LE RISQUE HYDROLOGIQUE URBAIN : LE CAS DES EAUX SOUTERRAINES À LIMOGES (FRANCE)

L. TOUCHART, E. COUDERT

ABSTRACT. - Hydrological hazard and urban risk: the example of groundwater in Limoges (France). The town of Limoges is built on a metamorphic bedrock where concentrated runoff is only artificial. The groundwater drainage pattern forms a complicated network whose Gallo-Roman aqueducts are the most ancient part. The paper reconstructs the original watersheds of brooks which are covered by urbanization. The imbalance between natural drainage areas of brooks and artificial drainage areas of main sewers brings to a mapping of risks of percolation in houses, flooding in cellars, urban collapse and water pollution.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. VI, Nr. 4 / 2007

Introduction

Le risque hydrologique en milieu urbain est souvent réduit au seul aléa de crue et à la vulnérabilité de la ville aux inondations des fleuves ou des grandes rivières qui les traversent. Il est vrai que les agglomérations de plaine sont avant tout concernées par cette menace. Mais les eaux souterraines sont à l'origine d'un autre ensemble de risques, qui n'est habituellement étudié de manière approfondie que sous certains climats, ceux qui favorisent les écoulements brutaux. Le petit chevelu hydrographique a été, partout, recouvert par l'urbanisation et, souvent, canalisé par des buses plus ou moins bien dimensionnées. Quand surviennent des pluies d'intensité exceptionnelle, l'engorgement de ce réseau souterrain peut dévaster certaines villes, où le calibrage des tuyaux souterrains ne répondait pas au volume demandant à être évacué. En climat méditerranéen, la catastrophe française de Nîmes en 1988 avait pour cause le sous-dimensionnement des conduits canalisant les cadereaux (Davy, 1990). En climat tropical, la catastrophe brésilienne de São Paulo en 1999 était du même type (Dauphiné, 2001).

En milieu tempéré océanique, où le risque est différent, l'attention scientifique porté par les géographes aux eaux souterraines est beaucoup moins important, alors même que la gestion municipale au quotidien réclame de telles études (Chaumeau, 2007). A côté des ingénieurs et hydrauliciens travaillant sur les collecteurs et les réseaux souterrains, les universitaires se sont plus volontiers penchés, surtout dans les grandes villes, sur les menaces d'écroulement des carrières souterraines s'agrandissant par dissolution. Le cas du gypse à Paris a donné lieu à des recherches bien connues, plutôt menées par les hydrogéologues

(Differe & Pomerol, 1979). Les effondrements par fontis devraient pourtant être considérés par les géographes avec la plus grande attention (Veyret & Pech, 1997).

Mais dans les villes de climat modéré et où le substrat n'est pas sédimentaire, l'étude géographique des risques dus eaux souterraines a-t-elle un sens ? En quoi la ville de Limoges est-elle un cas intéressant ? Pour tenter d'apporter des réponses précises tout en abordant quelques possibilités de généralisation, il convient d'abord de recenser les types de risques dus aux eaux souterraines dans un contexte géomorphologique cristallophyllien, où les écoulements souterrains concentrés sont donc d'origine anthropique, et dans un cadre historique très ancien, où les strates artificielles d'aqueducs et autres conduits se succèdent et se mêlent. C'est pourquoi la reconstitution des bassins versants des ruisseaux naturels, recouverts depuis par l'urbanisation et oubliés, prend une telle acuité. Il faudra donc ensuite présenter la méthode géomatique permettant cette reconstitution. Enfin la confrontation entre les tracés du site d'origine et les collecteurs d'égouts actuels devra se faire à plusieurs échelles géographiques.

1. Quels risques pour une ville de plateau construite au-dessus d'un réseau souterrain très dense ?

Le choix de Limoges comme objet de l'étude repose en grande partie sur la très grande taille du réseau souterrain, formé de strates de cavités artificielles d'âges différents. Le principe de leur existence est connu depuis longtemps. « Le sol de cette ville a quelque chose qui est peut-être unique : c'est qu'il est si excavé que la ville semble être assise sur un tas irrégulier et uniforme de voûtes bizarrement posées, s'entreboutant les unes sur les autres, dont la voûte de l'une sert quelquefois de fondement à une autre supérieure » (Père F. Chabrol, 1756, cité par Saumande, 1990, p. 11, et par Capot, 2007, p. 11). Mais leur étude en tant que source de risques, sous l'angle de la circulation des eaux souterraines et par une démarche géographique reste à faire.

