

Alpage : La géohistoire de Paris en mouvement

■ Frédéric **POUGET**

Alpage ? acronyme pour "Analyse diachronique de l'espace urbain Parisien : approche GÉomatique" C'est avant tout l'histoire d'une rencontre entre des historiens, des géomaticiens, des topographes-géographes, des informaticiens, statisticiens, architectes, urbanistes, des spécialistes en histoire médiévale, rencontre improbable mais qui fut, comme nous le relaterons ici, éminemment fructueuse.

Alpage c'est aussi la rencontre entre deux époques, deux projets de société que deux siècles séparent, mais deux projets aux colorations et aux inspirations qui sont finalement si proches. Notre société d'aujourd'hui qui entend tout rationaliser, qui veut intégrer toute information, savoir, connaissance dans ces nouveaux "cerveaux numériques" que sont les bases de données et les systèmes informatiques. Et cette société post-révolutionnaire qui, à l'image du projet des encyclopédistes ou des projets de classement du vivant avait l'idée que la représentation ordonnée et objective de chaque aspect du monde était une nécessité...

Car l'origine est bien là, dans cette volonté, ce projet de "plan total" pour répondre à la nouvelle administration

nationale en cours de construction depuis la révolution. Dessiner, représenter, donner à voir, archiver. En quelque sorte un acte fondateur d'une nouvelle société, sous-tendu également par une volonté de conservation... devant les grands bouleversements entamés par le Baron Haussmann.

Nous présenterons ici le projet ALPAGE, son ambition de créer un SIG historique pour le début du XIX^e siècle, ses enjeux, ses outils et ses méthodes de travail qui fut mis en œuvre durant presque 4 années (2006-2010) et qui poursuit encore sa dynamique sous forme d'une plate-forme collaborative de données géohistoriques.

■ *L'atlas par îlots Vasserot*

À l'origine de ce projet se trouve donc le premier relevé de grande ampleur de

■ MOTS-CLÉS

Vasserot, Webmapping, histoire médiévale, géoréférencement, géohistoire, censives, histoire de Paris

l'espace parisien, la mise en œuvre de cet "atlas de Paris par îlots" qui a été confiée à P. Vasserot après l'abandon des anciennes mesures de longueur (1795) et la renumérotation des maisons (1805) qui avait rendu les plans précédents en grande partie inutilisables pour l'administration. Philibert Vasserot (1773-1840) était alors un jeune architecte au service des Hospices de la ville de Paris et avait collaboré au cadastre parisien comme expert à partir de 1807-1809. Il suggéra lui-même cette entreprise qu'il accepta pour une rémunération forfaitaire assez faible (4 000 francs par arrondissement municipal), certains ayant loué d'ailleurs son désintéressement.

L'objectif demandé est une représentation par îlots, réalisée au 1:200^e et résultant d'un montage de plans d'immeubles effectués sur le terrain par des agents du cadastre, à l'intérieur des contours d'îlots du plan "Verniquet", réalisé à la veille de la révolution, que les aides d'Edmet Verniquet ont réalisé en grande partie de nuit... en ces temps troubles de période pré-révolutionnaire. Un examen attentif de ce matériau de départ, ces plans d'immeuble (environ 30 000 feuilles tracées de plusieurs mains) fait apparaître certaines distorsions lorsqu'on les compare aux plans par îlot. Vasserot a donc dû "adapter" ces plans individuels effectués par immeuble (et faisant l'objet d'un procès-



Figure 1. Exemple plan d'îlot Vasserot entier



Figure 2. Zoom sur une parcelle



verbal) lors du passage de l'immeuble individuel à l'îlot. Un rapport du Préfet du 1^{er} août 1821 explique qu'un "très grand nombre de plans n'offraient pas l'exactitude que l'on a exigée depuis et qu'il a fallu [que Vasserot] relevât tous les plans défectueux".

Le résultat de ce travail (qui fut réalisé entre 1810 et 1836) est un atlas composé au total de 910 plans d'îlots de format "Grand Aigle" (105 x 75 cm), le tout représentant 24 volumes conservés aux Archives nationales. Ils couvrent l'espace parisien dans son extension d'avant 1860, soit les 12 arrondissements délimités par la barrière des fermiers généraux.

Les feuilles de l'atlas par îlot, dressées à une échelle le plus souvent du 1:200^e, permettent d'identifier chaque parcelle. Chaque parcelle est rendue d'une couleur différente, et présentée à partir d'un plan de coupe des bâtiments à environ 1 mètre du sol, qui détaille leurs éléments constitutifs. Ils donnent donc la configuration intérieure du rez-de-chaussée des maisons (pièces, escaliers, cloisons, fenêtres, puits, cours, jardins, fours, écuries...).

Ces plans devant faire l'objet dans notre projet d'un géoréférencement, puis d'une vectorisation automatique afin d'extraire les limites parcellaires, la question du systématisme de la représentation cartographique a été posée par les informaticiens chargés de l'automatisation de la vectorisation des plans. L'absence de légende de ces plans a été relevée et avérée. Une étude sur les conventions cartographiques des plans d'îlots Vasserot réalisée par Michel Denès a été intégrée dans la publication finale du projet ANR Alpage¹.

Cette étude a mis en évidence le fait que si la représentation des parcelles, des murs, des pièces stables d'un plan à un autre, la représentation de certains éléments annexes (cour, jardins, verrières) peut en revanche faire l'objet de nombreuses variantes selon les plans. Il a donc été conclu que ces 910 plans avaient été faits par plusieurs mains.

1 "Sans légende. Les conventions cartographiques des plans d'îlots Vasserot". Michel Denès, p. 35 à 36, Paris de Parcelles en Pixel – 2013 - ISBN : 978-2-84292-364-8 - Presses Universitaires de Vincennes – Comité d'histoire de la Ville de Paris

■ La "nouvelle vie" des plans Vasserot

Ces près de 1 000 plans au 1:200^e, constituent donc un témoignage graphique de première main sur l'état du Paris d'avant les travaux haussmanniens. Des historiens médiévistes chercheurs dans les universités et laboratoires parisiens ayant connaissance de ces plans ont eu l'ambition de leur donner une nouvelle existence en les "projetant" en quelque sorte dans le Paris d'aujourd'hui.

Pourquoi des historiens médiévistes ? Parce que l'état du Paris de l'époque Vasserot se révèle encore très proche de celui du Paris médiéval qui les intéresse. Les bouleversements du paysage parisien entre 1300 et 1800 étant limités et relativement circonscrits, l'idée de créer à partir de ce plan au 1:200^e un référentiel parcellaire qui pourrait être utilisé pour spatialiser des informations historiques du Paris des époques médiévales et pré-industrielles a été à l'origine d'un projet ANR, déposé en 2006 par les laboratoires LAMOP de Paris I, L3i et LIENSS de La Rochelle et ArScan de Nanterre, sous l'impulsion d'Hélène Noizet, du LAMOP.

L'existence des 910 plans par îlots Vasserot scannés par les Archives nationales a permis d'envisager leur géoréférencement sous l'expertise des géomaticiens (UMR LIENSS La Rochelle et UMR ArScan) et des informaticiens du laboratoire L3i (Université de La Rochelle) grâce à des procédures spécifiquement développées de vectorisation automatisée.

