

**Apport d'une campagne de multitraçage artificiel à
la connaissance des relations surface-souterrain
sur la Risle moyenne**

Matthieu Fournier

avec la collaboration de M^{me} Lejeune et M^{me} Richard

décembre 2015

SOMMAIRE

Résumé	3
Préambule	4
Introduction	4
I. Contexte et site d'étude	5
II. Préparation et suivi des traçages	7
III. Résultats	9
IV. Apport à la connaissance du fonctionnement de la Risle moyenne	12
Conclusion	13

Résumé

La partie moyenne de la Risle, entre Ambenay et Beaumontel, est reconnue depuis le 19^{ème} siècle comme présentant des périodes d'assec. La dernière en date s'est déroulée en août 2012 entre Ajou et Beaumont-Le-Roger après l'ouverture d'une perte engouffrant l'intégralité de la rivière et a duré 2 mois. Afin d'étudier cette partie moyenne de la Risle, un observatoire environnemental a été mis en place durant 2 ans sous l'égide du BRGM. Dans ce cadre, il a été décidé de compléter la connaissance du fonctionnement hydrologique et notamment les relations entre la surface et le souterrain au moyen d'une campagne de multitraçage. Les objectifs de cette campagne étaient i) d'établir des connexions hydrologiques avec des points d'alimentation en eau potable, ii) de quantifier les connexions hydrologiques entre ladite perte en Risle et les sources de la Bave et de Fontaine à Roger, iii) de quantifier les pertes en eau sur le linéaire perché de la Risle entre Ajou et le Val Gallerand, iv) de vérifier l'existence d'échange hydraulique inter-bassin entre l'Iton et la Risle mis en évidence par un précédent traçage dont la véracité est mise en doute. Des restitutions d'uranine et de sulforhodamine ont été observées uniquement sur le système Fontaine-à-Roger/Pisciculture ; écartant ainsi des connexions entre la Risle et le bassin versant de l'Iton puis avec les captages d'alimentation en eau potable de la vallée de la Risle. Ces courbes de restitution ont permis le calcul des temps caractéristiques et des paramètres hydrodispersifs du milieu et une comparaison avec les résultats du traçage de 2012. Ainsi, il a été mis en évidence un taux de restitution trois fois plus faible en 2015 qu'en 2012 et l'absence de la connexion avec la vallée de la Bave qui peut dès lors être considérée comme un système surverse.

Préambule

Le présent rapport vise à compléter par des aspects quantitatif et interprétatif un précédent rapport réalisé par Mathilde Lejeune dans le cadre de son stage de première année de Master Environnement, Sols et Eaux de l'Université de Rouen réalisé avec le concours du BRGM et consacré à la réalisation de la campagne de multitraçage sur la Risle moyenne sous la direction de Matthieu Fournier du laboratoire M2C UMR CNRS 6143.

Ainsi, ce rapport reprend un grand nombre d'éléments contextuels qui se trouvent dans le rapport de stage. Puis, il le complète en abordant les aspects quantitatifs et synthétise les éléments de comparaison avec d'autres données environnementales et d'anciens traçages afin de conclure sur les objectifs ayant présidé à la réalisation de cette campagne dans le cadre de l'observatoire de la Risle.

Introduction

A la suite du traçage artificiel réalisé en août 2012 en réponse à l'engouffrement total de la Risle, il a été prévu dans le cadre de la mise en place de l'observatoire de la Risle une campagne de traçage plus complète avec comme objectifs i) d'établir des connexions hydrologiques avec des points d'alimentation en eau potable, ii) de quantifier les connexions hydrologiques entre ladite perte en Risle et les sources de la Bave et de Fontaine à Roger, iii) de quantifier les pertes en eau sur le linéaire perché de la Risle entre Ajou et le Val Gallerand, iv) de vérifier l'existence d'échange hydraulique inter-bassin entre l'Iton et la Risle mis en évidence par un précédent traçage dont la véracité est mise en doute.

Pour ce faire, il a été proposé une campagne de multitraçage utilisant 3 traceurs fluorescents dont la restitution a été surveillée en 23 points durant les mois d'avril à juin 2015. Ce rapport présente les résultats de cette campagne en détaillant préalablement le contexte de la zone d'étude et la préparation de la campagne de multitraçage. Les résultats acquis sont ensuite discutés et replacés dans le cadre du fonctionnement hydrologique global de la Risle moyenne.

