejets représenteraient donc également un risque de dégradation de la qualité des eaux souterraines.

Concernant le risque de dégradation de la qualité de l'eau du fait de l'apport en matière organique lié à la mort des poissons et de la végétation aquatique

L'assèchement du cours d'eau sur un tronçon de 12 km a provoqué la mort de nombreux poissons et de plantes aquatiques dont la matière organique décomposée s'est déposée sur le lit asséché du cours d'eau. L'université de Rouen a mis en garde dans sa note du 08/08/2012, sur une éventuelle dégradation de la qualité des eaux de la Risle lors de la reprise de l'écoulement du fait de la remise en suspension de cette matière organique (risque pour l'usage piscicole à l'aval notamment). Cela pourrait être préoccupant pour la pisciculture en aval si de l'eau est prélevée dans la Risle.

Concernant l'impact de l'assèchement du lit du cours d'eau sur la stabilité des ouvrages d'art

Pour aucun des ouvrages d'art inspectés, l'assèchement du lit du cours d'eau n'a eu apparemment d'incidence. Il n'en est pas davantage attendu lors de la remise en eau du lit du cours d'eau. Cet épisode de mise à sec de la Risle a néanmoins montré que certains de ces ouvrages ont vieilli et ont besoin de travaux d'entretien plus réguliers.

C'est avant tout le pont du Val Gallerand et l'affouillement des piles et d'une culée qui nécessite en premier lieu une intervention. La réalisation des travaux d'entretien ne devra pas oublier la présence dans l'aval immédiat de deux bétoires dont une ouverte.

Des travaux d'entretien d'une culée d'une passerelle à l'entrée d'un auget juste en amont de ce pont et sur les culées de l'ouvrage vannée du Moulin Blangy, tous trois endommagés sont également à prévoir.

Le Moulin Blangy ne pose pas d'inquiétude : le suivi occasionnel par emplâtre de certaines des fissures de sa façade devrait prévenir toute évolution anormale.

Enfin au niveau du Viaduc, quelques mesures de nivellement devraient confirmer que la pile du Viaduc reste bien dans un état stable.

Concernant l'éventuel aménagement de la bétoire B18262

3 pistes de dispositifs ont été discutées lors de la réunion du 09/08/2012 à la Préfecture :

- un dispositif étanche par colmatage de la bétoire,
- un dispositif de dérivation du cours d'eau,
- la bétoire laissée en l'état.

D'un point de vue géotechnique, ces trois dispositifs semblent réalisables (des préconisations de bonnes pratiques sont détaillées dans le rapport BRGM/RP-58795-FR). Cependant, concernant le choix de l'un de ces 3 dispositifs, il est nécessaire d'analyser les risques que représentent la bétoire B18262 et son éventuel aménagement :

- le risque sanitaire (liaison à un captage AEP) n'a pas été identifié (cf. résultats du traçage réalisé par l'université) en basses eaux. Il serait nécessaire de confirmer cette observation en période de hautes eaux (cf. traçage de 1982) ;
- aucun risque géotechnique n'est identifié (pas de présence d'infrastructure type bâtiment, route, digue...à proximité) ;
- il existe un risque hydrologique : risque de perte de débits au niveau des sources de la pisciculture en cas de rebouchage étanche de la bétoire (le lien entre la bétoire B18262 et les sources de la pisciculture a été mis en évidence par traçage, risque également mis en évidence par l'expérience du rebouchage de la bétoire B5875 en août 2005) ;
- il existe un risque de chute et d'accident corporel, voire de noyage lié à la présence de l'engouffrement existant.

Ainsi au vue des éléments cités précédemment, aucun risque identifié ne justifie le colmatage étanche de la bétoire.

Les usages perdus du fait de l'assèchement de la rivière (pêche, agrément, baignade, abreuvement des troupeaux et des animaux sauvages, présence de populations piscicoles,...) pourraient appuyer le choix de la mise en place d'un dispositif étanche (type colmatage ou dérivation des

flux). Cependant le type d'espèces et d'habitats présents sur ce tronçon ne semble pas justifier un tel aménagement. La responsable des projets Natura 2000 du département de l'Eure indique en effet qu'une éventuelle demande de reconnexion de la Risle au titre de Natura 2000 et de la préservation des habitats ou espèces d'intérêt communautaire ne semble pas être recevable dans ce contexte de création naturelle de bétoire (au vue de la faune et la flore présentes sur ce secteur).

De plus, l'inventaire régional des bétoires complété par l'inventaire réalisé sur le terrain le 08/08/2012 montre qu'à l'aval de la bétoire B18262 de la Houssaye il existe de nombreuses autres bétoires actives : bétoires B5875, B18263, B18280, B18286, B18285..... L'assurance de maintenir un débit minimum de la Risle en étiage nécessiterait d'intervenir également sur les bétoires situées à l'aval. Par ailleurs, la formation de bétoire est un phénomène évolutif dans le temps ; il n'est donc pas exclu que le colmatage d'une bétoire pourra être suivi de l'ouverture d'une nouvelle bétoire plus à l'aval.

Toutefois, afin d'éviter tout risque de chute ou de noyade, nous préconisons la mise en place d'un dispositif type massif autobloquant. Ce dispositif n'empêchera pas l'écoulement de l'eau dans la bétoire mais empêchera tout risque de chute en comblant le volume de la doline créée suite à l'effondrement. Il permettra par ailleurs de limiter l'évolution de la suffosion de la bétoire et donc de limiter l'érosion régressive observée actuellement dans le lit du cours d'eau.

Ce dispositif consiste à combler la bétoire de matériaux grossiers (gros blocs, gros silex, galets) (cf. exemple à l'illustration 42). Le pouvoir filtrant de ce dispositif est très limité. Il est probable que la mise en place de ce dispositif limite le flux d'engouffrement. Pour réduire autant que possible l'impact de cet aménagement sur la capacité d'engouffrement, on privilégiera l'utilisation de blocs les plus volumineux possibles (enrochement). La mise en place de cet enrochement pourrait participer probablement à un colmatage naturel partiel de la bétoire par dépôt de transport solide au moment des crues.



Illustration 42 : Exemple d'un aménagement d'une bétoire par mise en place d'enrochements

En définitive, il apparait que sur le tronçon perché entre Rugles et Beaumont-le-Roger, la Risle a naturellement vocation à avoir un écoulement saisonnier du fait des nombreuses pertes existantes dans son lit (cf. les exemples de pertes totales observées en période estivale : en 1752, 1894, carte scolaire géographique du XIX^e siècle, en 2005 et le recensement actuel des nombreuses bétoires). La formation de ces bétoires est un phénomène naturel existant du fait du décrochage de la rivière et de la nappe phréatique sur ce secteur.

L'écoulement de la Risle semble en fait maintenue artificiellement en période estivale par l'intervention régulière de l'homme qui colmate au gré de leur ouverture, les principales bétoires (exemple du rebouchage de la perte totale de 2005 et des témoignages de rebouchages réalisés par des riverains, ponts et chaussés en 1899, etc...).

6. Recommandations

Afin d'éviter tout risque de chute ou de noyage, nous préconisons la mise en place d'un dispositif type massif autobloquant dans la bétoire B18262. Ce dispositif n'empêchera pas l'écoulement de l'eau dans la bétoire mais empêchera tout risque de chute en comblant le volume de la doline créée suite à l'effondrement. Il permettra par ailleurs de limiter la suffosion de la bétoire et donc de limiter l'érosion régressive observée actuellement dans le lit du cours d'eau.

