



Les trois pertes-émergences (ou inversacs) du domaine de la Source (Loiret)

Patrick Albéric

► To cite this version:

Patrick Albéric. Les trois pertes-émergences (ou inversacs) du domaine de la Source (Loiret). Colloque Hydrogéologie et karst au travers des travaux de Michel Lepiller, May 2008, Orléans, France. insu-00560991

HAL Id: insu-00560991

<https://insu.hal.science/insu-00560991>

Submitted on 31 Jan 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les trois pertes-émergences (ou inversacs) du domaine de la Source (Loiret)

Patrick Albéric

Université d'Orléans, ISTO-CNRS, ISTE 1A rue de la Férollerie - 45071 Orléans cedex 2,
France – patrick.alberic@univ-orleans.fr

I. INTRODUCTION

Le val d'Orléans combine des caractéristiques fluviales évidentes à un fonctionnement karstique. Les cours d'eau de surface contribuent de manière importante à la recharge de l'aquifère. D'abord, en amont d'Orléans, au contact du lit de la Loire dont les pertes de débit enregistrées à partir de Sully sur Loire (<http://www2.centre.ecologie.gouv.fr/SIEL>) témoignent de l'importance du phénomène. En second, au niveau des petits cours d'eau drainant le val, la forêt d'Orléans ou la Sologne, à leur passage des terrains imperméables aux calcaires. Les principaux points d'émergence d'eau souterraine du système sont eux-mêmes directement influencés par le régime des eaux de surface, soit qu'ils se situent dans le lit même du fleuve (en aval d'Orléans) ou d'autres cours d'eau comme le Dhuy ou le Loiret, soit qu'ils se trouvent temporairement submergés par les écoulements de surface. Ces caractéristiques peuvent entraîner une variabilité importante du système à différentes échelles; à court terme ainsi que de manière saisonnière en fonction de la pluviométrie locale et du régime de la Loire, mais aussi à plus long terme par exemple en fonction de l'évolution de l'enfoncement du lit de la Loire. Dans les systèmes fluvio-karstiques, jugés instables, de petites variations du partage entre écoulement de surface et écoulement souterrain, diffus ou canalisés, sont tenues pour responsables de modifications géomorphologiques importantes et durables (1). Cet article, écrit à l'occasion du colloque tenu à la mémoire de Michel Lepiller, retrace différents travaux récents sur le fonctionnement des sources karstiques situées dans l'enceinte de l'ancien domaine de la Source, et connues comme la (les) source(s) de la rivière Loiret.

Situés dans un territoire profondément modelé par l'homme, les points d'émergence des sources du Loiret et le cours du Loiret lui même ont été à plusieurs reprises aménagés, particulièrement en ce qui concerne la relation entre écoulement de surface et émergence d'eau souterraine. Les documents les plus instructifs à ce sujet sont sans doute l'article rédigé en 1736 par l'abbé de Fontenu et les plans de Beaurain réalisés en 1739 et publiés ensemble dans les Mémoires de l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres (2). Le point important concerne l'écartement progressif du cours du Dhuy des points d'émergence karstique donnant naissance au Loiret (Figure 1). Outre l'attrait architectural apporté par ces aménagements, l'isolement des points d'émergence a créé des conditions privilégiées pour le prélèvement et accessoirement l'analyse des eaux résurgentes!

