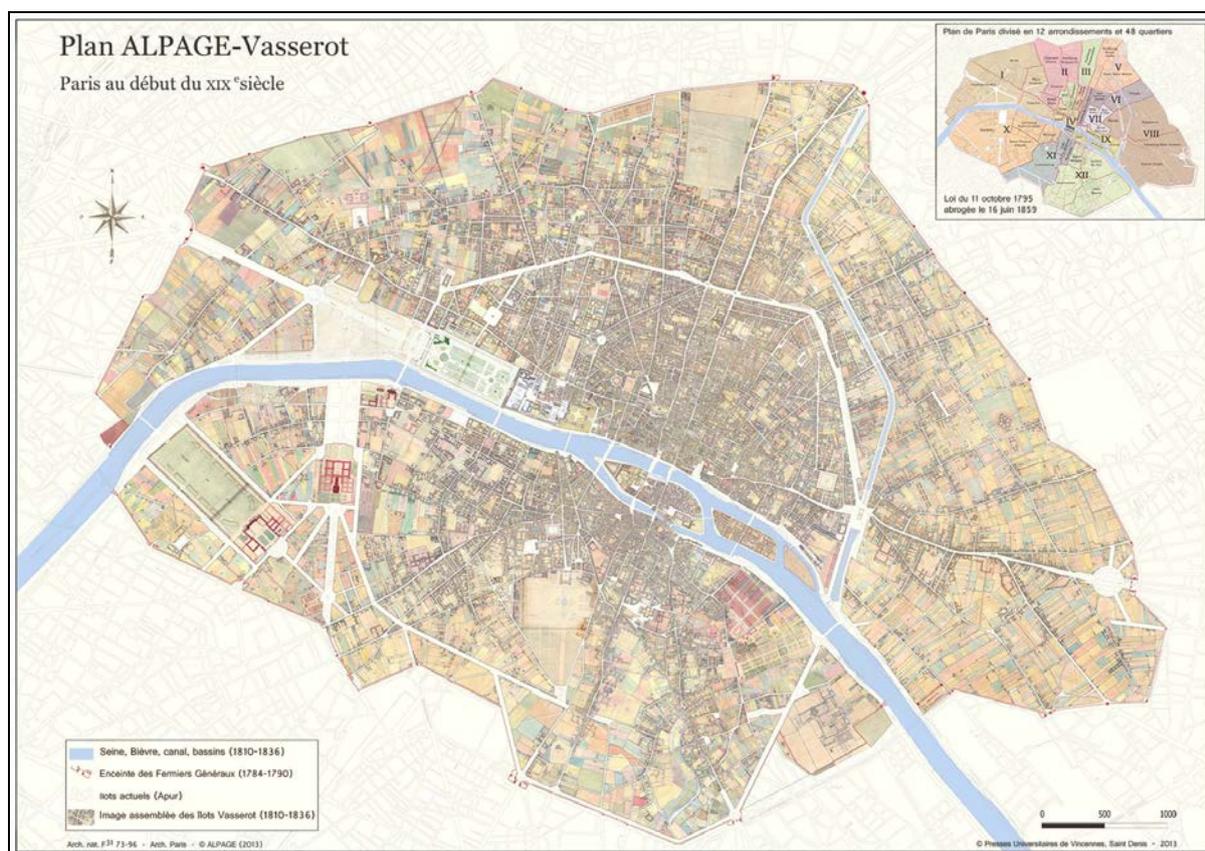


Confection d'une carte du plan Vasserot géoréférencé et assemblé par ALPAGE en vue de sa publication

Ce travail, réalisé par Paul Rouet au cours de la période janvier 2012 à mars 2013, a été commandité par ALPAGE en vue de la publication sous forme de carte papier grand format (A0 ou A1) de l'assemblage des 910 planches de l'Atlas de Paris par îlots réalisé de 1810 à 1836 par Philibert Vasserot. Cette carte complète la publication de l'ensemble des travaux du groupe ALPAGE : © Editions Presses Universitaires de Vincennes, 2013.