Du fait des inconnues qui subsistent sur le fonctionnement des pertes, leur évolution future et l'impact sur l'aval, et afin d'améliorer la compréhension du phénomène, plusieurs recommandations doivent cependant être formulées :

- mise en place d'une station de jaugeage en continu en amont et en aval de la bétoire B18262 afin de mesurer en continu les débits engouffrés dans cette bétoire. Cette acquisition de données permettra d'avancer dans la connaissance du fonctionnement du karst d'introduction ;
- mise en place d'un piézomètre suivi en continu, implanté dans le karst sous-jacent à proximité de la bétoire B18262 ; ce piézomètre permettra de qualifier l'état de la nappe dans la zone d'infiltration et notamment :
 - de connaître l'impact des volumes engouffrés d'eau superficielle sur les variations du niveau de la nappe,
 - de vérifier qu'il existe bien des périodes de reconnexion de la nappe et de la rivière en période de hautes eaux sur ce tronçon karstique,
 - d'étudier les éventuelles corrélations entre niveau de nappe et débits d'engouffrement ; en effet la charge du karst renseigne a priori sur sa capacité à engouffrer une quantité plus ou moins grande d'eau,
 - une campagne de jaugeage de la Risle avec de nombreux points entre les communes de Rugles et Beaumont-le-Roger afin d'identifier finement les secteurs où les pertes sont les plus importantes,
- réalisation d'une inspection caméra du fond la bétoire et du conduit karstique pour évaluer, si possible, les dimensions du conduit endokarstique. Cette opération devra être réalisée en dérivant temporairement le cours de la Risle (utilisation de la tranchée de dérivation réalisée le 20/08) ;
- réalisation d'un traçage de la bétoire n°B18262 en période de hautes-eaux. L'objectif de ce traçage serait de vérifier les résultats du traçage de 1982 et notamment le lien des pertes de la Risle avec les différents captages AEP. Ce traçage devra être quantitatif (réalisation d'une courbe de restitution pour chaque point de suivi, en cas de résultat positif), et devra en particulier permettre de calculer les vitesses de circulations, les taux de dilution ainsi que les taux de restitution. Il devra enfin être réalisé en période de hautes eaux. Les outils et méthodes d'analyses devront être constitués de mesures in-situ confirmées par des prélèvements d'échantillons analysés en laboratoire par des analyses spectrofluorimétriques notamment.

Ces acquisitions de données pourront être valorisées par une étude du tronçon karstique de la Risle qui permettra de mieux comprendre son fonctionnement (quantifier les échanges entre la nappe et la rivière, connaître les périodes d'inversion des flux, mieux appréhender la vulnérabilité que représente le karst pour les captages AEP de la vallée de la Risle,...).

En attendant que les travaux de sécurisation de la bétoire soient réalisés, il est également recommandé de conserver la mise en place d'une signalisation adaptée (panneaux de signalisation...) afin de prévenir du risque et de limiter l'accès aux trous formés.

Des liaisons entre certaines pertes de la Risle et les captages AEP n'étant pas à exclure notamment en période de hautes eaux, nous préconisons également :

- le maintien du suivi rapproché de la qualité des captages AEP de Beaumont le Roger (captage des gouttières et captage des petits champs), de Beaumontel et de Nassandres et éventuellement des captages de Fontaine-l'Abbé, de Romilly-la-Puthenay et la Houssaye notamment au moment et après la reprise de l'écoulement de la Risle ; nous préconisons notamment le suivi en continu de la turbidité sur ces captages ;
- la mise en place d'un traitement adapté des rejets d'eaux usées du secteur d'Ajou / la Ferrière.

Cet épisode de mise en assec de la Risle a été aussi l'occasion de constater que certains ouvrages auraient besoin d'être entretenus et/ou plus régulièrement suivis, à commencer par le pont du Val Gallerand dont les piles et une culée dans le lit sont en partie affouillées. Ainsi, sont à prévoir :

- en premier lieu une intervention sur le pont du Val Gallerand où un affouillement des piles et d'une culée ont été observés,
- l'entretien d'une culée d'une passerelle à l'entrée d'un auget juste en amont de ce pont et des culées de l'ouvrage vanné du Moulin Blangy,
- enfin au niveau du Viaduc, quelques mesures de nivellement devraient confirmer que la pile du Viaduc reste bien dans un état stable.

7. Bibliographie

ARNAUD L. (2005) - .Pertes de la Risle au lieu-dit « Le Val Gallerand » - Commune de Grosley-sur-Risle (Eure). Avis hydrogéologique du brgm. Rapport BRGM/RP-54124-FR. Septembre 2005, 25 p., 3 fig., 4 ph

GUETTARD J.-E. (1758) - Mémoire sur plusieurs Rivières de Normandie, qui entrent en terre et qui reparoissent ensuite, et sur quelques autres de la France, in Mémoires de l'Académie des Sciences (1758), pp. 271-317

DE LA QUERIERE Ph., SOURIMANT J.C. – Implantation d'un forage d'alimentation en eau potable dans la vallée de la Risle – BRGM 93HNO043 – Juin 1993

FOURNIER M. (2012) - Engouffrement de la Risle - - NOTE DE SYNTHÈSE – 08/08/2012

MOUGIN B., BRANELLEC M., DAVID P.-Y., ZAMMIT C., BOURGINE B. (2011) - Atlas hydrogéologique régional de Haute-Normandie - Cartes piézométriques de l'aquifère crayeux - Rapport final - BRGM/RP-59301-FR - 102 p., 51 ill., 2 ann., 1 CD.

RODET J. (1981) – Contribution à l'étude du karst de la craie – L'exemple Normand et quelques comparaisons – Thèse Université Paris I « Pantheon – Sorbonne »

SAGE de la Risle – Etat des Lieux « Caractéristiques générales du bassin versant » - Décembre 2007

8. Annexes

8.1 RESULTATS DE L'ESSAI DE TRAÇAGE REALISE PAR L'UNIVERSITE DE ROUEN



UNIVERSITE DE ROUEN
Département de Géologie
Laboratoire M2C
UMR CNRS 6143
76821 Mont Saint Aignan Cedex



Matthieu Fournier
Maître de Conférences
hydrogéologie, hydrologie karstique
matthieu.fournier@univ-rouen.fr
☎ : 02.32.76.94.46 / 📠 : 02.35.14.70.22

Engouffrement de la Risle

- NOTE DE SYNTHÈSE -

1) Eléments contextuels

Les phénomènes de diminution du débit de la Risle (Figure 1) voire de son assèchement au niveau de La Ferrière sur Risle sont connus depuis le XIX^{ème} siècle et de nombreuses bétoires et résurgences sont visibles dans son lit. Ce phénomène naturel et commun dans notre région résulte i) de la nature karstique du sous-sol crayeux haut-normand permettant l'engouffrement des eaux de surface dans les nappes via des conduits et ii) du décrochage de la nappe par rapport au lit de la rivière engendrant l'alimentation de la première par la seconde.

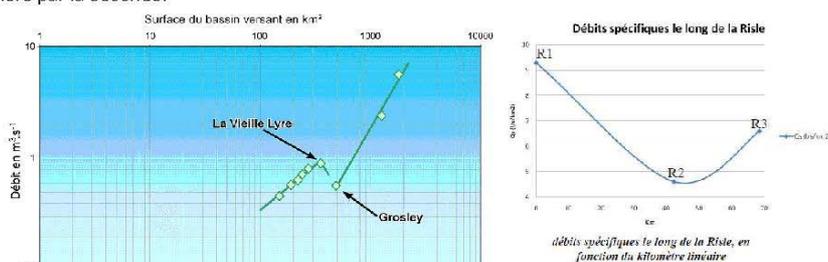


Figure 1 : débit spécifique de la Risle (Chapalain, 2005 et Jannot, 2010, Stages Université de Rouen)

Ces phénomènes cessent (ou du moins diminuent) en aval de Grosley où l'on observe de nombreuses résurgences au droit de la rivière. Leur présence résulte d'une faille et d'un anticlinal (Figure 2) qui permettent aux eaux souterraines d'affleurer à ce niveau et de réalimenter alors la Risle dont les débits augmentent.