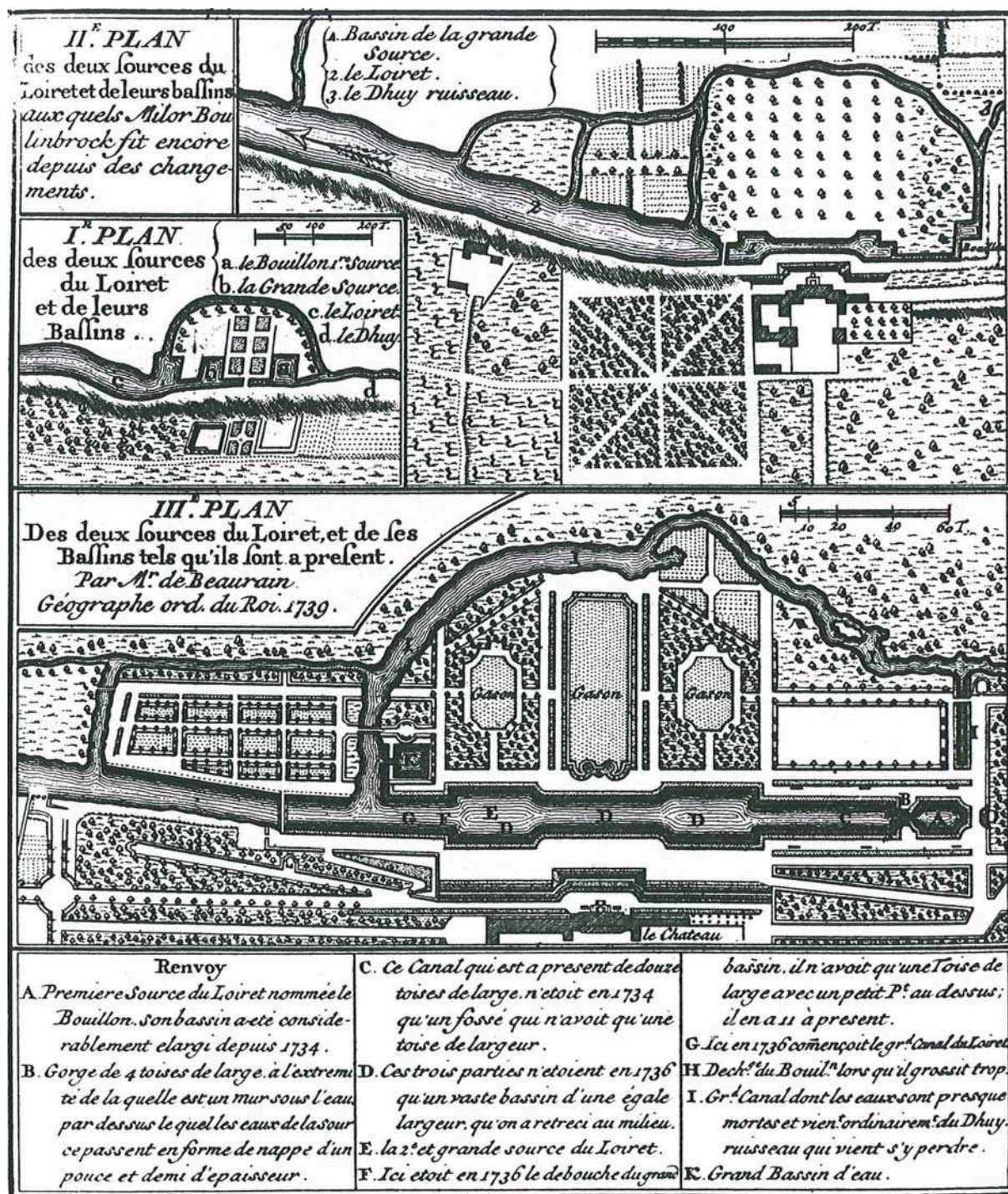


Figure 1: Plans de Beaurain, In Abbé de Fontenu 1736. *Réflexions historiques sur le Loiret.*
Mémoires de l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres, Tome XII, 153-163.

II. LES TROIS SOURCES DU LOIRET DU DOMAINE DE LA SOURCE

La référence à l'ancien domaine de la Source - devenu aujourd'hui le Parc Floral de la Source et le campus de l'université d'Orléans ainsi que par extension la ville nouvelle d'Orléans la Source - porte l'accent sur l'importance des aménagements successifs apportés au site pour expliquer la disposition actuelle du réseau hydrographique et des sources ainsi que des captages pour l'adduction d'eau potable de l'agglomération orléanaise. Jusqu'à ces dernières

années, seule la source amont du Loiret dite le "Bouillon" était demeurée active. Suite aux efforts de l'association Spéléologie Subaquatique Loiret et de son président Philippe Boismoreau la désobstruction du point d'émergence des conduits karstiques aboutissant à la source de l'Abîme a permis de réactiver la source historique (appelée Grande Source au XVIII^{ème} siècle) située dans le cours du Loiret au pied du château.

La troisième source, dite du Gouffre, mentionnée par les auteurs dès la fin du XVIII^{ème} siècle (3) jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle (4; 5) mais apparemment absente des plans et cartes datant de la première moitié du XVIII^{ème} siècle (Beaurain, Cassini) se situait sur le bord du fossé du Dhuy en face de l'actuel captage AEP du puits du Gouffre, mis en service par la ville d'Orléans en 1876 (6). Cette troisième source dite du Gouffre, colmatée vers 1879 (5), devait correspondre à un effondrement des berges du fossé du Dhuy à l'aplomb d'un conduit karstique exploité ensuite par la prise d'eau du puits du Gouffre. Les descriptions faites du fonctionnement alternativement émissif ou absorbant de cette cavité (4; 6; 5) correspondent étroitement aux observations qui seront faites à partir de 1997 à la source du Bouillon puis à l'Abîme (7; 8).

Bien que l'exploration spéléologique indique que ces trois points d'émergence (Bouillon, Abîme, Gouffre) correspondent à des regards accédant à des conduits karstiques différents, les prélèvements d'eau effectués aux trois points montrent une composition chimique unique au moins en ce qui concerne les éléments majeurs et le carbone organique dissous. La variation de leur teneur en chlorure lors d'une crue de la Loire est illustrée Figure 2. La répercussion identique (en concentration et dans le temps) de la diminution des teneurs en Cl⁻ aux trois sources indique l'origine commune des eaux. Au contraire, les sources situées plus en aval sur le cours du Loiret (Rigouillarde, St Avit, La Pie) présentent des teneurs légèrement différentes qui témoignent d'un mélange plus important entre les eaux de Loire et un ou plusieurs autres pôles.