I. Contexte et site d'étude

La Risle prend sa source dans les formations sableuses des collines du Perche. Sa gestion est divisée en trois tronçons amont, moyen et aval. Sur sa partie moyenne, selon les épisodes piézométriques, la Risle est perchée par rapport à la nappe. Le cours d'eau se trouve donc déconnecté de l'aquifère en certaines périodes de sorte que ce dernier n'est plus drainé par le premier. De plus le substratum crayeux sur lequel coule la Risle entre Rugles et Grosley-sur-Risle est connu pour être karstifié et plusieurs connexions karstiques ont pu être mises au jour depuis le XIX^{ème} siècle. Certaines pertes se font directement dans le lit de la rivière et amènent à la stabilisation voire à la diminution du débit spécifique de la Risle sur son cours moyen. Certains épisodes ont même vu la disparition entière de la Risle sur ce tronçon à la faveur de l'engouffrement complet du cours d'eau. La dernière en date s'est déroulée en août 2012 où l'intégralité de la Risle s'est engouffrée à une perte située dans le lit de la rivière à Ajou. Lors de cet épisode, des recherches bibliographiques ont montré que ce phénomène, loin d'être exceptionnel, était connu dès le XVII^{ème} siècle puisque des cartes de Cassini montraient en pointillés le cours d'eau de la Risle sur sa partie moyenne, témoignant ainsi de l'intermittence de celui-ci.

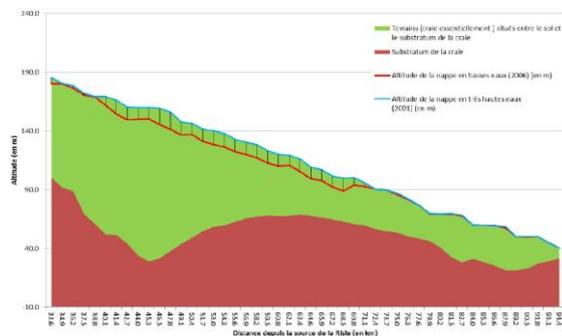


Figure 1: Coupe le long du cours de la Risle, de Rugles à Point Authou (David et Equilbey, 2012)

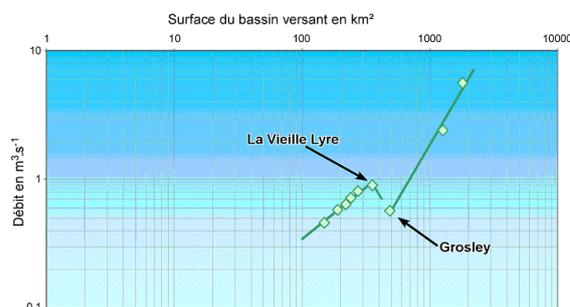


Figure 2 : débit spécifique de la Risle (Jannot, 2010, Stages Université de Rouen)

Lors de l'ouverture de cette perte, il a été fait en urgence un traçage artificiel en injectant 3kg de fluorescéine dans la perte de la Risle à Ajou le 2 août 2012 à 15h. Les points de suivi ont été la source de la Fontaine à Roger, les ballastières SNCF avec résurgence dans le lit de la Risle en amont du barrage de dérivation de la pisciculture, la Bave et 3 captages d'alimentation en eau potable : Beaumontel, Nassandres, Télémechanique Beaumont. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de connexion hydraulique entre la perte 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. 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).

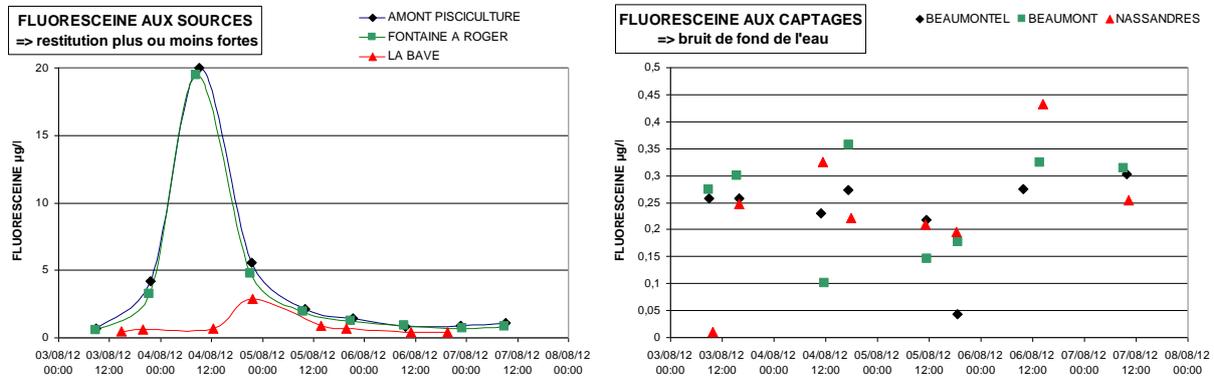


Figure 3 : restitution de la fluorescéine lors du traçage d'août 2012

A la suite de cet assèchement de la Risle en août 2012, les services de l'Etat ont décidé de la mise en place d'un observatoire afin d'acquérir des données dans le but d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydrologique de la partie moyenne de la Risle. Dans le cadre de cet observatoire, deux stages de master ont été effectués, l'un sur la partie fonctionnement hydrologique et l'autre sur une campagne de multitraçage visant à compléter et confirmer les connaissances sur les connexions entre la surface et le souterrain.