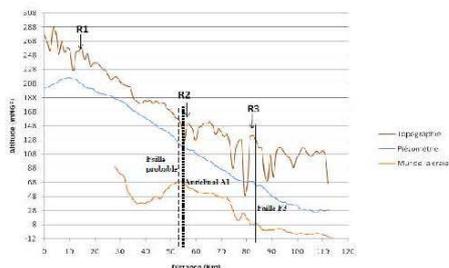


Figure 2 : profil morphostructural amont-aval le long de la Risle (Jannot, 2010, Stage Université de Rouen)

Nous vivons donc dans ce contexte depuis toujours. Le caractère extraordinaire actuel réside dans la disparition totale de la Risle au droit d'un seul engouffrement ; propre à marquer la mémoire collective et peut-être sans précédent. L'ouverture de cette bétoire au lieu-dit La Houssaye près d'Ajou, le samedi 28 juillet entre 13h et 16h, est probablement liée à i) la très faible réserve des nappes ; celle qui est en connexion avec la Risle possède des niveaux dont les périodes de retour sont supérieures à 10 ans sec (Figure 3) et ii) aux fortes pluies de ces deux derniers mois suivant une période de déficit de pluie marquée.

Matthieu Fournier
le 8/8/2012

diffusion à tous les acteurs de l'Etat chargés de l'environnement :
ONEMA, AESN, DREAL, ARS, DDTM, Préfecture, Conseil général

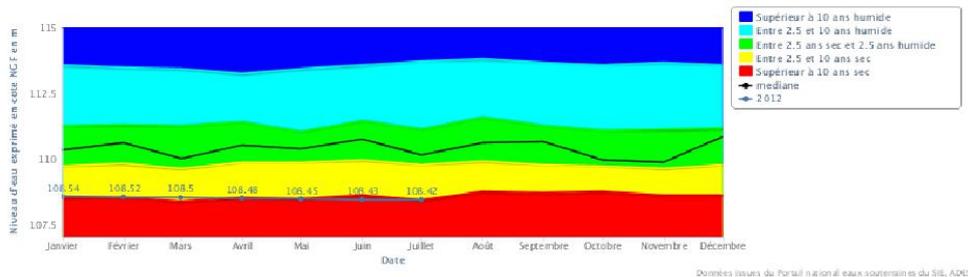


Figure 3 : état des réserves aquifère au niveau de la Risle (indicateur BSH, site ADES)

II) Procédure

Un traçage artificiel à la fluorescéine (3kg) a été réalisé le 2 août 2012 à 15h. Un fluorimètre et un débitmètre ont été déposés à la sortie de la pisciculture qui intègrent toutes les sources pour rendre possible une approche quantitative. Les autres résurgences suivies (source de la Fontaine à Roger, ballastière SNCF avec résurgence dans le lit de la Risle en amont du barrage de dérivation de la pisciculture, la Bave et 3 captages : Beaumontel, Nassandres, Télémechanique Beaumont) ont été prélevées manuellement respectivement par la pisciculture, l'ONEMA, l'ARS et Véolia.

III) Résultat du traçage

L'enregistrement des données du fluorimètre n'a pas fonctionné suite à la section du câble ; probablement par un ragondin le 2 août à 23h30. La mesure des prélèvements manuels permet néanmoins l'étude de la restitution du traceur. Il ressort de ces mesures que les captages n'ont pas été atteints par la fluorescéine (Figure 4). Cela est à ajouter au fait que ceux-ci n'ont pas vu d'augmentation significative de leur turbidité depuis l'ouverture du gouffre. Il n'y a donc pas de connexion hydraulique entre ce dernier et ces captages. Les autres points de surveillance (source de la Fontaine à Roger, ballastière SNCF avec résurgence dans le lit de la Risle en amont du barrage de dérivation de la pisciculture, la Bave) ont tous été atteints par le traceur (Figure 4). L'interprétation de la restitution aux sources de la pisciculture montre une connexion karstique forte et rapide (200m/h) avec un temps après injection de 24h pour la première arrivée, de 41h pour le pic, pour une durée de restitution de 60h. Le même processus, mais atténué, est observé au niveau de la Bave avec des temps caractéristiques décalés d'une douzaine d'heures. Ces connexions karstiques semblent peu dispersives mais le taux de restitution est moyen (40% avec la Bave).

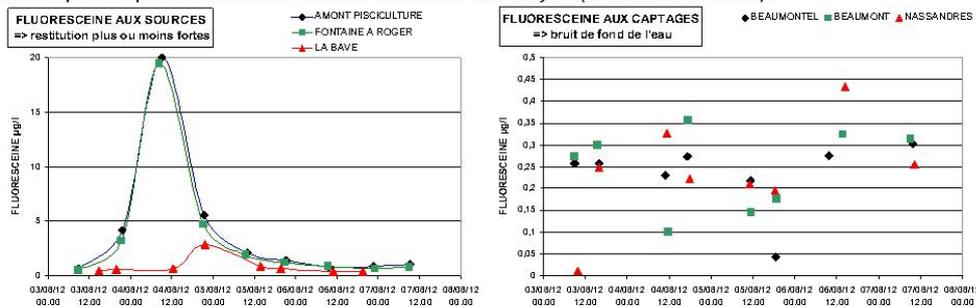


Figure 4 : suivi de la fluorescéine

IV) Préconisations

En absence de connexion hydraulique avérée avec les captages d'eau potable et d'intérêt écologique sur le tronçon de la Risle soumis à l'assèchement, il n'y a pas d'urgence à intervenir sur ce phénomène naturel. L'attention est attirée sur les problèmes liés au rebouchage de tels engouffrements sachant que ce processus se reportera ailleurs sans prévisibilité et peut-être avec des conséquences plus graves. Il conviendrait de i) réaliser un inventaire exhaustif des pertes observables dans le lit asséché et d'intervenir sur les zones d'affouillement des piles de pont et berges bétonnées et ii) se préparer au moment où l'engouffrement atteindra son débit de saturation ; par comblement naturel ou par débordement de la perte à la suite des pluies hivernales. Dès lors, les végétaux et les animaux décomposés ainsi que la matière organique et les toxines accumulées seront déversés à l'aval, notamment la bétoire du Val Gallerand, la pisciculture et la zone Natura 2000 ; créant ainsi les mêmes dégâts que les vidanges de barrage avant la mise en place des procédures particulières.

Matthieu Fournier
le 8/8/2012

diffusion à tous les acteurs de l'Etat chargés de l'environnement :
ONEMA, AESN, DREAL, ARS, DDTM, Préfecture, Conseil général

-----Message d'origine-----

De : Matthieu Fournier [mailto:matthieu.fournier@univ-rouen.fr]
Envoyé : jeudi 2 août 2012 20:21
À : SD 27; "SMELA Philippe (Responsable d'unité) - DDTM 27/SEBF/PEP"; LEFEBVRE Christian (Appui juridique, tvx hydrauliques) - DDEA 27/SEBF/PEP; Delphine JULIEN; LEROY Barbara Cc : guillaume.henrion@eure.gouv.fr; mouloud.boukerfa@sante.gouv.fr; Technicien ASA Risle; Secrétariat FDAAPPMA Eure; "THINUS Zéphyre - DREAL H.Normandie/SRE"; "FEENY Véronique - DREAL H.Normandie/SRE"; SOULIER Laetitia
Objet : Re: traçage bétoire Risle

Bonjour,

Comme convenu ensemble sur le terrain ce midi, voici une synthèse des suivis prévus:

- un suivi continu de la fluorescéine par une sonde fluorimètre à la sortie des bassins de la pisciculture (endroit le plus intégrateur) avec un débitmètre doppler en continu.
- un suivi discontinu régulier 2 fois par jour pendant 6 jours à l'aide de flaconnage distribué par l'Université selon les modalités suivantes:
 - 3 AEP seront surveillées par Véolia avec M. MERCIER (Nassandres, Beaumontel, télémécanique à Beaumont le Roger)
 - 2 points de surveillance de La Risle par la pisciculture avec M. GUEMAS (la réapparition de la Risle au niveau du barrage de la dérivation pour la pisciculture, la source de la fontaine à Roger)
 - 1 point de surveillance de La Bave par l'ONEMA avec M. IDIR (au niveau du pont à Beaumont le Roger)

La DREAL assurera des jaugeages sur la Risle aux 5 points suivants:

- juste en amont de la perte d'Ajou,
- au niveau de la réapparition de la Risle sur le barrage de dérivation de la pisciculture,
- au niveau de la sortie des bassins de la pisciculture où se trouve le débitmètre,
- en aval de Beaumont le Roger,
- au niveau de la Bave.

