

## DE L'ESTIMATION DES ERREURS DE LEVÉE DU CADASTRE À LA COMPRÉHENSION DE LA CONSTRUCTION DE L'ESPACE URBAIN DE REIMS

### 1. INTRODUCTION

L'étude de la construction, de l'évolution et de la compréhension des formes urbaines nécessite de s'appuyer sur un plan précis de la ville, le plus ancien possible, qui rende compte des formes parcellaires et viaires avec une fiabilité géométrique correcte. Le choix du cadastre napoléonien comme source de référence pour réaliser ce type d'étude est maintenant reconnu dans les études urbaines<sup>1</sup>. Un tel document permet effectivement d'observer la ville au niveau des parcelles en détaillant la structure interne de chaque îlot. Il est ainsi envisageable de comprendre les formes urbaines, leur agencement et le style parcellaire. Dans le cadre de l'étude du processus urbain de Reims, ce travail de morphologie urbaine s'accompagne d'une étude de topographie historique. Cela impose de constituer un plan de référence afin de situer des objets historiques et géographiques.

Géométriquement, le cadastre de Reims de 1819 apparaît globalement juste. Toutefois, le recalage de ce document fiscal par rapport aux cartes actuelles indique quelques erreurs. Afin de mieux comprendre la source et de contrôler les données vectorisées, il devient donc nécessaire de localiser ces erreurs et d'essayer de les caractériser, avant de faire le lien avec des documents plus anciens et les données archéologiques. Il est difficile de saisir si ces erreurs révèlent des problèmes internes du document ou des problèmes liés à son traitement (logiciel, opérateur) et de quantifier la part de l'un ou l'autre. C'est la répétition de certaines erreurs identifiables, qui a permis de nourrir la réflexion qui suit. Après une rapide présentation de l'opération de géoréférencement du cadastre, cet article présente les outils rencontrés pour en estimer la qualité topographique ainsi que des exemples d'utilisation du document critiqué et créé.

### 2. PROTOCOLE DE GÉORÉFÉRENCEMENT

#### 2.1 *Présentation du document*

Reims dispose de deux cadastres parcellaires dits napoléoniens datés du 31 décembre 1819, conservés l'un aux Archives départementales de la Marne<sup>2</sup> et l'au-

<sup>1</sup> L'un des premiers à avoir reconnu l'utilité et l'intérêt des cadastres et des plans parcellaires, pour l'étude des formes, notamment en milieu rural, est Marc Bloch dans son article *Les plans parcellaires* (BLOCH 1929). L'utilisation du cadastre napoléonien dans les études urbaines a ensuite été généralisée à partir du dernier quart du 20<sup>e</sup> siècle, par Gérard Chouquer, Henri Galinié, Bernard Gauthiez, Philippe Panerai, Sandrine Robert.

tre aux Archives municipales et communautaires de Reims<sup>3</sup>. Ce cadastre se compose de 28 plans de sections levés au 1/2500 pour les zones rurales et au 1/1250 pour les zones urbanisées. D'après les signatures apposées sur les différentes feuilles de section, Le Franc, géomètre du cadastre et Pierret ont chacun levé 7 plans. Ils ont indistinctement opéré en milieu urbain et rural<sup>4</sup>. En revanche, 14 feuilles de sections couvrant tant le secteur urbain (4) que rural (10), sont anonymes. Cette entreprise s'est déroulée sous la direction de Faveaux, ingénieur-vérificateur, de Crépinet, directeur des Contributions et de Le Franc en personne.

