

1) TRACAGES DU RUISSEAU DE SERRE (TRACAGES 12-1 et 12-2 AVEYRON)

Le ruisseau de Serre a pour origine plusieurs exutoires drainant l'aquifère supérieur constitué par les calcaires et dolomies du Jurassique moyen et supérieur, dont les trois principaux sont les sources du Duc, du ruisseau de la Serre et du Vialaret. Un petit affluent du ruisseau de Serre issu du Sud de Campagnac et recevant l'effluent de la station d'épuration apporte un débit d'environ 5 l/s. Le débit de ces exutoires, de l'ordre de 60 l/s lors de l'injection des traceurs, ne suffit pas à rendre compte du débit de 92 l/s alors mesuré dans le ruisseau de Serre à la gare de Campagnac. A l'aval de ces exutoires, le ruisseau coule sur les terrains marneux et argileux du Lias supérieur (Toarcien et Domérien) avant d'aborder les formations carbonatées du Carixien, du Lotharingien et de l'Hettangien-Sinémurien constituant l'aquifère inférieur drainé par les émergences des courlinaux et au profit duquel il perd une proportion variable de son débit. On ne peut exclure l'hypothèse d'une exhaure occulte se déversant dans la zone marécageuse établie sur les marnes et argiles du Lias supérieur dans les reculées des sources du ruisseau de Serre, du Duc et du Vialaret et dans la vallée même du ruisseau en aval de la confluence de ces affluents. Le léger accroissement de débit (ou sa stabilité si l'on tient compte de l'incertitude affectant les mesures) constaté le 19 novembre entre l'amont de la zone de perte (89 l/s) et l'aval de cette dernière (92 l/s à la gare de Campagnac) montre que des apports compensent les pertes subies par le ruisseau.

L'objectif de ce traçage, déjà réalisé en 1976 semble t'il (SALVAYRE H., 1976, cité dans LOISELEUR B., ???) était de confirmer l'hypothèse de l'existence d'une relation entre les pertes du ruisseau de Serre et les sources des Courlinaux I et II. Un traçage simple, réalisé par injection instantanée de traceur dans le ruisseau de Serre, devait permettre d'apporter une réponse à cette question. Nous avons suggéré de mettre à profit le dispositif de surveillance mis en place aux deux exutoires pour réaliser un traçage par injection continue dans le ruisseau de Serre afin d'estimer la part du débit de chacun de ces exutoires provenant du ruisseau. Cette méthode nécessite l'obtention d'un palier de concentration dans le ruisseau subissant les pertes et aux exutoires surveillés où, en conditions de débit stable, ce palier doit s'instaurer au bout d'un temps égal à la réponse impulsionnelle du système traçage correspondant à chaque exutoire.

Ce sont donc deux traçages - l'un, destiné à l'obtention de la réponse impulsionnelle du ou des systèmes traçages, par injection instantanée de 100 g d'éosine, l'autre, destiné à l'obtention des paliers de concentration, par injection continue de 1000 ml de rhodamine WT - qui ont été réalisés le 19 novembre 2002, dans le ruisseau de Serre, quelques dizaines de mètres en amont du point à partir duquel le lit mineur du ruisseau s'engage dans les formations carbonatées du Lias (calcaires du Carixien) où il subit des pertes diffuses. Le choix du point d'injection avait pour buts d'exposer la totalité du tronçon de ruisseau établi dans les calcaires au transit du traceur et de permettre l'obtention d'un bon mélange entre la solution de traceur et l'eau du ruisseau dès l'entrée du tronçon.

La surveillance s'est exercée en trois points à l'aide de préleveurs automatiques :

- dans le ruisseau de Serre, en amont de la gare de Campagnac, 1735 m en aval du point d'injection. Cette surveillance était destinée à obtenir les caractéristiques du transit des traceurs dans le tronçon de ruisseau et la forme de leur signaux d'entrée dans les

éventuels systèmes-traçage « perte du ruisseau de Serre-sources de Courtinaux I et Courtinaux II » ;

- à l'exutoire de Courtinaux I. Cette émergence est située à la base des dolomies de l'Hettangien-Sinémurien,
- à l'exutoire de Courtinaux II, situé à 125 m de l'exutoire de Courtinaux I, dans le même contexte hydrologique.