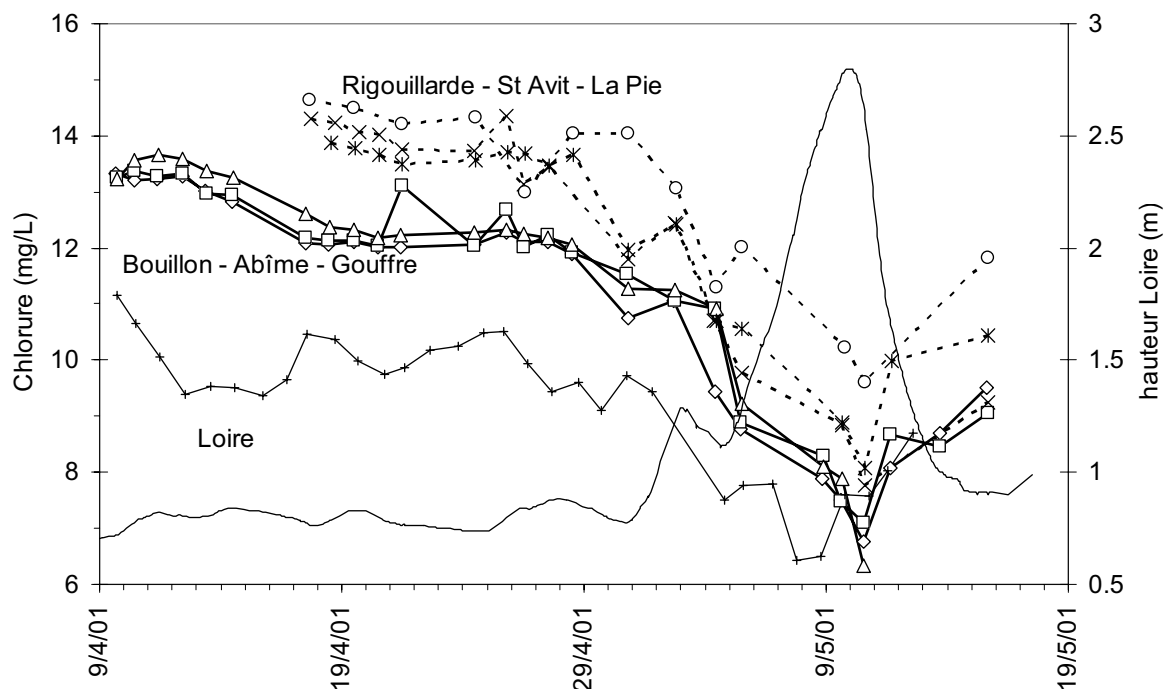


Figure 2: Variation des teneurs en chlorure de la Loire et des sources du val d'Orléans lors d'une crue de la Loire. Bouillon, Abîme et Gouffre présentent des concentrations identiques et plus proches de celles de la Loire que le second groupe (Rigouillarde, St Avit, la Pie).

III. RELATIONS LOIRE - SOURCES DU LOIRET

Dès 1736 (2), l'hypothèse d'une relation étroite entre la Loire et les sources du Loiret avait été formulée et même ensuite fortement étayée (4; 9). Ce n'est qu'à partir du début du XX^{ème} siècle que les traçages artificiels, relatés dans plusieurs travaux particuliers ou de synthèse sur les sources du Loiret et l'hydrogéologie du val d'Orléans (10; 11; 12; 13; 14; 15), ont permis d'établir puis de préciser les liens entre les cours d'eau de surface (Loire principalement, mais également ruisseau de l'Anche) et les résurgences, sources du Loiret. Ces expérimentations ont permis de déterminer qu'environ 3 jours pouvaient suffire aux eaux perdues vers Jargeau pour atteindre le Bouillon.

Après le décès accidentel de Michel Lepiller, le transfert dans le Val d'Orléans de l'école de traçage qu'il avait mis en place pour les élèves de Polytech Orléans dans le massif des Bauges (Savoie), a donné lieu à des opérations annuelles de traçage entre Jargeau et les résurgences qui perpétuent la transmission de l'état de l'art, et continuent à faire progresser la connaissance du système (16).

Les relations hydrochimiques entre les eaux de Loire et les résurgences ont été particulièrement étudiées par Chéry (13). La comparaison entre les teneurs en éléments majeurs de la Loire et des sources du Bouillon et de la Pie en fonction des cycles hydrologiques permet d'apprécier les similitudes (Na, K, Cl) et les différences (O₂ dissous, pH, Ca) entre les différentes eaux. Sur ces bases, un temps de transit moyen des masses d'eau entre la Loire et les résurgences de plusieurs semaines avait été envisagé pour tenir compte des différences probables de vitesse des eaux circulant grâce à la perméabilité moyenne de l'aquifère ou par les conduits majeurs nécessairement privilégiés par les traçages artificiels.

