Mise en place d'un WebSIG de l'île de Délos (Cyclades)

Quentin Briquet ■ *Ecole Française d'Athènes (EfA) – ESGT*

« The rest of those who have gone before us, cannot steady the unrest of those to follow. »
Finding Forrester, Gus Van Sant.

Introduction

La Grèce antique n'a cessé d'inspirer les hommes (artistes, scientifiques, philosophes...) à travers les siècles et, encore aujourd'hui, les innovations de ces temps anciens font partie intégrante de notre société (les mathématiques, la démocratie, le théâtre, les jeux olympiques...). Cette civilisation de l'Âge d'or fascine les historiens et les archéologues depuis des générations ; ceux-ci cherchent toujours à comprendre son fonctionnement et ce qu'elle peut encore avoir à nous apporter.

L'étude de l'île de Délos a commencé en 1873 ; pourtant, après cent quarante ans d'études (certes discontinues), elle intrigue toujours les chercheurs qui viennent gratter sa surface pour exhumer un peu plus ses secrets, ceux de son temps et de sa civilisation disparue. Les méthodes de fouilles ont évolué et connaissent aujourd'hui un nouveau tournant avec le développement des systèmes d'information géographique étendus sur le *web*.

Figure 1 : Vue sur le mur de berger le plus septentrional. © 2012 Quentin Briquet.

En 1996, en introduction de son mémoire *SIG Alexandrin : Essai de définition et d'implémentation d'un modèle entité-relation appliqué à l'archéologie*, Lionel Fadin remarquait que : *« L'archéologie n'est pas une science expérimentale [...], mais une discipline dite « d'érudition » dans laquelle les données doivent être cumulatives, puisqu'on ne recommence jamais deux fois la même fouille (chaque fouille entraîne la destruction de certaines informations) et que chaque chantier apporte des informations originales. Le fouilleur a donc la nécessité d'enregistrer ces données au fur et à mesure de la progression du chantier et l'obligation d'en communiquer la description (relativement brute, puis interprétée) à la communauté scientifique qui aura besoin à son tour d'en tenir compte pour d'autres recherches. »*

Seize ans plus tard, le SIG est devenu le support des nouveaux outils d'analyse et d'organisation de l'espace, et touche de nombreux domaines. Comme les nouvelles technologies permettent d'aller de plus en plus loin en matière de

dématérialisation et d'accès aux données, les développeurs et les utilisateurs s'orientent vers les *webSIG*. La spécificité du présent projet tient au fait qu'il prolonge le travail d'un travail de cartographie antérieur, l'Atlas de Délos.

Présentation du contexte

L'École française d'Athènes

Le grand intérêt de la France pour la Grèce n'est pas récent. De tout temps, les érudits ont puisé dans les écrits et le vocabulaire hellène pour constituer des pans entiers de notre culture : des ouvrages comme les Fables de La Fontaine, ou les Caractères de La Bruyère, en sont des témoignages vibrants. Le mouvement philhellène qu'à connu l'Occident dans le premier quart du XIXe siècle a sans doute amené la création en 1846 de l'École française d'Athènes par ordonnance royale de Louis-Philippe. Elle est, de fait, le plus ancien établissement scientifique français à l'étranger, ainsi que le premier institut archéologique établi à Athènes. Il s'agissait à l'époque d'une *« école de perfectionnement pour l'étude de la langue, de l'histoire et des antiquités grecques »*. Depuis 1985, sa mission consiste à stimuler *« la recherche, et la formation à la recherche, dans toutes les disciplines se rapportant à la Grèce antique et byzantine »*, mais aussi *« à s'ouvrir aux divers aspects de la civilisation du monde hellénique ancien, médiéval, moderne et contemporain »*, ce qui la confronte à toutes les périodes de l'histoire grecque. Elle a aussi un devoir de diffusion de ses recherches, et celui de contribuer au développement des échanges et de la collaboration scientifique entre la France et la Grèce dans les domaines qui relèvent de sa compétence. Par définition, elle est un lieu d'échanges entre chercheurs et spécialistes, ne se limitant pas à une communauté francophone.

Figure 2 : L'entrée principale de l'École française d'Athènes. © 2012 Quentin Briquet.