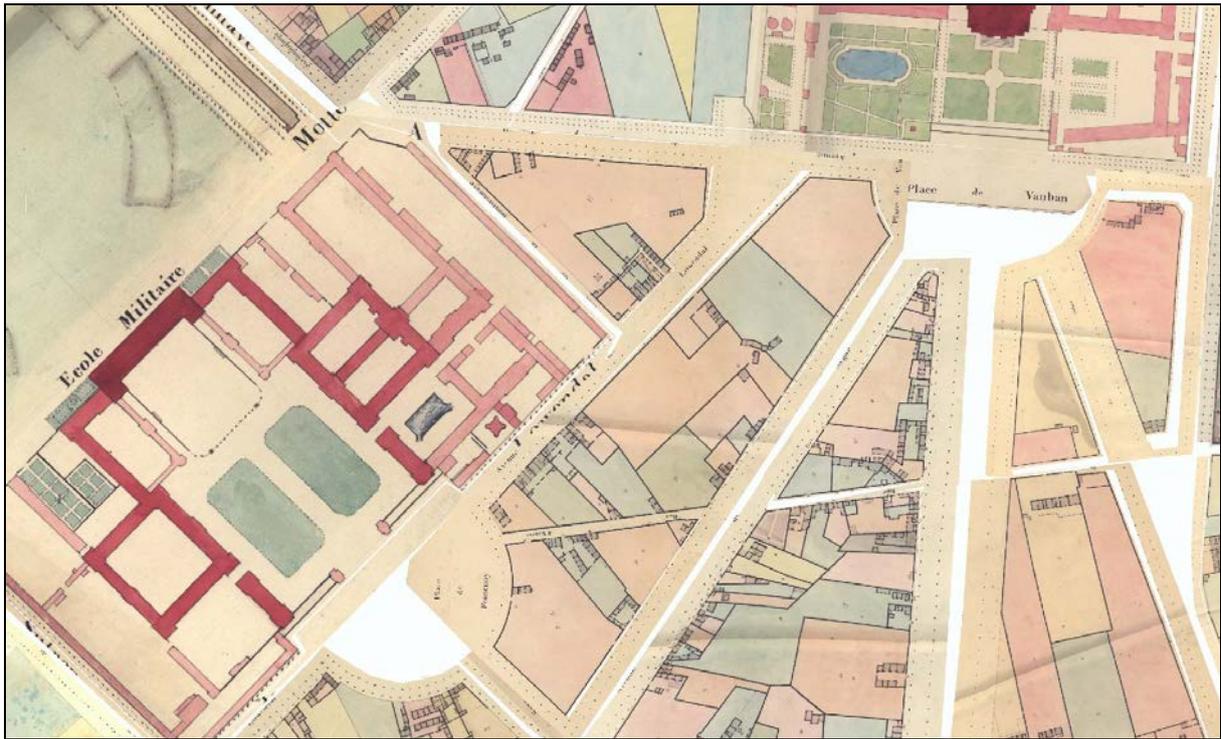
La carte du plan ALPAGE-Vasserot obtenue à l'issue de ce travail :



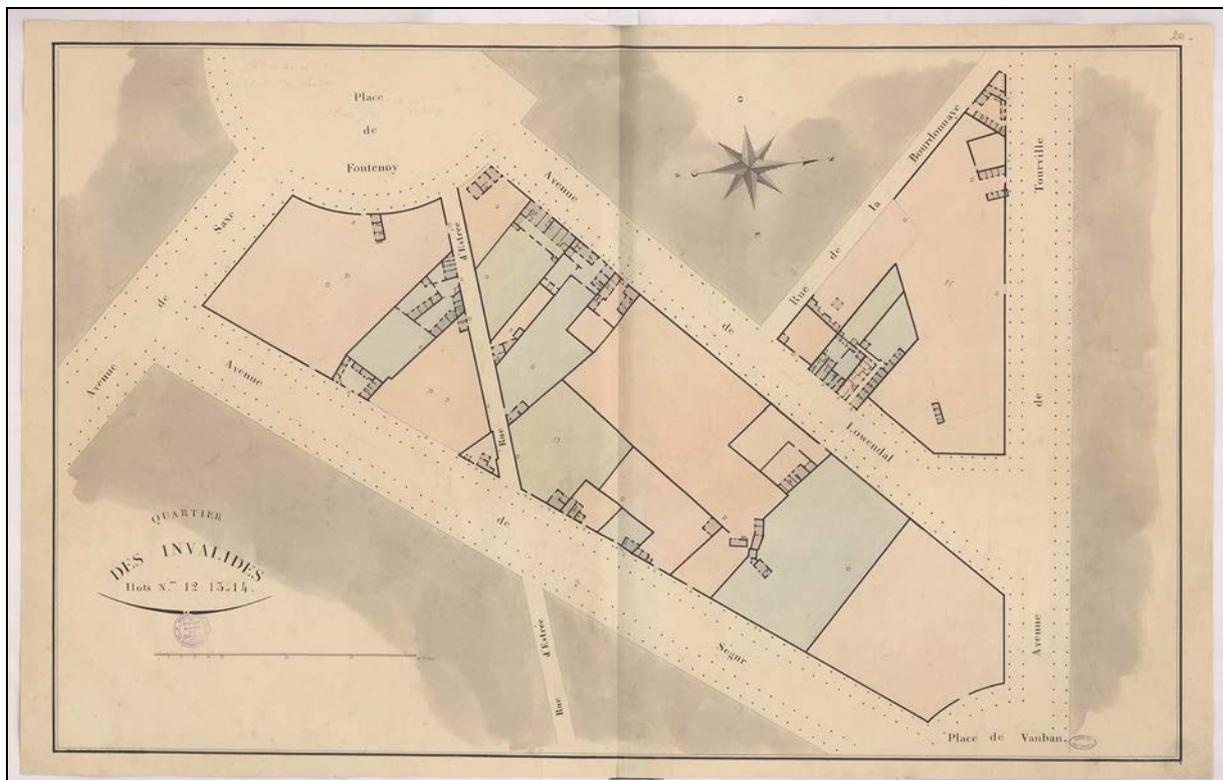
L'idée de départ était de procéder à la mise en page de la carte (titre, légende, sources, etc.) tout en éliminant les débords disparates hors îlot résultant du découpage initial des scans de chaque planche de l'atlas de Vasserot en vue de leur géoréférencement. Ces débords sont des lambeaux de rues venant encombrer inutilement le plan ainsi reconstitué.