Au début des années 90, de nouvelles campagnes de prélèvement avec un pas de temps plus court et ciblant un suivi des crues de Loire ont permis de montrer que c'était plutôt la totalité de la masse d'eau qui circulait rapidement en 3 jours, témoignant de l'importance de la karstification du système (17). La Figure 3 présente la variation en chlorure des eaux de Loire et du Bouillon lors d'une crue suivie en 1993. La diminution des teneurs en Cl⁻ avec la crue constitue un traçage naturel de l'ensemble de la masse d'eau du fleuve. On a pu constater qu'à partir d'une situation quasi stationnaire avant la crue (teneurs égales en Loire et au Bouillon), le transfert de la diminution de la teneur en Cl⁻ se faisait avec un décalage de 3 jours à la résurgence, concordant donc avec les traçages artificiels. Ce résultat nouveau a permis de considérer le système hydrogéologique du val d'Orléans comme un réacteur biogéochimique fonctionnant sur 3 jours, dont on pouvait connaître facilement (en période de faible impact de l'impluvium local) les concentrations des composés entrant (Loire) et sortant (résurgence du Bouillon). Il a ainsi été possible de montrer que les processus de dégradation de la matière organique apportée par les eaux de Loire pouvaient expliquer quantitativement la dissolution du calcaire dans l'aquifère (17; 18; 19). Cependant, en période de forte contribution des précipitations locales par infiltration diffuse ou par perte des ruisseaux drainant les eaux de ruissellement du val, la contribution d'au moins un troisième pôle chimique ne permet plus d'équilibrer facilement les bilans de matière.

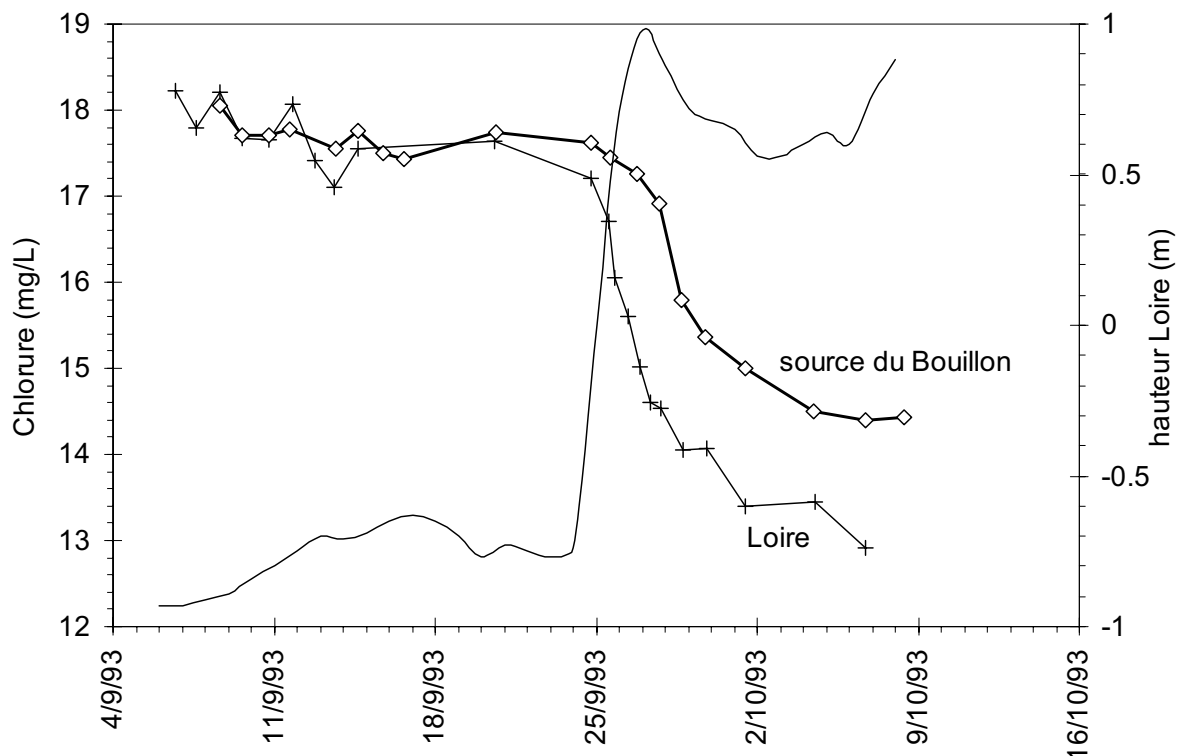


Figure 3: Variation des teneurs en chlorure des eaux de Loire et de la résurgence du Bouillon lors d'une crue d'après (17).