L'ÉfA a vu son champ d'activités s'agrandir avec l'épanouissement de l'archéologie en Grèce. À partir des années 1870, elle a eu la chance d'être acteur et témoin des fouilles de grands sites. L'État grec lui a confié la responsabilité scientifique de quelques chantiers prestigieux, ouverts de la fin du XIXe siècle jusqu'au début du XXe, et toujours en activité : Délos (Cyclades), Delphes (Grèce Centrale), Argos (Péloponnèse), Thasos et Philippes (Macédoine-Orientale-et-Thrace), Malia (Crète orientale). L'ÉfA s'est également impliquée ailleurs, puisqu'elle participe aux recherches menées sur Itanos, en Crète orientale, ou encore à Dikili Tash, en Macédoine (non loin de Philippes), en collaboration avec d'autres institutions (ministère des Affaires étrangères français, Service et Société archéologiques grecs, universités européennes, CNRS). Enfin, l'école opère en dehors de la Grèce : à Chypre, sur le site d'Amathonte depuis 1975, en Albanie, à Apollonia, Byllis et Sovjan, et en Bulgarie, à Pistiros.

L'ÉfA est un centre pluridisciplinaire, et l'évolution de l'archéologie la pousse à s'orienter vers des domaines jusqu'alors laissés un peu de côté comme la géomorphologie (étude de la formation et de l'évolution des reliefs), le paléo-environnement (étude de l'évolution de l'environnement) ou encore l'archéo-botanique (étude des essences végétales anciennes), pour n'en citer que quelques unes. Elle est aujourd'hui un

établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPCSCP) sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Elle dépend également de l'académie des Inscriptions et Belles-Lettres pour l'évaluation de ses activités scientifiques.

Archéologie à Délos

L'îlot de Délos, l'une des nombreuses îles des Cyclades qui constituent le réseau insulaire caractéristique de la mer Égée, se situe entre la Turquie et Athènes, proche d'îles plus conséquentes comme Naxos ou encore Tinos ; sa position en a fait un axe majeur de la circulation maritime. Délos n'est plus habitée depuis plusieurs siècles ; les îles les plus proches sont Rhénée (à 400 m à peine, au plus près) à l'Ouest, et Mykonos (à 2,5 km environ) au Nord. L'île se présente sous une forme allongée (environ 5 km/1,3 km) orientée Nord-Sud. Son relief est assez faible : son point culminant, le Cynthe, ne s'élève qu'à 113 m, ce qui est relativement modeste en comparaison des profils montagneux des autres îles des Cyclades. Malgré ses faibles dimensions, Délos n'en reste pas moins la plus prestigieuse des îles des Cyclades, grâce à son passé et à ses vestiges. En 1990, elle a été inscrite sur la liste des Monuments du Patrimoine mondial de l'Unesco, interdisant toute construction à des fins résidentielles, hormis celles destinées à accueillir les gardiens du site et les chercheurs affiliés à l'ÉfA.

Les premières traces de présence humaine sur l'île remontent au IIIe millénaire (époque primitive), cependant il faut attendre le Xe siècle et le VIIIe siècle (période géométrique) pour entrevoir une occupation permanente de l'île. Au VIIe siècle (période archaïque) l'Hymne à Apollon désigne Délos comme lieu de naissance du dieu : elle acquiert alors un caractère sacré (il sera interdit de naître ou mourir sur Délos) qui lui confère un certain prestige et attire une population plus conséquente. Durant la période classique, Délos subira le joug de différents tyrans et de la puissante Athènes : les Déliens devront s'exiler pour revenir plus tard sur leurs terres.

La déclaration de Tyr (315 av. JC) rend sa liberté à Délos qui va alors connaître une prospérité sans précédent, tant en termes économiques que politique (apparition d'une constitution). En 167 av. JC, les habitants sont à nouveau expulsés, dans un contexte de guerre entre Rome et la Macédoine, mais l'île gagne finalement un statut de port franc qui la tiendra éloignée des destructions ; elle connaîtra alors un essor économique important qui attirera de très nombreux commerçants formant une communauté cosmopolite (on retrouve aujourd'hui sur le site une ancienne synagogue et un temple des dieux étrangers).

La population de l'île atteint 25 000 personnes à son apogée, vers 90 av. JC. En 88 av. JC, une guerre éclate entre Athènes et Mithridate VI. Délos est saccagée ; vingt ans plus tard, elle est de nouveau pillée par des pirates (sous protection du même Mithridate). Délos perd son rayonnement, elle n'est désormais plus habitée que par une faible population de pêcheurs et de fermiers. Au début du IVe siècle, on note une occupation chrétienne discrète, marquant peu le paysage urbain. Par la suite, l'île sera ravagée à plusieurs reprises par les Slaves et les Sarrasins, puis conquise, successivement, par les Latins au début du XIIIe siècle et les Turcs au XVIe siècle.