1.1) TRACAGE PAR INJECTION INSTANTANEE (EOSINE, TRACAGE 12-1 AVEYRON)

Il a été réalisé à l'aide d'une solution aqueuse de 100 g d'éosine gamma injectée dans le ruisseau à 12h20 TU le 19 novembre 2002.

1.1.1) TRANSIT DE L'EOSINE DANS LE RUISSEAU DE SERRE (Fig. 1)

La surveillance exercée dans le ruisseau en amont immédiat de la gare de Campagnac, 1735 m en aval du point d'injection, a permis de montrer que l'essentiel de la masse de traceur a transité dans le ruisseau à la vitesse apparente de 319 m/h. Le calcul des débits masiques et de la D.T.S. a été effectué pour un débit supposé constant de 92 l/s. Le traceur a subi une dispersion relativement faible puisque la valeur maximale de la distribution des temps de séjour (D.T.S.) a été de $1,86 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ et que le nuage de traceur est passé en deux heures au point surveillé.

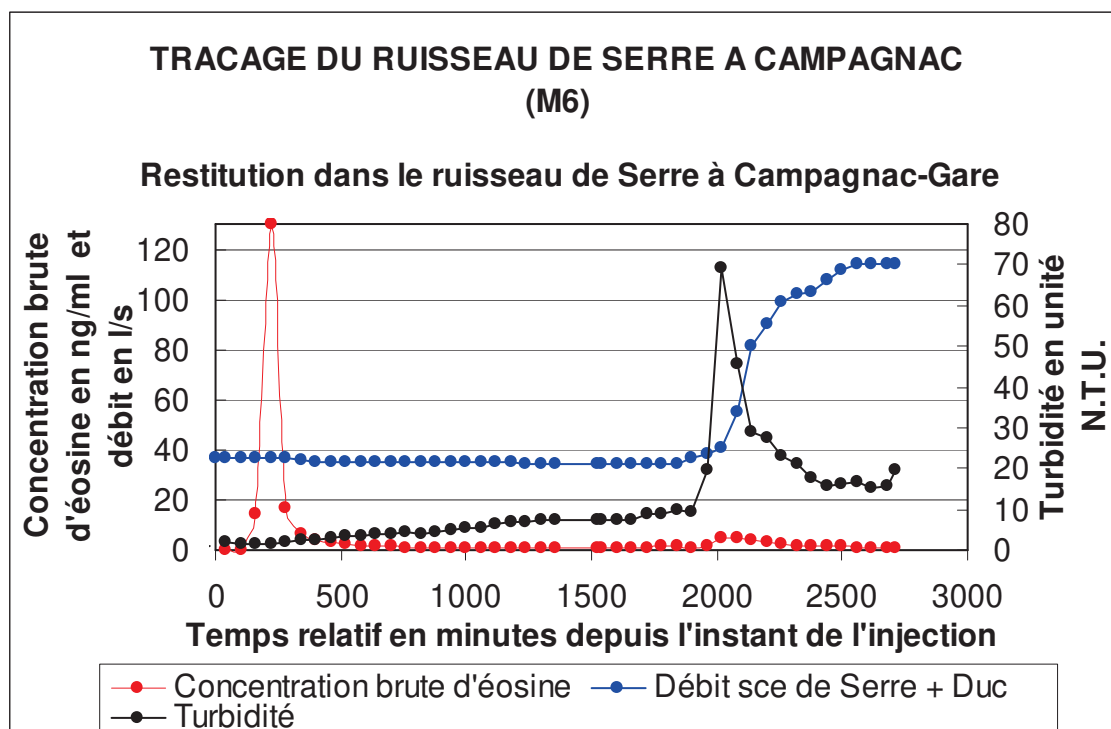


Fig. 1 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection instantanée). Restitution dans le ruisseau de Serre à Campagnac-Gare

1.1.2) RESTITUTION A L'EXUTOIRE DE COURTINAUX I (Fig. 2)

La restitution de l'éosine à l'exutoire de Courtinaux I a débuté environ 11 heures et 20 minutes après l'injection. Elle s'est déroulée en majeure partie en conditions hydrologiques de tarissement, jusqu'à une crue qui a débuté 31 heures et 40 minutes après l'injection. Cette crue a probablement accéléré la restitution du traceur. En effet, les spectres d'excitation et d'émission réalisés sur les échantillons 9,10 et 11 de la deuxième série d'échantillons ont montré la disparition du signal entre les échantillons 9 et 10 alors que le signal brut montrait une forte croissance liée à l'apparition d'une turbidité entraînée par la crue.

