

Hélène Noizet, maître de conférences, Paris-I.

« Méthodologie des SIG appliqués à l'histoire urbaine », *Le Médiéviste et l'ordinateur*, n°44, *Les systèmes d'information géographique*, printemps 2005.

Résumé :

Cet article présente l'expérience d'un SIG faite dans le cadre d'une thèse d'histoire médiévale, à propos de l'espace urbain de Tours du IXe au XIIIe siècle. Sont abordées très concrètement quelques-unes des possibilités de cet outil (types de requêtes, spatialisation des données...), dont les potentialités dépassent largement ce qui est indiqué ici : cette approche très générale et volontairement simple vise avant toute chose à montrer les intérêts et les implications d'un tel outil. Intégré dans le SIG TOTOPI du laboratoire Archéologie et Territoires, les manipulations ont été réalisées entre 1999 et 2003 avec le logiciel MapInfo.

Mots-clés :

SIG, espace urbain, requête, données sémantiques, données géométriques, Tours

Contrairement à ce qu'on entend parfois, un SIG ne permet pas en soi un gain de temps. Il implique tout d'abord une phase d'apprentissage du logiciel utilisé, puis une phase de réflexion pour déterminer la manière optimale d'organiser les données, ainsi qu'une phase de saisie des données : au total, la durée de la mise en place d'un SIG peut être assez longue (plusieurs semaines ou mois selon l'ampleur du projet). Surtout, la comparaison avec la cartographie manuelle, de laquelle provient l'impression de gain de temps, n'a pas lieu d'être dans la mesure où l'apport d'un SIG ne se réduit pas à produire des cartes (comme c'est le cas par exemple d'un logiciel de DAO, dessin assisté par ordinateur, comme Adobe Illustrator) : c'est une des dimensions du SIG, mais ce n'est pas fondamentalement sa raison d'être. J. Denègre et F. Salgé indiquent qu'un SIG vise à « rassembler des données diverses, mais localisées dans le même espace géographique, relatives à la fois à la Terre et à l'homme, à leurs interactions et leurs évolutions respectives » (DENEGRÉ SALGÉ 1996, p. 4). Toutes les données de type géographique, c'est-à-dire qui décrivent d'une manière ou d'une autre une portion du monde terrestre, peuvent être mises en relation dans la mesure où elles ont toutes un point commun, qui est l'espace qu'elles décrivent. Un SIG permet donc d'aborder et de corréliser entre elles des thématiques différentes par une entrée commune d'ordre spatial. Le but premier d'un SIG est de croiser des données, qui ont une dimension géographique, afin de tester des hypothèses établies au préalable. Il ne s'agit donc pas d'une cartographie automatisée, mais d'une structuration de l'information géographique, qui permet la réutilisation des données par plusieurs utilisateurs, en fonction de leur propre recherche.

Dans le cadre de ma thèse d'histoire urbaine (NOIZET 2003), j'ai utilisé le logiciel MapInfo, qui était alors utilisé par le laboratoire Archéologie et Territoires : il peut être manipulé individuellement assez facilement, même s'il nécessite un investissement en temps et en réflexion. J'ai ainsi exploité le SIG de cette équipe (ToToPi : Topographie de Tours Pré-industriel), en réutilisant les données qui m'étaient utiles (cadastre napoléonien, éléments de topographie historique...), puis en créant à mon tour des données qui ont ensuite été intégrées dans le SIG afin de servir à d'autres travaux (fiefs, paroisses...).

Je vais présenter les apports du SIG dans une démarche d'histoire urbaine, en simplifiant à dessein les caractéristiques de cet outil informatique, afin de le rendre accessible à un public de non-initiés : que les géomaticiens pardonnent la simplicité de ma présentation, qui ne prétend pas à autre chose que la clarté. Un autre exemple concernant l'espace parisien - le marché foncier de la commune de Gentilly au XIX^e siècle - permettra d'aller plus loin que notre modeste exemple tourangeau (CAPIZZI 2004). Les lecteurs plus chevronnés peuvent consulter une bibliographie plus pointue (CNAU 2004), ou des instruments de référence tels que la *Revue internationale de géomatique*.

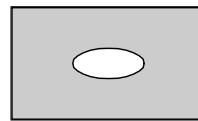
1) La spatialisation des données : l'organisation de l'information géographique

Fondamentalement, les objets géographiques ont trois formes différentes : le point, la ligne et la surface. Pour décliner l'exemple ecclésiastique, à l'échelle d'une ville, une église peut être traduite graphiquement par un point, une procession par une ligne, et une paroisse par une surface.

Précisons qu'une ligne peut être une polyligne, soit une suite de segments, et qu'une surface peut comporter un trou :



polyligne



surface à trou

Cette traduction géographique d'objet historique n'est pas univoque et dépend de l'échelle d'analyse : si on se situe désormais à une échelle plus petite, comme celle du quartier, une église peut être numérisée par une surface, correspondant par exemple à un plan de fouille ou un plan du monument encore en élévation. Nous utilisons le terme échelle dans son sens géographique (un grand espace correspond à une grande échelle), et non pas cartographique (un grand espace est caractérisé par une petite échelle : LEVY 1999, p. 395). Un des grands atouts du SIG consiste dans le géo-référencement mathématique de ces objets. Ceux-ci possèdent des coordonnées, définies selon un référentiel géodésique et une projection cartographique. Ces coordonnées sont invariables quelle que soit l'échelle d'analyse. Cela signifie qu'il est possible de zoomer et dézoomer sur un objet : celui-ci sera toujours situé précisément sur le globe terrestre et il sera toujours possible de calculer l'échelle géographique de réduction. Il s'agit là d'un premier élément qui distingue les SIG de la cartographie informatisée que l'on peut faire en DAO avec Adobe Illustrator par exemple. À Tours, le cadastre napoléonien a été numérisé dans le SIG ToToPi : il a été géoréférencé en utilisant la projection cartographique Lambert II (RODIER 2000, p. 4). Les parcelles cadastrales ont été saisies sous une double forme : d'une part sous forme de surface, d'autre part sous forme de polygones. Ces documents constituent ainsi des fonds de carte géoréférencés de la ville, dont tous les utilisateurs du SIG peuvent se servir en fonction de leur thématique.