■ Objectifs géomaticiens du projet

Du point de vue des géomaticiens, les objectifs de ce projet, dépassaient le seul géoréférencement de plans anciens ; ils étaient les suivants :

- développer une méthodologie générique pour arriver à constituer un référentiel cartographique précis à partir d'un corpus de plans anciens ;
- produire les référentiels demandés par les historiens (référentiels parcellaires vecteur et raster géoréférencés), qui seraient ensuite utilisés pour spatialiser leurs informations historiques ;
- fournir en même temps que ces référentiels une estimation de la qualité des données produites (les erreurs moyennes quadratiques de précision

planimétriques) afin d'éclairer les interprétations historiques pouvant être faites à partir de ces données ;

- structurer cette information sous forme d'un système d'information géographique et en permettre l'accès aux chercheurs mais également à un public large.

Le géoréférencement et l'assemblage des 910 plans Vasserot

Le matériau de départ était donc constitué de 910 plans scannés livrés au format TIFF et d'une résolution de 200 dpi. Celle-ci peut paraître insuffisante pour un travail de précision, les plans ayant une échelle théorique de 1:200^e, la valeur du pixel de l'image sur le terrain correspond donc environ à 2 cm². Le géoréférencement de chaque plan d'îlot consiste à repérer sur le plan raster non géoréférencé un ensemble de points de calage et à déterminer leur équivalent sur le plan de référence muni d'un système de coordonnées. Le géoréférencement des plans d'îlots Vasserot promettait d'être une opération périlleuse. Elle le fut. D'une part le nombre d'images à géoréférencer était important, les 910 plans devant être géoréférencés individuellement car l'assemblage par mosaïque préalable des plans n'était pas envisageable, les levés effectués par Philibert Vasserot et ses collaborateurs n'étant pas à une échelle fixe.

■ Le plan APUR comme "réalité virtuelle"

Le travail de "calage" a été réalisé sous le logiciel ArcGis avec pour "vérité terrain" les données de l'Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR). Il s'agit de plans numériques vectoriels géoréférencés correspondant au parcellaire et au bâti actuels. Ils sont supposés être les plans parcellaires les plus précis disponibles à ce jour. Leurs coordonnées cartographiques sont en NTF/Lambert zone 1 (en 2004 le système Lambert 93 CC 9 zones n'était pas encore en vigueur et nous avons donc choisi pour plus de

2 Les échelles annoncées sur les plans se sont révélées après vérifications inexactes pour plus d'un plan sur quatre. Elles varient du 1/90^e au 1/2 500^e. Les valeurs de pixels varient donc de 1,14 cm à 31,75 cm



Figure 3. Procédure de géoréférencement

► précision de travailler en Lambert 1). Datés de 2004/2006 ils correspondent à une "réalité virtuelle" qui ne peut recouvrir que partiellement celle du début du XIX^e siècle. La couche utilisée est la couche bâti qui a été enrichie d'un attribut de datation du bâti (précisément des façades externes), provenant d'une enquête terrain réalisée en 1974 par François Loyer pour le compte de l'APUR.

■ Les plans intermédiaires entre Vasserot et l'APUR

En pratique, le choix des points sur l'image raster source (image à géoréférencer) et de leurs homologues sur la réalité virtuelle (espace géoréférencé qui sert de réalité terrain) est délicat. Ce choix ne peut être automatisé et deux opérateurs confrontés au même scan obtiendront presque sûrement des géoréférencements différents. En outre, le choix de la vérité de terrain "Plan APUR" n'est d'aucun secours lorsqu'aucun des bâtiments attestés au début du XIX^e siècle ne subsiste dans le parcellaire parisien actuel. En l'absence de

points de calage fiables il est nécessaire de recourir à des plans intermédiaires susceptibles de combler le hiatus chronologique. Plusieurs documents, dispersés dans diverses institutions ont été sollicités et utilisés en complément du plan APUR, notamment (par ordre d'importance décroissante de leur sollicitation) :

- l'Atlas lithographié Vasserot-Bellanger ;
- les plans de Berty et ses successeurs (18 plans dits "archéologiques") réalisés dans la deuxième moitié du XIX^e siècle et préalablement géoréférencés par l'INRAP ;
- l'Atlas foncier de la ville de Paris (plans rasters géoréférencés représentant le cadastre des années 1930) ;
- les plans d'expropriation réalisés lors des travaux haussmanniens (plans papier conservés à la Bibliothèque Historique de la Ville de Paris, réalisés par levés sur le terrain et considérés comme particulièrement fiables puisqu'ils servaient de preuves attestant la propriété. Certains de ces plans ont été géoréférencés dans le cadre du programme ALPAGE ;

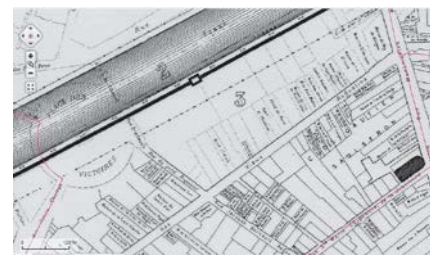


Figure 4. Géoréférencement en utilisant le plan intermédiaire Berty

- le plan Verniquet composé de 72 planches dressées entre 1785 et 1791 qui a probablement servi à Vasserot de référence globale pour les plans d'îlots ;
- d'autres plans comme le "plan Jacobet", le plan terrier de la censive de l'archevêché de Paris, le plan terrier du Roi, etc.

Au total, le recours à plusieurs plans d'appui (jamais plus de 3) a été nécessaire pour le calage de plus d'une image sur deux. Cette fréquence témoigne de la complexité de l'opération : chaque géoréférencement a pris entre une et trois heures selon le niveau de difficulté rencontré. Au total 240 géoréférencements ont été réalisés sans aucune sollicitation des plans APUR (26 % des 910 plans).

Une fois géoréférencé, chaque plan d'îlot est positionné sur le fond de plan de l'APUR. Un masquage est réalisé afin de ne garder que la partie parcellaire. A cet effet, le contour d'îlot obtenu à partir d'une vectorisation automatique du plan est utilisé comme masque afin de ne garder que la partie extérieure des murs périphériques. Une image raster par quartier est alors produite. Chaque quartier contient environ 20 îlots. Au total 48 plans individuels de quartiers ont été constitués. Le plan global a été également réalisé par assemblage des différents quartiers. Ce travail qui a duré 27 mois (dont la cheville ouvrière a été Anne-Laure Bethé), a nécessité de déployer des trésors de patience et de précision et a impliqué la mobilisation d'un grand nombre d'informations historiques. Ce travail a permis de créer les bases de tout ce qui a suivi. Le premier résultat "tangible de ce projet a donc été la génération du "plan raster Vasserot géoréférencé".

Arch. nat. p31 73-96 - Arch. Paris © ALPAGE - A. L. Bethé (ALB, 2011)



Figure 5. Géoréférencement du quartier de la place des Victoires

■ La génération des couches vecteur du parcellaire et bâti Vasserot

À partir de ce plan raster géoréférencé, le parcellaire et les bâtiments ont été tracés de manière manuelle car la procédure de vectorisation automatique mise au point par les informaticiens n'a pas donné une précision suffisante. Deux couches vectorielles des parcelles et des bâtis ont donc été générées.

La procédure d'estimation de qualité des données produites

Le plan global ainsi produit, qui se veut aussi fidèle que possible aux plans d'îlots de Vasserot, est entaché de certaines imperfections. Ainsi des problèmes apparaissent parfois à la jointure de quelques îlots : des rétrécissements excessifs de voies ou au contraire des superpositions parcellaires. Ces anomalies sont imputables soit aux documents d'origine eux-mêmes, soit à la procédure de géoréférencement et aux déformations qu'elle génère.