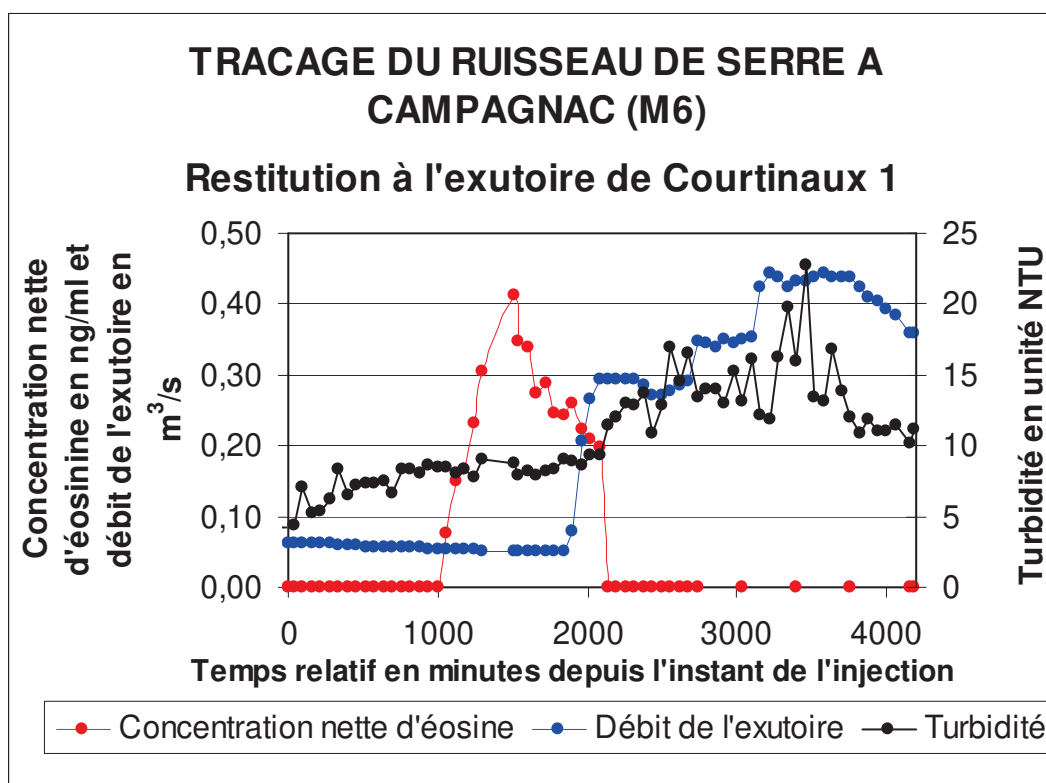


Fig. 2 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection instantanée). Restitution à l'exutoire de Courtinaux I.

La réponse impulsionnelle du traceur, dans les conditions de l'expérience, a donc été sensiblement raccourcie par les variations de débit observées. Sa durée est de 17 heures et 20 minutes.

La vitesse apparente de transit est de 59 m/h et la masse de traceur restituée de 1,38 g, ce qui correspond à la restitution de 1,38 % de la masse injectée dans le ruisseau.

1.1.3) RECHERCHE DU TRACEUR A L'EXUTOIRE DE COURTINAUX II (Fig. 3)