II. Préparation et suivi des traçages

Les objectifs de cette campagne de multitraçage étaient i) d'établir des connexions hydrologiques avec des points d'alimentation en eau potable, ii) de quantifier les connexions hydrologiques entre ladite perte en Risle et les sources de la Bave et de Fontaine à Roger, iii) de quantifier les pertes en eau sur le linéaire perché de la Risle entre Ajou et le Val Gallerand, iv) de vérifier l'existence d'échange hydraulique inter-bassin entre l'Iton et la Risle mis en évidence par un précédent traçage dont la véracité est mise en doute.

Pour ce faire, trois traceurs artificiels, compatibles à être employés simultanément, ont été utilisés : l'uranine, la sulforhodamine et l'acide amino-G. En effet, les traceurs pouvant être retrouvés en même temps à plusieurs points de suivi, il est nécessaire que leur différenciation puisse être aisée. Ces traceurs fluorescents possédant des longueurs d'ondes d'excitation et d'émission différentes, leur différenciation est facile à partir d'un fluorimètre. L'uranine étant la molécule la plus photosensible, elle a été injectée dans la perte d'Ajou. La sulforhodamine B étant la moins sensible à la matière organique, elle a été injectée en rivière. Puis l'acide amino-G a été injecté dans la perte des Baux-de-Breteuil sur le bassin de l'Iton. L'ensemble des caractéristiques des injections sont répertoriés dans le Tableau 1. Les fluorimètres, utilisés sur le terrain et pour les analyses en laboratoire, ont été calibrés avec les traceurs injectés.

Les quantités à injecter ont été déterminées en fonction des résultats des anciens traçages et de la nécessité de ne pas atteindre des doses toxiques pour le milieu piscicole. Les doses apparaissent faibles en regard des formules empiriques utilisées dans la littérature (Schudel, 2002). Elles ont permis néanmoins de mesurer de bonnes restitutions.

Tableau 1 : caractéristiques des injections

Lieu d'injection	P5106	B18367	B7125
Coordonnées (Lambert 93)	X 532972m Y 6862367m	X 538164m Y 6878606m	X 538134m Y 686637m
Commune	Ambenay	Ajou	Les-Baux-De-Breteuil
Date et heure d'injection	11/05/2015 9h20	11/05/2015 14h20	11/05/2015 10h50
Traceur utilisé	Sulforhodamine B	Uranine	Acide-Amino-G
Quantité utilisée	2kg	2kg	20Kg
Volume d'humidification	Injection dans la Risle	0,1m ³	1m ³
Volume de chasse		2,6m ³ par motopompe	11m ³

Afin de répondre aux objectifs fixés, 23 points de restitution potentielle (Tableau 2) ont été suivis dans les captages d'alimentation en eau potable de la vallée de la Risle, des

résurgences dans la vallée de la Bave, les sources à proximité de la Fontaine à Roger ainsi que la Risle en aval de Beaumontel. Le tableau 8 récapitule les points de suivi sélectionnés. Certains ont été équipés d'un fluorimètre doublés d'un préleveur automatique, d'autres uniquement d'un préleveur automatique et enfin certains ont été prélevés manuellement.