Le plan cadastral sur lequel nous avons choisi de travailler est celui conservé aux Archives départementales. Détenu par l'administration fiscale, il s'agit du cadastre d'origine de 1819, alors que celui conservé aux Archives municipales est plus probablement une copie du précédent. En effet, si le Service du cadastre était tenu de livrer deux matrices cadastrales<sup>5</sup>, il pouvait en être de même pour les plans. Aussi, les deux documents sont en apparence identiques. Toutefois, le document conservé aux Archives départementales comporte les lignes de constructions du plan, alors que celui conservé aux Archives municipales en est épuré. De plus, les informations reportées sur l'un et l'autre plan ne sont pas tout à fait de même nature. Ces observations tendent à justifier une utilisation différente des deux documents. Il apparaît que le cadastre versé aux Archives départementales, issu des institutions fiscales, remplissait son rôle d'assiette de l'impôt foncier, alors que celui conservé aux archives municipales, a pu servir aux autorités urbaines pour cartographier des modifications de la voirie. Il semblait alors préférable de travailler sur le plan original afin de se protéger des erreurs de copie. Ce document comporte cependant une lacune, la feuille de la section H dite de Mars qui peut être comblée par la copie conservée aux Archives municipales.

Certaines études urbaines peuvent utiliser le cadastre comme un plan complet de la ville, mais cette démarche est erronée. Rappelons que la réalisation de ce document s'inscrit dans un projet de rationalisation de la fiscalité afin d'améliorer le rendement de l'impôt (CLERGEOT 2007). Le cadastre a vocation à représenter la surface et d'indiquer la nature fiscale des propriétés. Il ne prétend pas être un plan topographique et ne prend, par exemple, pas en compte le relief.

## 2.2 Choix du géoréférencement

Le géoréférencement a été effectué à l'aide du logiciel ArcGIS 9.3 selon une transformation affine de premier ordre polynomial. Cette transformation

<sup>2</sup> Arch. Dép. Marne (dépôt de Châlons), 3 P1173.

<sup>3</sup> Arch. Mun. Com. Reims, 1 G2.

<sup>4</sup> Pierret a levé six plans de sections pour le secteur rural et un couvrant la zone urbaine, et Le Franc en a levé respectivement cinq et deux.

<sup>5</sup> Recueil méthodique des lois, décrets, réglemens, instructions et décisions sur le cadastre de la France; approuvé par le ministre des Finances, Paris, Imprimerie impériale, 1811: art. 812.

est celle qui déforme le moins les documents originaux et permet de conserver les rapports de surface et d'alignement des objets géoréférencés. Lorsqu'un point d'amer est géoréférencé, l'ensemble du document est étiré à partir de ce point. Aussi, pour réduire dans un premier temps les déformations supplémentaires du document lors de son géoréférencement, toutes les sources d'erreurs externes au document ont été gommées ou évitées (zones vides, pliures, ...).

### *2.3 Méthode du géoréférencement*

Le géoréférencement appliqué au cadastre napoléonien a été réalisé à partir de la base de données urbaine (BDU) de Reims de 2007. Ces données ont été fournies en Lambert II étendu par le Service Ressources en Information Géographique de Reims Métropole. Considérée comme étant la base la plus juste disponible à l'heure actuelle, elle a servi de support à l'ensemble de l'étude. Le parcellaire de la ville actuelle a toutefois profondément changé par rapport à celui représenté sur le cadastre napoléonien. L'état de l'urbain actuel intègre les modifications dues aux grands travaux, à la démolition des remparts, à la construction du canal Aisne-Marne et aux opérations d'alignements. Les destructions de la Première Guerre mondiale et la reconstruction qui a suivi ont aussi modifié la forme de la ville. Il est donc impossible de se fonder entièrement sur la cartographie actuelle. Il est nécessaire de retirer ce bruit dû à l'évolution urbaine ultérieure pour pouvoir travailler sur la ville pré-industrielle.

Pour cela deux démarches ont été suivies. Après avoir cartographié les grandes perturbations du parcellaire de la ville de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle à 2007 (Fig. 1)<sup>6</sup>, les secteurs trop modifiés ont été écartés pour ne conserver que le parcellaire actuel correspondant à celui du cadastre napoléonien. La figure 1 représente trois niveaux de perturbation. Le niveau 1 correspond au parcellaire non perturbé (orientations et surfaces conservées, malgré des destructions en élévations possibles). Le niveau 2 représente le parcellaire ayant subi de légères modifications. Il s'agit la plupart du temps de transformations dues aux travaux d'alignement des rues. Le niveau 3 regroupe le parcellaire qui a été entièrement modifié. Pour pallier les lacunes constatées et géoréférencer certaines feuilles débordant sur la zone rurale, des plans intermédiaires ont été utilisés, en particulier les plans Héteau de 1844<sup>7</sup>, Giret de 1869<sup>8</sup> et Ford de 1920<sup>9</sup>.