1.1. Le recensement des risques dus aux eaux souterraines

Pour réaliser l'inventaire des risques liés aux eaux souterraines, nous avons d'abord dépouillé les documents existants, écrits et photographiques, des archives municipales, de la direction de l'urbanisme de la ville de Limoges et du bureau d'études d'eau et d'assainissement de la ville de Limoges. Nous avons ensuite effectué de nombreuses visites sur le terrain et en souterrain. Nous avons également mesuré la température et l'oxygène dissous, pris des échantillons d'eau et réalisé des analyses inédites de nitrates, phosphates et matières en suspension à l'exutoire des eaux souterraines, c'est-à-dire à la sortie des buses.

Il résulte de ces investigations le fait que le risque le plus courant, et peut-être aussi le plus pernicieux, est formé par les infiltrations concernant de multiples

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4/2007

locaux souterrains, souvent situés sous les habitations, et souffrant de conditions trop humides pour l'entrepôt des provisions. Le caractère inutilisable des caves ou le surcoût de leur bétonnage sont à prendre en compte. Le passage de l'infiltration à l'invasion d'eau dans les locaux souterrains est fréquent. Les caves voûtées, de grande valeur architecturale, situées sous le centre-ville de Limoges, sont inondées de manière plus ou moins permanente, sous plusieurs centimètres à décimètres d'eau. C'est le cas de caves des rues Saint-Pierre, Fourie, Charreyron et du Canal et de bien d'autres cavités souterraines situées sous les bâtiments des versants de la Motte, du sud de la place de la République et des versants du Puy Saint-Etienne qui porte la cathédrale.

Le deuxième type de risque, lié au premier, concerne le danger d'affaissement. Le substrat métamorphique de la ville de Limoges, construite sur des migmatites, ne permet pas le développement de risques liés à la dissolution. En revanche, l'instabilité de surface issue des modifications de drainage souterrain dans les altérites, que les Limougeauds appellent tuf, est possible, en relation avec les différences de pression et l'appel au vide réalisé dans certaines cavités. Le risque de suffosion concerne des morceaux de chaussée et des habitations. Ainsi, de multiples petits accidents continuent d'avoir lieu à Limoges, en particulier après les orages les plus violents ou lors de travaux de terrassement et du passage d'engins lourds (Saumande, 1990, p. 70). Parmi les exemples les plus récents, on peut citer la place de la Barreyrette en 2003, la rue de la Filature en 2005 et la rue Gaignolle en 2006. Dans une moindre mesure, les petits affaissements dans la cour de l'école Saint Maurice du quartier de la Cité et dans celle du SDAP de la rue des Vénitiens en 2005 étaient liés en partie à la présence d'eau dans le sous-sol.

Le troisième et dernier type de risque concerne le danger de dégradation de la qualité[1] des eaux de la grande rivière, la Vienne, traversant la ville de Limoges. Nos mesures à quatre sorties de buse montrent que la physico-chimie des eaux souterraines à leur exutoire dans la Vienne et celle de la rivière elle-même sont très différentes (Tableau 1). Les eaux souterraines sont en moyenne de 4,7 °C plus froides que celle de la rivière et elles sont 2,7 fois plus chargées en matières en suspension. Leurs concentrations en nutriments sont beaucoup plus élevées que celles de la Vienne, dans un rapport de 1 à 3 pour les nitrates et de 1 à 3,7 pour les phosphates. D'une manière générale, malgré quelques exceptions, la qualité physico-chimique des eaux souterraines qui aboutissent dans la rivière est plus mauvaise que cette dernière.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. VI, Nr. 4 / 2007

[1] Au sens strict, le risque hydrologique « se réduit aux seuls extrêmes hydrologiques fluviaux : les étiages et les inondations, écartant problèmes de pollution et de qualité des eaux » (Giret, 2007, p. 14), mais, au sens large, « les risques dus à la qualité de l'eau » (Veyret & Pech, 1997, p. 225) font partie des risques technologiques.

Tableau 1. Mesures physico-chimiques comparées des eaux de la Vienne et de quatre buses d'eaux souterraines de Limoges (mesures ponctuelles réalisées en juin 2005 par E. Coudert, avec thermomètre, oxymètre et spectromètre de l'Université de Limoges)

	Température de l'eau (°C)	MES (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphates (mg/l)	Oxygène dissous (mg/l)
Vienne	22,8	6	1,95	0,20	6,7
Exutoire 1	16,2	20	5,50	1,19	8,1
Exutoire 2	18,1	16	4,86	0,73	7,4
Exutoire 3	16,4	4	6,00	0,69	7,8
Exutoire 4	21,6	24	6,70	0,38	7,6
Moyenne des exutoires	18,1	16	5,76	0,75	7,7

Légende: exutoire 1: buse du ruisseau-égout du pont de l'autoroute A20; exutoire 2: buse du ruisseau de la Brégère; exutoire 3: buse du ruisseau Sainte-Claire; exutoire 4: buse du pont du Clos-Moreau

Certes, au moment des mesures, en juin, les débits des exutoires étaient très faibles, si bien que l'influence des buses sur la Vienne était négligeable (Coudert, 2005). Mais la question reste ouverte de l'effet sur la qualité de la rivière dans d'autres conditions saisonnières de débit. Quoi qu'il en soit, le simple fait que les qualités physico-chimiques sont très différentes entre les eaux souterraines et la rivière implique de recenser de manière exhaustive les exutoires pour en surveiller l'état. Ce sont des sources potentielles de pollution et d'eutrophisation à cartographier et dont il faudra à l'avenir tenir compte.