En effet l'atlas Vasserot ne forme pas un plan régulier et chaque planche est représentée selon une échelle et une orientation variables. Une fois découpée (dans l'axe approximatif des rues bordant les îlots) et normalisée (orientation Nord, échelle commune) chaque planche devient ainsi une pièce d'un grand puzzle dont l'assemblage rigoureux en coordonnées géographiques a formé la partie structurante du programme de recherche du groupe ALPAGE. Toutefois, à l'occasion du nettoyage opéré ici, est apparue peu à peu la nécessité de corriger à la marge l'assemblage brut obtenu dans un premier temps par ALPAGE, afin d'optimiser la possibilité de superposer aux îlots Vasserot les éléments permanents encore visibles sur les plans actuels (bâtiments conservés, mais aussi alignements des rues, carrefours...).

Lambeaux de rue ou d'avenue débordant du cadre des îlots Vasserot (ici entre Ecole Militaire et Invalides)



Une des 910 planches d'origine de l'Atlas de Paris par îlot de Philibert Vasserot



Le résultat obtenu est un "nouveau" plan de Paris au début du 19ème siècle, un plan virtuel en quelque sorte, qui n'avait jamais existé.

La présente note décrit le travail réalisé : données en entrées, processus mis en œuvre et enfin données obtenues en sortie.

1) Données en entrées :

Toutes les données ici décrites sont géoréférencées dans le même système de coordonnées géographiques, sauf, bien entendu, le scan initial des planches de l'Atlas de Paris par îlots de Philibert Vasserot.

a) Données fournies par ALPAGE, les Archives, l'EHESS

1. Le plan raster assemblé de l'Atlas par îlots de Philibert Vasserot, à l'état brut.
2. Le plan vectoriel initial des îlots Vasserot en format shape avec, en attribut, le renvoi à chaque planche scannée de l'Atlas de Paris par îlots de Vasserot
3. Le scan original de chaque planche de l'Atlas de Paris par îlots de Vasserot en format image : © Archives Nationales F³¹ 73-96, Archives de Paris, ALPAGE 2013.
4. Le plan vectoriel initial des arrondissements de Paris au début du 19^e siècle
5. Le scan de chacune des 72 planches scannées du plan de Paris de Edme Verniquet fournis par le Laboratoire de Démographie Historique de l'EHESS.

b) Données fournies par l'Apur

1. Le plan vectoriel des îlots actuels de Paris en format shape
2. Le plan vectoriel du bâti actuel de Paris en format shape
3. Le plan vectoriel des limites administratives actuelles en format shape (arrondissements de Paris et communes des départements voisins)
4. Le plan vectoriel de l'hydrographie actuelle

Les données fournies par l'Apur procèdent de mises à jour annuelles réalisées par cet organisme de la version numérique du plan cadastral de Paris, au terme d'une convention tripartite entre l'Etat, la Ville de Paris et l'Apur. Ce plan avait été levé initialement par la direction générale des impôts (DGI). C'est la version 2004 qui a été utilisée ici, sauf le bâti, actualisé en 2007. Elle présente la précision d'un plan au 1/500. Les données ALPAGE ont été calées sur le plan numérique de l'Apur qui sert donc de référence.

2) Processus mis en œuvre

Pour cacher les retombes disgracieuses du découpage initial des scans des îlots Vasserot, il fallait créer un "masque" des espaces hors îlots, correspondant à l'emprise des voies et de l'hydrographie puis projeter celui-ci sur le plan assemblé obtenu par ALPAGE. Ce masque s'analyse comme un négatif des îlots Vasserot. Sa confection suppose de disposer du contour des îlots en format vectoriel.