Le problème des déformations générées par la procédure de géoréférencement était un point crucial du projet. En effet, la recherche par les historiens d'éléments morphologiques structurants supposait de pouvoir réaliser des analyses fines sur les orientations parcellaires. La méthode de géoréférencement employée devait donc garantir une conservation des orientations et des rapports de surfaces avant et après le géoréférencement.

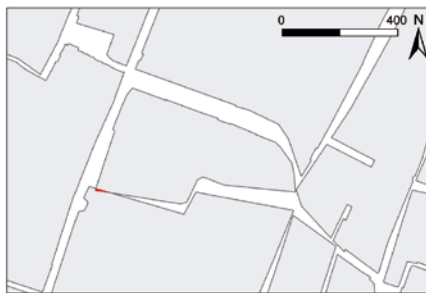
Parmi les transformations possibles pour le géoréférencement, toutes ne présentent pas les mêmes caractéristiques en termes de déformation



Figure 6. Plan Vasserot du quartier de la Place des Victoires géoréférencé avec plan Apur en noir

des figures (déformations locales ou globales...). Celle que nous avons choisie (transformation affine) permet de conserver les rapports de surface, les rapports de longueur, les alignements, le parallélisme. Au rang des inconvénients on peut citer les points suivants :

- la transformation est globale et homo-



Îlots des quartiers Saint Jacques et Sorbonne
Rue du cimetière Benoit



Îlots du quartier du Roule compris entre
la rue de Clichy et la rue du Rocher



Îlots des des quartiers du Faubourg Saint-Antoine
et Popincourt, Rue Lappe

■ Îlots Vasserot ■ Superposition entre les îlots Vasserot

Figure 8. Exemples d'imperfections dans le positionnement des îlots



Figure 7. Extrait du Plan Vasserot Assemblé

- elle peut entraîner des déformations de l'image, elle transforme généralement les rectangles en parallélogrammes et les cercles en ellipses.

En termes d'appréciation de la qualité du travail réalisé, la question posée par les historiens est double :

- quels sont les îlots qui ont subi des distorsions importantes lors de la transformation géométrique opérée lors du géoréférencement ?
- le plan géoréférencé produit est-il bien calé par rapport aux données historiques intermédiaires et actuelles ?

■ Estimation des distorsions subies par chaque îlot : le coefficient de déformation du géoréférencement

Nous avons pour cela construit un indicateur permettant de discriminer les plans d'îlots particulièrement problématiques pour les usages des historiens notamment les analyses de parcellaire. Ce coefficient est calculé pour chaque plan géoréférencé à partir du fichier "word file" (TFW) contenant les valeurs estimées par la méthode des moindres carrés des 6 paramètres définissant la transformation. Le coefficient de déformation calculé représente le rapport de l'élongation maximale vis-à-vis de l'élongation minimale produite par la fonction de transformation. La valeur de ce coefficient a été calculée à partir des fichiers TFW et est conservée dans la base de données stockant les informations sur le géoréférencement. Près de 70 % des planches numérisées conduisent à un intervalle de variation angulaire de ± 3 degrés et moins de 5 % des planches numérisées à une déformation pouvant être supérieure à $\pm 7,5$ degrés. Il est à noter qu'il n'y a pas de corrélation entre la valeur du coefficient



de déformation et la valeur de RMS présentée ci-après.

■ L'indicateur RMS

Lors de la transformation, le logiciel fournit pour chaque point de calage l'écart entre la position du point de calage dans l'image, recalculée dans le système de coordonnées de référence (par le calcul de la fonction de transformation) et la coordonnée de ce même point, initialement relevée dans ce même système de coordonnées de référence. La distance entre ces deux points, dite distance résiduelle est mesurée en mètre dans l'espace géoréférencé. La moyenne quadratique de ces erreurs résiduelles, dite RMS (*Root Mean Square* ou erreur quadratique moyenne), renseigne sur la cohérence du choix des couples de points homologues.

La stratégie habituellement mise en œuvre pour géoréférencer consiste à choisir des points de contrôle permettant d'obtenir une valeur minimale de RMS. Une basse valeur de RMS est habituellement le témoignage d'un géoréférencement de meilleure qualité. Dans la pratique cette recherche de la RMS la plus basse conduit à la suppression ou au remplacement des points présentant les erreurs résiduelles les plus importantes. Mais l'approche reste empirique. En fait on s'aperçoit au final que, une fois le géoréférencement terminé, la bonne superposition par rapport au plan de référence ayant été globalement obtenue de façon satisfaisante pour tous les secteurs, on peut cependant observer une grande hétérogénéité dans le nombre de points de calage requis : certains plans vont nécessiter peu de points : 3 à 5 points employés pour 44 scans des 910 scans, d'autres beaucoup plus ... 11 à 20 points pour 443 scans et 21 à 30 points pour 97 scans. Tout dépend en fait de la qualité de la géométrie initiale de chaque plan, en réalité cette valeur de RMS dépend de l'amplitude de la différence entre la géométrie initiale du plan par rapport à la géométrie du plan de référence. Donc la valeur de la RMS décrit la différence de géométrie entre le plan non géoréférencé et la géométrie de référence (NTF/Lambert zone 1) et non la qualité du géoréférencement final.

Si la RMS ne peut nous permettre

Contrôle de type 1 :
Les îlots Vasserot colorés selon la valeur de l'Ecart Moyen Quadratique (RMS)



Figure 9. RMS en mètre

d'obtenir une estimation de la qualité du calage du plan Vasserot par rapport aux données historiques et actuelles, nous avons dû mettre en œuvre une méthodologie spécifique pour obtenir cette appréciation de qualité.

■ Estimation de la qualité topographique des plans Vasserot géoréférencés

Nous avons suivi deux approches, une première par comparaison des données

Alpage-Vasserot avec le plan de référence APUR au Moyen Age d'îlots tests, une seconde par validation sur une sélection de parcelles dites "anciennes" du fait de la stabilité de leur morphologie depuis l'époque du plan Vasserot.