La démarche adoptée a nécessité de recourir à trois types de points de contrôle afin de les répartir de la manière la plus homogène possible sur

<sup>6</sup> L'étude distingue cinq niveaux de perturbation à l'échelle de l'îlot, mais ils ont été regroupés en trois niveaux seulement dans le cadre de cet article. Cette cartographie a été réalisée à partir des plans levés par de Maindreville (?), Sainsaulieu et Kalas, des dossiers de dommages de guerre [Arch. Dép. Marne (dépôt de Reims), série 10R et Bibl. mun. Reims, fonds Deneux] et de la cartographie de la ville des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles (plans généraux et plans d'alignements).

<sup>7</sup> Bibl. mun. Reims, TGF22.

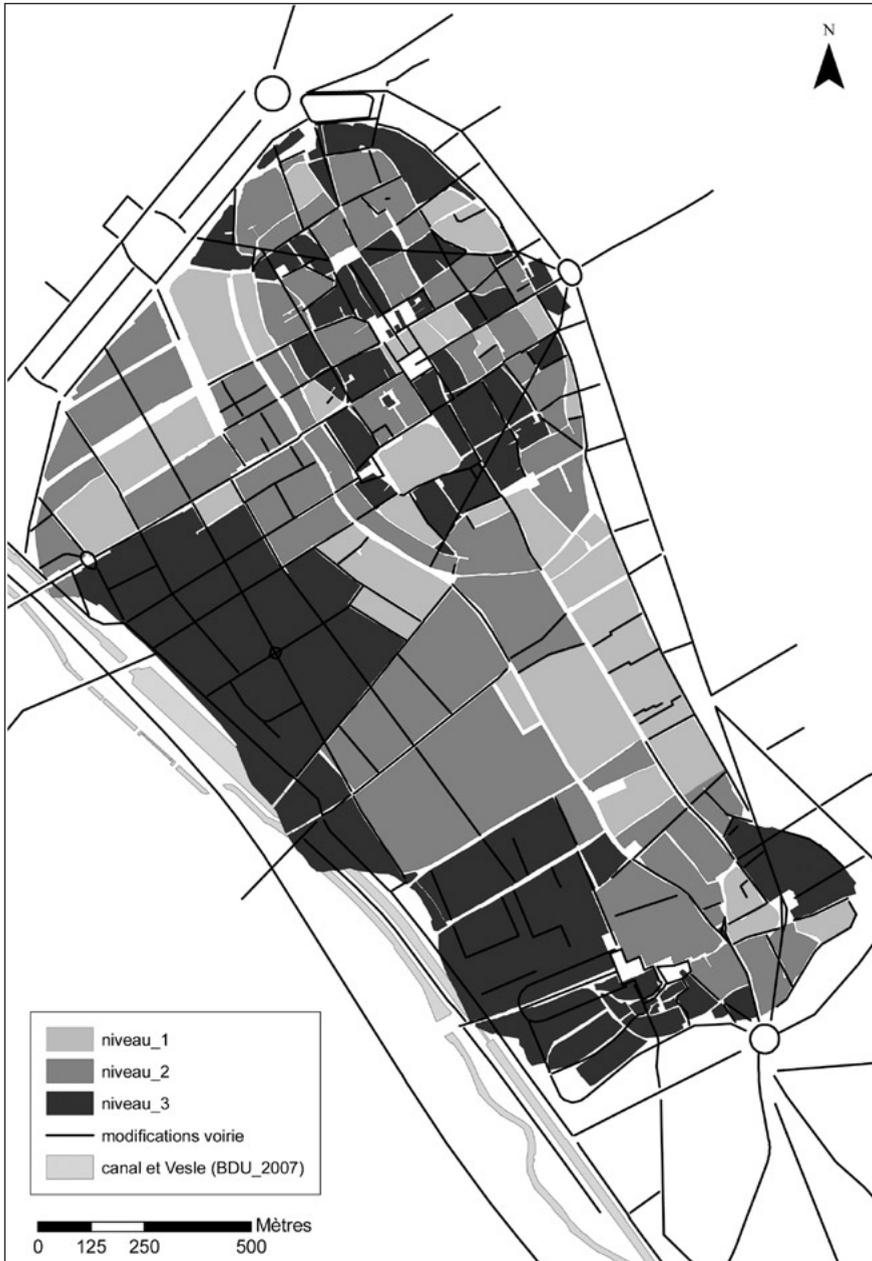


Fig. 1 – Les perturbations du parcellaire du centre historique de Reims du 19<sup>e</sup> siècle à 2007, figurées d’après les îlots du cadastre de 1819.

l'ensemble du raster. Les points d'amer les plus stables sont recherchés dans les rues de 2007 attestées en 1819 qui présentent toujours actuellement des saillies. Il est effectivement raisonnable de supposer que ces rues n'ont été ni élargies, ni retracées. Les monuments publics et religieux sont aussi pris en compte en raison de leur grande stabilité dans le parcellaire. Enfin, le cadastre représentant des limites foncières relativement pérennes, le choix de points d'amer en fond de parcelles est aussi privilégié.

### 3. UNE ESTIMATION POSSIBLE DE LA QUALITÉ DU CADASTRE DE REIMS?

#### 3.1 *Valeur du RMS*

Notons dans un premier temps que le simple assemblage des feuilles de section montre de légères incohérences dans le centre urbain même et entre la zone urbanisée et la zone rurale. Ce constat rend nécessaire le géoréférencement par feuilles de section et non des feuilles de section entre elles. Cela conduit aussi à réduire, si ce n'est éviter de s'appuyer sur les départs d'îlots des feuilles de sections voisines, figurés sur chaque feuille de section, pour ajuster le géoréférencement.