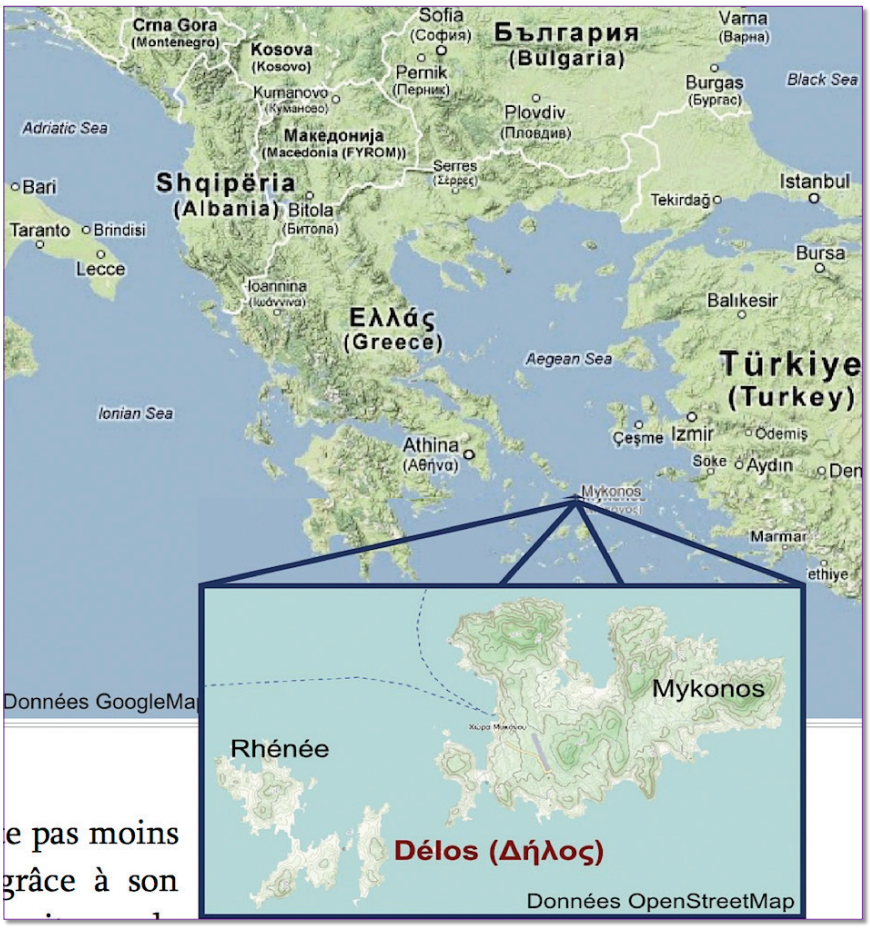

Figure 3 : Situation de l'île de Délos.

Figure 4 : Le Cynthe et le temple d'Isis. © 2012 Quentin Briquet.

Délos ne sera pas oubliée : de nombreux voyageurs font part de leur enthousiasme à la vue des ruines antiques, des cartes vont être tracées, puis les archéologues vont venir étudier ce trésor oublié. En mai 1873, l'ÉfA entreprend, pour la première fois, une fouille de grande envergure. La faible population restante de pêcheurs et d'artisans quitte alors définitivement l'île, la laissant aux mains grecques et françaises pour les études archéologiques et le tourisme.

L'ÉfA sur place

Les chercheurs se rendant sur place sont des archéologues appartenant à des instituts de recherche (CNRS, IRAA, Maison de l'Orient et de la Méditerranée...) ou des professeurs d'université. Ils possèdent différents profils, différentes spécialités (épigraphie, céramique, éléments architecturaux, etc.) ; on retrouve également des architectes et des géomètres-topographes, travaillant de concert avec les chercheurs. Chercheurs et architectes apportent leurs idées sur la signification de la situation conjointe d'un trou à mi-hauteur et de la présence de tuiles, pour spécifier l'importance d'un magasin et son mode de fonctionnement. Le géomètre-topographe, quant à lui, dresse des plans et des coupes qui viendront corroborer ou infirmer des hypothèses.

Le travail archéologique effectué à Délos a déjà permis d'extraire davantage d'éléments hellénistiques que partout ailleurs, raison pour laquelle elle représente un joyau aux yeux des chercheurs. Toutes les constructions postérieures à cette période ont été répertoriées (importance d'une sauvegarde de la mémoire) puis détruites pour pouvoir atteindre la strate sous-jacente. Par exemple, on ne retrouve que peu d'éléments romains aujourd'hui, bien que l'île ait été occupée sous l'Empire. Pour étudier l'Histoire, il faut donc la défaire : cela ajoute plus d'importance encore au travail de fouilles et au soin qu'il nécessite.

Malgré cent cinquante ans de présence scientifique, l'île conserve toujours de nombreuses zones inexplorées : les fermes, les magasins… Ces zones avaient été laissées de côté pour pouvoir se concentrer sur des éléments plus prestigieux : les temples, l'agora, le théâtre.