Or il se trouve que le groupe ALPAGE avait non seulement géoréférencé et assemblé la mosaïque des images de chaque îlot de chaque planche de l'atlas de Paris de Vasserot, mais avait aussi digitalisé le contour de ces îlots. On pouvait déduire facilement le masque recherché par l'opération consistant à soustraire de l'espace entier du Paris de l'époque, l'espace des îlots

Vasserot. Procéder à cette opération nécessitait non seulement de s'assurer de l'adéquation de la couche vectorielle des îlots Vasserot, mais encore de reconstituer le contour du Paris de l'époque en nous appuyant sur l'Enceinte des Fermiers Généraux. Nous avons également besoin de reconstituer l'hydrographie de l'époque afin d'enrichir la représentation des espaces hors îlots de la carte à publier.

Malheureusement, les discontinuités du plan Vasserot, même assemblé par ALPAGE, ne nous permettaient pas de procéder à ces reconstitutions très facilement car ni l'enceinte des Fermiers Généraux, ni les bords de la Seine n'apparaissent de façon continue dans Vasserot. Aussi nous avons eu recours au plan de Paris de Edme Verniquet levé de 1785 à 1791 et qui avait servi de base topographique, en fait, à l'Atlas de Paris par îlots de Philibert Vasserot.

a) Le recalage du plan de Paris de Edme Verniquet

Il s'agit d'un plan topographique régulier à grande échelle (1/1728) décomposé en 72 planches jointives bord à bord, orientées au Nord et calées, avec la plus grande rigueur possible à l'époque, sur la Méridienne de Paris. Le plan de Paris d'Edme Verniquet est "LE" plan topographique de référence de l'époque et il le restera pendant plus de 60 ans.

Le plan de Paris d'Edme Verniquet assemblé et recalé



Sous Photoshop¹, nous avons découpé le scan de chaque planche de ce plan et orthonormé l'image obtenue en nous appuyant sur la trame apparente du plan. Par ailleurs nous avons recalculé en coordonnées géographiques actuelles la position exacte de la trame de Edme Ver-

¹ Photoshop, ©Adobe, est un logiciel de traitement d'images. Contrairement aux logiciels de la famille des systèmes d'information géographique, il ne travaille pas en coordonnées géographiques.

niquet au pas de 200 toises (1 toise = 1,94903631 m), à partir du point origine de l'Observatoire de Paris. Nous avons ainsi pu recomposer de façon exacte les fichiers de géolocalisation de chaque planche Verniquet redécoupée et orthonormée.

Il était alors possible d'afficher l'image d'ensemble du plan Verniquet sous QuantumGIS² par affichage bord à bord de chaque planche. Ensuite nous avons établi un échantillon empirique de points homologues non ambigus, répartis en 4 quarts du Paris de l'époque, en superposant ce plan à la couche des îlots et du bâti actuels de l'Apur. Nous avons alors légèrement redressé notre trame et donc les fichiers de géolocalisation afin de centrer les écarts obtenus entre les sources actuelles et le plan Verniquet assemblé.

Enfin nous avons procédé à l'assemblage des 72 planches en un plan unique en réduisant par deux la résolution de chaque image (la définition initiale d'environ 18cm par pixel conduisait à un fichier recomposé beaucoup trop lourd pour être aisément manipulé). Nous avons alors procédé à un ultime ajustement au moyen de la fonction "déformation" de Photoshop afin de réduire les "dérives" de certaines zones du plan. L'écart-type des erreurs empiriquement mesurées a été ramené ainsi à un peu moins de 1,50m tant en latitude qu'en longitude. Pour simplifier : environ 33% des mesures présentent une erreur supérieure à 1,50m et 5% supérieures à 3m. C'est l'erreur admise aujourd'hui pour un plan topographique de précision à l'échelle de 1/5000.

b) La reconstitution de l'Enceinte des Fermiers Généraux de Verniquet

Nous avons digitalisé, sous QuantumGIS, l'enceinte des Fermiers Généraux figurant sur le plan Verniquet assemblé et recalé afin de reconstituer une couche vectorielle de polygones représentant les murs et bâtiments dont l'enceinte était formée.

c) La reconstitution de l'Hydrographie de Verniquet

Nous avons également digitalisé sous QuantumGIS les contours de chaque bassin de la Seine (entre les ponts) et de chaque bras de la Bièvre, ainsi que divers bassins d'agrément et reconstitué la couche vectorielle de polygones correspondante.

d) Le recalage du plan vectoriel des îlots Vasserot

Toutefois la superposition des îlots Vasserot aux îlots et au bâti actuels a vite montré que des corrections étaient nécessaires. Il était essentiel, pour la publication, de s'assurer non seulement que les îlots ne se chevauchaient pas, mais aussi par exemple que la continuité et l'alignement des rues étaient bien respectés, les carrefours bien positionnés et les grands édifices encore visibles aujourd'hui exactement localisés. En effet, pour faciliter la lecture de ce "nouveau" plan ancien du Paris du début du 19^e siècle, il avait été convenu de faire figurer, sous forme d'un léger pointillé, le contour des îlots actuels.