Le signal brut émis aux longueurs d'onde de l'éosine présente de fortes valeurs à partir du 12^{ème} échantillon de la 2^{ème} série (21 novembre 2002, 11h00). Ces fortes valeurs correspondent à l'apparition d'une turbidité élevée (maximum : 23 N.T.U.) provoquée par la crue. Mais les spectres d'excitation et d'émission montrent l'absence d'éosine dans les échantillons, à l'exception des échantillons 5 et 6 de la 3^{ème} série (21 novembre 2002, 15 et 16h) dont les spectres d'émission présentent un pic à la longueur d'onde d'émission de l'éosine, alors que les spectres d'excitation ne comportent pas le pic d'excitation qui devrait résulter de la présence de ce traceur. Les spectres réalisés sur les éluats méthanoliques de cartouches TC18 utilisées pour concentrer 100 fois les échantillons n'ont pas permis de confirmer la présence d'éosine. En conclusion, l'éosine n'a pu être décelée dans les échantillons prélevés à la source de Courtinaux II au seuil de détection autorisé par le spectrofluorimètre utilisé pour effectuer les mesures ($5 \cdot 10^{-11}$ à 10^{-10} kg/l selon la fluorescence naturelle des échantillons) ou à une concentration 100 fois plus faible dans les extraits méthanoliques.

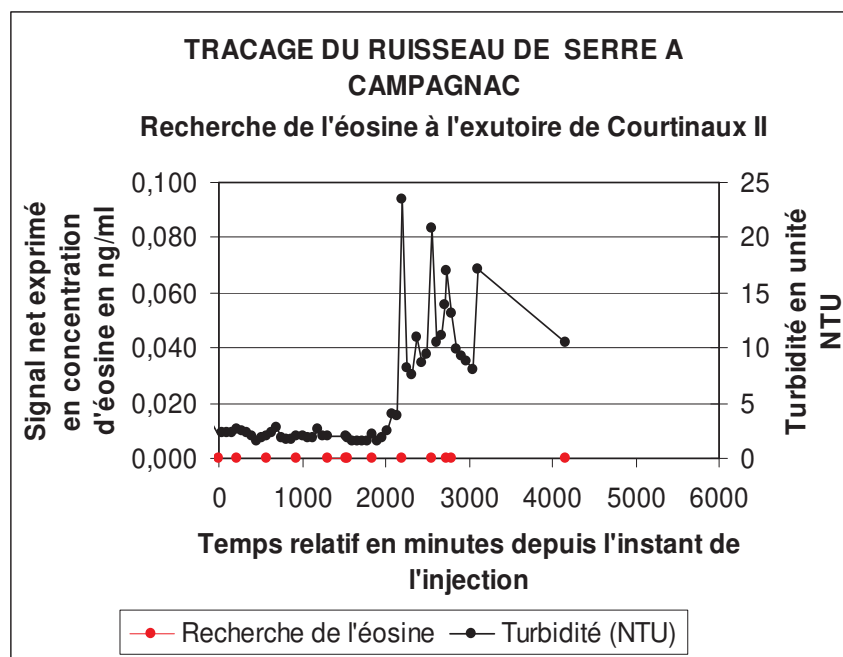


Fig. 3 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection instantanée). Recherche du traceur à l'exutoire de Courtinaux II.

1.2) TRACAGE PAR INJECTION CONTINUE (RHODAMINE WT, TRACAGE 12-2 AVEYRON)

1.2.1) INJECTION ET TRANSIT DANS LE RUISSEAU DE SERRE (Fig. 4)

La mise en œuvre de ce traçage s'est heurtée à deux difficultés :

Suite à l'apparition d'une prise d'air sur le tube adducteur de la solution mère de rhodamine WT au débitmètre du dispositif d'injection continue, la constance du débit n'a pu être assurée. Ainsi, la courbe de concentration obtenue en amont de la gare de Campagnac montre une décroissance de 84 nl/ml, 4 heures après le début de l'injection, jusqu'à 16,3 nl/ml 27 heures après. La décroissance a d'abord été très rapide, la concentration passant de 84 nl/ml à 33 nl/ml en 8 heures, puis beaucoup plus lente au cours des 19 heures suivantes. Cette plage de concentration peu variable permettra l'exploitation des résultats du traçage en vue de l'évaluation de la contribution des pertes du ruisseau au débit de l'émergence de Courtinaud I. Il est également possible que la faible décroissance observée à partir de 8 heures après l'injection ait été provoquée par l'augmentation de débit du ruisseau consécutive aux précipitations. La remise en état du dispositif d'injection le 20 novembre à 13h20 a permis d'obtenir une concentration voisine de 125 nl/ml pendant quelques heures. La dilution entraînée par la crue du 20 novembre a ensuite ramené la concentration à une valeur proche de 20 nl/ml pendant 10 heures.