L'Atlas de Delos

L'Atlas de Délos a été initié par une équipe française habituée du site (Jean-Charles Moretti, Myriam Fincker et Véronique Picard) et par le service topographique de l'ÉfA (Lionel Fadin). Les cartes sont issues d'un travail de levé de huit mois, étalé sur sept années, durant lesquelles des collaborateurs de différents horizons (ÉfA, IRAA, universités...) ont travaillé main dans la main, chaque année, entre 2004 et 2010. Le service de photogrammétrie de l'ESGT (André Balandier et Éric Labergerie) a également été mis à contribution pour le plan général de l'île, au travers de conventions signées entre les deux écoles en 2003 puis en 2009. Vingt autres collaborateurs ont également participé à ce projet.

Figure 5 : Travail de relevé sur la salle Hypostyle. © 2012 Quentin Briquet.

Le travail préparatoire

La mise en place du projet a fait appel au meilleur du travail du géomètre-topographe. Comme l'écrit Jean-Charles Moretti dans la préface de l'Atlas : *« Relever c'est choisir : sélectionner l'objet et le niveau de détail de la représentation graphique, retenir des outils et des méthodes de relevé, des modes de représentation, des échelles et des techniques de dessin, des formats et des types de supports. »* Le but était que les plans représentent l'état actuel de l'île, avec ses vestiges antiques et médiévaux, mais aussi avec ses restaurations et ses constructions modernes. Le projet a débuté par le choix des différentes échelles de l'Atlas, c'est-à-dire la précision du levé. Il a également été nécessaire d'opter pour un système référentiel défini sur l'ensemble du territoire, de sorte à pouvoir utiliser un équipement GPS différentiel sans pour autant changer les habitudes des chercheurs. Le système local Dellinger, qui peut être rattaché au système national grec en vigueur (ΕΓΣΑ87 ou HGRS87), a été retenu, car coutumier aux archéologues.

À l'origine, l'équipe instigatrice avait espéré n'avoir à effectuer qu'un travail de mise à jour des anciens plans ; malheureusement, cet exercice s'est avéré trop important. Il a donc été décidé de tout reprendre plutôt que de modifier des documents manifestement erronés. La photogrammétrie a permis d'effectuer le recensement des contours rocheux de l'île et des constructions marquantes. Pour les méthodes de levé sur le terrain, on a eu recours au DGPS : la souplesse qu'il apporte a permis de travailler en milieu accidenté, où il n'était pas nécessaire d'obtenir une grande exactitude ; pour le levé précis ou de détail, l'équipe a utilisé une station totale. Enfin, lors des nombreuses campagnes de compléments ou de vérification, un niveau de chantier (relevé de profils), des télémètres et double-mètres (intérieur des citernes) ont été sollicités.

Le levé archéologique a ceci de particulier qu'un topographe aura bien du mal à déterminer l'importance de certains éléments, et à leur attribuer une dénomination juste, de sorte qu'un mur moderne et un mur de berger ne soient pas confondus, ou encore que le magasin soit justement délimité lorsque son seuil se retrouve sous le niveau de la mer. Trois personnes travaillaient de concert : l'opérateur, le porte-prisme et la planchette. Ce dernier reprenait d'anciens plans (via des calques au 1/100), lorsque cela était possible, ou dessinait des croquis. Une connaissance théorique des lieux et des éléments observables s'imposait afin de gagner du temps pour le travail de dessin qui allait faire suite.

À partir des points reportés sur les croquis et les calques d'anciens plans, une première version a été élaborée sur le logiciel *Adobe Illustrator*. Elle a fait l'objet de vérifications sur le terrain et, si nécessaire, de compléments de relevés topographiques. Une deuxième série de vérifications a été entreprise après les premières corrections. Enfin, une première

version des planches a été montée conformément aux dimensions et à l'échelle prévues dans l'Atlas ; ces épures ont été vérifiées deux fois sur le terrain, pour être de nouveau montées en document définitif. Au total, 101 756 points ont été relevés.

La convention graphique

Dessiner un atlas demande de la préparation. Le choix des couleurs et des nuances est important, pour offrir une clarté et un confort dans la lecture, sans pour autant y perdre en contraste. Ces plans seront photocopiés par les chercheurs qui souhaitent ainsi disposer de copies à emmener sur le terrain. Pour cette raison, l'attention s'est portée sur les dégradés de gris, afin que les plans soient faciles à reproduire, laissant les couleurs à des éléments particuliers, paysagers (hydrographie) ou topographiques (courbe de niveau, station de relevé...).