Tableau 2 : points de suivi de la restitution des traceurs

Nom	Code BSS	Communes
AEP Les Mollents	01795X0022	NEAUFLES AUVERGNY
AEP Les Houssières	01791X0001	LA VIEILLE-LYRE
Sources de la Vieille-Lyre	S14805	LA VIEILLE-LYRE
AEP Rouge Moulin Dit La Vallée	01791X0024	LA VIEILLE-LYRE
AEP Le petit Harcourt Dit Champignolles	01495X0002	AJOU
AEP Puits d'Ajou	01495X0003	AJOU
AEP La Lande Neveu	01491X0001	ROMMILLY-LA-PUTHNAY
AEP Vallon des Gouttières	01495X0003	GOUTTIERES
Risle à la pisciculture	-	GROSLEY-SUR-RISLE
Source Fontaine Roger	01491X0016	GROSLEY-SUR-RISLE
AEP Les Petits Champs	01491X0045	BEAUMONT-LE-ROGER
Aval Lieudit Du Moulin à Tan	01491X0004	BEAUMONT-LE-ROGER
Source Georgette	01491X0029	BEAUMONT-LE-ROGER
Risle à Beaumontel	-	BEAUMONTEL
Source de la blanchisserie : Abyrne (01491X0026)	01491X0026	BEAUMONT-LE-ROGER
Source du Val-Saint-Martin	01491X0004	BEAUMONT-LE-ROGER
Source de la Colignère, le Mont Frileux (01491X0005)	01491X0005	BEAUMONT-LE-ROGER
Source du Val Martin	01491X0027	BEAUMONT-LE-ROGER
Source en amont de la blanchisserie	01491X0025	BEAUMONT-LE-ROGER
Sortie de l'Etang	-	GROSLEY-SUR-RISLE
Source barrage de la Risle	S18380	GROSLEY-SUR-RISLE
Risle en amont du barrage	-	GROSLEY-SUR-RISLE
Lavoir Rue de la Coletterie	-	GROSLEY-SUR-RISLE

La récupération des échantillons a été faite selon un planning prédéfini ajusté aux résultats obtenus. Le Tableau 3 reprend le planning du suivi. Les fluorimètres ont permis l'acquisition de mesures toutes les cinq minutes mais le signal trop bruité n'a été utilisé que pour affiner les résultats obtenus par prélèvement.

Tableau 3 : planning d'échantillonnage des préleveurs automatiques

Date de mise en route	Date relève	Pas de temps	Mesure réalisée
9/05/15	11/05/15	4h	Bruit de fond
11/05/15	13/05/15	2h	
13/05/15	15/05/15	2h	
15/05/15	18/05/15	3h	
18/05/15	21/05/15	3h	
21/05/15	26/05/15	5h	Suivi des traceurs
26/05/15	29/05/15	3h	
29/05/15	01/06/15	3h	
01/06/15	15/06/15	15h	

III. Résultats

Seuls les points de suivi au niveau de la Fontaine à Roger, la Risle au niveau de la pisciculture et à Beaumontel ont permis d'observer une restitution de sulforhodamine B et d'uranine (Figure 4, Figure 5, Figure 6, Figure 7). En revanche, aucune restitution d'Acide-Amino-G n'a pu être recensée et aucune restitution sur la vallée de la Bave n'a été observée.

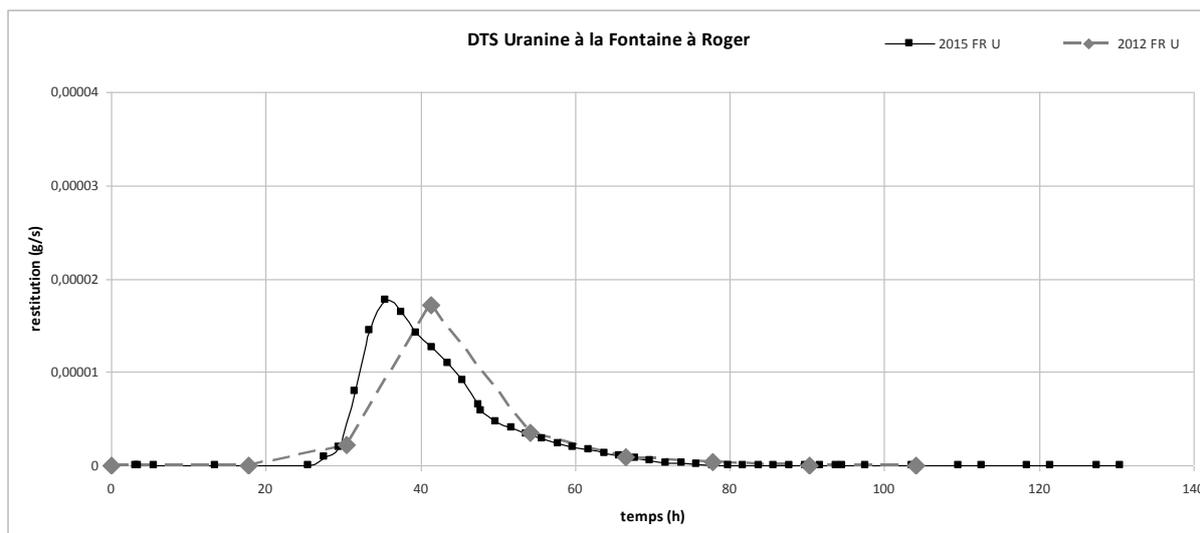


Figure 4 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à la Fontaine à Roger en 2015 et 2012