1.2. Une typologie des eaux souterraines urbaines

C'est seulement depuis quelques décennies que les archéologues les spéléologues et les équipes de la Société archéologique et historique du Limousin repèrent, explorent et mettent en schémas les caves, salles voûtées, cryptes, puits, aqueducs, égouts, cours d'eau souterrains, mécanismes enfouis de fontaines et autres cavités pouvant contenir ou faire circuler de l'eau dans le sous-sol de Limoges. La mairie s'est d'ailleurs associée à ces chercheurs, afin de poursuivre ces explorations et de procéder à des relevés précis. En effet, les cavités et aqueducs sont inscrits dans la Zone de Protection du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager (ZPPAUP) de Limoges, si bien que ces relevés contribuent à protéger le patrimoine historique de la ville ancienne. La démarche répond aussi aux risques que ces cavités et aqueducs peuvent représenter pour la population de Limoges. Grâce à ces travaux, on sait maintenant que la variété et la complexité des couches historiques sont remarquables.

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4/2007

Pour l'Antiquité et le haut Moyen Age, les publications des spéléologues, archéologues et historiens permettent de résumer les connaissances concernant les premières couches du réseau souterrain de la ville (Verynaud, 1973, 1994, Levet, 1987, Pérouas, 1989, Musée municipal, 1990, Saumande, 1990, Toulet, 1990, Loustaud, 2000). Pour la période postérieure au XII e siècle, nous avons aussi consulté directement le Plan de la ville de Limoges au XIII e siècle, le Plan Jouvin, dit des trésoriers de France, de 1680, le Plan d'alignement Trésaguet, relevé entre 1765 et 1768 et publié en 1774, le Plan de 1876 et toutes les éditions des cartes topographiques jusqu'à aujourd'hui.

Les aqueducs romains, creusés dans les altérites au Ier siècle, ont inauguré les transferts de bassin. Parmi les trois niveaux d'importance, les grands collecteurs, qui captaient de grosses sources extérieures à la ville et les amenaient jusqu'au point le plus haut du centre urbain, sont bien recensés et cartographiés. Les aqueducs urbains viaires, qui redistribuaient les apports précédents en suivant de nombreuses rues du quadrillage de la voirie, peuvent être reconstitués de manière assez aisée. En revanche, les plus petits aqueducs de proximité avaient des tracés sinueux et les découvertes archéologiques montrent parfois des orientations peu soupçonnables. A tout ce réseau s'écoulant par gravité s'ajoutait un système fonctionnant sous pression pour alimenter les fontaines.

Ce réseau romain a été pour partie abandonné, pour partie utilisé, presque sans modification, jusqu'au XII e siècle. A partir du milieu du Moyen Age, le réseau gallo-romain est réorganisé dans un système qui crée aussi de nouvelles conduites et fontaines. Onze réseaux de fontaines sont progressivement structurés, certains avec transfert de bassin, d'autres non.

A la fin du XIX e siècle et au début du XX e, la plupart des fontaines sont détruites en surface, mais les réseaux souterrains subsistent et certains sont abandonnés à la circulation naturelle de l'eau. C'est aussi à partir du XIX e siècle que les ruisseaux naturels de la ville, qui s'étaient transformés en égouts à ciel ouvert, commencent d'être recouverts. La première canalisation avec enfouissement fut celle du ruisseau d'Enjoumar, à partir de 1850, mais, sur certains segments, il est possible que la disparition d'autres cours d'eau, comme le ruisseau Sainte-Claire, soit plus ancienne.

Au total, les types d'organismes hydrologiques souterrains, dont seuls quelques exemples ont été succinctement abordés pour notre propos, sont multiples et de dates diverses. A chaque couche historique, une partie est abandonnée et la circulation de l'eau continue de s'y effectuer, mais sans contrôle. On sait par exemple, sur un tronçon visité, qu'un segment de l'aqueduc romain d'Aigoulène continue de conduire l'eau de source, mais les endroits de perte de ces eaux dans le réseau sont inconnus. Le système souterrain actuel est formé d'un enchevêtrement pour part fonctionnel, pour part non fonctionnel. Malgré le raccordement de son tracé au réseau d'égouts de la ville au niveau de la place d'Aisne, des

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4 / 2007

interrogations persistent, notamment pour ce qui est son envasement progressif, qui pourrait à terme provoquer des inondations diverses.