L'indication du niveau de conservation des différentes constructions ainsi que la prise en compte leur caractère non uniforme a posé problème. En outre, il a fallu dessiner parfois deux à trois niveaux d'élévation, doublant, triplant les conflits potentiels. Enfin, tout comme sur le terrain, l'équipe de dessinateurs a dû interpréter des éléments pour les représenter au plus juste, c'est-à-dire trouver un compromis entre la richesse informative et la soumission aux conventions graphiques.

Pour la gestion de l'ensemble des données topographiques, qu'elles soient issues de levés de terrain à la station totale, au DGPS ou de tracés par photogrammétrie, le logiciel *AutoCAD* a été associé au logiciel de topographie *Covadis* (calculs de points, de MNT...). Pour la suite, le rendu final de tous les plans, quelle que soit leur échelle, a été exécuté avec *Adobe Illustrator*, logiciel le mieux maîtrisé par l'équipe en charge du dessin, et ce en dépit de son absence d'outil de géoréférencement. Les figures ont d'abord été dessinées par petits groupes d'éléments au 1::200, pour ensuite être généralisées au 1::1000, en conservant les limites de constructions humaines du 1::200 et en rajoutant des courbes de niveau et des détails moins précis. Les planches au 1::2000 et 1::5000 ont été réalisées de la même façon, de sorte que la précision du levé soit reflétée correctement sur le dessin. Les différents groupes ont été rassemblés de façon à montrer un monument en entier et respecter certaines logiques archéologiques.

Figure 6 : Vue méridionale des magasins occidentaux. © 2012 Quentin Briquet.

L'avenir de l'Atlas de Délos

Malgré le travail dantesque effectué au cours de ces dix dernières années, et toutes les qualités du document, les planches que l'on trouvera dans l'Atlas comporteront les défauts communs à tous les documents graphiques imprimés : aucune mise à jour possible, un nombre d'échelles limité et donc parfois inadapté au besoin du chercheur, des dimensions trop importantes (certains plans mesurent 61x94 cm, avec un pliage en huit)...

En outre, la publication prend beaucoup de temps. Alors que l'Atlas a été achevé en juin 2011,

Figure 7 : La Terrasse des lions. © 2012 Quentin Briquet.

sa sortie n'est pas prévue avant 2013, de quoi laisser ses potentiels utilisateurs démunis. La réalisation d'un SIG permettrait une mise à jour et à disposition immédiate de la communauté délienne.

L'idée d'un SIG qui saurait répondre à ces lacunes a été assez tôt prise en compte. À l'été 2006, Christian Rossi, alors élève de deuxième année à l'ENSG, était venu effectuer un stage de trois mois au sein de l'ÉfA. Ce stage avait pour objectif d'étudier des solutions techniques afin d'exporter les données numériques graphiques de l'Atlas vers un logiciel de SIG. Son rapport final expliquait comment contourner l'absence de géoréférencement d'*Adobe Illustrator*, et comment travailler par la suite avec le logiciel de SIG bureautique *MapInfo*. Il avait également mis en place certains outils supplémentaires sur cette plate-forme et le projet ne demandait que la finalisation de l'Atlas pour démarrer.

Le SIG de Délos : prérequis

La première étape du projet a consisté à recenser les attentes des futurs utilisateurs de l'outil : la communauté de chercheurs déliens. Des dix réponses obtenues, il est ressorti que les scientifiques :

- Souhaitaient disposer de tous les outils classiques des logiciels SIG (navigation, système de couches, impression, interrogation spatiale et sémantique) ;
- Espéraient d'autres outils, dont notamment la visualisation en 3D : l'archéologie moderne travaille beaucoup avec les nouvelles technologies, parmi lesquelles la représentation en trois dimensions. De nombreux édifices déliens ayant déjà été modélisés, il serait en effet intéressant de les inclure dans les données ;
- Demandaient un outil simple d'utilisation pour pouvoir être utilisé par un non géomaticien ;
- Réfléchissaient sur la question de la sécurité des données et leurs conditions de diffusion. Le SIG Délos, un outil propre à la communauté de chercheurs délienne, sera fermé. En outre, l'archéologie en France affiche une certaine réticence à diffuser ses découvertes avant qu'elles ne soient publiées, ce qui demande parfois bien des années après le début des études.

Une fois le cahier des charges relativement bien cerné, l'autre étape liminaire consistait à faire le tour des données existantes pouvant être, à terme, intégrées au SIG. On dénombre trois sources principales : l'Atlas de Délos, les archives de l'école et les données privées des chercheurs.