La première opération a donc été de reprendre les contours vectoriels des îlots Vasserot afin que leur enveloppe respecte mieux la forme et la position géographique la plus probable. Cette reprise s'est effectuée sous QuantumGIS, îlot par îlot (il y en a 1215). La couche des îlots Vasserot a été mise en édition. Il était possible de superposer à volonté les îlots et le bâti actuels de l'Apur, le plan Verniquet ou l'image du plan Vasserot assemblé par ALPAGE.

Dans de nombreux cas toutefois nous avons ouvert les images du scan d'origine des planches d'îlots de Vasserot. En effet, les planches d'origine indiquent le positionnement des îlots voisins, information qui a disparu, bien entendu, dans le plan assemblé. Cette opération de reca-

² QuantumGIS (ou QGIS) est un logiciel Open Source. Il fait partie de la famille des systèmes d'information géographique. Il permet de traiter les données géographiques tant vectorielles que raster. Voir : <http://qgis.org/>

lage s'est faite îlot par îlot, en ayant recours à toutes les déductions possibles concernant l'évolution du profil des rues au moyen des informations susmentionnées : en s'appuyant par exemple sur la trace des alignements anciens que constituent aujourd'hui les "dents creuses" dans la continuité des alignements actuels. Les angles d'îlots aux carrefours servent également de repère, ou quand l'angle a été tronqué, le prolongement des façades adjacentes. De nombreux décrochements de façades qui ont perduré jusqu'à aujourd'hui peuvent également être mis à profit ainsi que les grands édifices conservés (palais, églises, hôtels aristocratiques...).

Chaque fois que possible, nous nous sommes appuyés sur la géométrie des îlots actuels lorsqu'elle était la plus appropriée. Ce travail s'est effectué à l'écran à une échelle supérieure au 1/500.

e) L'ajustement de la position et de la forme de l'image de chaque îlot Vasserot

Une fois fixés les contours des îlots Vasserot, nous les avons exportés sous Photoshop car nous ne disposions pas, sous QuantumGIS, de fonctions adaptées permettant de repositionner et de déformer des sous-ensembles d'images raster. Nous avons donc créé sous Photoshop un calque des contours d'îlots Vasserot corrigés destiné à être superposé au plan Vasserot brut assemblé par ALPAGE. Ceci est une opération délicate, car il faut caler au pixel près les deux calques l'un sur l'autre, et ceci pour une très grande image (27708x22109 = 612 millions de pixels !).

Une fois le calage réalisé et vérifié par rapport à la superposition obtenue sous QuantumGIS le travail sous Photoshop d'ajustement de la forme et de la position de l'image de chaque îlot commence : sélection du contour de chaque îlot au moyen de "l'Outil Lasso Polygonal", puis déplacement et enfin déformation de la zone sélectionnée au moyen de "l'Outil Déformation". Le but est de superposer exactement le contour de l'image du scan de l'îlot au contour de l'îlot préétabli affiché depuis un autre calque.

Ici, la difficulté vient de la mauvaise qualité topographique du plan Vasserot. Le paradoxe de ce plan est qu'il y a une irréductible contradiction entre l'incroyable et trompeuse accumulation de détails de ce plan, qui restitue jusqu'au plan intérieur des maisons selon une coupe à environ 1m au dessus du sol, montrant chaque mur, chaque escalier, chaque puits, etc. et la médiocrité de sa qualité topographique proprement dite, qui pose des problèmes quasi insurmontables dans le cas des très grands îlots percés d'impasse et de façon plus générale dans le cas des îlots à forme concave (dont l'enveloppe présente un ou plusieurs creux, en forme de L par exemple). La longueur de l'un des côtés est alors parfois erronée de plusieurs mètres, au point parfois de rendre impuissante la fonction "Déformer" de Photoshop.

On l'aura compris, la correction du plan Vasserot d'origine consiste ici, non à rétablir une "vérité topographique" singulière et inaccessible, mais bien à répartir l'erreur dans l'enveloppe la plus probable de l'îlot. Comme le laisse supposer le bon sens, la correction ainsi menée à bien nous rapproche probablement de la "vérité topographique", bien qu'inaccessible, dans le cas de corrections de faible ampleur (hypothèse selon laquelle les erreurs sont aléatoires). Mais rien ne nous indique que ce soit le cas lorsque la correction est forte, car il s'agit alors d'erreurs plus graves et l'hypothèse d'erreurs aléatoires tombe.