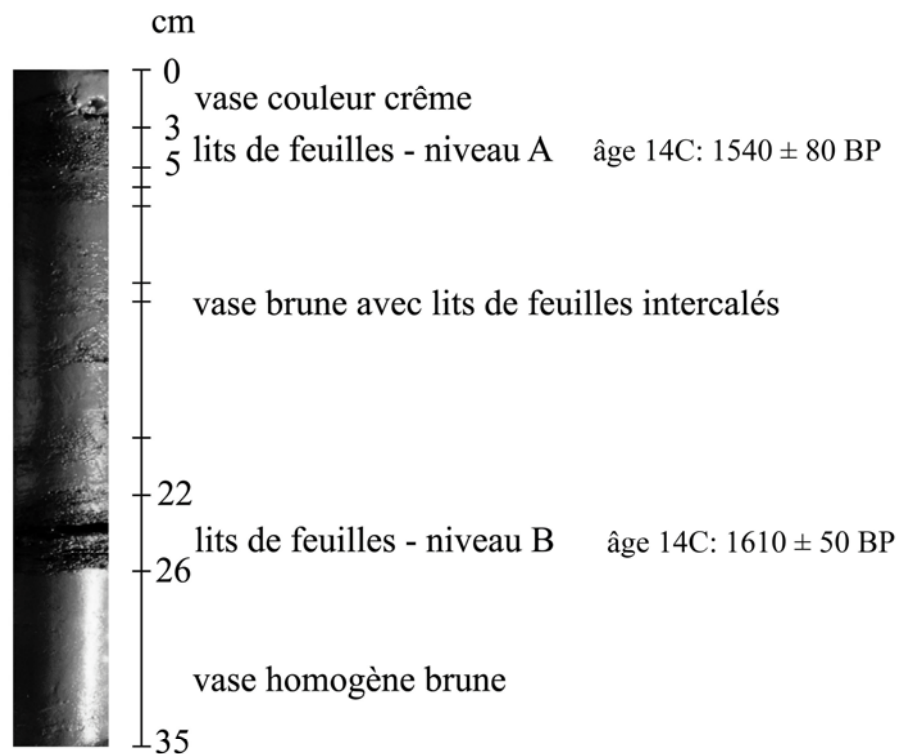
Dans son travail de thèse, réorienté après le décès de Michel Lepiller, Ali Joodi utilise les informations apportées par les traçages artificiels (fluorescéine) et naturels (chlorure) pour contraindre un modèle numérique du système hydrogéologique du val d'Orléans (16;20).

IV. RELATIONS DHUY - SOURCES DU LOIRET ET SOURCES AVAL (ST AVIT, LA PIE)

L'intrusion des eaux boueuses du Dhuy dans la vasque du Bouillon début juillet 1997 a marqué le démarrage d'un travail sur le fonctionnement en perte des sources du Loiret. L'inventaire des épisodes d'écoulement inverse a permis d'établir une relation algébrique entre les niveaux journaliers des hauteurs d'eau de la Loire et du Dhuy permettant de retracer les différents événements connus entre 1997 et 2000 (7; 8). L'indice d'absorption calculé par cette méthode permettrait même de prévoir l'éventualité imminente d'un nouvel épisode et d'anticiper au besoin les mesures à prendre pour préserver la qualité des eaux pompées par les captages AEP les plus proches des sources. Le même indice a également permis de rechercher l'existence dans le passé de périodes propices au fonctionnement inverse des sources et est actuellement étendu jusqu'au milieu des années 1960 dans une problématique d'étude de l'impact des variations climatiques sur l'hydrologie du val d'Orléans et la qualité des eaux (21).

Le fonctionnement alternativement émissif ou absorbant des cavités du Bouillon, de l'Abîme et (anciennement) du Gouffre en font d'un point de vue terminologique des pertes-émergences ou bien encore des inversacs selon Gèze (22).

Si la disposition actuelle du Dhuy et du Loiret peut rendre surprenant le fonctionnement absorbant des cavités, le cours ancien naturel du Dhuy à l'aplomb des points d'émergence du Bouillon et de l'Abîme (Figure 1) autorise dans le passé leur fonctionnement beaucoup plus fréquent en perte, comme c'était le cas de la source du Gouffre avant son colmatage. Marboutin dans son rapport de 1902 conseille fortement de renforcer son isolement et même de détourner le fossé du Dhuy afin de protéger les eaux pompées au puits du Gouffre des pollutions absorbées avec les eaux du ruisseau (6). En ce qui concerne le fonctionnement ancien de la cavité du Bouillon, les dépôts de près d'un mètre d'épaisseur de sédiments argileux intercalés de lits de feuilles et disposés en banquette à l'entrée du conduit principal, témoignent de périodes d'absorption intense des eaux de surface. Deux lits de feuilles extraits d'une carotte prélevée en plongée (Figure 4) ont respectivement été datés à 1540 et 1610 BP (âges ^{14}C conventionnels).



Remplissages kartiques de la cavité du Bouillon - Source du Loiret carotte B01-A - Novembre 2001

Figure 4: Description de la carotte de 35 cm prélevée en plongée le 25/11/2001 dans les banquettes de sédiment argileux situées au passage du conduit principal aux étroitures menant au porche d'entrée. L'analyse radiométrique des lits de feuilles (datations Beta Analytic Inc.) donne les âges conventionnels suivants: 1540 BP pour le niveau supérieur (A) et 1610 BP pour le niveau inférieur (B).