L'Atlas de Délos

L'Atlas numérique de Délos se compose de :

- Une planche au 1::50000 : toute l'île y figure, un point indique l'origine (0,0) ;

• Une planche au 1::5000 : plan simplifié des parties fouillées de la ville antique et des zones où des vestiges affleurent ;
• Une planche au 1::2000 : plan de la ville antique ;
• Quatre planches au 1::1000 : plans des secteurs N-E, N-O, S-E et de la baie de Fourni ;
• Trente-six planches au 1::200 : plans des monuments et autres zones importantes ;
• Cinq planches représentant treize profils au 1::200 : profils en long de différents quartiers et sanctuaires.

Ces planches se chevauchent toutes, en raison des différentes échelles, mais aussi de la proximité des monuments. On y retrouve toutes les informations de la version imprimée. On a également pu récupérer les fichiers d'origine avant l'assemblage des différents monuments et le dessin au 1::1000 (et aux autres échelles plus petites). Ces plans ne possèdent ni courbes de niveau, ni noms de légende ; en outre, certains éléments complétés lors de vérifications terrain n'y apparaissent pas. Ils disposent tous d'un carroyage qui pourra être utilisé, par la suite, pour permettre une mise à l'échelle ou un géoréférencement.

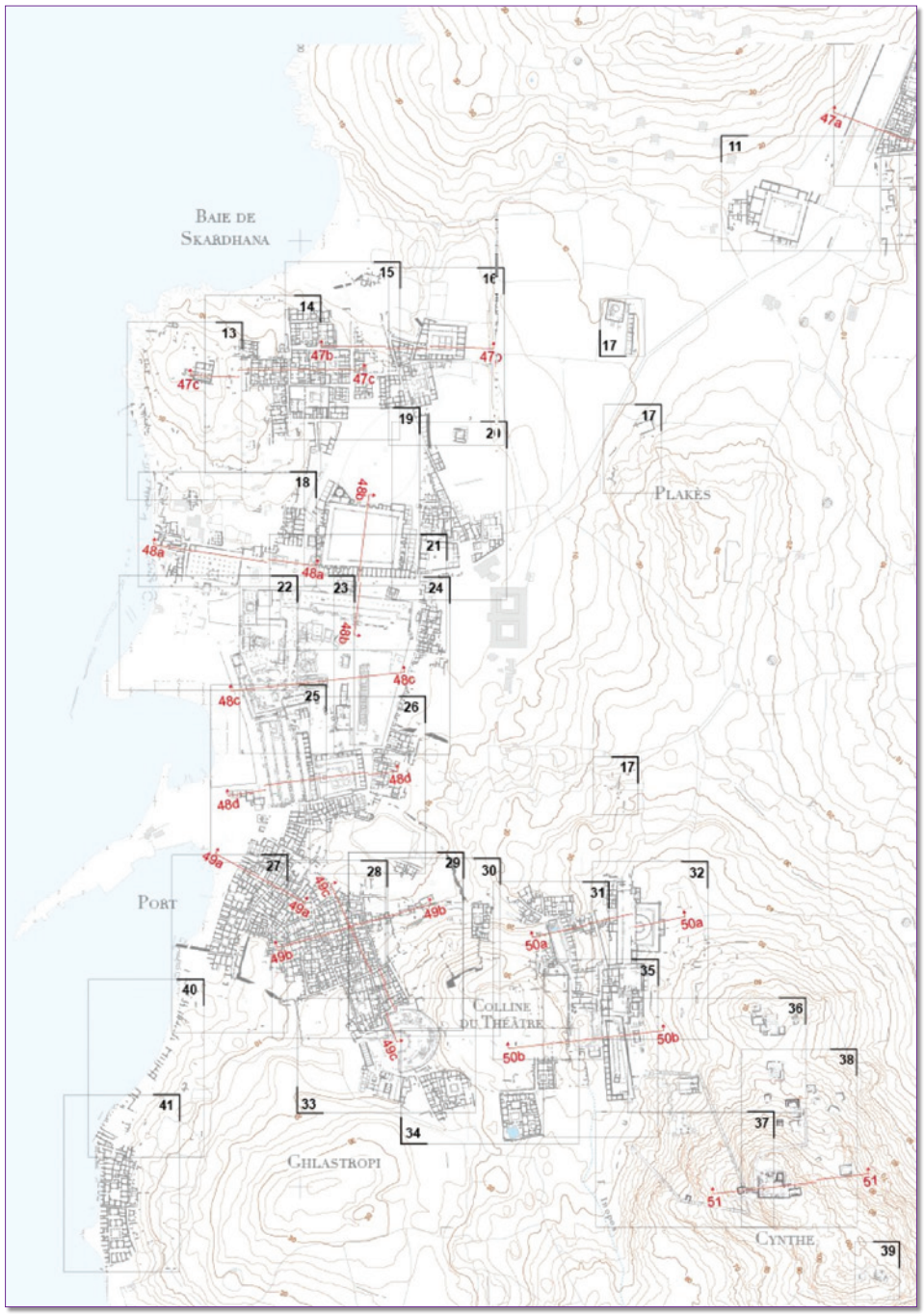

Figure 8 : Feuille d'assemblage des différents GD de l'Atlas.