Malgré l'importance des connaissances archéologiques accumulées, il subsiste quelques lacunes, tant le réseau est dense et composite. Le principal intérêt géographique réside dans les défluviations artificielles, les changements de cours et les transferts de bassin. Le passage de l'eau d'un conduit à l'autre peut se faire grâce à la multitude de communications existant entre les différentes cavités. Certes le principe de la circulation est supputé, et même exagéré, depuis longtemps. Il a d'ailleurs donné lieu à l'écriture d'un roman au XIX e siècle (Maquet, 1845-6), selon lequel les hommes eux-mêmes pourraient passer d'une excavation à l'autre et parcourir, ainsi cachés, toute la ville. La part de mystère a diminué aujourd'hui, du fait des découvertes archéologiques, mais il n'en reste pas moins que la circulation de l'eau est d'une complexité autre que la seule cartographie des vides. Les recherches spéléologiques et historiques récentes ont permis d'élucider certaines communications de l'eau entre les réseaux. Par exemple, Soutande (1990) a montré que l'inondation de la crypte de Saint-Martial de 1125 était due à une conduite bouchée en lien avec la source de Combe-Ferrière et la source du cloître.

Parmi les autres recherches à mener, il est très utile de tenter de reconstituer le tracé des talwegs d'origine, qui ne correspondent pas, loin s'en faut, au tracé des cours canalisés. En effet l'eau tend à continuer de se concentrer en partie sur l'ancienne ligne joignant les points les plus bas des petits vallons, tandis que les transferts de bassin et les canalisations de défluviation ont bouleversé ces tracés. Concernant l'étude des risques, la connaissance de la seule localisation des conduits et des cavités n'est pas suffisante, car la circulation de l'eau et les risques associés procèdent à la fois des tracés artificiels et du chevelu naturel d'origine. C'est ici que la géographie a un rôle à jouer, notamment dans le cas des ruisseaux temporaires les plus petits, dont les documents historiques ne permettent pas de dater l'enfouissement sous l'urbanisation.

2. La méthodologie de reconstitution des écoulements

Différentes étapes géomatiques ont été nécessaires à la reconstitution des écoulements de surface du site naturel de Limoges, avant les travaux de transfert de bassin et d'enfouissement d'une partie de la circulation d'eau concentrée, commencée dès l'époque romaine. Un Modèle Numérique de Terrain a d'abord été constitué à partir de la base de données *BD Alti*. Sous le logiciel *Surfer*, nous avons ensuite, à travers un quadrillage de 150 m de côté, vectorisé le sens des écoulements de surface en fonction de celui de la plus grande pente. Les lignes de convergence de ces vecteurs, dans une première étape tous égaux par leur longueur, permettent de retrouver les talwegs. Pour plus de sûreté, nous avons également spatialisé par ce logiciel les orientations des versants, dont certaines lignes de

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4/2007

contact font apparaître les fonds de vallée. La superposition de ces deux couches sous le SIG *Mapinfo* autorise ensuite la détermination des lignes considérées comme celles des points de convergence des flux. L'affinement définitif des tracés par voie géomatique se réalise par une nouvelle cartographie des vecteurs, en leur donnant une longueur proportionnelle à la valeur de la pente. Cela a permis de hiérarchiser certains segments, notamment dans le cas de petits affluents qui confluent vers un tronc principal.

La vérification de terrain concernant la localisation des exutoires, les travaux documentaires sur les plus grands ruisseaux, connus historiquement, et sur les égouts de la ville nous ont permis de vérifier le bien-fondé de la reconstitution géomatique. Mais cette confrontation pose aussi des questions quant à la nature des transferts de bassin, à la coïncidence générale entre les collecteurs d'égouts et les ruisseaux d'origine, aux quelques distorsions existant entre les deux. En outre, l'un des intérêts majeurs de la reconstitution du site originel de Limoges réside dans le tracé de tous les talwegs, y compris ceux des plus petits ruisseaux, sans doute temporaires pour certains, qui n'ont aucun existence citée dans la littérature historique. C'est justement là l'utilité pour la géographie des risques, la cartographie de terrains, inconnus jusqu'alors, où l'aléa hydrologique existe.