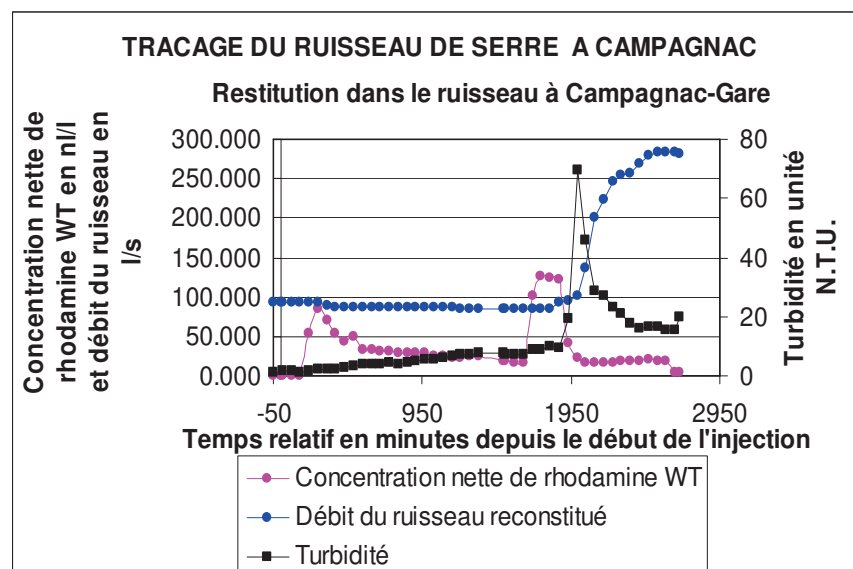


Fig. 4 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection continue). Restitution dans le ruisseau de Serre à Campagnac-Gare

Le calcul des débits massiques et de la D.T.S. a été effectué à partir d'une chronique de débits supposés proportionnels à la somme des débits des sources du ruisseau de Serre et du Duc, en prenant comme référence le débit du ruisseau mesuré le 19 novembre à la gare de Campagnac.

1.2.2) RESTITUTION A L'EXUTOIRE DE COURTINAUX I (Fig. 5)

Les spectres d'excitation et d'émission ont permis de déceler l'arrivée du traceur 19 heures après l'injection. La courbe de concentration n'est interprétable que pendant 17 heures, jusqu'au 21 novembre 0h00 où la crue entraîne l'apparition d'un surcroît de turbidité (passant de 9,3 à 11,5 N.T.U.) qui génère un signal brut nettement plus élevé d'où il est impossible d'extraire un signal net de rhodamine WT en raison de la très faible intensité de ce dernier

comme le montrent les spectres d'excitation et d'émission et de sa présence très erratique liée au caractère fortement varié du régime hydrologique.

La courbe de restitution présente une croissance régulière jusqu'au 20 novembre à 17h (1690 minutes après le début de l'injection). Son allure est ensuite plus accidentée jusqu'au 20 novembre à 23h où le signal brut présente la forte croissance signalée plus haut. Le palier de concentration correspondant au créneau d'injection continue n'a donc pas été atteint, mais la durée de la partie interprétable de cette courbe (17 heures), identique à celle de la réponse impulsionnelle du traçage par injection instantanée réalisé à l'aide d'éosine, suggère que ce dernier était sur le point de s'établir quand la crue est intervenue.

Le débit perdu par le ruisseau de Serre au profit du système karstique de Courtinaux I peut donc, dans les conditions de l'expérience, être estimé comme suit :

Concentration moyenne du « palier de concentration » observé dans le ruisseau de Serre du 19 novembre 22h00 au 20 novembre 16h00 : 25 nL/L ;