Archives de l'École

Un SIG sans données autres que géographiques ne correspond pas à sa définition. Comme nous l'avons vu, l'ÉfA existe depuis 1846, et étudie Délos depuis 1873, il y a donc énormément d'informations à disposition pour ce projet.

On retrouve tout d'abord différentes données manuscrites qui peuvent être numérisées, dont le Guide de Délos. Ce manuscrit détaille scrupuleusement les éléments présents sur l'île. L'école dispose d'une bibliothèque, d'une planothèque et d'une photothèque ; cependant, la somme des documents est telle que les archives peinent à enregistrer les nouvelles arrivées en même temps qu'elles doivent prendre en charge les documents plus anciens. Le retard s'accumule, d'autant que la photothèque et la planothèque subissent actuellement une mise à niveau pour une meilleure insertion des données dans le projet *ArchIMAGE*. Un nouvel agent aura la charge de piloter les systèmes d'archivage.

L'ÉfA dispose également de données numériques. Depuis le site d'accueil de l'École (*www.efa.gr*), on peut accéder à :

• **ArchIMAGE** : un outil de consultation et de commande, en cours d'élaboration, qui donnera accès à l'ensemble des documents graphiques et photographiques, conservés respectivement à la planothèque et à la photothèque de l'ÉfA ;

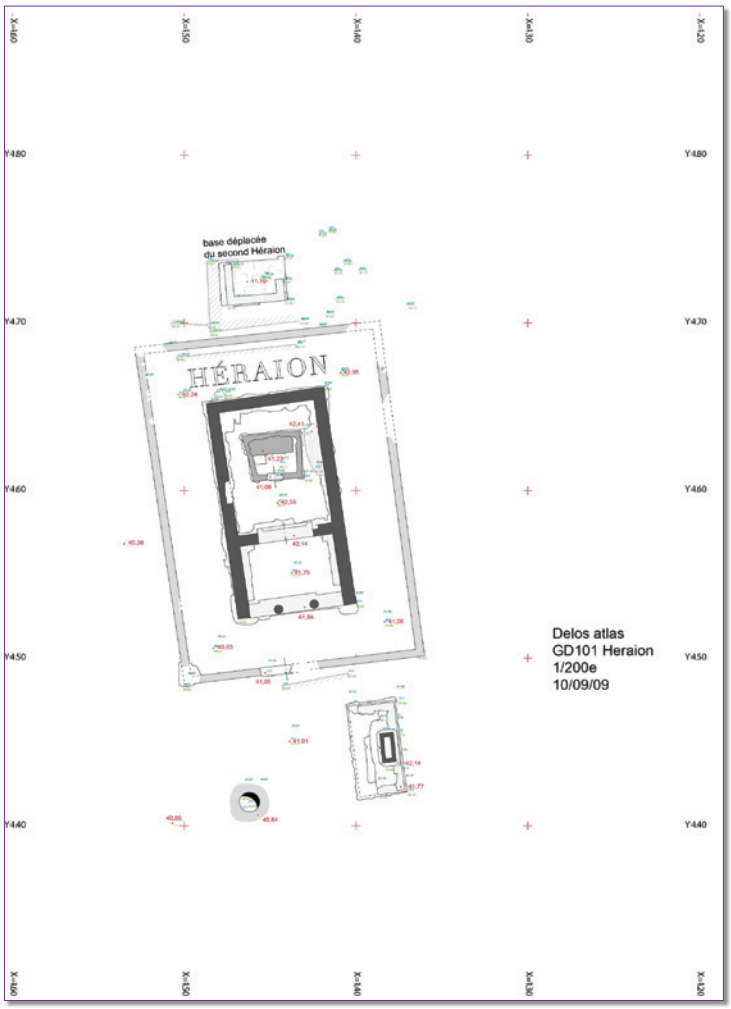

Figure 9 : Le GD 101 avant assemblage.

• Les **BCH** (Bulletins de Correspondance Hellénique) : rassemblement des études sur l'Antiquité et des chroniques de fouilles et de découvertes archéologiques ;

• La liste des **CADIST** (Centres d'Acquisition et de Diffusion de l'Information ScienTifique) : ensemble de bibliothèques françaises, spécialisées pour la recherche, regroupées par discipline (Art et archéologie, antiquité...) ;

• Le **catalogue de la bibliothèque** : liste des ouvrages présents au sein de la bibliothèque de l'ÉfA ;

• Les **CEFAEL** (Collections de l'École Française d'Athènes En Ligne) : une bibliothèque numérique regroupant l'intégralité des ouvrages publiés par l'ÉfA depuis 1877 ;

• La **Chronique des fouilles** en ligne : une base de données illustrée qui informe des dernières découvertes archéologiques faites en Grèce et à Chypre, dispose d'un outil cartographique pour localiser les opérations de terrain à l'intérieur d'un site et de sa région.