■ Comparaison des données Alpage au terrain virtuel : approche par îlots tests

Un échantillonnage de 200 îlots sur 910 a été examiné. Les îlots choisis étaient

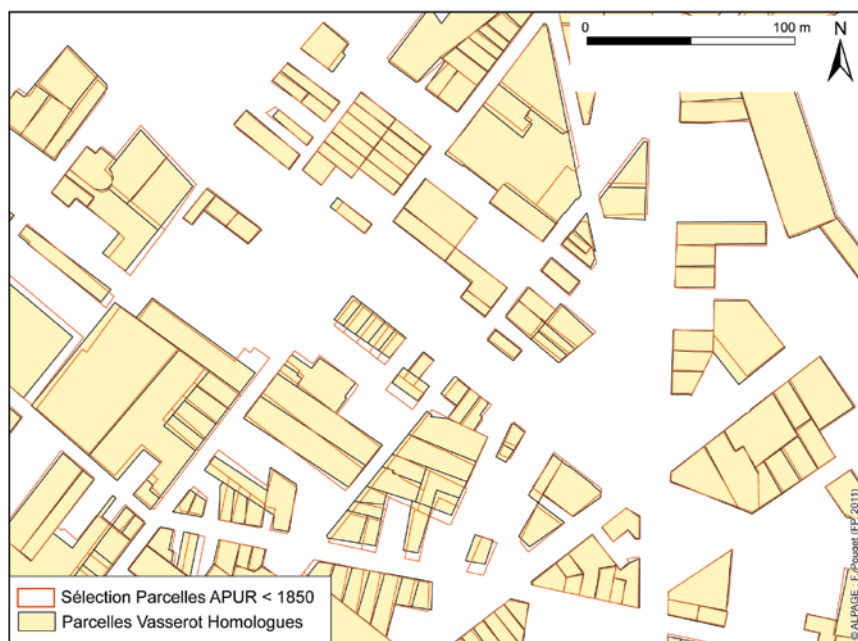
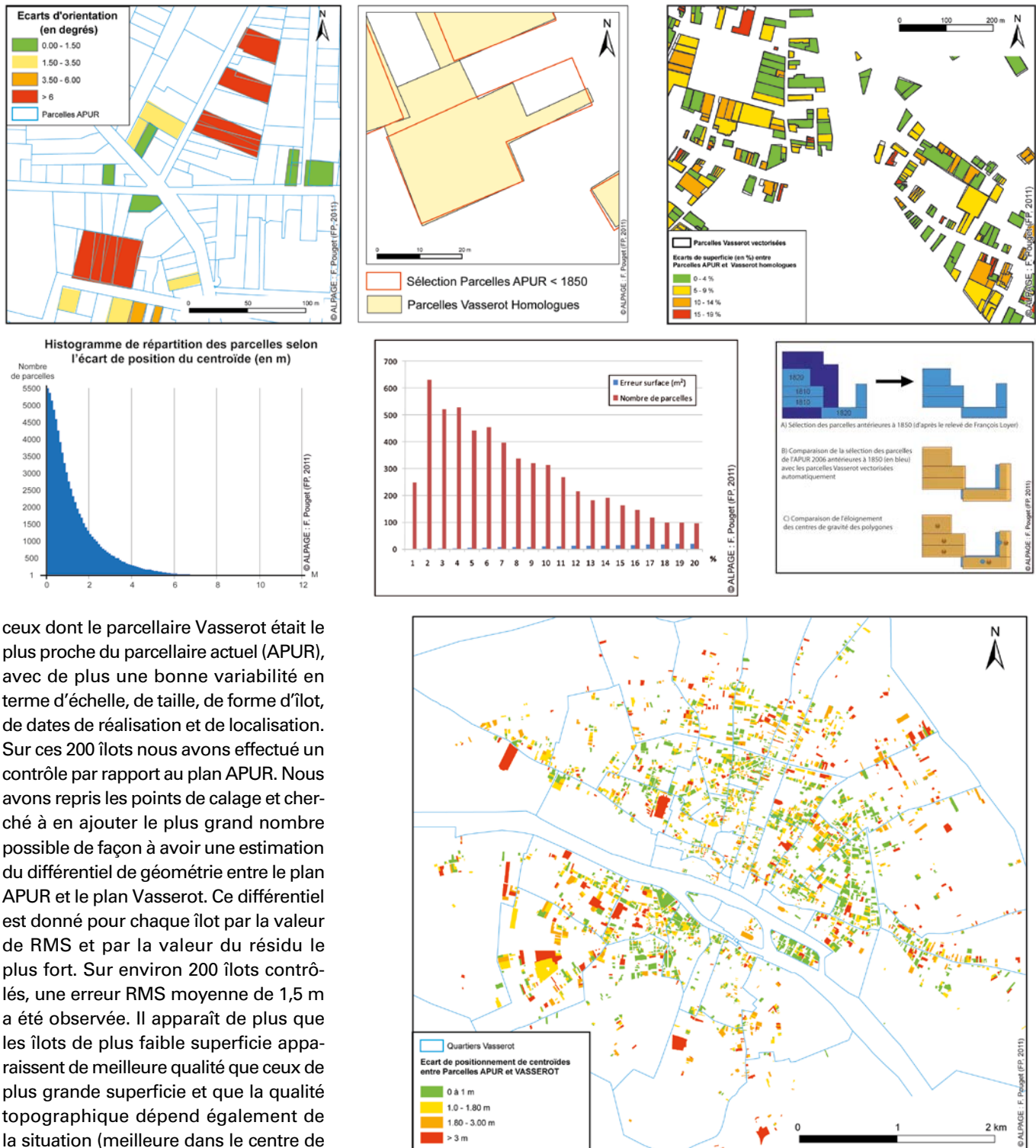


Figure 10. Parcelles antérieures à 1850



ceux dont le parcellaire Vasserot était le plus proche du parcellaire actuel (APUR), avec de plus une bonne variabilité en terme d'échelle, de taille, de forme d'îlot, de dates de réalisation et de localisation. Sur ces 200 îlots nous avons effectué un contrôle par rapport au plan APUR. Nous avons repris les points de calage et cherché à en ajouter le plus grand nombre possible de façon à avoir une estimation du différentiel de géométrie entre le plan APUR et le plan Vasserot. Ce différentiel est donné pour chaque îlot par la valeur de RMS et par la valeur du résidu le plus fort. Sur environ 200 îlots contrôlés, une erreur RMS moyenne de 1,5 m a été observée. Il apparaît de plus que les îlots de plus faible superficie apparaissent de meilleure qualité que ceux de plus grande superficie et que la qualité topographique dépend également de la situation (meilleure dans le centre de Paris que dans la périphérie).

■ **Estimation de qualité sur les parcelles antérieures à 1850**

Une deuxième phase de contrôle qualité a été ensuite réalisée dans le souci d'approcher encore plus le terrain réel de l'époque Vasserot. Nous avons, à cet effet, utilisé une donnée de datation des façades des immeubles (issue de l'enquête réalisée par l'APUR). Cette

Figure 11

information étant attachée en attribut de chaque parcelle de notre plan de référence APUR, nous avons pu ainsi "filtrer" les parcelles et ne garder que celles du plan APUR qui étaient antérieures à 1850, et ce sur la totalité des îlots. Cette démarche a le mérite de tenter de comparer des informations qui *a priori* doivent être comparables.

Pour pouvoir travailler au niveau parcellaire, nous avons donc cette fois utilisé non pas le plan Vasserot raster géoréférencé mais le parcellaire vecteur qui en découle. La méthode a consisté à générer le centroïde (centre de gravité géométrique) des parcelles, puis à effectuer un test d'écart de position parcelle à parcelle entre celles du plan





APUR et leur homologue dans le plan Vasserot vecteur géoréférencé. Un test de surface a été rajouté de manière à enlever des couples de parcelles homologues, celles ayant des différences de surface supérieures à 20 % et dont la différence de position entre centroïdes étaient supérieures à 10 m (pour enlever les zones ayant subi des modifications notables de morphologie parcellaire). Une fois ce filtrage réalisé, sur les 26 507 parcelles Vasserot, il en est resté 5 765 sur lesquelles ont été effectués les tests de qualité topographique. Ces tests ont porté sur 3 paramètres : la surface, l'écart de positionnement planimétrique et l'écart angulaire d'orientation. Les résultats obtenus sont les suivants :

- Moyenne des écarts de surface 7 %
- Moyenne des écarts de positionnement planimétrique 1,5 m
- Moyenne des écarts d'orientation : 2,2 degrés.

Cette phase d'estimation de la qualité topographique a donc permis de conclure que la qualité du plan ALPAGE-Vasserot était satisfaisante, même si elle est globalement meilleure dans les petits îlots que dans les grands et dans le centre que dans la périphérie. Les paramètres descripteurs de qualité utilisés permettent donc aux utilisateurs historiens de connaître les limites d'utilisation de ce référentiel.

La création des référentiels historiques (voies 1380, enceintes, quartiers, paroisses, censives...)