3. Une cartographie des risques dus aux eaux souterraines à plusieurs échelles

3.1. Le réseau hydrographique souterrain à l'échelle de l'ensemble de la ville

Le site originel de Limoges se situe sur le versant nord de la vallée de la Vienne et l'urbanisation a remonté progressivement sur l'interfluve avec une autre rivière, l'Aurence, redescendant enfin vers cette dernière vallée. La ligne de partage des eaux entre les deux vallées a été repoussée au plus près de l'Aurence, les sources des petits affluents de rive droite de la Vienne ayant manifestement reculé leur tête plus loin que celles de rive gauche de l'Aurence. De fait, le chevelu hydrographique naturel est plus dense et plus ramifié sur le versant de la Vienne (Fig. 1). Le nom même du ruisseau d'Aigueperse, qui signifie les eaux éparses, provient du très fin chevelu d'origine et du grand nombre de minuscules affluents qui l'alimentaient.

Comme c'est aussi ce versant qui a été urbanisé le plus tôt et pour lequel les Romains ont construit les premiers aqueducs, c'est ici que se concentrent les réseaux souterrains les plus anciens et ceux qui communiquent le plus avec les réseaux plus récents, y compris ceux des fontaines. Au total, les zones à risques liés aux eaux souterraines, dans le sens des infiltrations, des inondations de caves, voire des affaissements, ont tendance à se cumuler sous le centre ancien de la ville, avec un léger décalage vers l'ouest (Fig. 2).

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4 / 2007

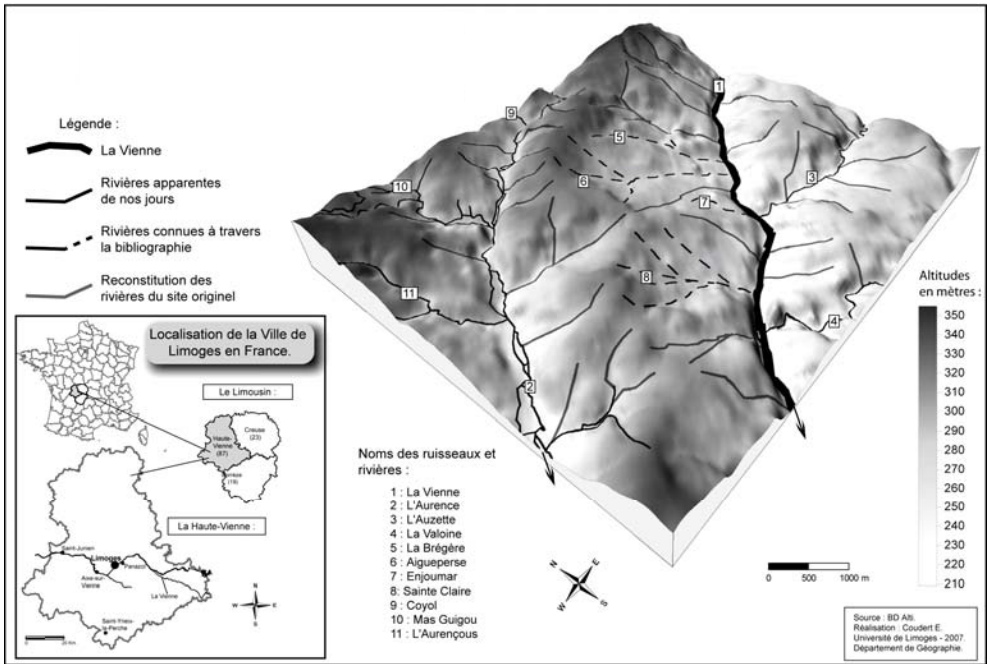

Fig. 1. Modèle numérique de terrain du réseau hydrographique reconstitué du site de Limoges