Terminons ce rapide panorama des travaux de l'Université d'Orléans sur les sources du Loiret au Parc Floral en relatant le traçage effectué en compagnie de Michel Lepiller à partir de la cavité du Bouillon pendant l'épisode d'écoulement inverse du 13 décembre 1997. Ce traçage (Figure 5) avait donné lieu au compte-rendu reproduit ci-dessous ainsi qu'un article dans la République du Centre du 13 février 1998 (Figure 6). La mise en évidence d'une circulation aval depuis la cavité du Bouillon s'était révélée également être un aiguillon pour l'exploration spéléo de nouveaux conduits et finalement pour entreprendre la désobstruction de l'Abîme.

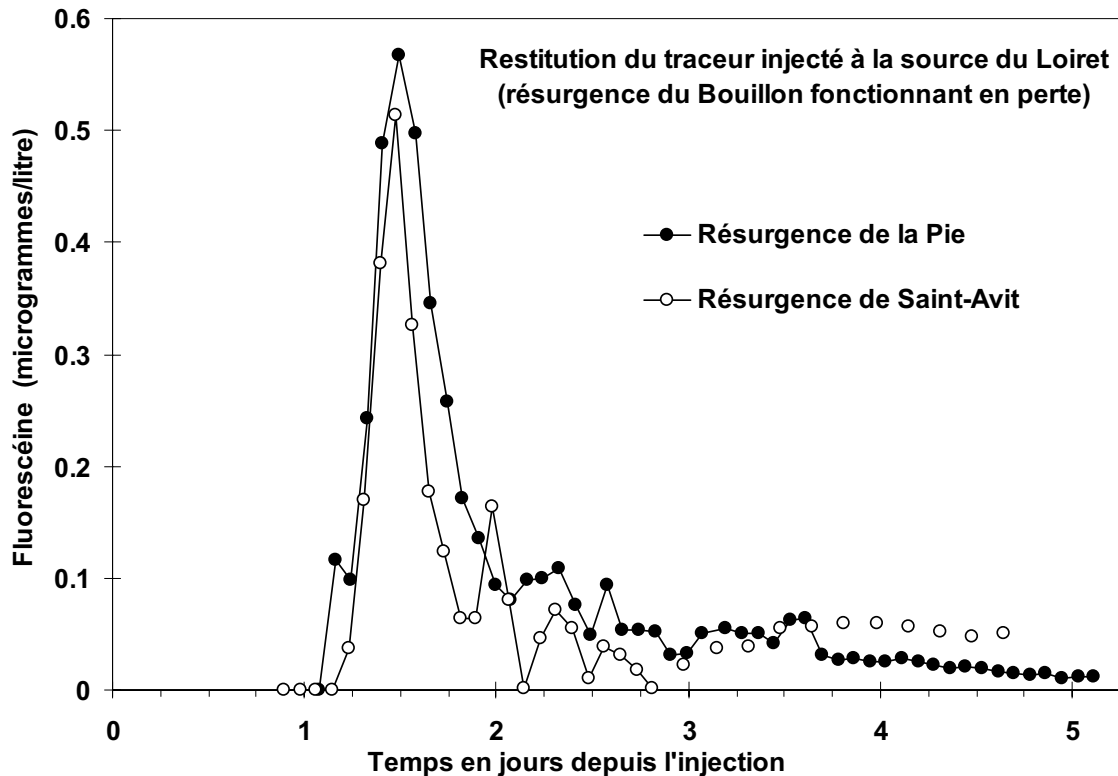


Figure 5: Traçage du 13 décembre 1997 de la source du Bouillon. Restitution du traceur aux sources de St Avit et de la Pie

Résultats du traçage de la source du Loiret du 13 décembre 1997

Michel Lepiller, Université d'Orléans, Laboratoire d'Hydrogéologie

Patrick Albéric, Université d'Orléans, CNRS UMR 6531

La concomitance de bas niveaux d'eau en Loire et de l'élévation rapide du niveau du Dhuy après un épisode pluvieux local permet l'inversion du sens d'écoulement des eaux à la source du Loiret (source du Bouillon, Parc Floral).

La vasque du Bouillon qui habituellement est un lieu important de résurgence des eaux de Loire infiltrées en amont d'Orléans, se transforme temporairement en une perte des eaux limoneuses du Dhuy. Un tel mode de fonctionnement porte le nom d'inversac.

Un épisode de ce type s'est déroulé du 12 au 13 décembre 1997 et a permis l'injection de 500 grammes de fluorescéine. Un autre épisode (apparemment de plus grande intensité) avait déjà été observé et relaté par la presse, la première semaine de juillet de la même année.

Bien qu'une masse importante du traceur injecté ait reflué de la source quelques heures seulement après l'injection, suite au

rétablissement du sens d'écoulement normal des eaux, une quantité suffisante a été entraînée par la circulation souterraine pour donner lieu à des restitutions de traceur aux quatre points de résurgence surveillés.