La phase de "contrôle qualité" du plan étant réalisée, le plan ALPAGE-Vasserot (raster et vecteur) a donc été fourni aux historiens. Le travail des chercheurs se caractérise à la fois par une grande profondeur historique (du XIV^e au XVIII^e) et par des champs d'investigations très variés.

L'enthousiasme de ceux-ci était palpable, devant cette perspective de pouvoir enfin spatialiser de manière rigoureuse des informations qu'ils manipulent parfois depuis de longues années. Nous entrons donc dans une phase de concrétisation que les 27 mois de géoréférencement du plan Vasserot n'avaient fait qu'exacerber...

Pour assurer la réussite de cette phase du projet, il fallait pour nous, spécialistes de l'information géographique, accompagner, initier, donner un cadre de travail à ces historiens qui devenaient du coup "apprentis géomaticiens". Il a aussi fallu tout d'abord faire tomber la première barrière, celle de la tentation du dessin. Aux origines du projet était en effet prévu le scénario suivant : une fois le plan Vasserot géoréférencé, des impressions papier devraient être faites et fournies aux historiens qui y auraient positionné leurs informations, ces dernières devant être ensuite ressaisies par les géomaticiens. Ce fut un des premiers changements notables en terme de méthodologie de travail imputables au projet ALPAGE que de réussir à convaincre les historiens que saisir directement leurs informations historiques était tout d'abord... à leur portée et serait d'autre part plus précis, plus fiable et plus efficace. Après avoir envisagé dans un premier temps une saisie grâce à un logiciel de dessin (Adobe Illustrator), la création des informations historiques sur fond de référence Vasserot géoréférencé s'est déroulée successivement sur le logiciel libre GVSIG, puis sur le logiciel ArcGIS puis comme nous le verrons sur la plateforme SIG en ligne mise en place grâce au logiciel de Webmapping Dynmap.

La première étape de constitution de ce corpus d'information géohistorique sur fond géoréférencé a consisté à mettre en place des couches de référence, propres à chaque thématique et époque. Spatialiser une donnée historique nécessite d'avoir une référence de calage correspondant à l'époque de cette donnée.

En ce qui concerne la fin du Moyen Age, l'emploi du plan Vasserot était non pertinent dans plusieurs secteurs, du fait de modifications importantes effectuées avant la révolution. Le recours à d'autres fonds était donc indispensable. Pour localiser les données historiques médiévales, il a été nécessaire de créer des couches de données topographiques de base pour la fin du Moyen Age, en 1380 puis en 1300. Un premier plan baptisé "Alpage 1380", comporte les contours d'îlots du centre historique de Paris en 1380 intégrant et corrigeant les informations des documents précédents. Ce plan a été redressé par les historiens à l'aide des géographes sur la base des données de l'APUR et les plans d'îlots Vasserot. L'objectif était d'obtenir des tracés d'îlots à la fois géométriquement cohérents avec les données géographiques les plus récentes (BD TOPO de l'IGN), mais surtout historiquement fiables, c'est-à-dire avec une généalogie qui

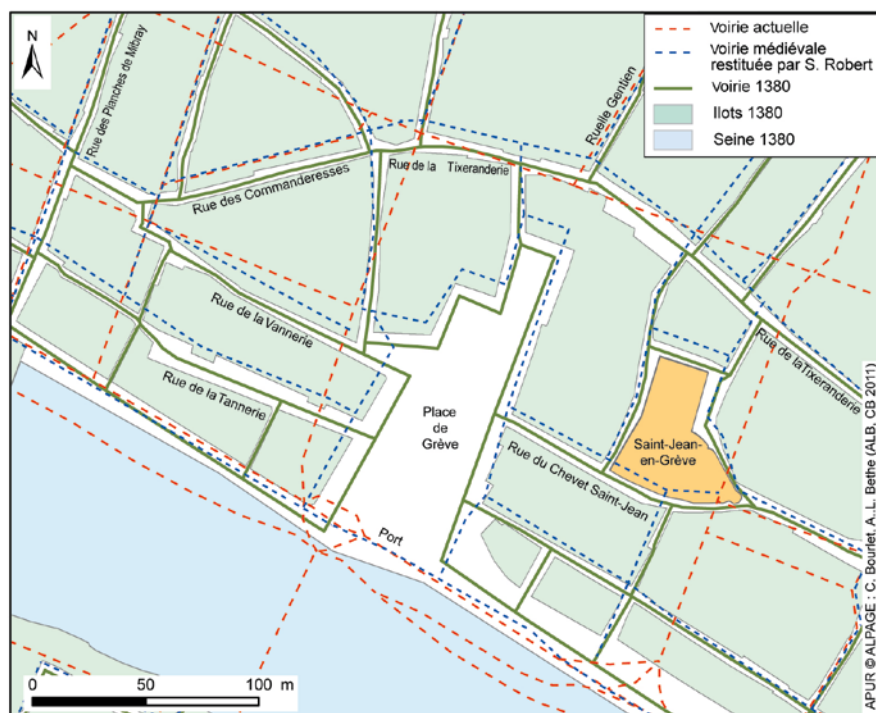


Figure 12. Tracé des îlots de 1380



pourrait être à tout moment justifiée voir la construction du plan de 1380 *figure 12*. Puis par analyse régressive et confrontation avec la documentation textuelle, d'autres fonds de plan ont été créés pour 1300 (les paroisses et les quêtes).

Ainsi s'est petit à petit construite l'information historique de référence, précisément, en partant du parcellaire du début XIX^e (Vasserot) sur lequel ont été calés des plans d'époques plus anciennes. Nous avons donc réalisé un géoréférencement progressif par une sorte de jeu de ponts temporels successifs.

En définitive, on mesure, pour un projet de ce type, toute l'importance de ces couches de référence, sur lesquelles vont être construites ensuite les couches d'informations historiques de chaque chercheur. Elles peuvent être d'ordre topographique (bâtiments ayant une emprise au sol), territorial (circonscriptions seigneuriales et paroissiales) ou plus largement social (foyers fiscaux...).

■ **La géolocalisation des informations historiques (enceintes, seigneuries, foyers fiscaux en 1300...)**

A partir des couches de référence pour les différentes époques, chaque historien a pu positionner les objets correspondant à ses propres études.

■ **Cartographie des enceintes du X^e au XVII^e**

Des travaux remarquables ont permis par exemple, en s'appuyant sur les traces conservées dans le parcellaire aux différentes époques, de retracer tronçon



Figure 13. Enceinte de Philippe Auguste

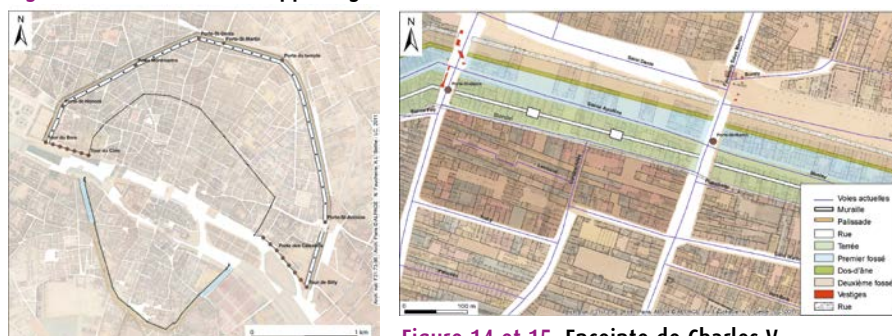


Figure 14 et 15. Enceinte de Charles V

par tronçon des enceintes successives de Paris à différentes époques (enceintes du X^e, de Philippe Auguste, de Charles V, enceinte des fossés jaunes...). Les spécialistes de ces enceintes sont intervenus, se sont placés devant le SIG, ont fait apparaître successivement le corpus de plans géoréférencés aux différentes époques, et le tracé des enceintes a pu peu à peu se construire et s'appuyant

sur des parties connues, complétées par des éléments directionnels observés, au fil des suppositions, des calculs, des confirmations... Nous nous souvenons en particulier des mots de l'historien Nicolas Faucherre, après avoir réussi à "situer précisément l'enceinte de Charles V dans l'espace parisien" : "vous nous avez apporté des certitudes...", et de ceux de Yoann Brault :