Le deuxième élément qui différencie SIG et cartographie réside dans l'association à ces objets graphiques géoréférencés d'une base de données. À chaque objet graphique, créé grâce à

des outils de dessin dans une fenêtre « Carte », il y a automatiquement une ligne qui se crée dans un tableau des données, visible quant à lui dans une autre fenêtre (« Données »). Cette base de données ressemble à un tableau dont vous pouvez à loisir définir le nombre de colonnes (appelées aussi des champs), le type d'information contenue dans chacune de ces colonnes... Par exemple, un SIG sur les villes de la région Centre comporterait des objets graphiques qui sont des points (un pour chaque ville), et une base de données comportant les informations relatives à ces points, avec par exemple une colonne ou un champ « Nombre d'habitants », un autre champ « Budget annuel », ou encore un champ « Personnel politique » qui pourrait correspondre au nombre de fonctionnaires municipaux... La très grande force d'un SIG est de faire la liaison entre les deux, c'est-à-dire entre l'information graphique (que les géomaticiens qualifient de « géométrique ») et ses caractéristiques dans le tableau (que les géomaticiens qualifient de « sémantique ») : lorsqu'on sélectionne une ligne dans un tableau, automatiquement, l'objet géographique qui lui correspond est sélectionné dans la fenêtre Carte, et vice-versa (si on sélectionne un objet sur la carte, la ligne correspondante dans la base de données est sélectionnée). L'ensemble constitué par un objet géométrique et par ses caractéristiques sémantiques est appelé un enregistrement. L'ensemble des enregistrements forme une table, ou une couche, ou encore un thème selon les logiciels. Les tables ou couches que l'on trouve fréquemment concernent notamment la géologie, la population, le cadastre, la topographie, les voies, l'hydrographie, les structures politiques...).

Les données associées aux objets graphiques, autrement dit l'information sémantique caractérisant l'information géométrique, peuvent être de deux types, quantitatif ou qualitatif. Les exemples ci-dessus des champs d'un SIG sur la région Centre comportant une table Villes sont bien quantitatifs : un nombre d'habitants, un montant budgétaire, un nombre de fonctionnaires... Pour rester dans un exemple urbain, mais à l'échelle plus petite d'un SIG sur une seule ville, dont on aurait saisi les différents quartiers comme des surfaces, les données du type « prix moyen du m² », « âge moyen des propriétaires résidents » sont également quantitatives.

L'autre type de données sémantiques est qualitatif. En matière de topographie historique, les églises et les enceintes sont des objets graphiques qui peuvent être pourvus de champs qualitatifs du type « nom ». Pour un exemple archéologique, un champ qualitatif du type « interprétation de la structure » indiquerait si la structure dessinée est un fossé, un mur... On pourrait aussi y ajouter un champ « Source » pour indiquer la référence bibliographique (un rapport de fouilles, un article...). Lors du doctorat, j'ai spatialisé sous forme de surfaces les fiefs de la ville de Tours, que j'ai défini par un champ « Nom ». J'y ajoutai un autre champ, également qualitatif bien qu'il soit numérique, qui correspond à un code chiffré à 3 éléments afin de retrouver facilement les fiefs de telle ou telle institution. Par exemple, tous les fiefs de Saint-Martin ont un code qui commence par 1 ou 2, les fiefs de Saint-Julien par 3, ceux des autres institutions ecclésiastiques par 4, ceux des laïcs par un chiffre égal ou supérieur à 5... Le deuxième chiffre du code visait à caractériser le niveau inférieur dans la désignation du bénéficiaire du fief : par exemple, toutes les surfaces du fief du doyen de Saint-Martin étaient codées 110. Le but de ce codage était de structurer l'information afin de retrouver rapidement les éléments dont j'avais besoin par la suite. Ainsi, avant de dessiner numériquement le premier fief, à partir du cadastre napoléonien lui-même géoréférencé, j'ai choisi de les représenter à une échelle fine, par bloc parcellaire, pour intégrer les relations entre ces fiefs et les réseaux viaire et parcellaire : pour chaque fief, j'ai dessiné non pas une seule surface, mais autant de surfaces qu'il y avait d'îlots du cadastre napoléonien compris dans ce fief. Ceci induit évidemment un très grand nombre de surfaces dessinées, 230 au total. Le but était de pouvoir sélectionner un fief et d'observer immédiatement s'il correspondait à certaines limites viaires et parcellaires, ce que je

n'aurais pu observer si j'avais dessiné une seule surface par fief. La question était donc : existe-t-il un lien entre la délimitation des fiefs et celle des rues et du parcellaire ? Parallèlement, je voulais pouvoir sélectionner facilement tous les fiefs de Saint-Martin, ou bien seulement les parcelles du fief du doyen de Saint-Martin : ces deux éléments correspondent à deux niveaux différents de l'information sémantique, le fief du doyen de Saint-Martin n'étant qu'un des fiefs de Saint-Martin. Avec mon code à trois chiffres, je pouvais très facilement retrouver tous les fiefs de Saint-Martin, puisqu'il commençait tous par le chiffre 1 ou 2, mais je pouvais également retrouver rapidement toutes les surfaces du fief du seul doyen car son code était 110. Nous reviendrons plus loin sur cet exemple pour voir comment il est concrètement possible de retrouver ces fiefs.

Cet exemple suggère qu'avant même de saisir les objets et données du SIG, il faut prédéterminer les questions auxquelles le SIG doit répondre. Cette phase de réflexion, qui n'a pas besoin de l'outil informatique, est nécessaire pour établir l'utilité du SIG et penser la structuration de l'information géographique. S'il est probable que de nouvelles questions émergent après la mise en place du SIG, il est préférable de chercher, dès le début, à réfléchir de la manière la plus exhaustive possible : en effet, la modification de la structure du SIG, qui est toujours possible, est toujours extrêmement coûteux en temps. Concernant les relations spatiales entre les différents objets, les principales questions peuvent se résumer ainsi (DENEGRÉ SALGÉ 1996, p. 8) :

Où ? Où se situe tel type d'objets ? Quelle est la répartition spatiale de tel phénomène ?

Quoi ? Que trouve-t-on à tel endroit ? Sur un espace donné, quels objets se superposent ou se situent à proximité ?

Comment ? Quelles relations existent ou non entre ces objets ? Peut-on repérer des règles qui rendent compte de la répartition dans l'espace géographique des objets ?

Quand ? De quand date tel objet ? À quel moment des changements sont-ils intervenus ?

La difficulté de cette phase initiale réside dans la connaissance minimale des SIG et du logiciel qui est nécessaire pour structurer les données : de la même manière qu'un sujet de doctorat se structure progressivement, de manière dialectique entre la consultation des sources et la lecture de la bibliographie, la définition d'un SIG s'effectue, au début de la recherche, grâce à des allers-retours entre la réflexion abstraite personnelle du scientifique et l'apprentissage du logiciel et de ses possibilités. C'est pourquoi la mise en place d'un SIG demande beaucoup de temps.