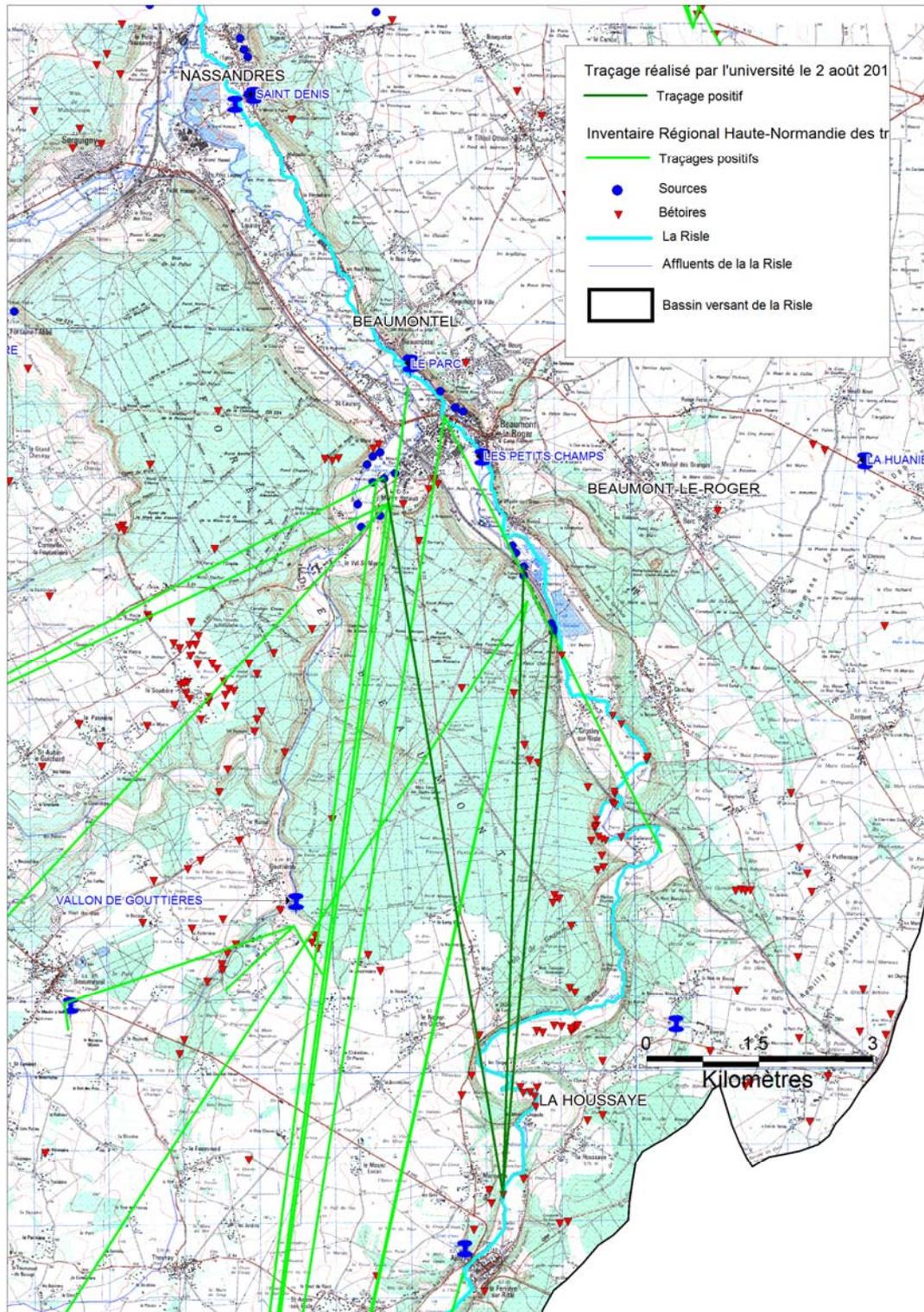
J'irai relever les données du fluorimètre mercredi vers 16h et redonnerai 72 flacons supplémentaires selon le même protocole pour continuer la surveillance si nécessaire. D'ici là n'hésitez pas à me contacter si d'autres éléments survenaient comme la survenue de la fluorescéine quelque part, notamment dans le lac de Grolley: 06.45.92.90.90
Merci à tous pour votre réactivité et implication

bien cordialement.

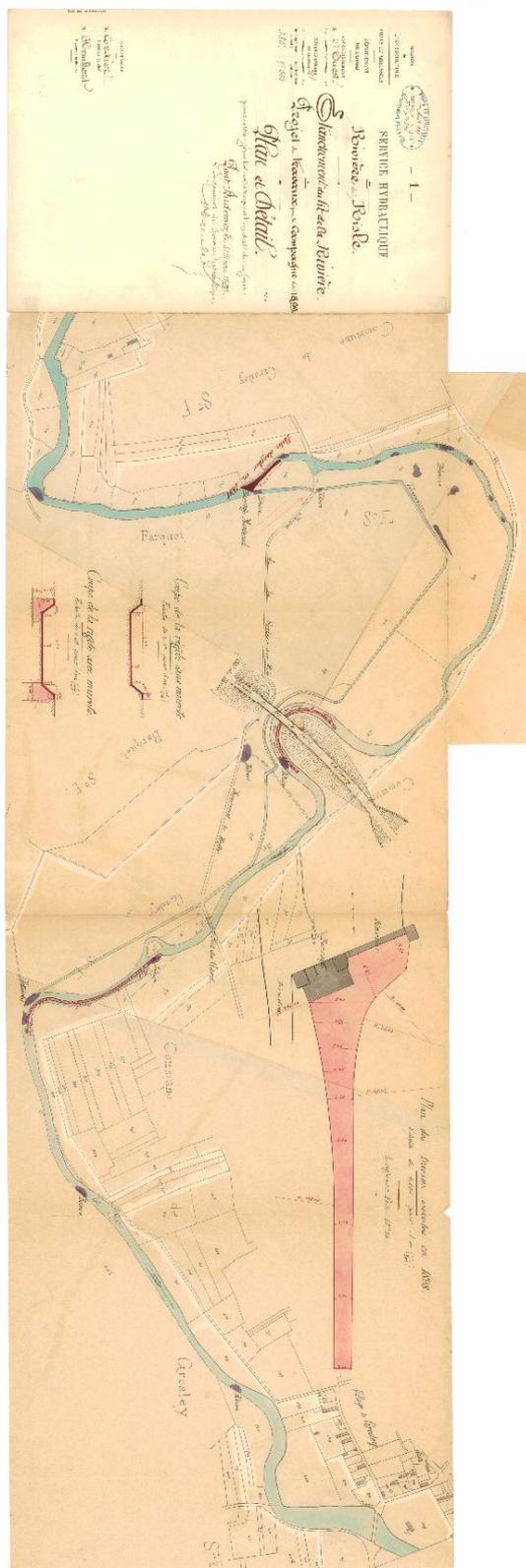
Matthieu FOURNIER
Hydrogéologie - Hydrologie karstique