Hormis la vérification à vue de la validité du géoréférencement, le RMS est une première donnée statistique sur laquelle il est possible de s'appuyer. L'erreur RMS ou Root Mean Square, représente l'erreur moyenne quadratique entre l'emplacement des points sources transformés et celui des points de destination, exprimée dans la même unité que celle utilisée pour la carte, dans ce cas en mètres<sup>10</sup>. L'erreur RMS totale représente donc une moyenne générale de ces écarts.

La stratégie de géoréférencement adoptée a cependant consisté à réduire au maximum l'erreur RMS et à utiliser un nombre important de points d'amer. Alors que la transformation affine choisie nécessite généralement 3 points, il est possible d'affiner le géoréférencement en les multipliant. Notons toutefois que d'une manière générale, au-delà de 15 points, la valeur du RMS évolue peu. Globalement l'erreur RMS indiquée à l'issue du géoréférencement des documents raster actuellement nécessaires à l'étude, est assez faible. La valeur montre une erreur moyenne de 2,2m, dont 1,2m dans la ville. Il est cependant possible d'observer que le RMS est plus élevé dans les secteurs ruraux, soit 4m. Cet écart est dû au faible nombre de points amers disponibles et à leur qualité plus relative que ceux utilisés en milieu urbain.

<sup>8</sup> Bibl. mun. Reims, XXXII-III-h-1.

<sup>9</sup> Bibl. mun. Reims, TGF027.

<sup>10</sup> [http://support.esrifrance.fr/documents/arcview3/doc\\_old/georef.htm](http://support.esrifrance.fr/documents/arcview3/doc_old/georef.htm), consulté le 12/05/2010.