Pour faciliter l'utilisation du SIG, les tables (ou les couches ou les thèmes selon le logiciel) peuvent être organisées dans une arborescence qui constitue la structure du SIG, et dans laquelle n'importe quel utilisateur doit pouvoir retrouver les éléments qui l'intéressent. Par exemple, l'arborescence ci-dessous correspond à celle que j'ai formalisée pour la thèse (FIGURE 1).

Une fois le SIG mis en place, le scientifique va l'utiliser en fonction de la problématique qu'il aura déterminée auparavant : il s'agit dès lors de manipuler et d'analyser les données dans un but d'interprétation.

2) L'extraction de données pour tester des hypothèses

Le but premier d'un SIG est d'effectuer des sélections, ou requêtes, sur tout le corpus de données, à chaque fois pour répondre à une question pré-établie. La sélection peut se faire directement à partir de la fenêtre Carte et des objets graphiques : à partir du moment où je sélectionne un objet graphique, en cliquant dessus, l'enregistrement qui lui correspond dans le tableau de données est également sélectionné. Cela permet de retrouver facilement les données sémantiques concernant un objet géométrique, la manipulation des objets étant très commode.

Surtout, les sélections peuvent se faire dans l'autre sens, à partir du tableau de données vers les objets géométriques. Les potentialités de cette procédure sont sans aucun doute beaucoup plus intéressantes que celles de la précédente. Dans la mesure où le SIG associe les données sémantiques à leurs objets géométriques, il est possible d'extraire des objets graphiques à partir d'une requête effectuée sur le tableau de données. Chaque requête établie à partir du tableau de données est formalisée par une question et entraîne la sélection des objets géométriques et de leurs données sémantiques répondant à la question posée. Les critères de sélection les plus courants correspondent aux opérateurs suivants : =, >, <, +, -, /, x, contient, or, and, not. Par exemple, je peux formaliser de la manière suivante ma question « où sont les parcelles du fief du doyen de Saint-Martin ? », en rappelant que ces parcelles étaient identifiées par la valeur 110 dans le champ « code » :

- choix de la table : fiefs
- choix de la colonne ou du champ : code
- choix de l'opérateur : =
- expression de la valeur recherchée : 110

Avec la formule « code = 110 », j'ai ainsi indiqué au SIG de m'extraire les données correspondant au code 110 dans la table fiefs. On pourrait m'objecter qu'il aurait été plus simple de taper la requête : « nom = fief du doyen de Saint-Martin », puisque j'avais également renseigné un champ « nom ». La raison du codage chiffré réside dans la possibilité d'une erreur lors de la saisie : il n'est pas impossible que, certain jour, fatiguée de dessiner ma 220^{ème} surface et de remplir ma 220^{ème} ligne du tableau, je me sois trompé en écrivant « fief du doyen de Saint Martin », en oubliant le tiret entre Saint et Martin. Le problème est que, dans la requête effectuée sur le nom, cette expression n'est pas la même que « fief du doyen de Saint-Martin » : de façon logique, le SIG n'aurait pas intégré cet enregistrement dans la sélection, alors qu'il en fait bel et bien partie. Même si le codage chiffré n'exclut pas toute possibilité d'erreur, il en limite sérieusement le risque. Un autre exemple de sélection simple, dans un SIG sur les villes d'une région comportant un champ population, serait la formule « population > 50000 » : sur la carte, toutes les villes de plus de 50 000 habitants seraient ainsi sélectionnées.

Une requête peut comporter plusieurs critères, qui sont articulés par les opérateurs logiques du type « Or », « And », « Not », autrement dit « Ou », « Et », « Sauf ». Les combinaisons de critères sont multiples et adaptables à volonté : « x AND x NOT x », « x OR x NOT », « x AND x OR x NOT x »... Pour illustrer ce type de requête, on peut reprendre l'exemple d'un SIG réalisé à l'échelle d'une ville, dont les unités spatiales sont les quartiers urbains, pour lesquels des champs « prix moyen du m² » et « âge moyen des propriétaires résidents » ont été renseignés : il est ainsi possible de sélectionner les quartiers dont le prix du mètre carré est supérieur à 3000 euros à l'achat et les quartiers dont l'âge moyen est supérieur à 60 ans, avec la requête suivante : « prix > 3000 And age > 60 ». Nous aurions ici ce qui correspond à l'intersection de ces deux informations géographiques : cela permettrait de constituer une géographie sociale de la propriété urbaine et de repérer quels quartiers de la ville regroupent les propriétaires à la fois les plus riches et les plus âgés. Cette même requête pourrait être effectuée avec des valeurs plus basses que précédemment afin d'observer, à l'inverse, une géographie de la petite propriété urbaine, par exemple en prenant un prix au m² de 1000 euros et un âge moyen de 40 ans. Ici, ces chiffres sont fantaisistes : dans une étude réelle, il va de soi que la valeur du seuil doit être l'objet de discussion et doit être explicitée par le scientifique.

Si ces requêtes classiques correspondent à des fonctions de manipulation des données, qui forme un premier niveau de l'analyse spatiale, il existe une autre catégorie d'opérateurs qui créent de nouvelles connaissances à partir des données saisies dans le SIG : ce sont les fonctions

d'analyse des données spatiales. Certaines fonctions sont simples, tels que le calcul du périmètre ou de la superficie d'un objet surfacique, ou encore la création du centroïde des objets surfaciques (une sorte de centre de gravité de l'objet). En archéologie, il existe des fonctions d'analyse des données plus complexes, tels que les calculs de zones tampons (appelées *buffer*) pour mesurer la proximité des objets, ou encore les modélisations par Krigeage (cartes d'interpolation) pour créer une information continue à partir de données discrètes (SIG 2004 ; BERGER ET ALII 2005). En fait, n'importe quel critère de recherche formalisé par une fonction mathématique peut être appliqué, à condition de maîtriser le langage mathématique nécessaire à la formulation de la fonction (langage SQL : Standard Query Language).

Pour illustrer de manière simple les possibilités d'un SIG en matière de fonctions d'analyse spatiale, un exemple typique de l'histoire urbaine concerne le calcul de la densité de population : si un SIG décrit les différents quartiers d'une ville par le biais d'un champ « superficie », et par un autre champ « population », il est possible d'obtenir automatiquement la densité de population pour chacun des quartiers. Après avoir créé un troisième champ, dans lequel on veut obtenir les densités, on met à jour cette colonne, en formalisant la fonction « densité = population / superficie » : le SIG calcule directement la densité en divisant les informations de la colonne superficie par celles de la colonne population.