Figures 16 et 17. Enceinte des Fossés jaunes



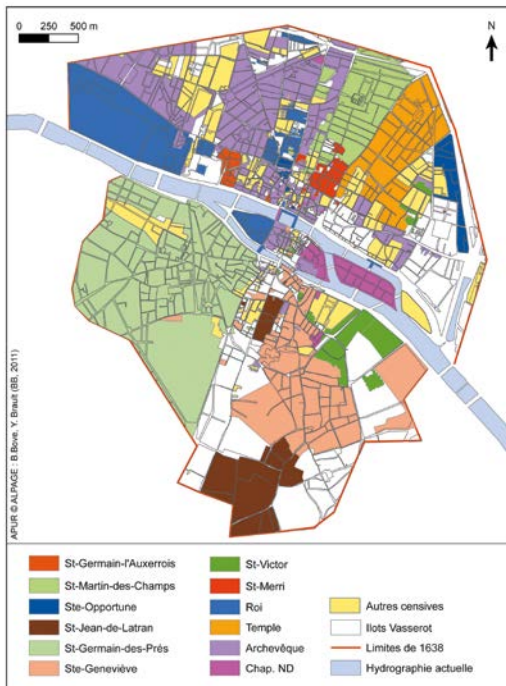


Figure 18. Cartographie des censives 1638

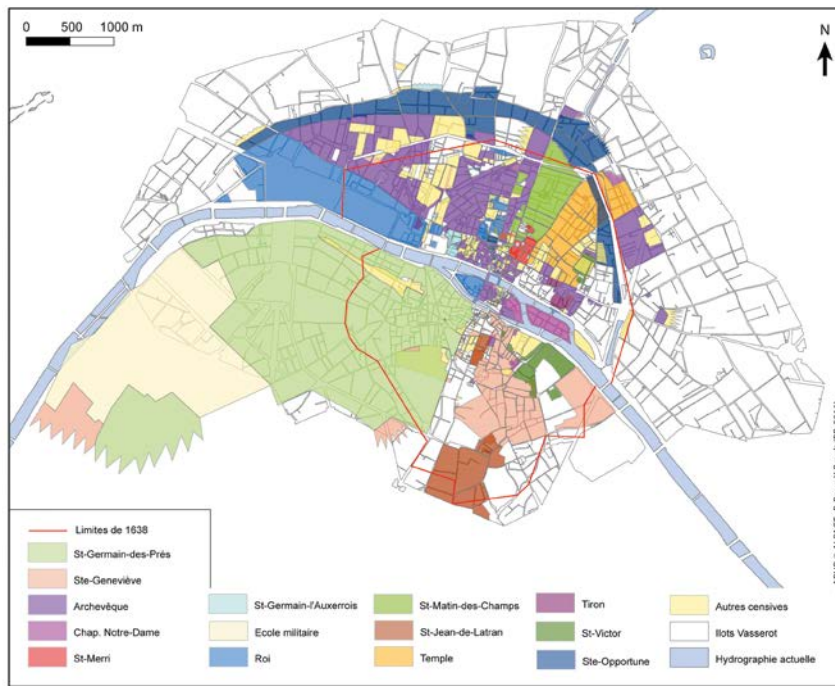


Figure 19. Cartographie des censives XVIII^e

► *“le SIG a permis de tracer avec une relative sûreté un rempart bien connu par les sources écrites, mais jusqu’ici cartographié sans certitude”.*

■ Cartographie des Censives

Le sol de la capitale se trouvait entre le haut Moyen Age et la Révolution divisé entre de nombreuses seigneuries. Les seigneurs percevaient auprès des individus installés sur leurs terres un impôt foncier (le cens), d’où le nom de censives pour les seigneuries parisiennes. A la perception de l’impôt foncier, chaque seigneur s’ajoutait également l’exercice d’autres droits politiques, comme le droit de voirie et de haute, basse et moyenne justice. La délimitation des censives est donc une information essentielle pour comprendre la spatialité de la vie urbaine de l’Ancien Régime. La création de la donnée censive dans le SIG, n’alla pas sans difficulté, s’est révélée d’un grand intérêt pour les historiens selon les termes de Boris Bove : *“le SIG a permis de résoudre des questions que personne n’avait pu trancher auparavant, comme la hiérarchie des seigneurs dans la ville”.* Il apparaît ainsi que si l’évêque est le principal seigneur dans la ville, il ne possède que 13 % du territoire. Mais le SIG a permis de mettre en évidence le rôle primordial du roi qui possède l’essen-

tiel des droits de voirie dans la ville (pour posséder les droits de voirie il faut posséder les deux côtés de la rue). Aucun des plans précédents n’avait été effectué avec suffisamment de précision pour mettre en évidence cette information essentielle.

■ Autre exemple : géolocalisation des contribuables de 1300

Ce travail a été réalisé par Caroline Bourlet, historienne à l’IRHT (Institut de recherche et d’histoire des textes). Elle a constitué une base de données Access en compilant les informations de sept registres fiscaux, appelés “rôles

de la taille”, qui recensent entre 1292 et 1313 les contribuables payant au roi cet impôt de la taille, soit entre 6 000 et 15 000 foyers fiscaux décrits chaque année. Cette source exceptionnellement riche et fine indique pour chaque contribuable les indications suivantes : nom, montant de l’impôt qu’il doit acquitter, activité professionnelle qu’il s’agisse d’un métier artisanal ou d’une activité commerciale, d’un service domestique ou encore d’une charge au service du roi, d’une cour princière ou d’une institution ecclésiastique. Surtout, chaque contribuable est précisément situé dans l’espace urbain : la ville étant découpée