Maître de Conférences
Université de Rouen - Département de Géologie UMR CNRS 6143 M2C
76821 Mont Saint Aignan Cedex

8.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS DES OPERATIONS DE TRAÇAGES DISPONIBLES SUR CE SECTEUR (INVENTAIRE REGIONAL + OPERATION DE L'UNIVERSITE D'AOUT 2012)



8.3 BETOIRES RECENSEES DANS LE LIT DE LA RISLE PAR LES PONTS ET CHAUSSEES EN 1899 DANS LE SECTEUR DU VAL GALLERAND (DONNEES TRANSMISES PAR LA DDTM27)



8.4 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE JAUGEAGE REALISEE PAR LA DREAL HN / SRE LE 06/08/2012

DREAL HN / SRE
Le 07/08/2012

Impact hydrologique de la bétoire de la Houssaye sur le fonctionnement de la Risle

Suite à l'ouverture de la bétoire, créant une zone d'assec d'environ 12 Km de la Risle, la DREAL Haute-Normandie a réalisé une campagne de jaugeages sur la Risle le 06/08/2012.

Résultat de la campagne de mesures :

Lieu	Débits (m ³ /s)	Commentaires
Rai (61)	0.613 m ³ /s	Station de référence hydrométrique
Ambenay (27)	0.958 m ³ /s	Point de jaugeage volant de la DREAL HN. Corrélation existante avec Rai.
Ajou	0.816 m ³ /s	Amont immédiat de la Bétoire
Résurgences pisciculture	0.667 m ³ /s	Débit enregistré sur le site du fluorimètre
Beaumont le Roger sur la Bave	0.548 m ³ /s	Affluent de la Risle. Suspicion de communication entre la Bave et la Risle
Beaumontel	2.7 m ³ /s	Point de jaugeage volant de la DREAL HN. Corrélation existante avec Pont-Authou.
Pont-Authou	6.77 m ³ /s	Station de référence hydrométrique. Débit moyen journalier enregistré par la station.

Observations :

Le jaugeage de la Risle en amont de la dérivation de la Pisciculture de Beaumont le Roger est impossible au vu du faciès d'écoulement de la rivière dans cette zone. Lors de notre passage, nous avons pu observer de nombreuses sources et/ou résurgences alimentant de manière diffuse la Risle dans ce secteur.

Analyse

- Les jaugeages effectués sur la Risle aux stations de Rai et d'Ambenay confirment l'existence de la corrélation entre ces deux sites.
- Les mesures faites par le passé à Rai et Beaumontel ne montrent pas de corrélation avérée entre ces deux sites.
- Le débit enregistré à la station de mesures de Pont-Authou (le 06/08/2012) et le jaugeage effectué à Beaumontel confirme l'existence de la corrélation entre ces deux sites.

Les prévisions d'étiage réalisées sur la station de Pont-Authou ne semblent pas montrer d'influence de la bétoire sur le tarissement de la Risle à cette station (Cf. graphique 1).

Le graphique 2 indique le résultat de la prévision de tarissement en l'absence des épisodes pluvieux d'avril-mai