Nous avons mené ce travail à la résolution de 200% (soit une échelle écran de 1/625 environ) afin de caler les contours de l'image de l'îlot sélectionné exactement sous le contour du calque des îlots Vasserot recalés. Toutefois, devant l'ampleur de la tâche, nous n'avons corrigé que les décalages et les déformations les plus voyantes. Et lorsque l'outil ne permettait pas de reconstituer une forme qui s'emboîte parfaitement dans le contour de l'îlot, nous y avons renoncé. Néanmoins nous avons vérifié que ces écarts sont pratiquement invisibles au 1/5000 et restent négligeables au 1/2500, sachant que l'affichage écran en pleine résolution de l'image est le 1/1500 environ. Dans quelques cas nous avons remonté et fusionné l'image des scans

d'origine, lorsque manquait une partie de l'image d'un îlot sur le plan Vasserot assemblé. Dans le cas particulier du secteur du Louvre le plan Vasserot était inutilisable. Nous lui avons substitué des extraits en Noir et Blanc du plan Verniquet.

Ce travail a été récupéré ensuite et contrôlé sous QuantumGIS : en effet le fichier de géolocalisation du raster du plan Vasserot assemblé et ainsi corrigé reste inchangé (ni le cadre ni la résolution de l'image ne bougent).

f) La reconstitution de l'Enceinte des Fermiers Généraux de Vasserot

Ce travail a été mené sous QuantumGIS, par affichage de l'enceinte des Fermiers Généraux digitalisée sur le plan Verniquet superposée à l'image du plan Vasserot assemblé et corrigé. Théoriquement l'enceinte de Vasserot et l'enceinte de Verniquet devraient être la même. Toutefois une partie de l'enceinte figurant sur le plan de Verniquet était alors encore à l'état de projets. Certaines n'ont pas été réalisées, ou l'ont été différemment. En nous appuyant sur les débords hors îlots de l'image du plan Vasserot assemblé et corrigé nous avons donc déformé l'enceinte Verniquet pour créer une couche graphique vectorielle des polygones de l'enceinte Vasserot.

g) La reconstitution de l'Hydrographie Vasserot

Comme pour l'enceinte, la reconstitution de la couche vectorielle polygonale de l'Hydrographie Vasserot s'est faite sous QuantumGIS à partir de celle de Verniquet en s'appuyant sur les débords hors îlots de l'image corrigée du plan Vasserot assemblé par ALPAGE. Dans certains cas nous sommes remontés au scan des planches d'origine.

h) La reprise de la couche vectorielle des arrondissements de Paris Vasserot

La couche vectorielle des polygones des 12 arrondissements de Paris à l'époque de Vasserot d'ALPAGE a été adaptée sous QuantumGIS afin qu'elle épouse la limite de Paris formée par l'enceinte des Fermiers Généraux dans sa version Vasserot. Nous avons fait en sorte, également, de couvrir tout le territoire en faisant passer la limite des arrondissements au milieu de la Seine et non sur les bords.