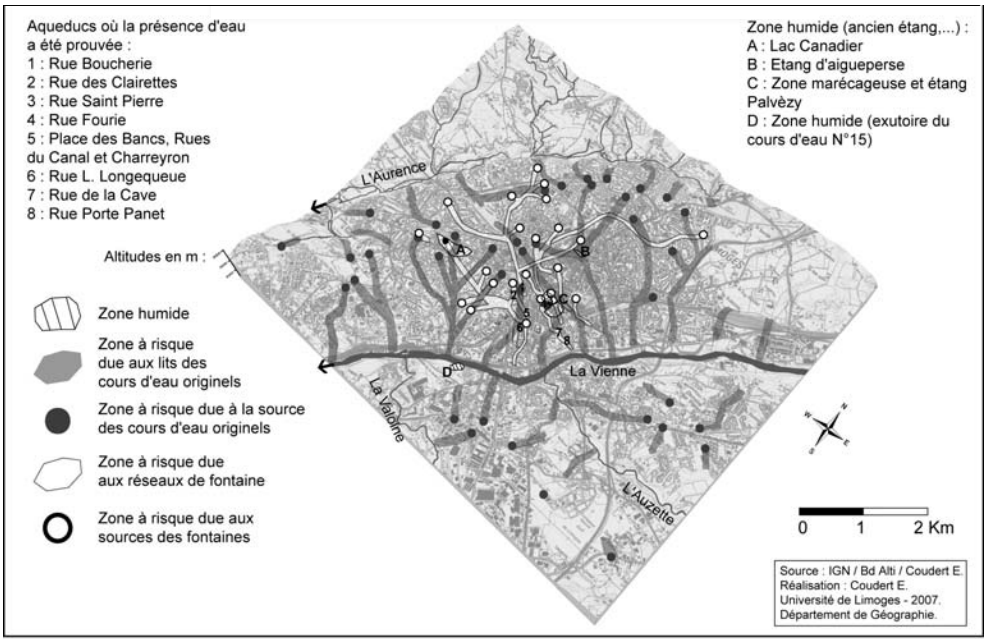

Fig. 2. Les zones à risque sous la ville de Limoges

La confrontation entre nos campagnes de terrain et la cartographie de reconstitution des ruisseaux d'origine montre que le nombre d'exutoires actuels des buses est très inférieur au nombre des affluents naturels de la Vienne dans le périmètre de la ville. Il est donc vraisemblable que les réseaux d'égouts concentrent de multiples écoulements et, grâce à des transferts de bassin, aient simplifié le chevelu hydrographique initial d'autant plus qu'on va vers l'aval. En terme de géographie des risques, cela réduit la quantité de points de pollution potentielle de la Vienne (Fig. 3). La surveillance de ces exutoires devrait en être facilitée.

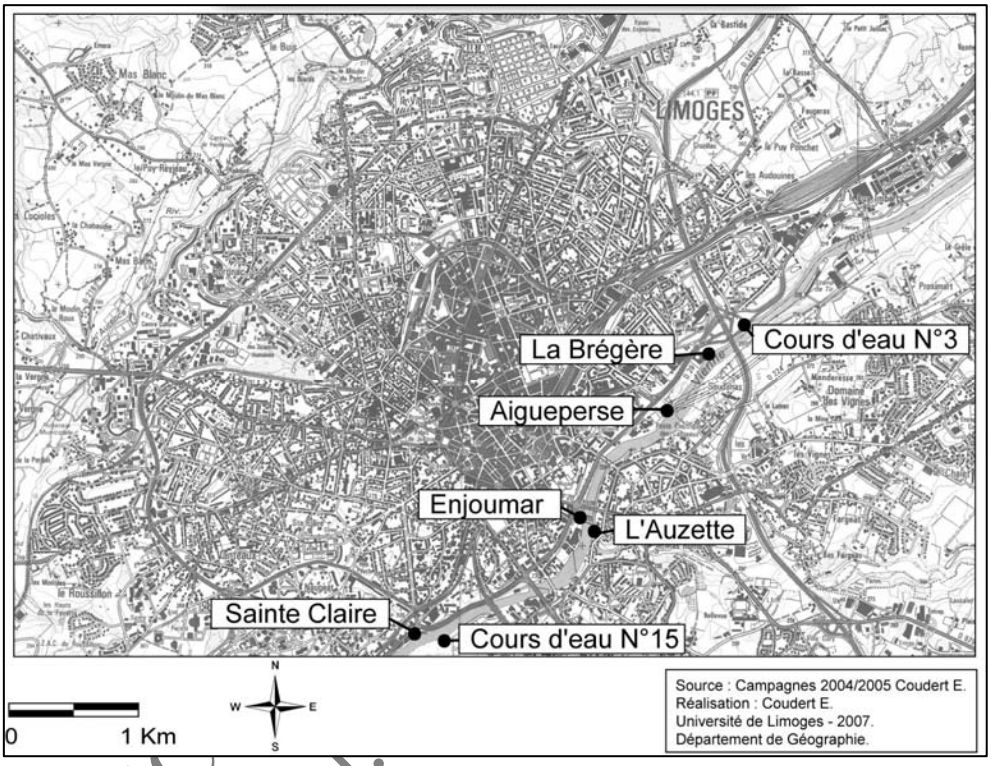

Fig. 3. Les exutoires des cours d'eau et le risque de pollution

RISCURI Vol.

3.2. La distorsion entre les bassins versants naturels et artificiels

A grande échelle cartographique, chaque petit bassin versant naturel reconstitué par notre démarche géomatique peut être comparé avec le bassin de collecte d'égout le plus proche, connu du Bureau d'eau et d'assainissement de la ville de Limoges. L'intérêt vient des distorsions existant d'une part entre le tracé du cours d'eau et celui du collecteur principal d'égout, d'autre part entre la ligne de partage des eaux du bassin naturel et la limite actuelle du bassin de collecte.