Nous pouvons remarquer que cette procédure n'est possible qu'à partir du moment où les données de population et de superficie des quartiers ont été préalablement intégrées dans le SIG. Ceci montre l'importance de la phase initiale de conception de la base de données : c'est parce que l'utilisateur savait qu'il voulait calculer les densités qu'il a renseigné au préalable le champ superficie, qui peut sembler peu utile de prime abord. La question qu'il ne faut jamais perdre de vue est la suivante : pourquoi faire un SIG, en fonction de quels objectifs ? L'exemple des églises saisies dans la table Topographie historique du SIG ToToPi permet de souligner cette nécessité de réfléchir aux requêtes avant même de construire le SIG. Outre un champ « Nom », X. Rodier leur a attribué des champs « date apparition » et « date de disparition » (RODIER 2000, p. 6 ; GALINIE RODIER 2002, p. 7). En effet, une église évolue institutionnellement ou physiquement : à chaque fois, des objets graphiques différents sont créés pour renvoyer aux différentes périodes d'une même réalité. Par exemple, l'église Notre-Dame-la Pauvre, attestée dans les sources écrites à partir de 920, change de vocable et devient Notre-Dame-la-riche, au plus tard en 1141. Étant donné qu'il s'agit de deux réalités différentes de la même église, deux points ont été créés au même endroit : si la localisation géographique de l'église n'a pas changé, les données sémantiques sont différentes. Le premier point est ainsi défini par « Notre-Dame-la-Pauvre » dans le champ « Nom », et par les dates « 920 » et « 1141 », respectivement dans les champs « date apparition » et « date de disparition ». Le deuxième point est quant à lui défini par le nom « Notre-Dame-la-Riche » et par les dates « 1141 » et « 1800 ». Une telle structuration des données topographiques m'a permis par exemple de poser la question : quelles sont les églises et éléments de topographie historique connus aux V^e-VI^e siècles ? Pour cela, j'ai extrait de la table Topographie historique les objets dont la date d'apparition est inférieure à 600 et la date de disparition supérieure à 400, en formalisant la requête suivante : `date apparition < 600 And date disparition > 400`. Le résultat cartographique de la requête correspond à la figure 2, à laquelle j'ai ajouté un fond de plan actuel comme repère pour le lecteur (FIGURE 2). Chaque utilisateur du SIG peut ainsi produire sa propre carte de l'espace ecclésiastique tourangeau en fonction de ses préoccupations. C'est parce que cet objectif avait été préconçu par le concepteur du SIG que l'information géographique a été structurée entre autres par ces deux champs « date apparition » et « date disparition ».

Si nous n'avons évoqué que des sélections à l'intérieur d'une même table, il est aussi possible d'effectuer des sélections croisées sur plusieurs tables, à condition de faire auparavant

une jointure entre les tables concernées. Pour donner un exemple de la possibilité de corréliser des objets provenant de tables différentes, je présenterai un exemple développé dans ma thèse à propos de l'église paroissiale Saint-Pierre-le-Puellier, dépendant du grand chapitre Saint-Martin de Tours, et située à proximité de celui-ci, entre la Loire et Saint-Martin. J'ai constitué une table « fiefs » et une table « paroisses » à partir de la documentation du milieu du XVIII^e siècle, qui permettait de localiser assez précisément ces espaces de pouvoir sur le cadastre napoléonien. Dans la mesure où les principaux fiefs et paroisses sont mentionnés dans la documentation écrite médiévale dès les XI^e-XII^e siècles, ce découpage moderne des juridictions féodales et paroissiales peut servir à comprendre la réalité médiévale. Comme toujours en analyse régressive, il faut bien veiller à ne pas transposer telles quelles les délimitations du XVIII^e siècle, mais celles-ci sont bien l'héritage de la période médiévale : c'est à partir du XI^e siècle que fiefs et paroisses émergent dans la réalité sociale. Même s'il y eut des réajustements ponctuels des fiefs et paroisses au fur et à mesure de l'urbanisation, certaines emprises sont anciennes et datent manifestement du XI^e siècle. Dans le cas de Saint-Pierre-le-Puellier, j'ai comparé l'extension de cette paroisse à celle d'un fief portant un nom dérivé du nom de l'église, le fief du Bourg-Saint-Père, codé par le nombre 120. Après avoir réalisé la jointure entre les deux tables, la requête simplifiée ressemblait à une formule du type : $\text{fiefs.code} = 120 \text{ Or paroisses.nom} = \text{« Saint-Pierre-le-Puellier »}$. Le résultat, qui apparaît dans la figure 3 (FIGURE 3), montre que la partie nord de ce fief a des limites très proches de celles de la paroisse qui lui correspond : l'analyse suggère qu'il existe parfois des relations spatiales d'identité entre limites paroissiales et féodales, qui semblent traduire une certaine contemporanéité dans la définition de ces catégories, ou, du moins, la prise en compte de l'une pour définir l'autre.

La figure 4 présente un autre exemple tiré de ma thèse, qui montre l'intérêt de superposer des objets graphiques issues de sources différentes, à la fois planimétriques, archéologiques et textuelles (NOIZET 2003, p. 580-596). Le tracé du *castrum* de Saint-Martin, construit au début du X^e siècle, a une forme irrégulière, notamment sur son côté septentrional, ce qui paraît relativement étonnant pour ce type de structure. Ayant l'intuition de mettre cette anomalie en rapport avec la circulation hydrographique, j'ai superposé cet objet graphique à une forme révélant un potentiel paléochenal, ainsi qu'à l'emprise du fossé de l'enceinte, fossé qui avait été découvert par une fouille archéologique. La carte ainsi produite permet d'observer des connections spatiales entre ces divers éléments et de proposer une hypothèse d'explication : si l'hypothèse d'un paléochenal était confirmée, les hommes de Saint-Martin qui ont construit l'enceinte aurait déterminé le tracé de l'enceinte en fonction de ce paléochenal, afin de le réutiliser pour faciliter le creusement des fossés du *castrum*. La présence d'un tel écoulement dans la topographie aurait en effet largement facilité le travail de ces hommes dans la mesure où il constitue un milieu meuble et propice à la circulation hydrographique. Cela pourrait ainsi expliquer les caractéristiques de cette enceinte.