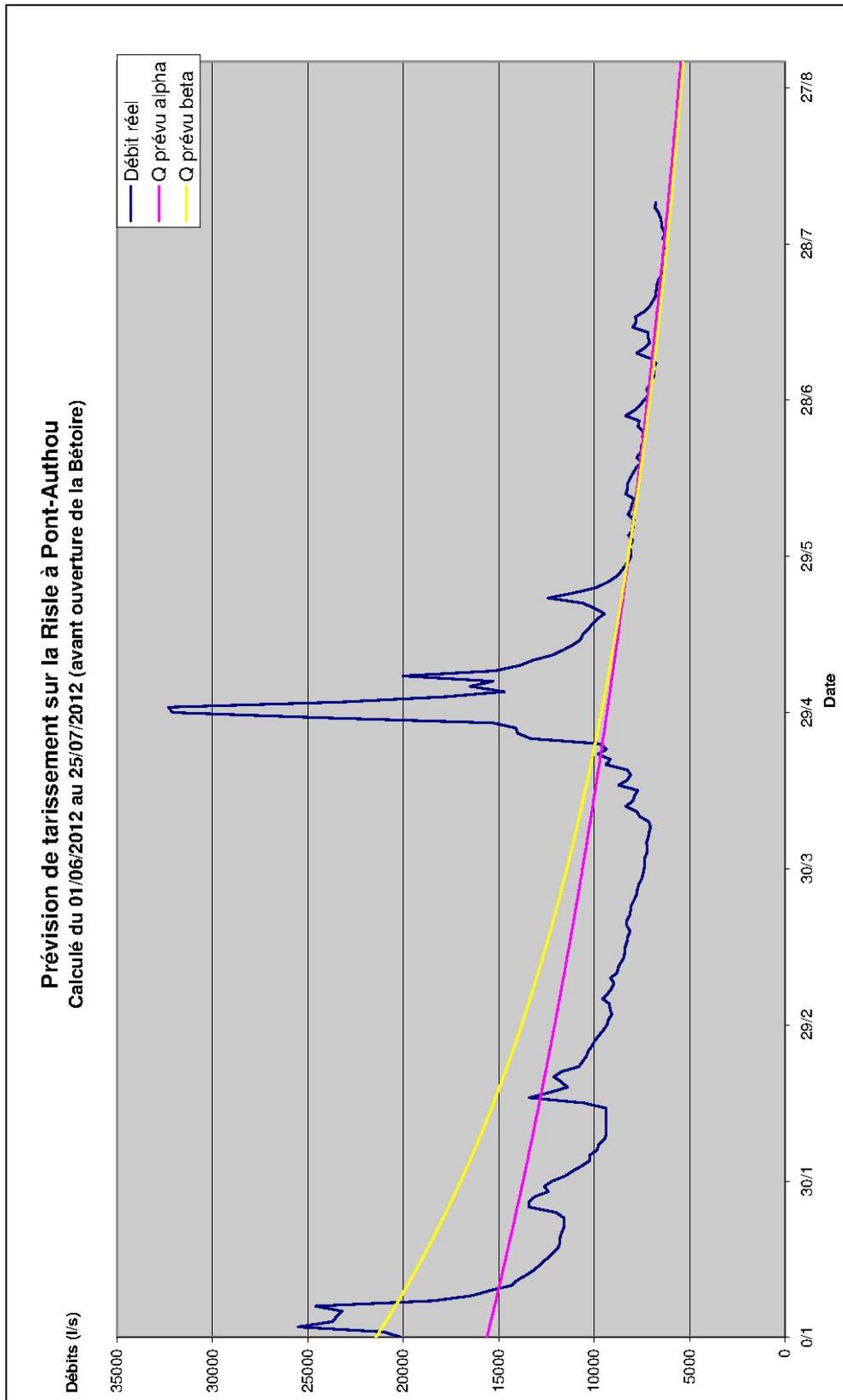
Conclusion

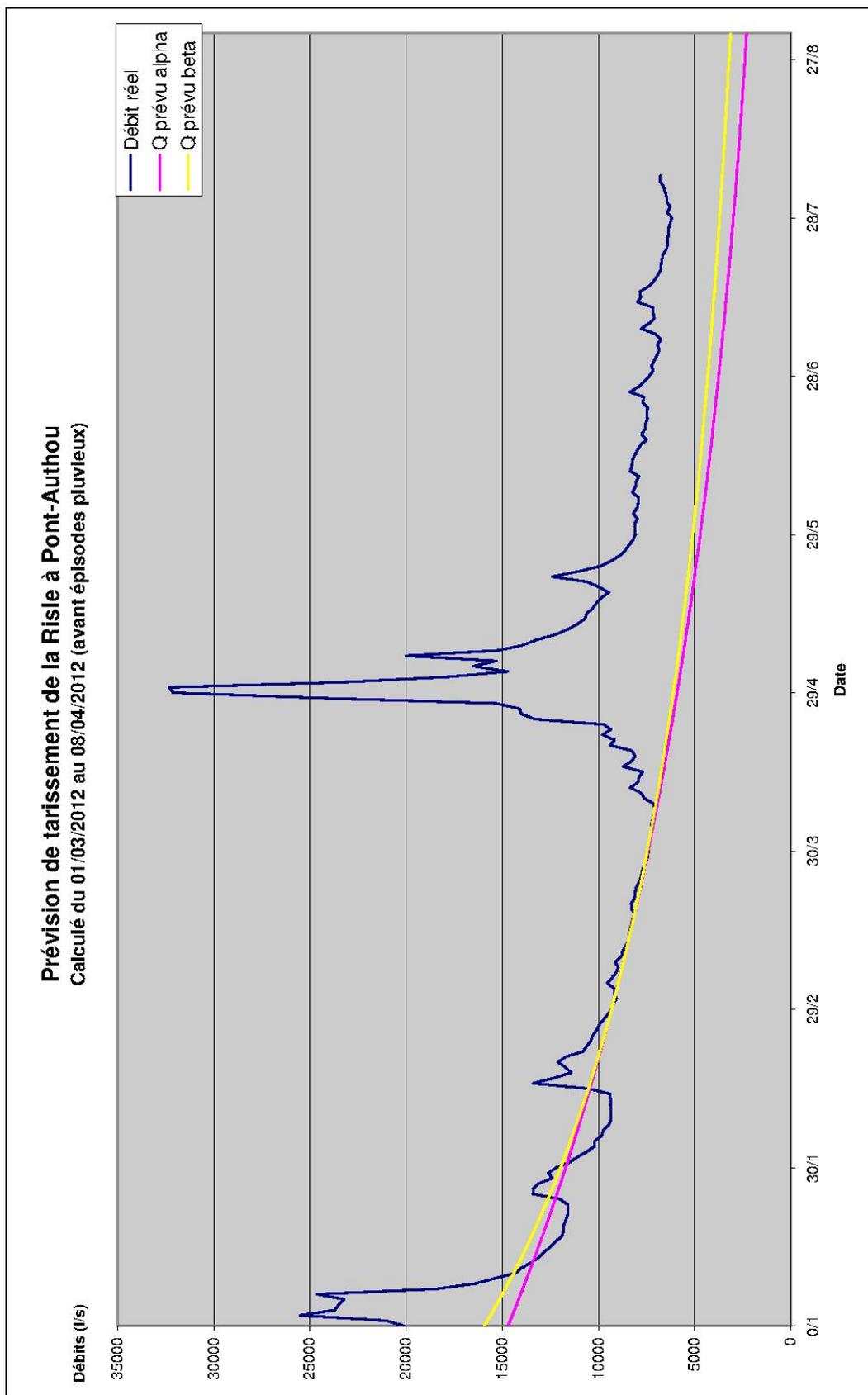
Le débit absorbé par la bétoire a été mesuré à 0.816 m³/s le 06/08/2012.

Concernant l'influence de la bétoire sur le débit à l'aval de Beaumont-le-Roger, les prévisions d'étiage ne semblent pas montrer d'affaissement du débit à la station de Pont-Authou. De plus, les jaugeages semblent confirmer l'existence de la corrélation entre les stations de Beaumontel et Pont-Authou.

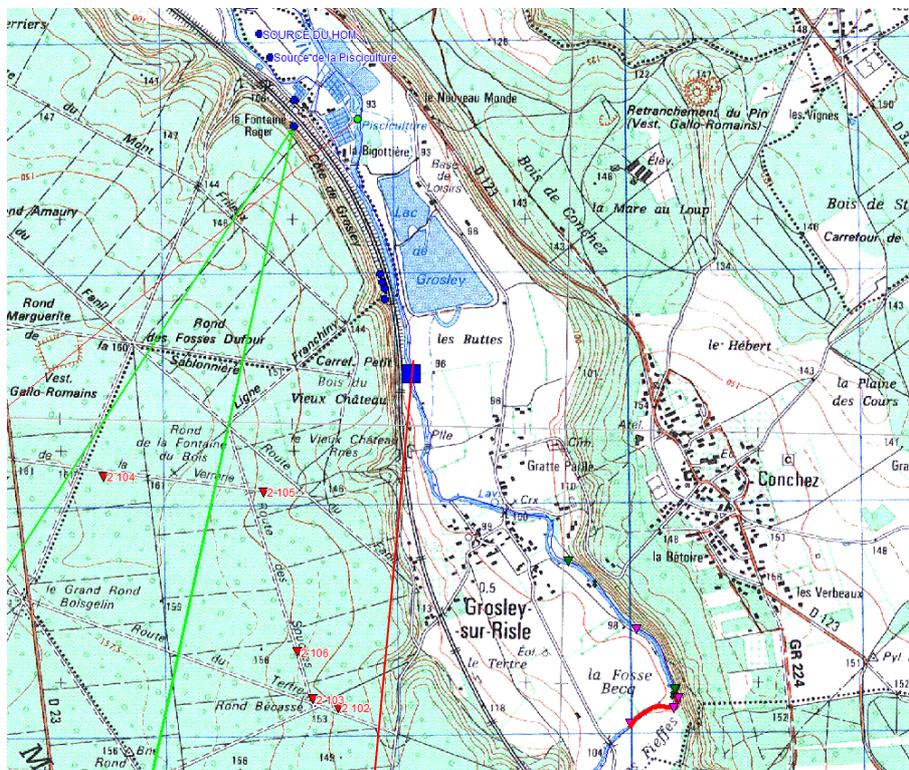
Il est donc probable que le débit absorbé par la Bétoire soit restitué de manière diffuse par les sources et/ou résurgences en amont de Beaumontel (entre Grosley/Risle et Beaumont-le-Roger).

L'absence de relation statistique entre la station de Rai et Beaumontel semble indiquer que le fonctionnement de la Risle est influencé par des phénomènes karstiques.