Le cas du réseau souterrain du ruisseau de la Brégère est significatif de ces décalages entre les tracés naturels et artificiels (Fig. 4). D'une part, le tracé du ruisseau reconstitué et celui du tronc principal des égouts correspond bien, cependant que l'exutoire canalisé a été décalé d'une trentaine de mètres, dans le but de placer le collecteur juste en dessous de l'avenue des Casseaux. Le réseau d'égouts est évidemment beaucoup plus dense que ne l'était celui des affluents du ruisseau naturel. D'autre part, la superficie du bassin naturel est de 45,7 ha, tandis que celle du bassin de collecte des égouts est de 79,2 ha. Cette augmentation de 73 % du bassin vient d'un transfert des eaux d'un bassin naturel situé plus à l'est pour drainer d'un seul ensemble tout l'espace urbanisé à l'ouest de l'autoroute A20, notamment l'ensemble du quartier de la Bastide.

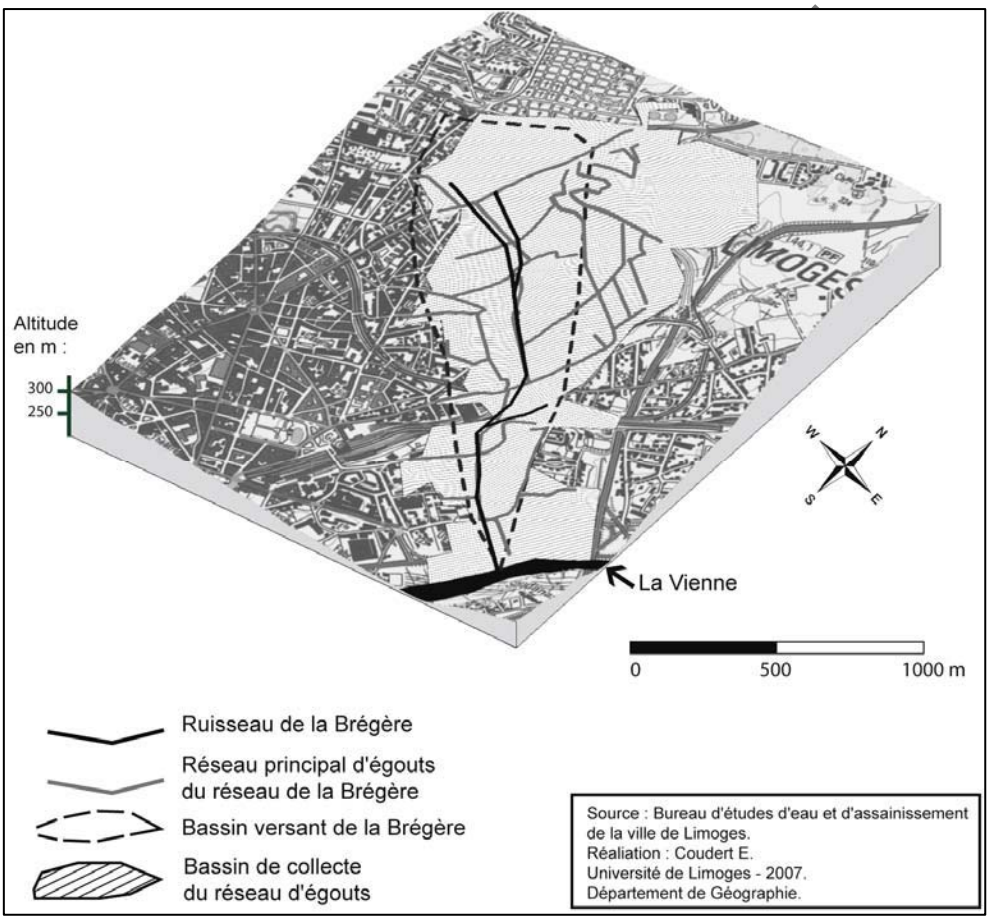

Fig. 4. La distorsion entre les bassins naturels et artificiels: le cas de la Brégère

La non coïncidence, dans cet exemple comme dans les autres cas, entre le bassin versant naturel et celui des égouts s'accompagne du fait que seul ce dernier est aujourd'hui pris en compte. La bassin d'origine reste pourtant en partie fonctionnel. En complément des modèles mathématiques, comme Caredas, Cedre et Canoe, utilisés dans les grandes villes françaises pour simuler les écoulements dans les collecteurs souterrains à partir des précipitations sur les surfaces urbanisées, la reconstitution des limites de bassin et des drains naturels aiderait à aboutir à une cartographie exhaustive des risques liés aux eaux souterraines.

Conclusion

Les crues ne sont pas le seul risque urbain qui vaille la peine d'être étudié par les géographes. En effet, dans les villes de plateau, où les grandes vallées sont très encaissées, la vulnérabilité est faible concernant les inondations de surface, si l'essentiel de l'urbanisation se fait sur les versants et les interfluves. C'est le cas de Limoges, où la plupart des usines de porcelaine ont quitté le fond de vallée de la Vienne et où les espaces verts ont pris la place des zones inondables de l'Aurence et de l'Auzette. L'essentiel de l'agglomération ne peut donc être touché.