Ce dernier exemple me permet d'aborder la question de la cartographie proprement dite, qui n'est qu'une partie du tout que forme le SIG. Une fois réalisés les requêtes et les analyses spatiales, il peut être utile de produire une carte thématique pour présenter un résultat. Dans Map Info, la production de la carte se fait dans une fenêtre différente, appelée « Mise en page ». Le traitement cartographique ne correspond qu'à l'étape finale de mise en forme de l'hypothèse suggérée au moyen du SIG. La cartographie, définie au sein des SIG comme l'étape de l'affichage des données, obéit à ses propres règles, qu'il est bon de connaître si l'on veut être bien compris de ses lecteurs (POIDEVIN 1999). Évidemment, il vaut mieux éviter d'oublier l'échelle graphique et le Nord, dont il faut préciser qu'il s'agit du Nord Lambert (NL) si le système de géoréférencement est bien le système Lambert. Il faut savoir que, du point de vue strictement

cartographique, le logiciel Map Info n'est pas très performant car les outils de dessin ne sont pas très développés : par exemple, le choix n'est pas très varié pour déterminer l'épaisseur des traits. En outre, il ne permet pas de réaliser automatiquement l'échelle graphique, qu'il faut dessiner et calculer manuellement. La puissance des SIG consiste dans la possibilité infinie de fabriquer ses cartes à partir des mêmes bases, en superposant toutes les tables ou couches que l'on veut, à la manière du système des calques d'Adobe Illustrator. Le traitement cartographique peut être différencié et adapté à l'infini, notamment lorsque ces objets sont utilisés à des échelles différentes, et surtout à des fins différentes. Par exemple à partir de ma table fiefs, j'ai réalisé une première carte, à grande échelle, pour montrer les grandes masses (FIGURE 5), en rassemblant tous les fiefs de Saint-Martin, sous une seule dominante chromatique, le rouge, tandis que les fiefs de Saint-Julien étaient déclinés dans la gamme des verts : le but est de situer, à l'échelle de la ville, où se répartissent les principaux feudataires. Puis, à partir de la même table fiefs, j'ai produit une autre carte, à une échelle plus fine cette fois-ci, pour les seuls fiefs de Saint-Martin (FIGURE 6). Je cherchais dès lors à entrer dans le détail des fiefs de Saint-Martin, qui ont donc été traités avec des couleurs différentes, révélant les liens hiérarchiques internes : la gamme des bleus pour les fiefs des dignitaires dépendant du doyen de Saint-Martin, la gamme des ocres pour ceux dépendant du trésorier du chapitre... Il faut souligner le fait que ces deux cartes ont été produites strictement à partir des mêmes données géométriques et sémantiques : seules les modalités de l'affichage ont été différenciées. Le SIG permet donc de produire une carte spécifique, adaptée à chaque question.

Conclusion

Comme tous les outils informatiques, le SIG est un moyen d'organiser la réflexion, et non pas un but en soi. Un SIG ne peut apporter de réponses qu'à des questions qui ont été posées au préalable par les scientifiques. Il ne faut pas attendre des SIG une solution miracle, ni se laisser piéger par l'effet de mode SIG. Autrement dit, rien ne sert de courir, il vaut mieux réfléchir à point. Il paraît toutefois nécessaire de maîtriser les rudiments de cette nouvelle technique dans la mesure où la problématique scientifique interagit avec la structuration des données en SIG. Si l'organisation de l'information géographique au sein d'un SIG dépend des questions que l'on veut poser, il n'en est pas moins vrai que la connaissance de l'éventail des possibilités techniques permet d'affiner la réflexion et de poser plus précisément les problèmes. Le contrat initial de cet article consistait à rendre cet objet plus accessible aux historiens, et notamment les médiévistes. Tel Nestor Burma et son agence *Fiat lux*, j'espère avoir fait toute la lumière sur cette mystérieuse affaire du SIG.

Bibliographie :

BERGER ET ALII 2005

Berger, Jean-François ; Bertoncello, Frédérique ; Braemer, Frank ; Davtian, Gourgen ; Gazenbeek, Michiel (dir.), *Temps et espaces de l'homme en société. Analyses et modèles spatiaux en archéologie (actes des XXV^e rencontre internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes-2004)*, Éditions APDCA, Antibes, 2005.

CAPIZZI 2004

Capizzi, Virginie, « Les recompositions foncières dans une commune coupée par les fortifications de Paris, Gentilly 1840-1860 », *Histoire & Mesure*, 2004, XIX, 3/4, p. 243-270.

CNAU 2004

Noizet, Hélène, "Méthodologie des SIG appliqués à l'histoire urbaine", *Le Médiéviste et l'ordinateur. Les SIG*, n° spécial coordonné par Pierre Portet, article disponible sur le site <http://lemo.irht.cnrs.fr/44/histoire-urbaine.htm>

Informatisation des Documents d'Évaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France, bilan d'étape 2002-2003, Ministère de la Culture, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours, 2004.

DENEGRE SALGE 1996

Denègre, Jean ; Salgé, François, *Les systèmes d'information géographique*, coll. Que-sais-je ?, vol. 3122, Paris, PUF, 1996 1^{ère} éd., 2001 2^{ème} éd.

GALINIE RODIER 2002

Galinié, Henri ; Rodier, Xavier, "TOTOPI : Topographie de Tours Pré-Industriel, un outil d'analyse urbaine", *Les petits cahiers d'Anatole*, 11, disponible sur le site <http://www.univ-tours.fr/lat/Pages/F2htm>, 2002.

LEVY 1999

Lévy, Jacques, *Le tournant géographique. Penser l'espace pour lire le monde*, coll. Mappemonde, Paris, Belin, 1999.

NOIZET 2003

Noizet, Hélène, *Pratiques spatiales, représentations de la ville et fabrique urbaine de Tours : chanoines, moines et laïcs à Saint-Martin et Saint-Julien*, thèse de doctorat dirigée par H. Galinié, 3 vol., université François Rabelais de Tours, 2003.

POIDEVIN 1999

Poidevin, Didier, *La carte, moyen d'action. Guide pratique pour la conception et la réalisation de cartes*, ellipses, Paris, 1999.

RODIER 2000

Rodier, Xavier, "Le système d'information géographique TOTOPI", *Les petits cahiers d'Anatole*, 4, disponible sur le site <http://www.univ-tours.fr/lat/Pages/F2htm>, 2000.

SIG 2004

Système d'Information Géographique, Archéologie et Histoire, Histoire & Mesure, 2004, vol. XIX, n°3/4.