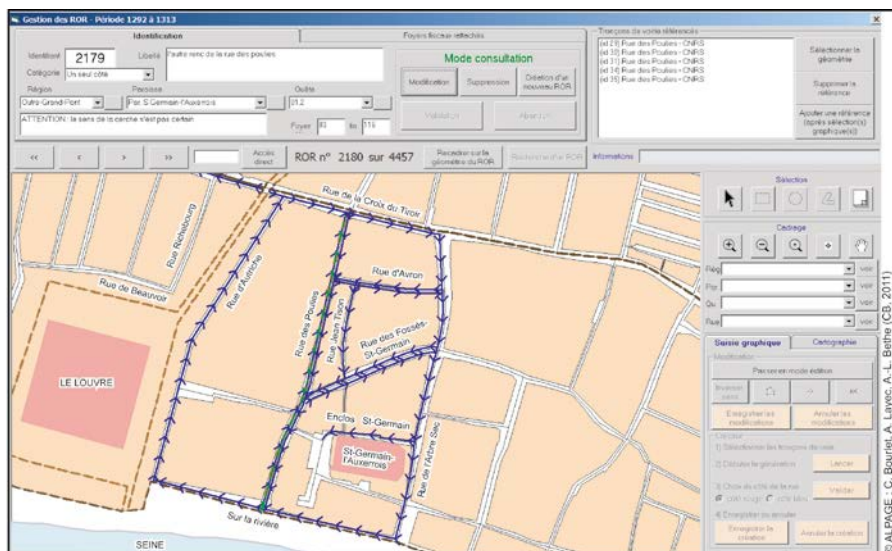


Figure 20. Fenêtre de l’outil de géocodage

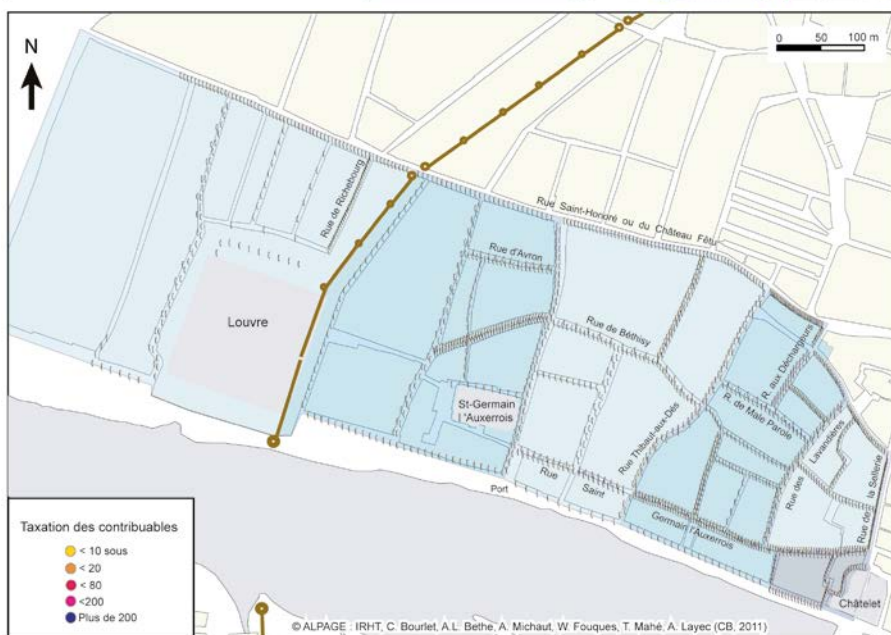
en circonscriptions fiscales (calquées sur celles des paroisses, parfois divisées en quêtes), les percepteurs de l'impôt dressent la liste des contribuables, au sein de chaque circonscription fiscale, suivant un itinéraire qui est précisément décrit entre chaque coin de rue, mais non dessiné dans les documents.

La spatialisation de ces données permet d'étudier la répartition de la population imposable, des fortunes et des métiers à l'échelle de toute la ville médiévale. C'est pourquoi le géocodage de ces listes d'individus constitue un enjeu historique majeur.

Encore faut-il disposer de l'outil permettant de mettre en correspondance les portions de l'itinéraire suivi par les "assesseurs" de la taille (les tronçons fiscaux) et le filaire des voies de 1300 (les tronçons de voirie). Pour ce faire, nous avons créé dans le SIG une couche sur la voirie en 1300, tandis que l'informaticien Alain Layec a créé un logiciel de géocodage adapté à ces données. Cet outil d'aide à la spatialisation des itinéraires suivis par les "assesseurs" de l'impôt gère automatiquement la reconstitution géométrique des tronçons fiscaux et leur orientation en fonction de l'itinéraire suivi.

Testé sur l'année 1300 qui comporte 10 000 contribuables, cet outil de géocodage offre plusieurs possibilités :

- dans une première étape, la visualisation et la gestion (en saisie/modification/suppression) des informations textuelles de la base de données concernant les tronçons fiscaux, leur orientation et les côtés de la rue concernés ;
- puis, dans un deuxième temps, la création et l'ajustement d'une géométrie associée aux tronçons fiscaux totalement adaptée à leur forme, à leur orientation et à leurs limites par sélection graphique de la succession des tronçons de voirie concernés (partie inférieure de l'écran, l'outil graphique en partie droite permet de sélectionner un espace et de créer et modifier les géométries) ;
- lorsque les étapes précédentes ont été accomplies, il reste à procéder au géocodage automatique des contribuables, répartis de manière équidistante entre les deux extrémités du tronçon fiscal.



Mise en place de l'outil WebSIG

En même temps que le corpus de données a été élaboré, une infrastructure informatique permettant une gestion et un accès partagé à ces données a progressivement été développée. Cette partie gestion et accès aux données est fondamentale dans ce genre de projet.

Les données Alpage peuvent ainsi être diffusées et utilisées par des chercheurs (du chercheur confirmé à l'étudiant de Master), et par une variété de professionnels ayant besoin d'information sur le patrimoine historique



Figure 21. Exemples de géocodage des contribuables



parisien (urbanistes, archéologues, historiens, géographes, archivistes...). Un accès grand public ouvert permet également d'offrir une consultation à l'essentiel des données (<http://alpage.huma-num.fr/>).

Un site de webmapping a donc été créé, en utilisant le logiciel Dynmap (société Business geografic) ; il permet aux utilisateurs d'accéder aux données avec des droits différents allant de la simple visualisation à l'édition et l'exportation en ligne de l'intégralité des données. L'outil de consultation des données se présente comme une interface SIG classique sauf qu'ici l'utilisateur n'a besoin que d'un simple navigateur pour accéder à toutes les données liées à son profil depuis n'importe quelle machine connectée à internet.

L'utilisateur peut sélectionner les données des différentes couches, et produire des cartes thématiques en respectant les conventions cartographiques et de propriété intellectuelle (insertion automatique du nord, de l'échelle, de la légende, des mentions de droit à partir du dictionnaire de métadonnées). Cette mise en ligne présente de plus l'intérêt d'avoir un socle solide comportant les dernières versions de données produites et une base de métadonnées associée.

Les principales données accessibles sont les suivantes :

- les données raster : 55 couches raster différentes, les plans d'îlot Vasserot un plan assemblé et les 48 assemblages par quartier ancien en meilleure définition, les autres plans étant les plans anciens de référence (Delagrive, Verniquet, Berty...);
- les données vecteur regroupent deux types de données, celles dites de référence et celles dites projets. Les données de référence décrivent les tissus urbains actuels (données de l'APUR) et anciens, au début du XIX^e siècle (données Vasserot) et à la fin du Moyen Age (plans de 1300 et 1380). Regroupant les îlots, le parcellaire et le bâti, elles n'ont pas vocation à être mises à jour régulièrement. Les données projet sont liées à des études spécifiques et les chercheurs peuvent les mettre à jour et les transférer régulièrement.



figure 22. Présentation de l'outil de Webmapping

Les principaux thèmes de données projets sont :

- topographie historique (enceintes, hôtels aristocratiques, égouts, boucheries, fontaines...);
- circonscriptions historiques : espaces de pouvoir relevant d'une autorité (censives, paroisses, quêtes...);
- dynamiques environnementales : crues de 1740 et 1910, isolignes du paléo-relief, zones basses inondables...

À chacune de ces couches est associée une fiche de métadonnées conforme à la directive INSPIRE. Seul l'auteur de la donnée possède les droits pour sa mise à jour.