L'installation de préleveurs automatiques aux résurgences de Saint Avit et de la Pie a permis l'établissement de courbes complètes de restitution. On note l'arrivée du traceur un jour et six heures environ après le moment de l'injection, cela aussi bien à la fontaine de Saint Avit qu'aux sources de la Pie pourtant distantes de près de quatre kilomètres. Les concentrations maximales de traceur sont observées six heures après, soit un jour et demi après l'injection.

Les deux résurgences des Moulins de la Mothe et des Béchets ont également restitué une partie du traceur, mais l'espacement des prélèvements manuels n'a pas permis dans ce cas de suivre complètement la restitution.

Le premier résultat de ce traçage est de confirmer l'existence de liens de circulation souterraine directe entre la Source du Loiret au Bouillon d'une part et la Fontaine de Saint Avit et les sources de la Pie d'autre part, situées respectivement 5 et 8 km à l'ouest de la source du Bouillon. La simultanéité des restitutions à St

Avit et à la Pie laisse penser que ces liens puissent être séparés, au moins sur une partie du trajet conduisant à St Avit. La vitesse de circulation des eaux serait dans ce cas supérieure dans la partie du drain conduisant aux sources de la Pie. Il faut noter aussi le peu de différences de concentration du traceur dans les eaux des deux résurgences, ce qui peut indiquer que les deux voies de circulation souterraines envisagées,

n'offrent pas des conditions de mélange, avec d'autres types d'eaux, qui soient différentes l'une de l'autre.

Ces observations doivent par ailleurs faire comprendre la vulnérabilité de la qualité des eaux de résurgence et de captage du Val d'Orléans pendant les épisodes de fonctionnement de la source du Loiret en perte des eaux du Dhuy.

ENVIRONNEMENT

« Inversac » à la source du Bouillon

Ce phénomène rare intéresse les scientifiques. Michel Lepiller et Patrick Albéric ont suivi le cheminement des circulations souterraines karstiques du val d'Orléans.

MICHEL Lepiller et Patrick Albéric sont deux scientifiques, maîtres de conférences à l'université d'Orléans. L'un travaille au laboratoire d'hydrogéologie, l'autre au laboratoire de géochimie organique et poursuit depuis plusieurs années des recherches sur les circulations souterraines karstiques qui sont établies dans les calcaires qui forment le soubassement du Val d'Orléans. Les circulations sont étudiées sous l'angle de la géochimie des eaux en liaison avec les transformations subies par la matière organique.

« L'inversac » est un phénomène rare : c'est le rapport de simultanéité de bas niveaux d'eau en Loire et l'élévation rapide du niveau du Dhuy - cours d'eau adjacent se jetant dans le Loiret -, après de fortes précipitations, ce qui permet l'inversion du sens d'écoulement des eaux à la source du Bouillon, source du Loiret. Elles se transforment en perte des eaux limoneuses du Dhuy. Cet effet de vases communicants est dû au niveau d'eau de la source, trop élevé par rapport à celui de la Loire.

« L'inversac » a eu lieu pour la dernière fois samedi 13 décembre 1997, et les deux scientifiques en ont profité pour suivre les eaux à l'aide de l'injection de 500 grammes de fluorescéine, traceur non polluant détectable à très faible dose. L'intérêt était donc de recueillir des indications sur la vitesse de circulation de l'eau, mais surtout sur sa direction dans la partie aval du système hydrologique.

Quatre points de résurgence étaient surveillés : la fontaine de Saint-Avit, les sources de la Pie, du Moulin de la Mothe et du Moulin des Béchets. Le traceur est arrivé à Saint-Avit et à la Pie 30 heures après l'injection par prélèvements automatiques. Ce qui confirme l'existence de liens de circulation souterraine directe entre la source du Loiret au Bouillon d'une part, et la Fontaine de Saint-Avit et les sources de la Pie d'autre part. La vitesse de circulation des eaux serait donc supérieure dans la partie du drain conduisant aux sources de la Pie.

Quant aux résurgences des Moulins de la Mothe et des Béchets les prélèvements étaient



Michel Lepiller déversant le traceur à la source du Bouillon au Parc floral le 13 décembre 1997.

manuels, ce qui explique que la restitution n'ait pas pu être complètement suivie.

En conclusion, ces observations font comprendre aux scientifiques la vulnérabilité de la qua-

lité des eaux de résurgence et de captage du Val d'Orléans, pendant les épisodes de fonctionnement de la source du Loiret en perte des eaux du Dhuy.

V. F.

Figure 6
République du centre, 13 février 1998

V. CONCLUSION

Le Val d'Orléans est un site privilégié d'étude des relations entre écoulement de surface et aquifère karstique. Comme réacteur biogéochimique assez bien contraint il offre la possibilité de tester *in situ* de nombreux processus parmi lesquels la réactivité ou la stabilité des micropolluants organiques, les fractionnements isotopiques, la spéciation des éléments traces ou les interactions avec la matière organique totale. Certains de ces volets sont en cours de développement, en particulier grâce à des collaborations fructueuses entre les équipes du BRGM et de l'Université d'Orléans. D'autres aspects liés à la réactivité des microparticules et aux informations qu'elles transmettent sur la dynamique et l'origine des eaux dans les systèmes karstiques devraient certainement être développés comme ils l'ont été dans d'autres systèmes (23).