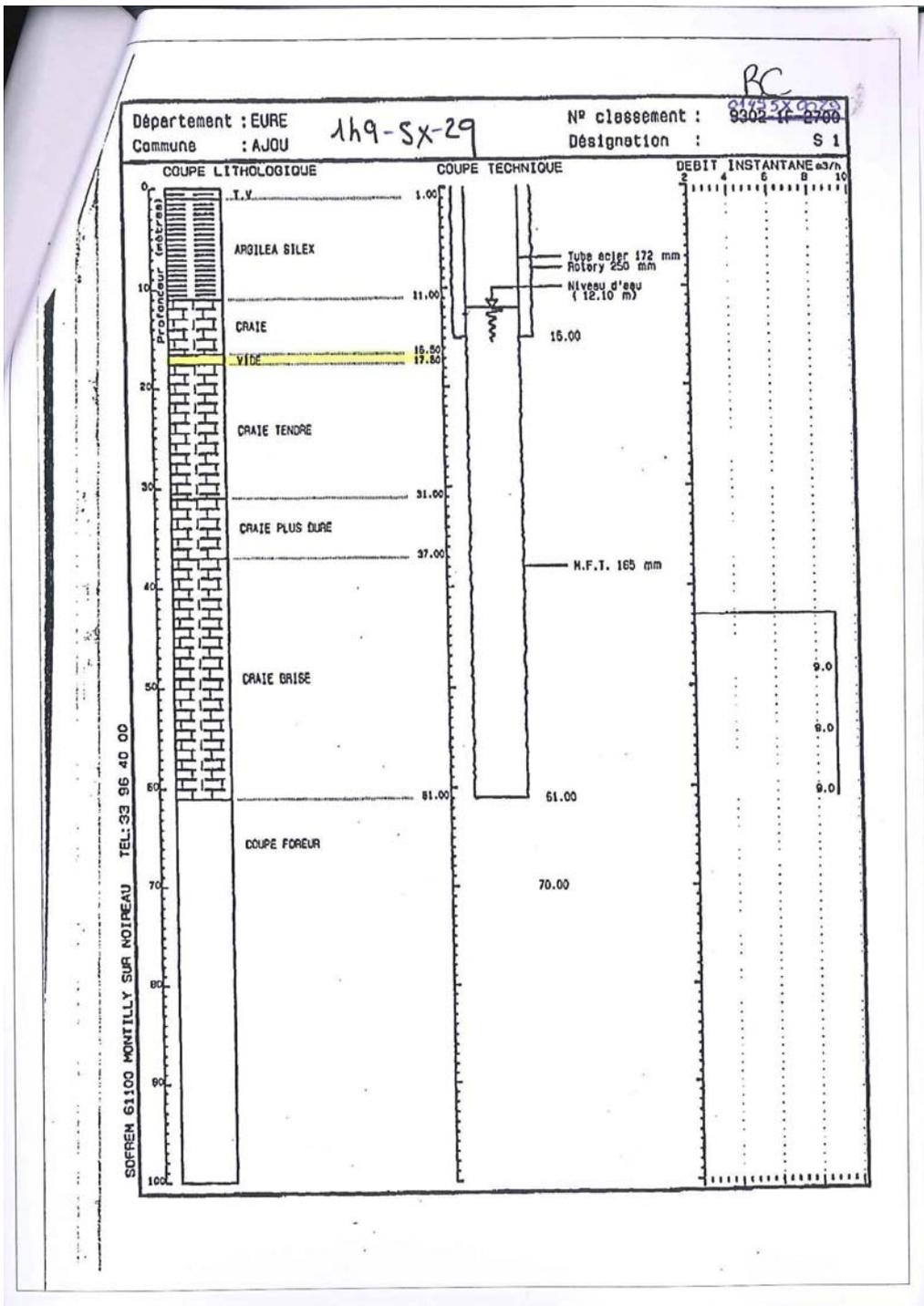




8.5 ZONE DE RECONNEXION NAPPE / RIVIERE (OBSERVATION 08/08/2012)



8.6 COUPE GEOLOGIQUE DU FORAGE 01495X0029 FAISANT APPARAÎTRE UN VIDE KARSTIQUE 16,50 ET 17,80 M DE PROFONDEUR (COMMUNE D'AJOU)



		SGR/HNO		Indice 01495X0029
				Désignation S1
Région	ROUMOIS-OUCHE			
Département	27 EURE			
Commune	007 AJOU			
Adresse ou Lieu-dit	LES CRIGNIERES D'AJOU			
Bassin versant	RISLE			
Nature	SONDAGE			
Profondeur atteinte (m)	60			
Diamètre ouvrage (mm)	172			
Date FIN de Travaux	12/02/1993			
Mode d'Exécution	BOUE,ROTATION, AIR,MARTEAU-FOND.			
Etat	ACCES,MESURE,PRELEV, TUBE-METAL,PAROI-NUE.			
Maître d'Oeuvre	SYNDICAT DE LA RISLE			
Propriétaire				
Exploitant				
Entrepreneur	SOFREM			
Objet Recherche				
Objet Exploitation				
Objet Reconnaissance	NAPPE.			
Utilisation				
Prof Eau Sol (m)	12.1	le	12/02/1993	
Z Coupe (m)	128	Précision	le 12/02/1993	
Auteur coupe	SOURIMANT			
Gisement				
Echantillons conservés	Non			
Documents	PLAN-SITUATION, COUPE-GEOLOGIQUE, COUPE-TECHNIQUE.			
Références	RAPPORT 93 HNO 043 - DEBIT OUVRAGE : VERS 9 METRES-CUBE/HEURE			
Dossier instruit par	P. JACQUOT	Date du Dossier	23/06/1993	
Confidentialité	Public	Importance		
		Réseau		

Zone Lambert 1	X(m)= 485740
	Y(m)= 142590
Lambert 2 étendu	X(m)= 485661
	Y(m)= 2442786
WGS 84	Latitude= 0.775589
	Longitude= 48.973
Référentiel 2006	X(m)= 537174
	Y(m)= 6877080
Précision Z EPD	Z(m)= 128

8.7 DESCRIPTIFS DES DISPOSITIFS DE COLMATAGE DES 3 BETOIRES DE SYLVAIN-LES-MOULINS DANS L'ITON

COLMATAGE

Aménagement de la bétoire n°1 du Petit Moulin

IDENTIFICATION	Commune : Sylvains les Moulins
	Lieu-dit : Le Petit Moulin
	Bassin hydrologique :
	Identifiant bétoire : 6075
	Maître d'ouvrage : SIAEP de Thomer Corneuil
	Bureau d'étude : BRGM

Date de réalisation des travaux : sept. 1992 à avril 1993

DESCRIPTION

Objectif de protection : Risque sanitaire
 Protections des forages AEP de Sylvains les Moulins et de Coulonges contre la turbidité

Situation bétoire : Code 7 : La bétoire large est située à cheval sur la rivière et la berge, le mur est à moitié démoli

Type d'eau d'engouffrement : elle recueille les infiltrations d'eaux provenant de la rivière

DETAIL TECHNIQUE DE L'AMENAGEMENT

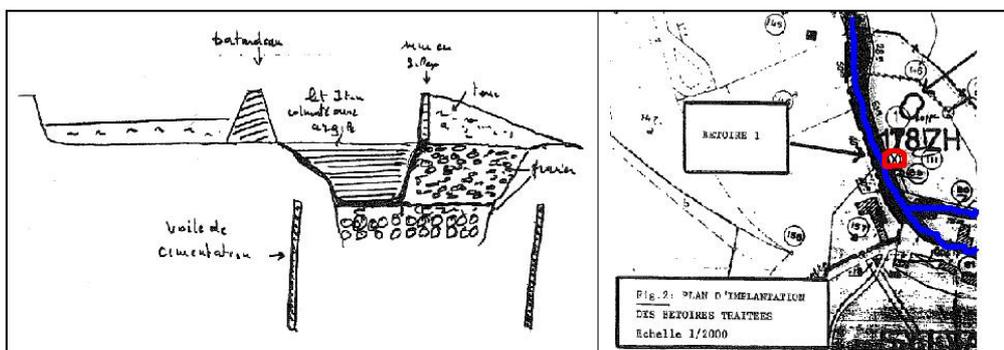
- repérage de la zone d'infiltration où les fentes entre les blocs de silex sont suffisantes pour absorber de l'eau chargée en limons
- consolidation du terrain tout autour de la bétoire par des injections de ciment à faible pression
- isolement du cours d'eau par un batardeau
- ouverture de la bétoire à la bécote et la vider sur 10 m
- comblement de l'excavation par des gros silex sur 5m puis par un massif de gravier filtrant (5-15 mm) et de la terre côté berge et par un lit d'argile côté rivière
- couverture par un lit imperméable de limons ou d'argile
- démontage du batardeau

Aménagements périphériques :

- réfection du mur en béton de la berge pour éviter toute infiltration

Contraintes techniques, difficultés rencontrées :