i) La reconstitution du masque des voies

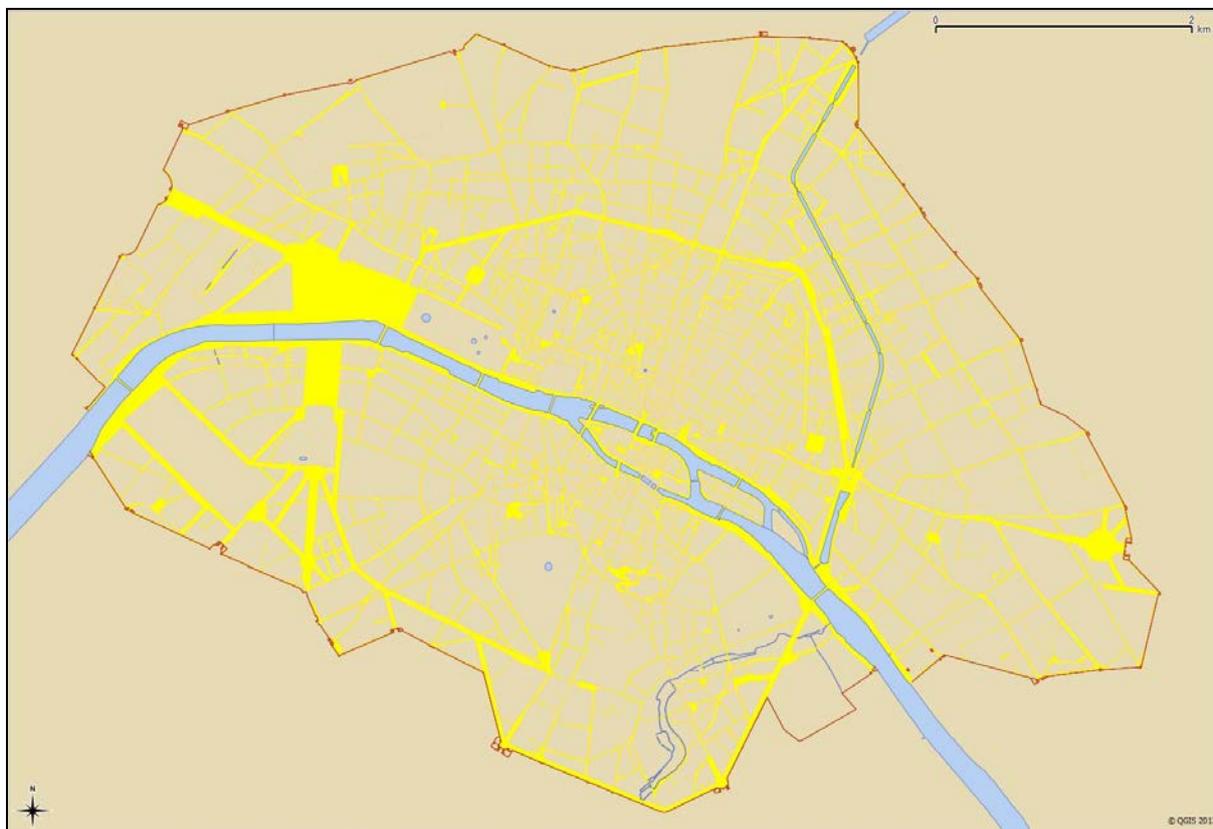
Sous QuantumGIS nous avons ensuite utilisé l'Outil de géotraitement "Différencier". Celui-ci nous a permis de soustraire de la surface des arrondissements de Paris reprise ci-dessus, la surface des îlots Vasserot corrigés. Nous avons ensuite, par la même méthode, soustrait du résultat la surface de l'Hydrographie Vasserot. L'espace résiduel obtenu est bien alors l'espace public de voirie. L'opération ayant été menée par arrondissement, la voirie est alors découpée également par arrondissement. L'opération n'aurait pas réussi en un seul bloc sur tout Paris, le polygone des voies ainsi obtenu ayant trop de sommets, de facettes et de trous (les îlots).

Dans sa version exportable vers Photoshop pour reconstituer la carte à publier, ce masque des voies a été percé afin de ne pas masquer et donc de laisser apparaître des espaces publics traités de façon homogène par Vasserot : Jardins des Champs Elysées, îlot de la Pompe de la Samaritaine, Pompe du Pont Notre Dame un peu en amont, îlot de la statue de Henri IV de l'autre côté du Pont Neuf, Place Dauphine, Place Royale (Place des Vosges), Arcs de la Porte Saint Martin et de la Porte Saint Denis, Colonne Vendôme, Centre de la Place de La Bastille, etc. Dans tous ces cas, il eût été dommage de se priver des illustrations des plans Vasserot.

L'opération n'a malheureusement pas pu être menée à bien dans le cadre des plantations d'alignement des boulevards et grandes avenues de Paris, la continuité d'une planche Vasserot à une autre ne pouvant pas être assurée. Il en va de même malheureusement des ponts et du

traitement des quais de la Seine ou du canal Saint Martin. Les belles illustrations de certaines planches Vasserot sont trop discontinues pour avoir pu être mises à profit. C'est réellement dommage.

Le masque des voies (en jaune), l'Hydrographie (en bleu) et l'enceinte des Fermiers Généraux (en rouge) selon l'assemblage des planches de l'atlas de Vasserot :



j) L'établissement de la carte à publier

Nous avons d'abord composé la carte à publier sous QuantumGIS en superposant les couches dans l'ordre suivant (viennent en-tête les couches qui apparaissent au-dessus) :

1. Enceinte des Fermiers Généraux Vasserot (couleur rouge brique)
2. Hydrographie Vasserot (couleur bleu-ciel)
3. Contours vectoriels des îlots Vasserot corrigés (ligne continue de couleur ocre)
4. Masque des voies Vasserot (couleur crème sans bordure)
5. Contours vectoriels des îlots actuels de l'Apur (ligne pointillée de couleur gris clair), y compris hors des limites du Paris de Vasserot
6. Image corrigée du plan Vasserot assemblé par ALPAGE

L'image composite ainsi réalisée a été exportée vers Photoshop, à une résolution compatible avec un tirage en A0 à 300 dpi (points par pouce), soit une échelle de 1/8000 sur papier ou une échelle d'environ 1/2500 à pleine résolution écran.