Liste des figures :

1. Un exemple d'arborescence de SIG (NOIZET 2003)
2. Topographie chrétienne de Tours aux V^e-VI^e siècles
3. Les espaces de pouvoir de Saint-Pierre-le-Puellier au XVIII^e siècle
4. Castrum de Saint-Martin et possible paléochenal
5. Fiefs à Tours au milieu du XVIII^e siècle
6. Fiefs de Saint-Martin et de ses institutions suffragantes au XVIII^e siècle

Figure 1 : un exemple d'arborescence de SIG (NOIZET 2003)

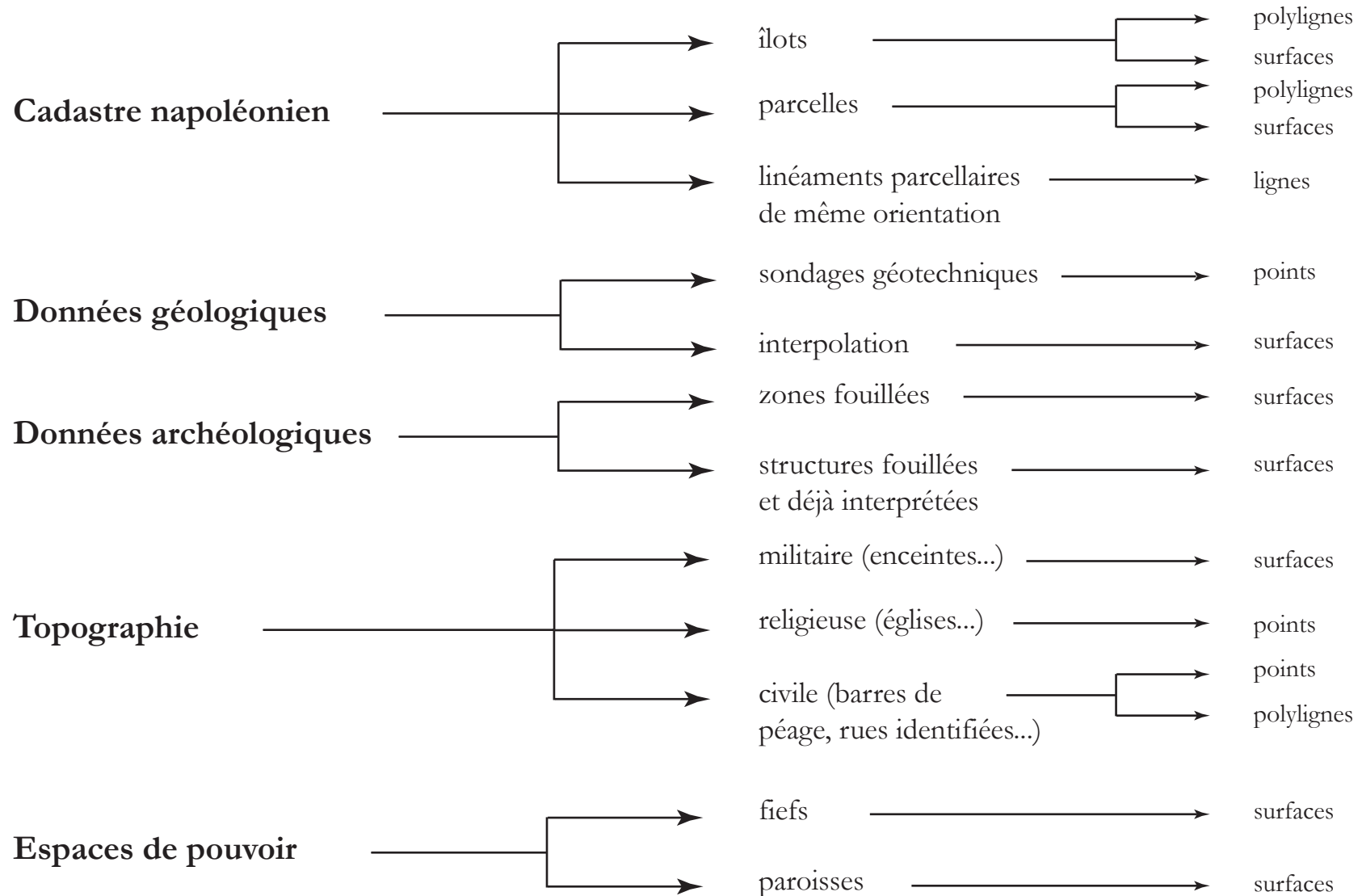


Figure 2 : topographie chrétienne de Tours aux Ve et VIe siècles

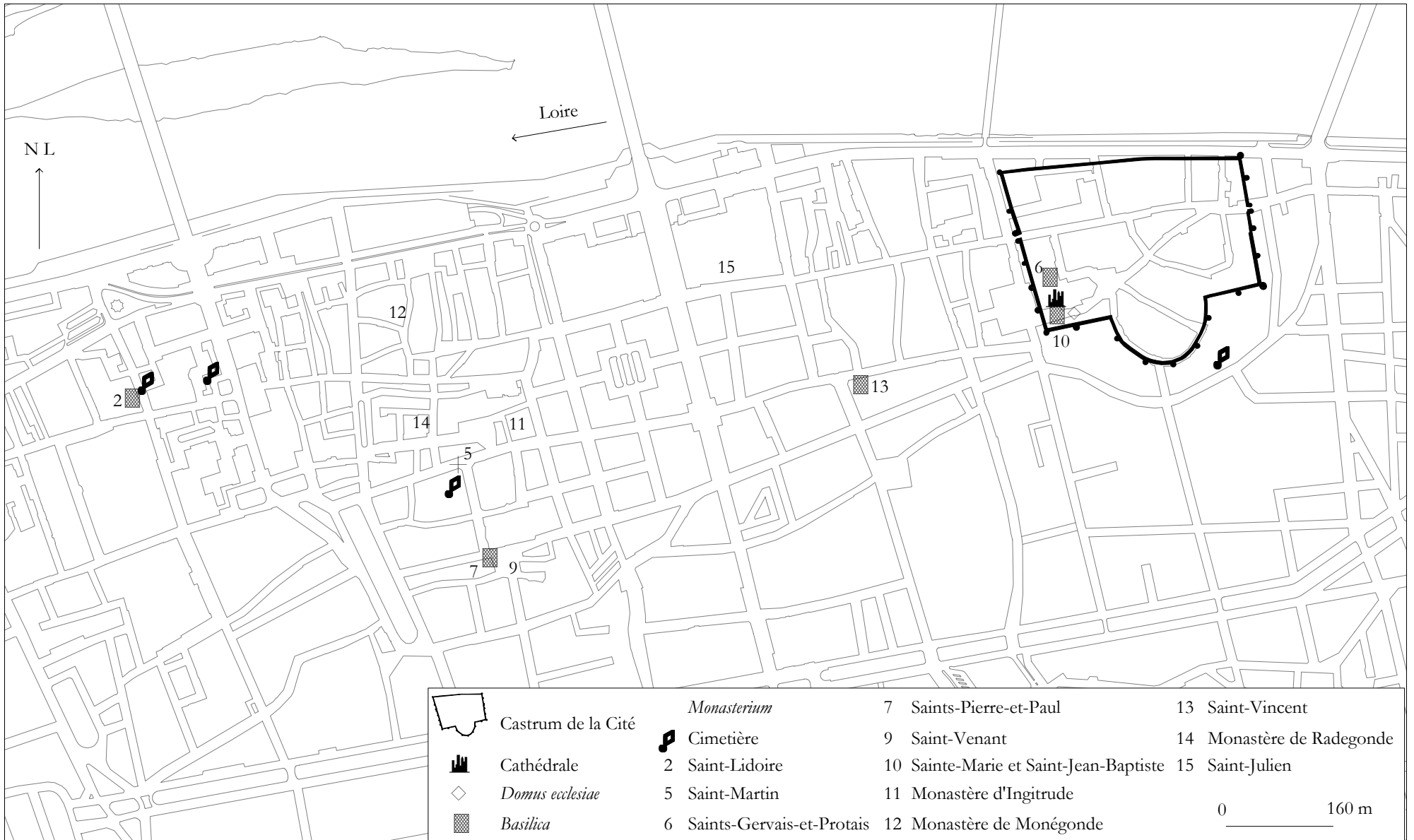


Figure 3 : les espaces de pouvoir de Saint-Pierre-le-Puellier au XVIIIème siècle

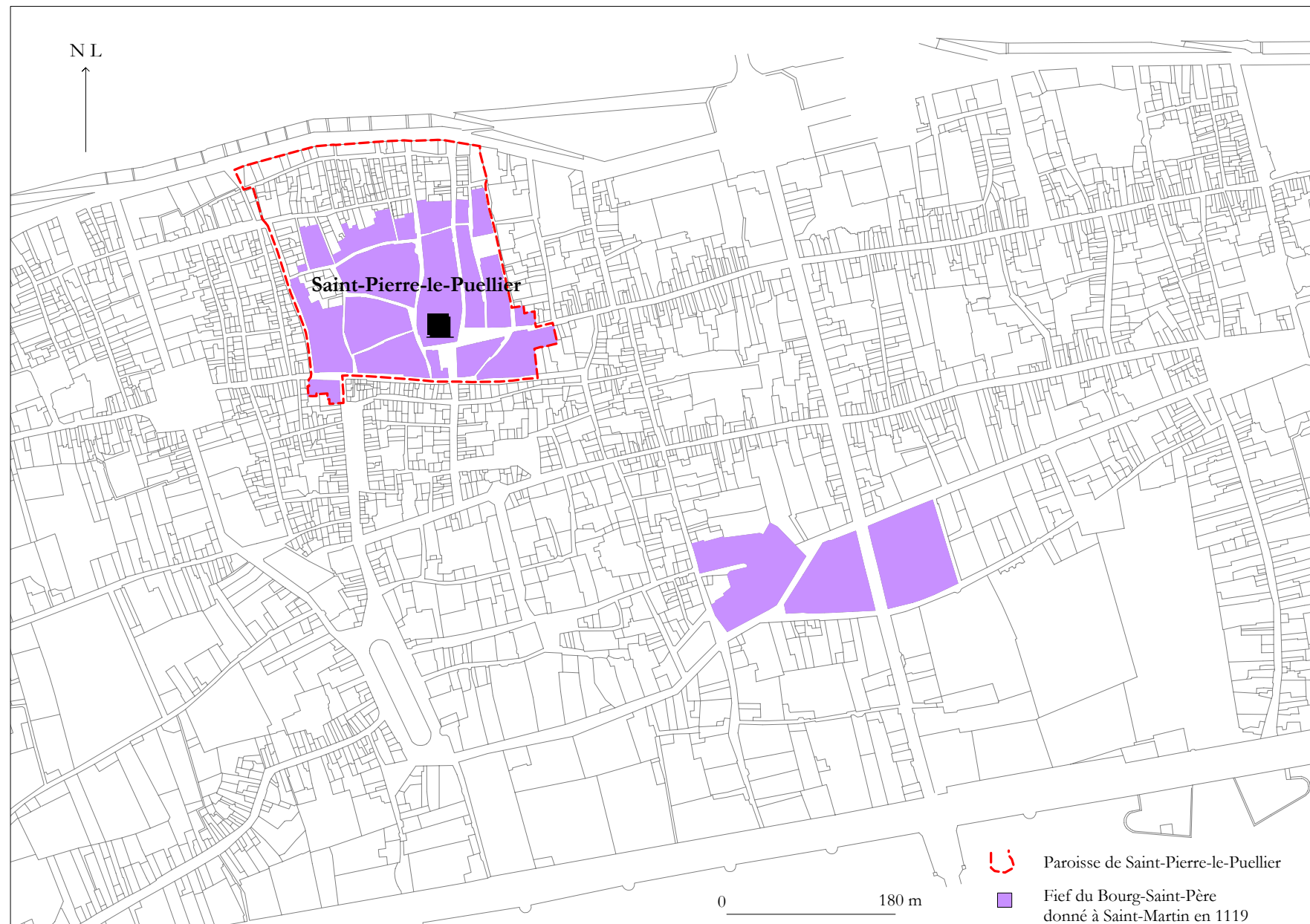


Figure 4 : castrum de Saint-Martin et possible pal eocheval

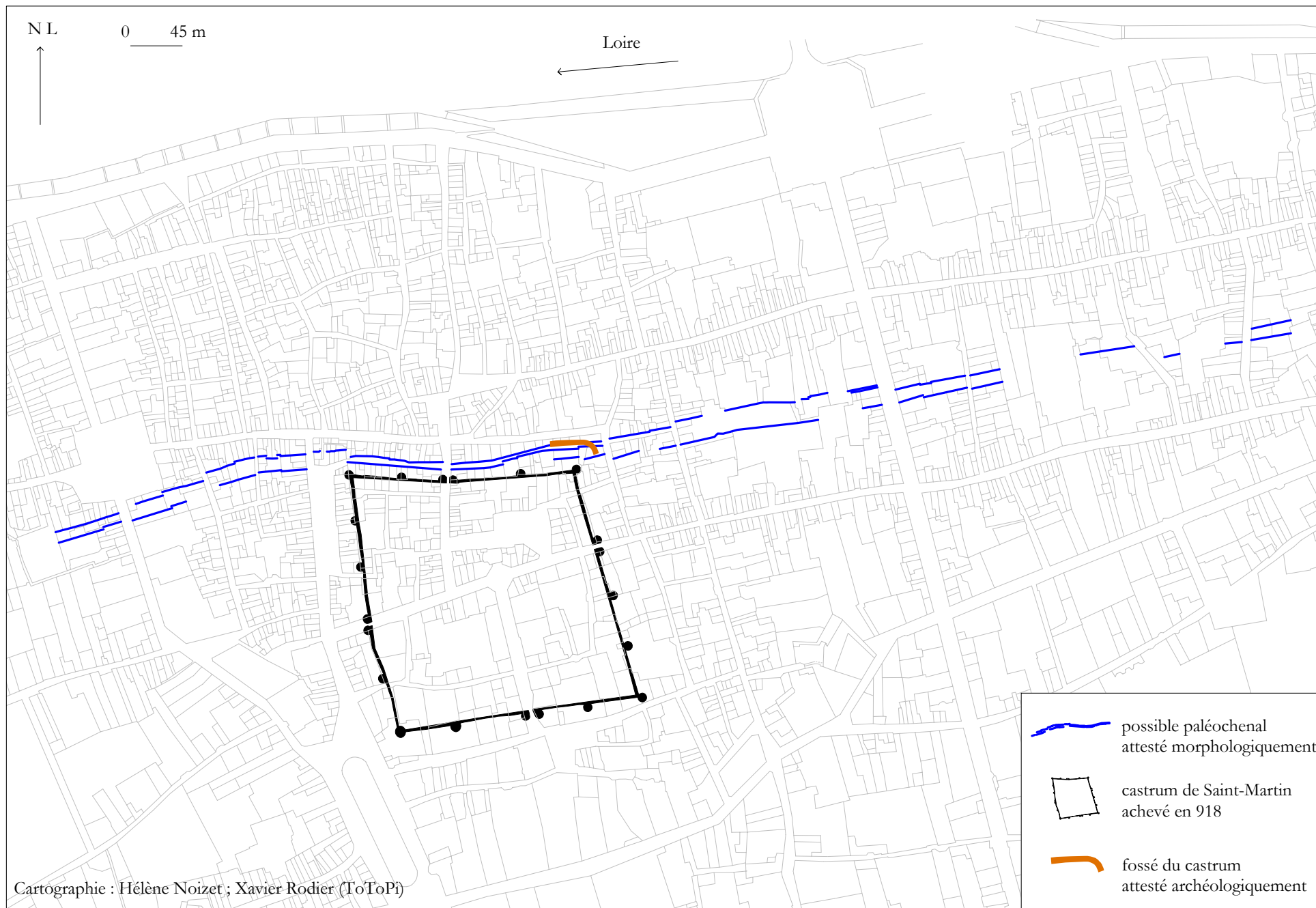