L'outil permet également de réaliser des sélections complexes, à la fois sur les géométries et les attributs, l'approche est donc bien une logique SIG avec la possibilité de construire des requêtes plus ou moins complexes, et de produire de manière autonome de nouvelles informations. Nous ne développerons pas ici les différentes fonctionnalités de l'application, mais ce qu'il faut retenir c'est que la plate-forme de webmapping constitue un élément fort du projet. Bien plus qu'un simple outil technique de traitement de données, cet outil permet aux différents chercheurs et à tous les utilisateurs de disposer d'une infrastructure d'analyse et de production commune, donc de partager une même culture technique. Cette possibilité de travail à distance sur une base de données centralisée permet de créer une véritable dynamique de travail collaboratif et renforce la dimension collective du projet.

Un projet pérenne

Le projet Alpage construit initialement par un financement ANR de 2006 à 2010, s'est à présent transformé en un réseau de chercheurs, travaillant sur l'histoire de Paris. Une vraie dynamique a été créée et les contributions régulières de chercheurs de différents horizons permettent d'élargir les thématiques et les périodes. Chacun, en fonction de ses intérêts propres, crée de nouvelles données géohistoriques sur Paris en s'appuyant sur les données de référence disponibles.

La plate-forme cartographique est donc mise à jour plusieurs fois par an, afin d'y intégrer les nouvelles données, validées par les administrateurs. Le groupe est ouvert à tous ceux qui se posent des questions historiques d'ordre spatial concernant Paris.

À titre d'exemple de récents développements ont été réalisés par Davide Gherdevich (DYPAC) qui a ajouté la dimension 3D sur certaines zones du plan Vasserot à partir d'informations provenant de plans (plan en perspective de Turgot réalisé au milieu du XVIII^e) et de croquis réalisés par Gabriel Davioud avant les démolitions haussmanniennes. Des modélisations 3D prometteuses ont ainsi pu être réalisées au travers du logiciel CityEngine d'ESRI.

Le projet Alpage fonctionne aujourd'hui sur la base des Moyen Ages récurrents des laboratoires associés à des financements ponctuels liés et à une intégration dans le cadre du programme de recherche transversal Archéologies du Bassin Parisien (<http://abp.hypotheses.org/>) qui bénéficie du soutien du Labex



DYNAMITE (<http://labex-dynamite.com/fr/sample-page/>) et de la TGIR Hum-num.

Conclusion

En conclusion de cette présentation du projet ALPAGE nous dégagerons les retombées concrètes de ce projet à savoir :

- la construction d'une banque de données géohistorique solide et référencée sur le Paris médiéval et moderne,
- la création d'une méthodologie d'intégration et de traitement de données historiques spatialisées à grande échelle,
- la mise en place d'une dynamique et d'un outil de travail pérenne, accessible aux diverses communautés pour qui l'histoire de la capitale représente un enjeu ou un intérêt.

Du point de vue de la recherche historique les chercheurs ont pu poser des questions historiques nouvelles, ou restées jusque-là sans réponse faute d'outils et de données adaptées. Le géocodage des contribuables en 1300, qui permet d'analyser finement la sociotopographie urbaine, à partir de la répartition des fortunes et des métiers des foyers fiscaux, en est un bon exemple.

Ce projet incite donc à réinvestir les documents historiques en interrogeant véritablement leur dimension spatiale : ce qui était concrètement infaisable en l'absence d'un SIG est désormais possible.

Outre les avancées sur le plan technique, ce projet a également un bilan fort sur le plan humain. Les différents chercheurs impliqués s'accordent sur le fait qu'il en découle une nouvelle manière de travailler pour les historiens et j'ajouterais entre les historiens. En effet l'attitude de partage qu'implique le processus collaboratif de travail (encouragé par la technique de plate-forme de données partagées) a permis de faire la preuve que l'attitude gagnante n'est pas que chacun se referme sur sa spécialité et son pré carré de recherche mais partage et diffuse ses savoirs sans crainte de s'en faire déposséder.

Il apparaît de plus intéressant de

mettre en avant que les produits de la recherche ne sont pas seulement des publications académiques, mais peuvent être également des données, qualifiées, référencées, dotées de méta-données normalisées, ainsi que des développements technologiques *ad hoc* et transposables.

Le dernier des points à noter est que l'ensemble des données produites ont le mérite d'être librement accessibles via la plate-forme de webmapping, qui restitue ainsi à la société civile des savoirs produits dans les cercles scientifiques. ●

Contact

Frédéric POUGET

Maître de conférences, Université de La Rochelle, UMR LIENSs (Littoral Environnement et Sociétés)
frederic.pouget@univ-lr.fr

Références

François Loyer, *Paris XIX^e siècle, l'immeuble et l'espace urbain, Paris*, APUR, 1980, publié en 1980 : François Loyer *Paris XIX^e siècle, l'immeuble et la rue, Paris*, Hazan, 1987.

Frédéric Pouget, Ulrich André "Estimation de la qualité topographique des plans Vasserot Géoréférencés", p. 67-76, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Caroline Bourlet et Anne-Larue Bethe, "Création des plans de référence pour la fin du Moyen Âge : îlots, voirie, paroisses et quêtes", p. 155,165, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Pascal Chareille, Alain Bouju, Anne-Laure Bethe, Hélène Noizet "Le géoréférencement des plans Vasserot : méthodes, déformations, interprétations" ; p. 37 à 52, "Paris de Parcelles en Pixels", PUV 2013

Boris Bove, Yoann Brault, Antoine Ruault "Spatialisation des censives urbaines au XVII^e siècle, avec essai de restitution médiévale.", p. 168-198, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP 2013.

Hélène Noizet, Etienne Lallau, "L'enceinte de Philippe Auguste", p. 110-120, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Nicolas Faucherre, Anne-Laure Bethe "Cartographeur l'enceinte de Charles V", p. 121-136, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

"L'enceinte des fossés jaunes et son tracé : apport du géoréférencement des plans

anciens et interprétation du parcellaire", p. 139-153, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Laurent Costa, Georges-Xavier Blary, Alain Dallo "Une plate-forme de Webmapping, outil de travail et de diffusion des données". p. 77-88, Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Caroline Bourlet, Alain Layec, "Densité de population et socio-topographie : la géolocalisation du rôle de taille de 1300". p. 223-245. Paris de Parcelles en Pixels, PUV, CHVP, 2013.

Noizet H., Grosso E., "The ALPAGE project: Paris and its suburban area at the intersection of history and geography (9th-19th century)", in digital proceedings of the 25th International Cartographic Conference (ICC'11), 3-8 July 2011, Paris (France).

ABSTRACT

Funded by the French National Research Agency, the ALPAGE project (ALPAGE is a French acronym for "diachronic analysis of the Paris urban area: a geomatic approach") aims at producing data and tools to understand the long term relationships between spaces and societies in Paris. The main laboratories or institutions involved in this project are LAMOP (project leader), ArScAn, LIENSs, L3i, COGIT, IRHT, the Parisian topography centre, APUR. The above come together to collaborate on building a Geographic Information System for the Parisian area in the preindustrial period. The creation of such a GIS enables to reconstruct the oldest parcel plan of Paris, the Atlas made by Vasserot between 1810-1836. During the project, the 910 urban block plans of Vasserot's atlas have been georeferenced and vectorised. As a result of this active collaboration between historians, geomaticians and computer scientists, this co-production of spatial reference data has allowed the project to spatialise historical data from the Middle Ages and modern times (walls, aristocratic mansions, sewers, floods, manors, parishes, etc.). Finally, an interesting development of the project, originally unplanned, has been to provide all this new knowledge to everyone through a digital web-mapping platform : <http://alpage.huma-num.fr/fr/>