La carte a ensuite été composée sous Photoshop : titre, sous-titre, légende, encart sur les quartiers de Paris à l'époque de Vasserot, mention des sources. L'échelle en forme de barre (qui reste valable quels que soient les traitements ultérieurs) avait été exportée de QuantumGIS. La rose des vents a été extraite d'un des scans originaux d'une planche de l'Atlas Vasserot.

3) Les données en sortie

Outre la carte publiable sur papier en format A0 les données en sortie obtenues à chaque étape du travail constituent des couches de données ayant leur utilité propre. Elles sont regroupées en deux lots :

a) Le lot de données Verniquet

Ce lot comporte les trois composantes suivantes :

1. Le plan raster Verniquet assemblé et recalé. Formé de pixels de 36,65cm, ce plan autorise des impressions papier à 300 dpi en pleine résolution à une échelle un peu supérieure à 1/5000, soit 1/1500 environ pour un affichage écran en pleine résolution. L'original avait une échelle de 1/1728 et avait été scanné à 240 dpi par le Laboratoire de Démographie Historique, de l'EHESS. L'écart type empirique des erreurs de ce plan par rapport au plan actuel (lui-même à la précision du 1/500) est d'environ 1,50m. Compte tenu de cette précision la résolution du plan assemblé et recalé que nous avons obtenu est suffisante pour un usage au 1/5000.
2. Le plan vectoriel de l'enceinte des Fermiers Généraux selon Verniquet (polygones en format shape).
3. Le plan vectoriel de l'hydrographie de Paris selon Verniquet (polygones en format shape).

b) Le lot de données Vasserot

Ce lot comporte les 6 composantes suivantes :

1. Le plan raster Vasserot assemblé et recalé ici. Formé de pixels de 36,81 cm, ce plan autorise des impressions papier à 300 dpi en pleine résolution à une échelle un peu supérieure à 1/5000, soit 1/1500 environ pour un affichage écran en pleine résolution. Ce plan a été assemblé par ALPAGE à partir des 910 planches originales. Un plan représente un seul îlot, le plus souvent à l'échelle du 1/200^e : l'échelle indiquée, qui se révèle parfois fautive, varie entre le 1/90^e et le 1/2500^e, avec une valeur moyenne de 1/357^e et une valeur médiane de 1/250^e. La perte de résolution à travers l'assemblage est donc considérable : 20 fois moins ! Toutefois, la qualité topographique de ce plan, même après le recalage opéré ici, ne dépasse pas les standards actuels de l'échelle du 1/5000 (sur papier). En fait, même après recalage, ce plan ne présente pas une qualité topographique supérieure à celle du plan Verniquet recalé. Par contre, l'intérêt de ce plan réside dans les détails qu'il présente : limites de parcelles, décomposition du bâti, etc. Ceux qui restent visibles sur papier au 1/5000 (ou au 1/1500 à l'écran) sont exploitables à partir de cette couche raster recalée. Sinon... il faut remonter aux originaux !
2. Le plan vectoriel de l'enceinte des Fermiers Généraux selon Vasserot, plus proche de la réalisation que le Verniquet (polygones en format shape).
3. Le plan vectoriel de l'hydrographie selon Vasserot (polygones en format shape)
4. Le plan vectoriel des arrondissements de Paris à l'époque Vasserot réajusté (polygones en format shape).
5. Le plan vectoriel des îlots Vasserot recalé (polygones en format shape).
6. Le plan vectoriel de l'emprise de la voirie à l'époque Vasserot (polygones en format shape).

Ces deux lots de données ont été livrés, en vue de publication sur Internet par exemple, avec leurs métadonnées en format INSPIRE. Ces métadonnées renvoient au présent texte de présentation.

SOMMAIRE

1) Données en entrées :.....	3
a) Données fournies par ALPAGE, les Archives, l'EHESS	3
b) Données fournies par l'Apur.....	3
2) Processus mis en œuvre.....	3
a) Le recalage du plan de Paris de Edme Verniquet.....	4
b) La reconstitution de l'Enceinte des Fermiers Généraux de Verniquet	5
c) La reconstitution de l'Hydrographie de Verniquet	5
d) Le recalage du plan vectoriel des îlots Vasserot	5
e) L'ajustement de la position et de la forme de l'image de chaque îlot Vasserot	6
f) La reconstitution de l'Enceinte des Fermiers Généraux de Vasserot	7
g) La reconstitution de l'Hydrographie Vasserot.....	7
h) La reprise de la couche vectorielle des arrondissements de Paris Vasserot.....	7
i) La reconstitution du masque des voies.....	7
j) L'établissement de la carte à publier	8
3) Les données en sortie	9
a) Le lot de données Verniquet.....	9
b) Le lot de données Vasserot.....	9

Notice technique rédigée par Paul Rouet : état du 28 mars 2013.