Cette valeur de contrôle, globale et homogène, n'est cependant pas totalement satisfaisante. Elle ne permet pas de localiser des zones d'erreurs et reste insuffisante pour expliquer et corriger localement ces erreurs. Il est alors intéressant d'observer à plusieurs échelles les résultats du géoréférencement du secteur urbain sur les couches vectorielles.

### 3.2 *Comparaison par îlots*

En s'attachant au décalage géographique entre les points centraux des îlots de la BDU de 2007 et ceux du cadastre napoléonien, il apparaît que plus les îlots urbains occupent une grande surface en ville, plus les décalages sont importants. Toutefois, très peu d'îlots sont restés intacts entre le parcellaire de 1819 et celui de 2007. Il apparaît alors, que les faibles décalages de distances sont plus révélateurs des modifications du parcellaire dues aux travaux d'alignement et de rectification de la voirie que de problèmes liés aux opérations de levés. La confrontation de l'orientation des décalages, assez hétérogènes sur l'ensemble des îlots conservés, avec la topographie indique que les deux phénomènes ne semblent pas être corrélés. D'autant plus que le secteur de Saint Nicaise, localisé dans la partie est de la ville, pourtant susceptible d'être le plus touché par ces phénomènes ne peut pas être correctement évalué par cette méthode car il a subi de trop importantes modifications. Des erreurs liées à des problèmes de reports de pentes lors des opérations d'arpentages sont donc à écarter. Il est enfin à noter qu'à ce niveau d'analyse, peu d'erreurs significatives s'observent entre les levées réalisées par les différents géomètres.

### 3.3 *Comparaison par parcelles: surface et orientation*

Rappelons que la méthode de géoréférencement adoptée conserve les alignements et les surfaces. Au niveau de la parcelle, en considérant les parcelles conservées, il apparaît cependant un décalage moyen entre les surfaces des parcelles 1819 et des parcelles 2007 de 2,2% et entre les orientations de 2,5° (sur une base de 180°). La déformation moyenne du périmètre quant à elle, est de 0,6 m soit 2,1% en prenant en compte les phénomènes de réduction/augmentation des parcelles. La différence entre les deux documents est donc faible. Elle peut être due au simple trait de crayon. Cependant il est possible de caractériser ces écarts, en s'attachant à leur répartition. Certains îlots détruits durant la Première Guerre mondiale ont été reconstruits selon les mêmes orientations avec des surfaces parfois différentes<sup>11</sup>. Dans ces secteurs-

<sup>11</sup> Beaucoup de ces parcelles sont situées sur des rues qui ont été rectifiées lors de la reconstruction. Les bombardements ont fourni l'occasion de percer de grands axes, à l'occasion d'opérations d'urbanisme. Ces opérations étaient encouragées par la Commission départementale d'aménagement et d'extension des villes de la Marne. (Arch. Dép. Marne (dépôt Châlons), 1 S509/1.5, instructions du 8/08/1918).



Fig. 2 – Résultat du géoréférencement du cadastre napoléonien sur la BDU-2007.

ci, la différence des orientations parcellaires est, de fait, du même ordre que la différence moyenne observée pour la totalité des parcelles comparées.

La répartition des déformations (réductions et augmentations) des périmètres et surfaces des parcelles tend à souligner des erreurs de levés. Il apparaît

que les zones densément urbanisées sont moins bien levées que celles dans lesquelles se trouvaient des jardins sur lesquelles les géomètres ont pu s'appuyer pour rectifier leurs mesures. A contrario des formes géométriquement peu complexes ont pu être levées rapidement et leur formes simplifiées. De fait, les rapports de surfaces sont mieux conservées pour les parcelles laniérées que pour les parcelles trapues et de formes complexes. Enfin, la comparaison de la largeur des rues vectorisées et géoréférencées et celles tracées sur les plans originaux tend à indiquer que les géomètres devaient reporter les erreurs de levé des îlots sur les rues.