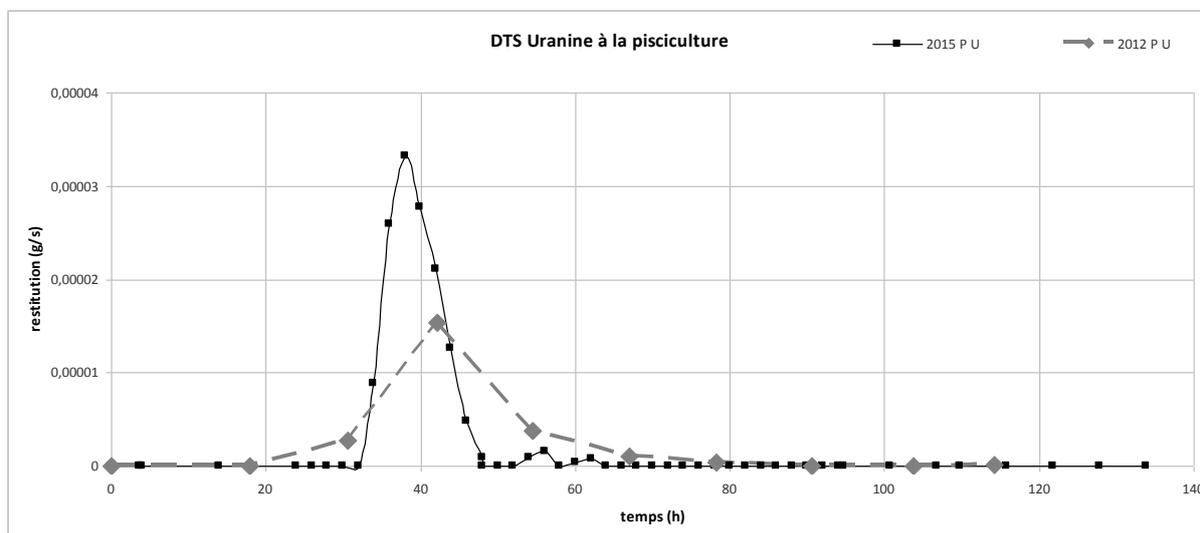


Figure 5 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à la pisciculture en 2015 et 2012

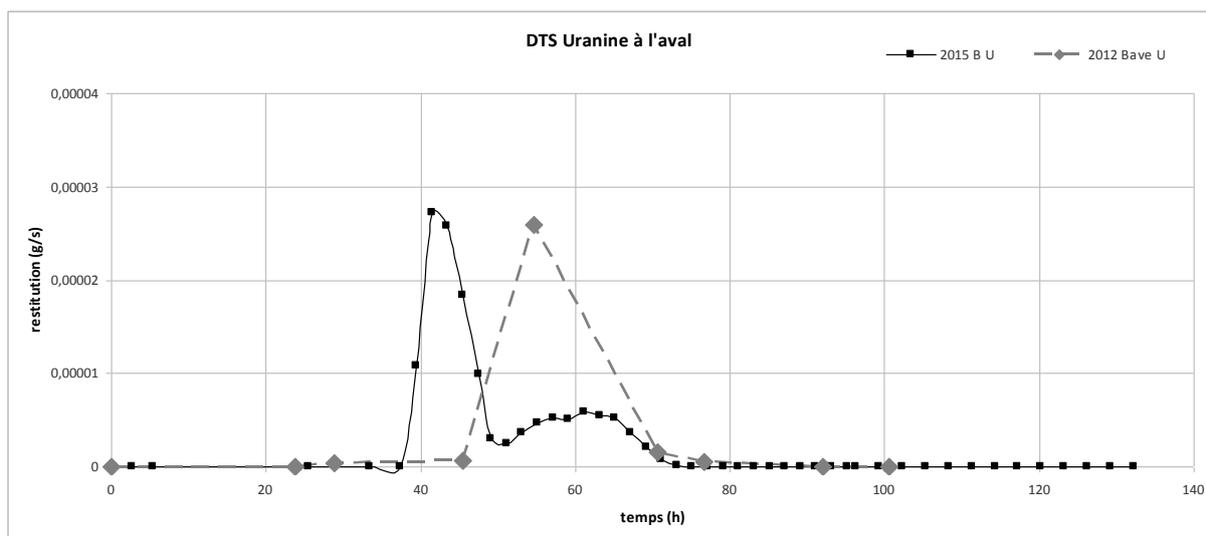


Figure 6 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à l'aval de la Risle en 2015 et à la Bave en 2012