Un autre risque hydrologique, méconnu, est susceptible de concerner les villes de substrat imperméable, où le réseau des eaux souterraines est un mélange d'anciens ruisseaux naturels, tout ou partie canalisés et recouverts par l'urbanisation, et de conduites artificielles. A Limoges, où le réseau d'aqueducs remonte à l'époque romaine et où les transformations successives ont construit un chevelu très dense de segments fonctionnels pour certains, abandonnés pour d'autres, la situation est complexe.

Nous avons montré l'utilité de la reconstitution, par des méthodes géographiques, du site d'origine de la ville, du tracé des ruisseaux naturels et des lignes de partage des eaux. Elle nous a permis de mettre en évidence les transferts de bassin et les distorsions entre le tracé des talwegs d'origine et celui des collecteurs principaux d'égouts. C'est en nous appuyant sur ces décalages que nous avons pu dresser une première carte des risques liés aux eaux souterraines. Les communications entre le chevelu naturel et le réseau artificiel doivent être prises en compte pour expliquer les infiltrations dans les sous-sols de bâtiments, l'inondation de caves et certains risques d'affaissement. Enfin, l'artificialisation du réseau souterrain a conduit, par la volonté de collecte, à une réduction importante du nombre d'exutoires dans la Vienne. La surveillance des buses à l'origine de risque de pollution en est facilitée.

Remerciements

Les auteurs remercient, pour l'aide apportée, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de la Haute-Vienne, la Direction régionale de

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. VI, Nr. 4 / 2007

l'environnement du Limousin, la Direction de l'urbanisme et le Bureau d'études d'eau et d'assainissement de la ville de Limoges, ainsi que les Archives municipales, en particulier Messieurs Lajarthe, Lagorce, Fayard, Sementry et Capot. Ils tiennent aussi à remercier Monsieur R. Crouzevialle (université de Limoges) pour la mise au point de la méthode géomatique.

REFERENCES

1. Capot, S. (2007), « Note historique » in Maquet A., *Les souterrains de Limoges*, Limoges, Les Ardents, 160 p. : 9-13.
2. Chaumeau, F. (2007), « La modélisation des pluies urbaines : utilisation du modèle Canoe en Seine-Saint-Denis » in Giret A., Dir., *Le risque hydrologique : du concept à sa gestion*. Paris, Le Manuscrit, 249 p. : 187-201.
3. Coudert, E. (2005), *Les eaux souterraines: une nouvelle méthodologie géomatique au service de la reconstitution du site de Limoges et de l'impact sur la Vienne,* Université de Limoges, mémoire de master 2 en géographie, 234 p.
4. Dauphiné, A. (2001), *Risques et catastrophes, observer, spatialiser, comprendre, gérer*., Paris A. Colin, col. U, 288 p.
5. Davy, L. (1990), « La catastrophe de Nîmes (3 octobre 1988) était-elle prévisible ? » *Bulletin de la Société languedocienne de Géographie*, 1-2 : 133-163.
6. Differe P. & Pomerol C. (1979), *Paris et ses environs: les roches, l'eau et les hommes*. Paris, Masson, 172 p.
7. Giret A., Dir. (2007), *Le risque hydrologique : du concept à sa gestion*. Paris, Le Manuscrit, 249 p.
8. Levet J. (1987), *A la découverte du Limoges ancien : les fontaines*. Limoges, Centre Impression, 128 p.
9. Loustaud J.-P. (2000), *Limoges antique*. Limoges, Travaux d'archéologie limousine, suppl. 5, 387 p.
10. Maquet A. (1845-1846), *Les souterrains de Limoges*. Réédité 2007, Limoges, Les Ardents, 160 p.
11. Musée municipal de l'évêché (1990), *Augustoritum : aux origines de Limoges*. Limoges, Centre Impression, 181 p.
12. Saumande P. (1990), « Mystérieux Limoges souterrain » *Revue Lemouzi*, 114bis : 1-104.
13. Toulet M. (1990), *A la découverte du Limoges ancien*. Limoges, Centre Impression, 232 p.
14. Veyret Y. & Pech P. (1997), *L'homme et l'environnement*. Paris, PUF, 2e éd., 423 p.
15. Verynaud G. (1973), *Histoire de Limoges*. Limoges, Bontemps, 180 p.
16. Verynaud G. (1994), *Limoges, naissance et croissance d'une capitale régionale*. Neuvic-Entier, La Veytizou, 320 p.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. VI, Nr. 4 / 2007