Il est vrai que l'ensemble des erreurs mesurées est faible. Il est aussi difficile d'estimer la part des erreurs liées à la méthode de géoréférencement en lui-même (rapport entre trait vectorisé et tracé de la limite parcellaire, choix du logiciel de travail). Toutefois des erreurs, nous l'avons vu, peuvent être justifiées. Cette étape de contrôle permet ainsi d'estimer la qualité topographique du cadastre napoléonien et de mieux effacer le bruit des résultats obtenus au cours des analyses morphologiques.

### *3.4 Apport et prolongement de ce travail critique: un lien vers le géoréférencement des cartes anciennes*

En raison des modifications importantes portées au parcellaire durant la période contemporaine (démolition des remparts, construction du canal, reconstruction), le géoréférencement des plans les plus anciens à partir des plans actuels est compliqué. Le cadastre napoléonien vectorisé permet de disposer d'une base cartographique pour réaliser cette opération pour les plans antérieurs au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, dont le style parcellaire est plus proche. Ce travail permet de mettre en évidence le fait que certains plans anciens, en particulier le premier plan Legendre (1765), copiés durant plusieurs décennies, étaient plus justes géométriquement que leurs copies les plus récentes. Il semble donc que les copies se soient faites sans retravailler les levés et aient accumulé ainsi des erreurs.

### *3.5 Les analyses morphologiques*

Le travail mené sur la qualité topographique du document permet surtout de confirmer et préciser la confiance qu'il est possible d'accorder au cadastre napoléonien pour réaliser les analyses morphologiques. De rares secteurs trop incertains ou potentiellement sources d'erreur sont ainsi écartés des analyses; d'autres pour lesquels la qualité topographique du cadastre n'a pas pu être directement vérifiée en raison de trop grandes divergences avec le parcellaire de la BDU ont pu être réestimés. Ce travail permet donc d'affiner les données de l'analyse.

A partir d'une telle base, il est possible de mettre en évidence des "anomalies" ponctuelles du parcellaire. L'étude des orientations dominantes du



Fig. 3 – Mise en évidence d'une anomalie parcellaire très localisée dans la trame parcellaire dominante, hors enceinte tardive. Les orientations sont indiquées en Lambert 2 étendu, noté NL, selon une marge d'erreur de +/- 2.5°. L'hypothèse de restitution de la voirie utilisée est celle proposée par F. Berthelot dans son travail sur la structure des rues antiques de Reims (BERTHELOT 2004).

parcellaire révèle ainsi l'importance de l'héritage antique dans le réseau viaire et parcellaire de la ville pré-industrielle. Cette analyse met aussi en évidence la fossilisation de l'enceinte du 4<sup>e</sup> siècle dans le parcellaire actuel. Le contrôle de la qualité du plan utilisé permet ainsi de souligner des secteurs où la forme s'est transmise très localement (Fig. 3)<sup>12</sup>. Cette observation aide par la suite à déterminer des rythmes d'urbanisation de cette enceinte.

Au terme de cette étude, il apparaît que le cadastre napoléonien de Reims de 1819 est fiable d'un point de vue géométrique et topographique. Les différentes questions posées au document permettent d'avoir un regard critique, nécessaire pour mener à bien les analyses morphologiques et justifier de la qualité topographique du plan de référence obtenu de la ville de Reims pré-industrielle. Des erreurs intrinsèques au document papier sont à mettre en avant. D'autres, dues à l'acte de géoréférencement et aux opérations de vectorisation ne doivent pas être écartés. De fait, une réflexion sur ces méthodes mériterait d'être menée. Dans le cadre de cette étude, il a surtout été intéressant de pouvoir reconnaître des erreurs liées à la genèse du document.

CLAIRE PICHARD  
CReSTIC  
Université de Reims Champagne-Ardenne  
ERIC DESJARDIN  
GEGENAA – URCA  
Université de Reims Champagne-Ardenne

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la ville de Reims pour la bourse de recherche attribuée au travail de thèse dans lequel s'inscrivent ces réflexions, ainsi que F. Berthelot pour les données qu'il a bien voulu fournir.