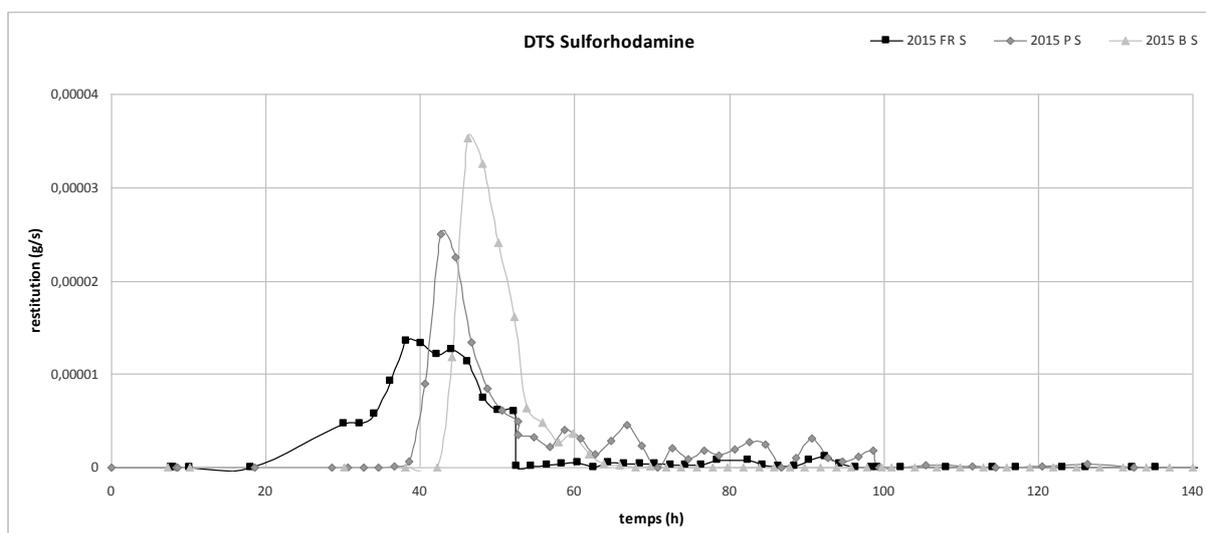


Figure 7 : Distribution des temps de séjour de la sulforhodamine B à la Fontaine à Roger, à la pisciculture et à Beaumontel en 2015

Les courbes de restitution montrent des pics bien marqués, supérieurs au bruit de fond. Chacun des pics a fait l'objet d'une vérification au spectrophotomètre validant ainsi la présence du traceur. La Figure 8 synthétise sur une carte les résultats obtenus et matérialise en rouge les connexions hydrauliques entre les points d'injection et de restitutions. La connexion entre les bassins versants de l'Iton et de la Risle via la bétouille des Baux-de-Breteil n'est pas vérifiée, de même que la connexion entre la Risle, le long de son cours et/ou à la bétouille d'Ajou, et la vallée de la Bave.