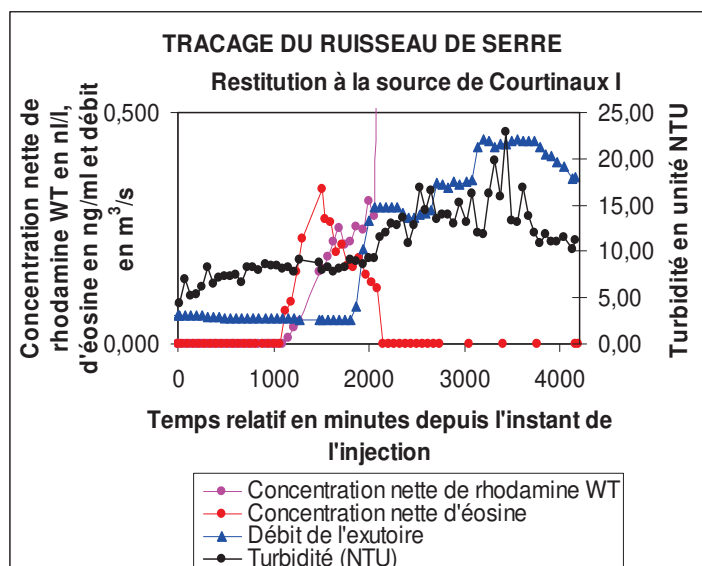


Fig. 5 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection continue). Restitution à l'exutoire de Courtinaux I.

Concentration moyenne du « palier de concentration » observé à l'exutoire de Courtinaux I du 20 novembre 17h00 au 20 novembre 23h00 : 0,25 nL/L ;

L'eau perdue par le ruisseau de Serre a donc subi, dans les conditions de l'expérience, une dilution d'un facteur 100 par l'eau du système, ce qui signifie que 1% du débit de ce système, soit environ 0,5 l/s, provenait des pertes du ruisseau de Serre. La contribution des pertes de ce cours d'eau s'avère donc très faible.

1.2.3) RECHERCHE DU TRACEUR A L'EXUTOIRE DE COURTINAUX II (Fig. 6)

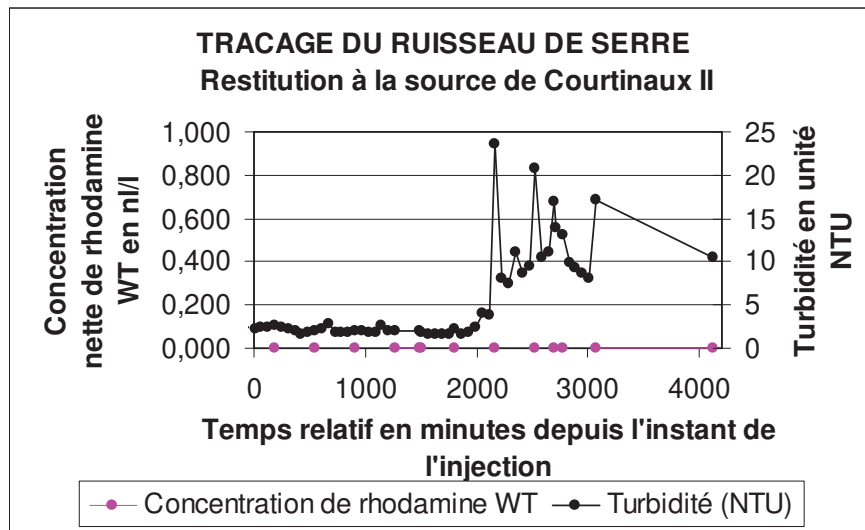


Fig. 6 : Traçage du ruisseau de Serre à Campagnac (injection continue). Recherche du traceur à l'exutoire de Courtinaux II.

Comme pour celle de l'éosine, la recherche de la rhodamine WT à l'exutoire de Courtinaux II s'est avérée vaine : aucun des spectres d'excitation et d'émission réalisés sur les échantillons ayant présenté les concentrations brutes les plus fortes n'a montré la présence des pics caractéristiques de ce traceur.

1.3) CONCLUSION

La réalisation d'un double traçage du ruisseau de Serre en amont de la traversée des formations carbonatées du Carixien, du Lotharingien et de l'Hettangien-Sinémurien constituant l'aquifère inférieur drainé par les émergences des courtinaux a permis de mettre en évidence une alimentation de la source de Courtinaux I par des pertes du cours d'eau et d'estimer la contribution de ces pertes, dans les conditions de l'expérience, à environ 1% du débit de l'exutoire, soit 0,5 l/s. La fraction de débit perdue par le ruisseau dans ces conditions est de l'ordre de 0,5 %.