### BIBLIOGRAPHIE

- BERTHELOT F. 2004, *La structure et l'évolution des rues antiques de Reims de la Conquête à la fin du Haut-Empire: approche méthodologique et premier essai de synthèse*, Université Paris 1, Mémoire de Maîtrise en archéologie des périodes historiques (sous la direction de F. Dumasy et R. Neiss), dactyl.
- BLOCH M. 1929, *Les plans parcellaires*, «Annales d'histoire économique et sociale», 60-70, 225-231, 390-398.
- CHOUQUER G. 1993, *La ville, la mémoire et la Forme*, «Revue du groupe romand d'Etudes et d'Archéologie du Territoire», 2, 61-78.
- CLERGEOT P. 2007, *Cent millions de parcelles en France: 1807, un cadastre pour l'Empire*, Paris, Publi-Tpopex.

<sup>12</sup> Cfr. orientation NL 121° et 38° (+/- 2.5°). Les processus de transmission de ces formes sont plus amplement traitées dans la thèse en cours.

- COCHET F. 1985, *Reims ville-martyre: vie et mort d'un mythe républicain?*, Reims, CRDP.
- GAUTHIEZ B. 2008, *Lyon en 1824-32: un plan de la ville sous forme vecteur d'après le cadastre ancien*, «Géocarrefour», 83/1, 57-67.
- NOIZET H. 2003, *Pratiques spatiales, représentations de la ville, et fabrique urbaine de Tours (IX<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles): chanoines, moines et laïcs à Saint Martin et Saint-Julien*, Université François Rabelais de Tours, thèse (sous la direction de H. Galinié), 3 vol., dactyl.
- POUGET F., ROUSSEAU F., ANDRÉ U. 2010, *Estimation de la qualité topographique du plan Vasserot géoréférencé*, communication faite au colloque Alpage, tenu à Paris le 7/06/2010.
- DE RUNZ C., DESJARDIN E. 2010, *Imperfect spatiotemporal information modeling and its analysis in a generalization process in a GIS: application to archaeological information*, in R. JEANSOULIN, O. PAPINI, H. PRADE, S. SCHOCKAERT, *Methods for Handling Imperfect Spatial Information*, Studies in Fuzziness and Soft Computing, 256, 341-356.
- TASSEL F.-X. 1982, *La reconstruction des villes détruites lors de la guerre 1914-1918: le cas de Reims*, Institut d'Urbanisme Paris VIII, DEA d'urbanisme (sous la direction de P. Merlin), dactyl.

## SOURCES

- Archives de l'Hotel Le Vergeur – Reims, C7E: Le plan de Reims après 1051 jours de bombardements par Kalas, 1918.
- Destruction de Reims*, 04/1918, Anonyme (de Maindreville ?), in F.-X. TASSEL, *La reconstruction des villes détruites lors de la guerre 1914-1918: le cas de Reims*, Institut d'Urbanisme Paris VIII, DEA d'urbanisme (sous la direction de P. Merlin), 1982, dactyl, 128.
- FORD, *Le plan jaune*, «L'illustration», 4031, 5/06/1920.
- Le Bombardement du quartier de la cathédrale. Une partie des points de chute relevés autour de la cathédrale par Sainsaulieu, architecte de la cathédrale*, in *Reims et les batailles pour Reims*, Clermont-Ferrand, ed. Michelin et Cie, 1919, 20.

## ABSTRACT

In applying an approach of dematerialization of planimetric, written and archaeological data, that should be soon processed through a GIS, it will be necessary to estimate the errors made in the compilation of the Napoleonic land registry made in order to be able to work on the construction of the urban space. The registry was started in 1811 and as a source document for morphological analysis and regressive mapping, it is geometrically quite precise. However, a review of this fiscal document (which has a twisted perspective, perhaps to tell us something about the townscape) and a comparison to correct maps have revealed a few errors depending on the level of treatment. It therefore becomes useful to characterize and to explain them, before linking them with oldest documents and archaeological data. The example of Les Coutures will allow us to put into practice these observations in order to define methods of metrological analysis and to study dynamics of urban space occupation according to various spatial and temporal scales.