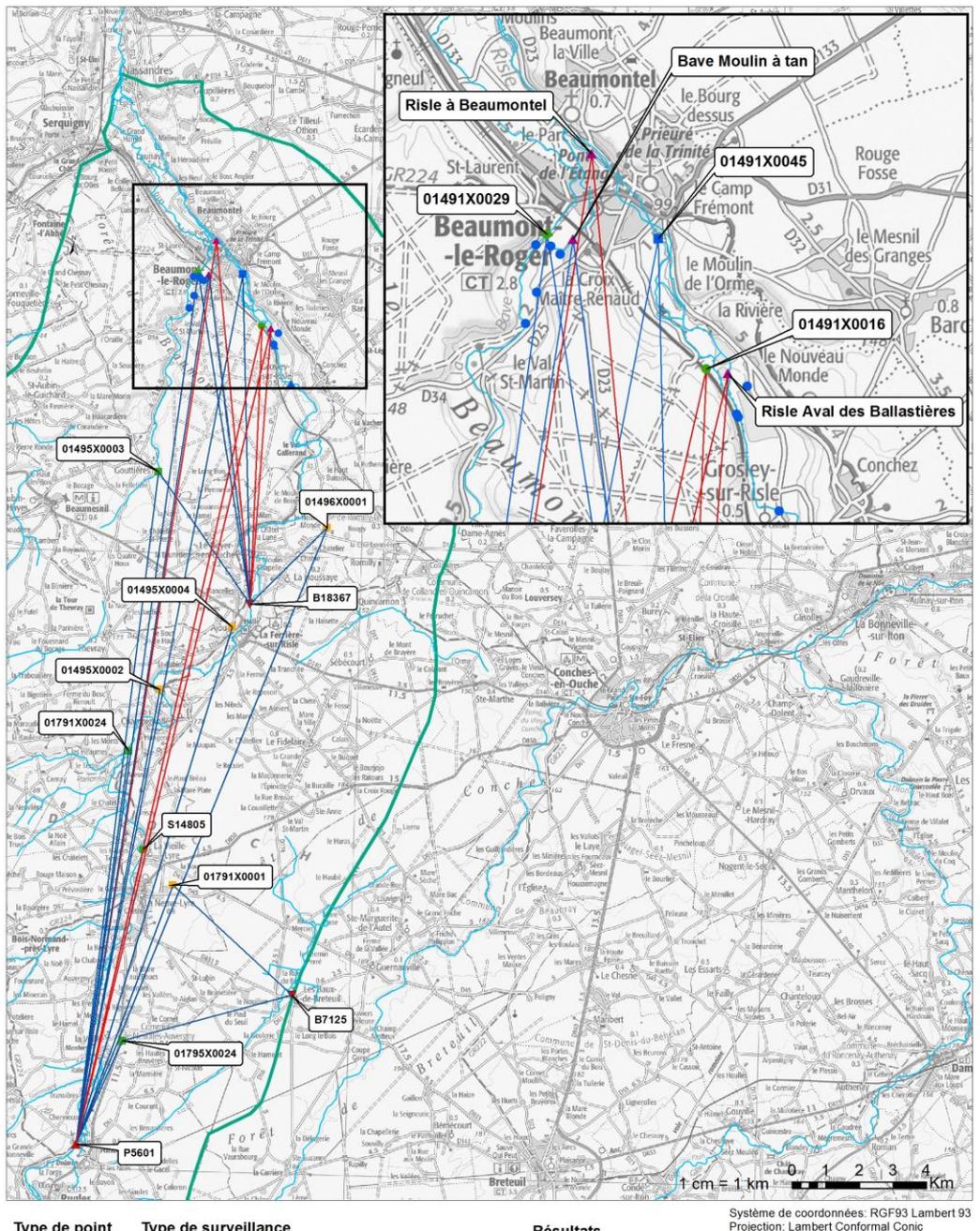


Figure 8 : suivi et restitution des traceurs lors de la campagne multitraçage 2015

A partir des courbes de restitutions, les paramètres de la distribution de séjour ont été calculés à partir du logiciel TRAC (BRGM) en utilisant une hypothèse de milieu infini en une dimension afin d'extraire les temps caractéristiques de la restitution et les paramètres hydrodispersifs du milieu.

Tableau 4 : Temps caractéristiques et paramètres hydrodispersifs issus des distributions des temps de séjour par le logiciel TRAC

	Fontaine Roger			Risle pisciculture			Risle Beaumontel		La Bave
	Uranine 2012	Uranine 2015	Sulforhodamine B	Uranine 2012	Uranine 2015	Sulforhodamine B	Uranine	Sulforhodamine B	2012
tmin(h)	17,8	25,0	30,0	24,0	31,0	35,9	37,0	42,1	28,0
tmod(h)	41,4	35,5	40,0	42,2	37,9	42,6	41,4	46,1	54,6
tmoy(h)	44,0	41,8	42,0	44,9	39,7	55,6	48,8	49,3	55,7
tr(h)	26,2	16,8	12,0	20,9	8,7	19,7	11,8	7,2	27,7
Vmax(m/s)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Vapp(m/s)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	179,1
Vmoy(m/s)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	181,2
Vmod(m/s)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Masse restituée (g)	646,6	75,4	387,2	893,8	181,6	627,3	215,6	773,1	148,9
% restitué	22%	4%	19%	30%	9%	31%	11%	39%	5%
Bruit de fond (ppb)	0,9	0,8	5,5	0,9	1,1	5,4	1,0	6,2	0,5
Dispersivité (m)	8349,8	8349,8	25179,3	8311,0	8311,0	25184,8	27461,5	27461,5	9973,3