Références bibliographiques

- (1) **Phillips J. D., Walls M. D.**, 2004 – Flow partitioning and unstable divergence in fluviokarst evolution in central Kentucky. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11: 371-381.
- (2) **Fontenu abbé de**, 1736 – Réflexions historiques sur le Loiret. *Mémoires de l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres*, Tome XII: 153-163.
- (3) **Beauvais de Préau D.M.**, 1784 – Essai sur la topographie d'Olivet. *Couret de Villeneuve*, Orléans, 93 pp.
- (4) **Dufrénoy P. A.**, 1847 – Cavités et courants souterrains dans la vallée de la Loire, à Orléans. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4 n°2: 772-774.
- (5) **Blanchard R.**, 1903 – Le Val d'Orléans. *Annales de Géographie*, 12: 307-323.
- (6) **Marboutin F.**, 1902 – Rapport sur les eaux de la ville d'Orléans. Michau & Cie, Orléans, 13 pp.
- (7) **Albéric P.**, 2001 – L'inversac (perte-émergence) de la résurgence du Bouillon (source du Loiret, France). *Sciences et Techniques de l'Environnement*, H. S. n°13: 1-4.
- (8) **Albéric P.**, 2004 – River backflooding into a karst resurgence (Loiret, France). *Journal of Hydrology*, 286, 194-202.
- (9) **Sainjon H.**, 1880 – La Loire, le Loiret et les courants souterrains du val d'Orléans. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 91 n°4: 242-245.
- (10) **Caudron M., Albinet M., Cottez S., Margat J.**, 1965 – Les sources du Loiret - Guide hydrogéologique. *Bulletin du BRGM*, 3: 183-202.
- (11) **Desprez N.**, 1967 – Inventaire et étude hydrogéologique du Val d'Orléans (Loiret). *BRGM rapport*, DSGR67A21, 26 pp.
- (12) **Desprez N.**, 1976 – Val d'Orléans à l'est d'Orléans (Loiret). Etude hydrogéologique. *BRGM rapport*, 76SGN109BDP, 18 pp.
- (13) **Chéry J.-L.**, 1983 – Etude hydrochimique d'un aquifère karstique alimenté par perte de cours d'eau (la Loire): Le système des calcaires de Beauce sous le val d'Orléans. *Thèse Université d'Orléans*.
- (14) **Le Borgne F., Treuil M., Joron J.-L., Lepiller M.**, 2005 – Méthode de sondage géochimique des aquifères à l'aide des lanthanides naturels et de leurs complexes EDTA : Cas des aquifères alluvial et karstique du Val d'Orléans. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 176: 513-529
- (15) **Lepiller M.**, 2006 – Val d'Orléans. In: *Aquifère et eaux souterraines en France*, J.-C. Roux éditeur, BRGM I, pp. 200-214
- (16) **Joodi A. S., Albéric P., Sizaret S., Binet S., Bruand A.** 2008 - Tests for modelling the unsteady behaviour of a karstic aquifer. 33rd International Geosciences Congress, August 6-14th, Oslo.
- (17) **Albéric P., Lepiller M.**, 1998 – Oxydation de la matière organique dans un système hydrologique karstique alimenté par des pertes fluviales (Loiret, France). *Water Research*, 32, 2051-2064.
- (18) **Albéric P.**, 1998 – Transformation of riverine organic matter from sinking stream recharge to spring discharge in a karst aquifer. *Mineralogical Magazine*, 62A: 36-37.
- (19) **Le Borgne F., Treuil M., Joron J.-L., Lepiller M.**, 2006 – Bilan des impacts hydrogéochimiques naturels et anthropiques à l'intérieur du réseau karstique du Val d'Orléans établi à l'aide des éléments majeurs: Confirmation et tentative de quantification du modèle de «confinement dynamique». *Bulletin de la Société Géologique de France*, 177: 37-50.
- (20) **Joodi A. S., Sizaret S., Binet S., Bruand A., Albéric P.** 2008 - Développement d'un modèle pour la simulation de l'écoulement d'eau et du transport du traceur dans l'aquifère karstique du val d'Orléans. 22ème Réunion des Sciences de la Terre, 21-24 avril, Nancy.

- (21) **Joigneaux E., Albéric P., Pauwels H., Gutierrez A., Baran N., Binet S.**, 2008 – The impacts of climate change on point groundwater discharge in a fluviokarst landscape. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-12076, Vienne.
- (22) **Gèze B.**, 1987 – Les mésaventures des sources de l'Estavelle et de l'Inversac en Languedoc méditerranéen. *International Journal of Speleology*, 16 :101-109.
- (23) **Massei N., Lacroix M., Wang H.Q., Mahler B.J., Dupont J.P.**, 2002 – Transport of suspended solids from a karstic to an alluvial aquifer: the role of the karst/alluvium interface. *Journal of Hydrology*, 260: 88-11.