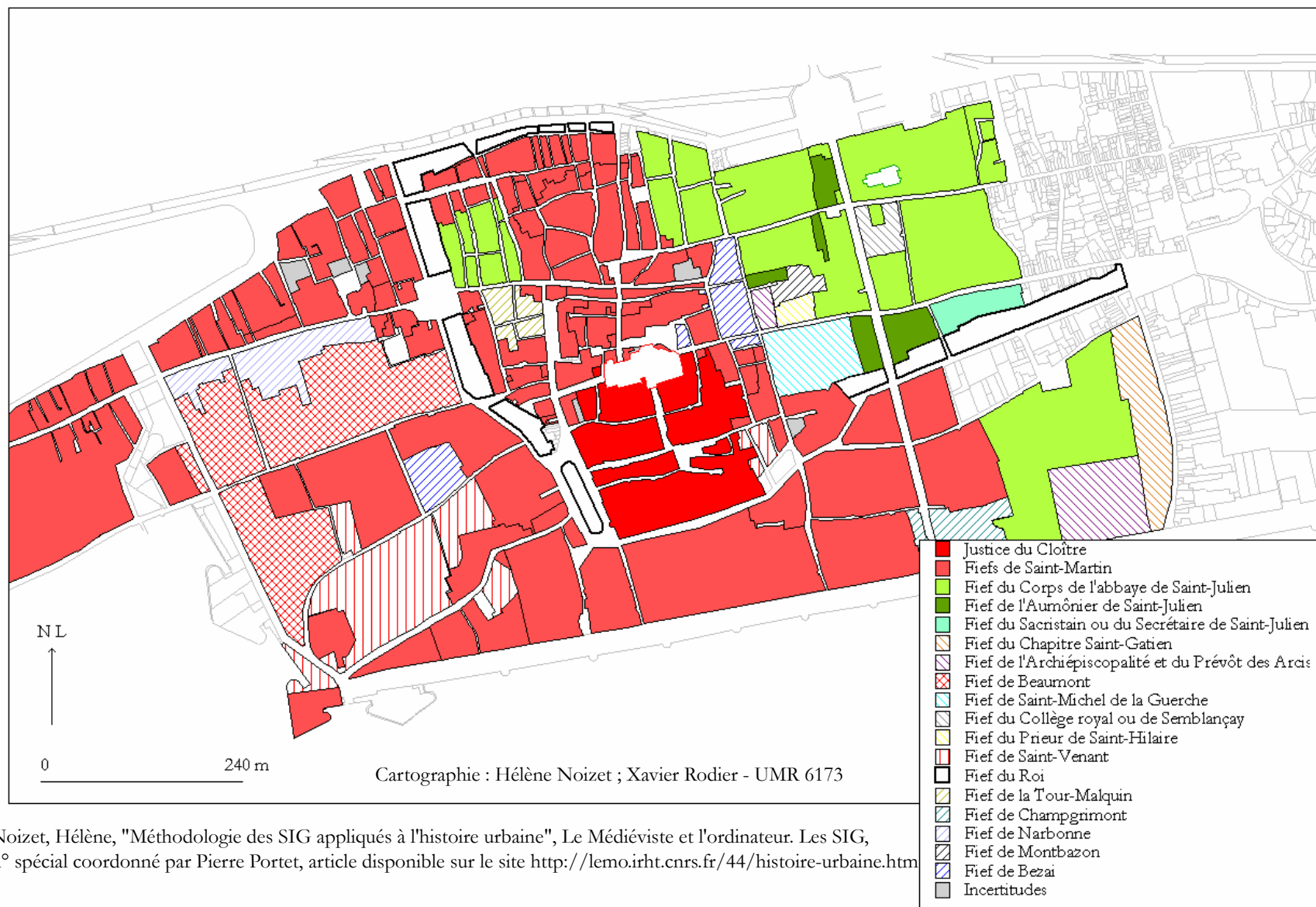


Figure 5 : fiefs à Tours au milieu du XVIIIe siècle



Noizet, Hélène, "Méthodologie des SIG appliqués à l'histoire urbaine", *Le Médiéviste et l'ordinateur*. Les SIG, n° spécial coordonné par Pierre Portet, article disponible sur le site <http://lemo.irht.cnrs.fr/44/histoire-urbaine.htm>

Figure 6 : fiefs de Saint-Martin et de ses institutions suffragantes au XVIII^e siècle