IV. Apport à la connaissance du fonctionnement de la Risle moyenne

La connexion hydraulique entre la bétroire de la Risle à Ajou et la Fontaine à Roger et au niveau des ballastières SNCF est vérifiée une nouvelle fois. Par contre, il n'y a aucune restitution au niveau des étangs de Grosley, ni à la source près du barrage de prise d'eau de la pisciculture. En revanche, cette restitution est moins importante qu'en 2012 et n'atteint pas la vallée de la Bave. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en 2012 le niveau piézométrique était plus bas qu'en 2015 et que l'engouffrement total de la Risle engendrait une charge hydraulique plus forte susceptible de créer une connexion avec la Bave soit par surverse, soit par surpression ; connexion n'existant plus sous les conditions du printemps 2015. En ce qui concerne les temps caractéristiques, ils sont similaires lors des deux traçages avec néanmoins paradoxalement des temps plus longs en 2012 alors que la charge hydraulique était plus forte. Ceci peut provenir du pas de temps d'échantillonnage beaucoup plus long en 2012 diminuant la résolution du traçage et donc des détections de traceur plus tardive.

La restitution de la sulforhodamine à la Fontaine à Roger et dans la Risle au niveau de la pisciculture met en évidence une connexion hydraulique souterraine entre le lit de la Risle et la Fontaine à Roger. La restitution apparaît unimodale de sorte d'un seul parcours à partir d'un seul point d'engouffrement n'est envisageable. Est-ce la perte d'Ajou dans la Risle ?

L'absence de restitution dans les captages d'alimentation en eau potable permet de lever l'appréhension d'une vulnérabilité de ces captages à des pollutions émanant de la Risle. De même, l'absence de restitution d'acide Amino-G aux points de suivi remet en cause la connexion hydraulique entre le bassin versant de l'Iton et celui de la Risle qui avait été mis en évidence dans des conditions non validées.

Conclusion

Cette campagne de multitraçage a permis de préciser les connexions hydrauliques entre la surface et le souterrain dans le cadre de la Risle moyenne. Si la perte d'Ajou dans le lit de la Risle est toujours active, la restitution du traceur au système Fontaine-à-Roger/Pisciculture est 2/3 plus faible qu'en 2012. La connexion avec la Bave n'est pas maintenue, de sorte qu'il faut voir cet exutoire comme une surverse.

Il existe une connexion hydraulique le long de cours de la Risle et le système Fontaine-à-Roger/Pisciculture mais celle-ci s'est fait durant le traçage de 2015 via un point d'infiltration unique et non comme une chapelet de points d'engouffrement dans le lit de la rivière.

Les captages d'alimentation en eau potable ne sont pas en connexion avec les eaux de la Risle.

La connexion hydraulique entre le bassin de l'Iton et celui de la Risle est remise en cause.

Table des figures

Figure 1: Coupe le long du cours de la Risle, de Rugles à Point Authou (David et Equibey, 2012)	5
Figure 2 : débit spécifique de la Risle (Jannot, 2010, Stages Université de Rouen)	5
Figure 3 : restitution de la fluorescéine lors du traçage d'août 2012.....	6
Figure 5 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à la Fontaine à Roger en 2015 et 2012	9
Figure 6 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à la pisculture en 2015 et 2012	9
Figure 7 : Distribution des temps de séjour de l'Uranine à l'aval de la Risle en 2015 et à la Bave en 2012	10
Figure 8 : Distribution des temps de séjour de la sulforhodamine B à la Fontaine à Roger, à la pisculture et à Beaumontel en 2015	10
Figure 8 : suivi et restitution des traceurs lors de la campagne multitraçage 2015	11

Table des tableaux

Tableau 1 : caractéristiques des injections	7
Tableau 2 : points de suivi de la restitution des traceurs	8
Tableau 3 : planning d'échantillonnage des préleveurs automatiques	8
Tableau 4 : Temps caractéristiques et paramètres hydrodispersifs issus des distributions des temps de séjour par le logiciel TRAC	12

Liste Bibliographique

BRGM, 2012, Manuel d'utilisation de TRAC : Aide à l'interprétation de traçages en milieux poreux
Rapport Final, BRGM/RP-60660-FR, Janvier 2012

David P-Y., Equibey E., 2012, Perte totale de la Risle, commune de la Houssayre, Avis
hydrogéologique du BRGM, Rapport final, BRGM/RP-601446-FR,96p

Lejeune M., 2015, Observatoire de la Risle moyenne : Apport du multi-traçage à la connaissance des
relations eaux de surfaces et eaux souterraines, Rapport de stage M1ESE, Université de Rouen.

Richard M., 2015, Bilans quantitatifs sur le bassin de la Risle moyenne, Rapport de stage M2ESE,
Université de Rouen

Schudel B., Biaggi D., Dervev T., Kozel R., Müller I., Henning Ross J., Schlindler U., 2002, Utilisation
des traceurs artificiels en hydrogéologie, Guide pratique, *Rapport OFEG*, 77 p