- la nature argileuse du sol n'a pas facilité le déplacement des engins
- arrêt des travaux suite aux intempéries (débordements de l'Iton)
- lors de l'injection, du ciment est remonté vers le lit de l'Iton





Berge de l'Iton avec le mur en béton

ENTRETIEN PRECONISE

- en cas de rejeu éventuel, la bétoire sera recombée avec du matériau (gravier puis argile) pour reconstituer le chapeau de protection
- les lits d'argile doivent être régulièrement inspectés

ETUDE PREALABLE

Non précisée

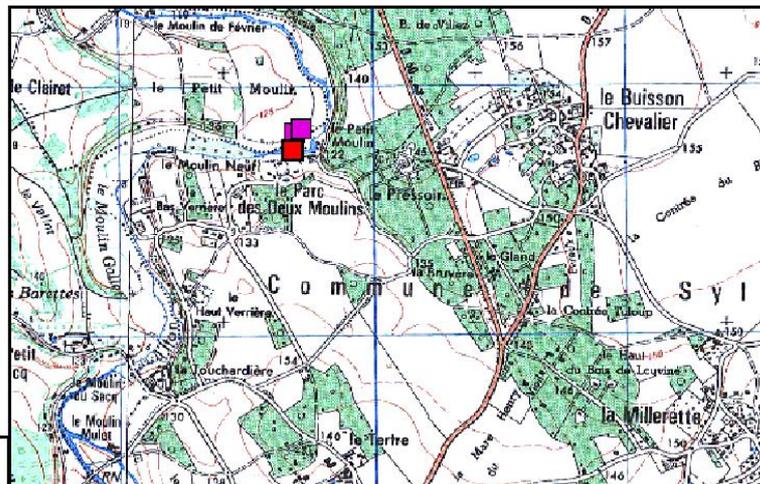
CONSTAT DE TERRAIN DU 26/03/10

- le mur de la berge est en bon état
- absence d'effondrement visible

ATTEINTE DE L'OBJECTIF

OUI

Source bibliographique : FRANCK C., DE LA QUERRIERE Ph. (décembre 1993) – SIAEP de Thomer Corneuil ; Protection du captage d'alimentation en eau potable de Sylvains-les-Moulins, rechemisage de bétoires. Compte rendu des travaux, BRGM. 39p.



Localisation de la bétoire n°1

COLMATAGE

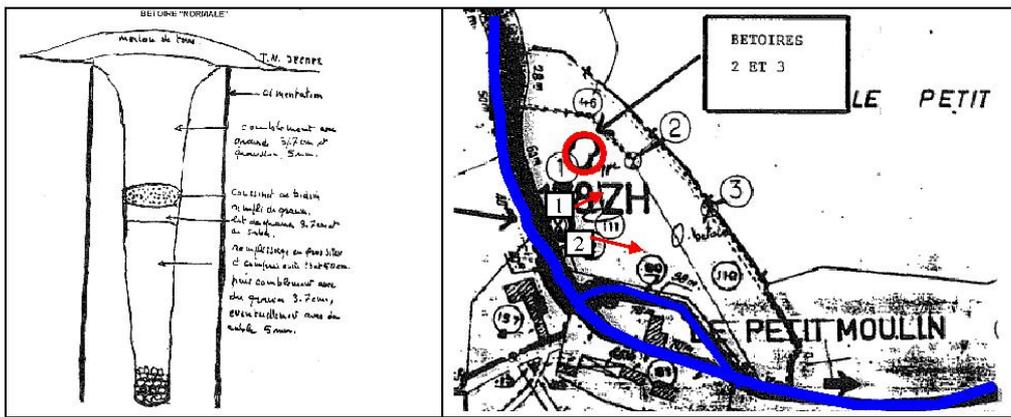
Aménagement des bétoires 2 et 3 du Petit Moulin

IDENTIFICATION	Commune : Manthelon
	Lieu-dit : Le Petit Moulin
	Bassin hydrologique :
	Identifiant bétoire : 6076 et 6077
	Maître d'ouvrage : SIAEP de Thomer Corneuil
	Bureau d'étude : BRGM

Date de réalisation des travaux : sept. 1992 à avril 1993

DESCRIPTION
<u>Objectif de protection</u> : Risque sanitaire Protection des forages AEP de Sylvains les moulins et de Coulonges contre la turbidité
<u>Situation bétoire</u> : Code 7 : les deux bétoires situées sur la rive gauche de l'Iton en fond de vallée, sont contiguës et à une vingtaine de mètres du cours.
<u>Type d'eau d'engouffrement</u> : Elles ne reçoivent que les surverses du cours d'eau en crue

DETAIL TECHNIQUE DE L'AMENAGEMENT
<ul style="list-style-type: none"> - repérage de la zone d'infiltration où les fentes entre les blocs de silex sont suffisantes pour absorber de l'eau chargée en limons - consolidation du terrain tout autour de la bétoire par des injections de ciment à faible pression - ouverture de la bétoire à la bécote et la vider sur 10 m - comblement de l'excavation par des gros silex sur 5m puis par un massif de gravier filtrant avec à l'intérieur du massif un coussinet de gravier fin protégé par un géotextile non tissé - couverture par un lit imperméable de limons ou d'argile <p><u>Aménagements périphériques</u> : aucun</p> <p><u>Contraintes techniques, difficultés rencontrées</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la nature argileuse du sol n'a pas facilité le déplacement des engins - arrêt des travaux suite aux intempéries (débordements de l'Iton)





Prairie à 20 m de l'Iton

ENTRETIEN

- en cas de rejeu éventuel, la bétairie sera recomblée avec du matériau (gravier puis argile) pour reconstituer le chapeau de protection
- les lits d'argile doivent être régulièrement inspectés

ETUDE PREALABLE

Non précisée

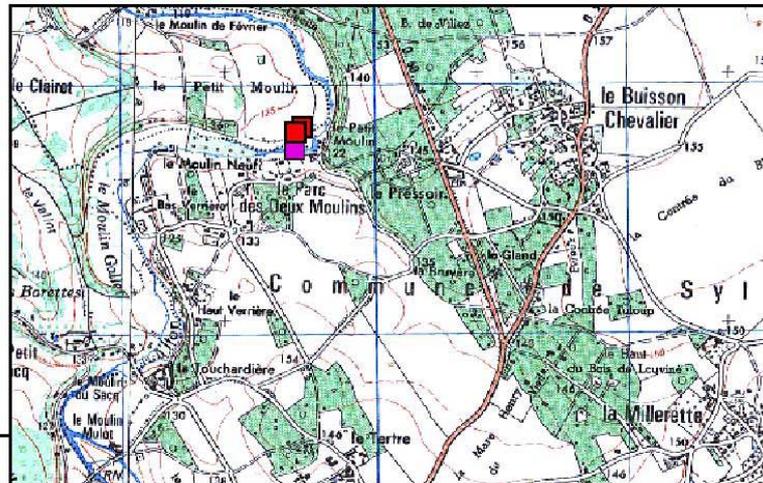
CONSTAT DE TERRAIN DU 26/03/10

- aucun effondrement n'est visible

ATTEINTE DE L'OBJECTIF

OUI

Source bibliographique : FRANCK C., DE LA QUERRIERE Ph. (décembre 1993) – SIAEP de Thomer Corneuil ; Protection du captage d'alimentation en eau potable de Sylvains-les-Moulins, rechemisage de bétaires. Compte rendu des travaux, BRGM. 39p.



Localisation des bétaires 2 et 3



Centre scientifique et technique Service Géologique Régional Haute-
3, avenue Claude-Guillemin Normandie
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France 10, rue A. Sakharov
Tel. 02 38 64 34 34 76130 Mont Saint Aignan – France
Tél. : 02 35 60 12 00