Toutes ces données sont disponibles, mais elles demandent une étude de leur organisation et du moyen de les lier au SIG.

Base de données des chercheurs

Beaucoup de chercheurs travaillent actuellement avec *FileMaker Pro*, en grande partie car il s'agissait du format que l'ÉfA requérait. Tout cela devrait bientôt évoluer au profit d'*Excel* (ou un autre logiciel tableur), plus souple et présentant les mêmes avantages.

Solution technique

Le SIG à mettre en place devait répondre à certains besoins : contenir des outils géomatiques spécifiques, être accessible à un grand nombre d'utilisateurs et proposer une large quantité d'informations et avant tout celles appartenant à l'Atlas de Délos.

La nature des besoins a conduit à choisir un *webSIG*, en rupture avec la proposition faite lors du premier stage de 2006 où une solution bureautique avait été envisagée, solution qui avait été mise de côté pour privilégier la finalisation de l'Atlas de Délos. Six ans plus tard, les technologies ont beaucoup changé, et il est normal que les réponses évoluent avec elles. Pour arriver au résultat final, il est nécessaire de passer par différentes étapes :

• L'extraction des données depuis *Adobe Illustrator* grâce à *MAPublisher* ;
• Le transfert des données vers un système de gestion de base de données et la mise en place de certaines bases de données grâce au triptyque *ArcInfo*, *QGIS* et *PostgreSQL/PostGIS* ;
• Le transfert des données vers un serveur cartographique et la création de différents styles graphiques pour la visualisation des données avec *GeoServer* ;
• La création de différents outils via les bibliothèques cartographiques client *OpenLayers*, *GeoExt* et *Ext*.

La récupération des données

La première question qui s'est posée était de savoir si les données numériques de l'Atlas pouvaient être directement exploitables sur un logiciel de SIG. En 2006,

Christian Rossi préconisait de convertir les informations avec *MAPublisher*, pour pouvoir les exploiter par la suite sur *MapInfo*. Lorsque l'on compare les formats de sortie que propose *Adobe Illustrator* dans sa dernière version, la CS5.1, et les formats reconnus par les différents logiciels de SIG, on ne retrouve qu'un seul format commun, le DXF. C'est parce moyen que l'équipe de dessin a pu récupérer l'ensemble des points topographiques calculés avec *Autocad* et *Covadis*. Pour autant, les difficultés d'affichage et de traitement rencontrées en suivant cette piste ont démontré que l'utilisation de ce format, en sortie directe depuis *Adobe Illustrator*, conduisait à une impasse. Ainsi, malgré six années d'évolution des logiciels, *Adobe Illustrator* ne permet toujours pas d'effectuer du géoréférencement et de l'export de données en format SIG. *A contrario*, le passage inverse est plus facile, car le logiciel de dessin vectoriel peut lire plus de formats qu'il n'en exporte. Cette situation peut se comprendre, les géomaticiens ayant l'habitude d'exporter leurs cartes et de les enrichir avec un logiciel de DAO, comme *Adobe Illustrator* par exemple.

Pour régler cette question, il a donc fallu utiliser *MAPublisher*, un logiciel de cartographie pour *Adobe Illustrator*. Ce logiciel propose différents outils, dont *MAP Views*, sa pièce maîtresse, qui ajoute une dimension géographique aux données vectorielles. Il crée une carte virtuelle, caractérisée par un système de projection et une échelle, dans laquelle seront insérées les différentes données en fonction de leur typologie.

Après la définition du système de projection orthonormé local adéquat, la géolocalisation des différentes couches graphiques grâce à la spécification d'une échelle et à la saisie de points d'amer, il a fallu gérer la question des calques, souvent pléthoriques, car *MAP Views* requiert des noms de couches uniques. Or, dans les planches de l'Atlas, on ne trouve qu'une centaine de noms qui se répètent *ad libitum*. L'utilisation d'un script *JavaScript* a permis de contourner en partie ce souci. Finalement, on doit définir un format d'export pour les données (vectorielles et attributaires) qui conserve un maximum d'informations.

Plusieurs essais ont été effectués avec les trois principaux logiciels de SIG bureautique que sont *ArcGIS*, *MapInfo* et *QGis*. Les deux premiers gèrent des formats différents, *QGis* autorisant un peu tout. La première mauvaise surprise a été de se rendre compte que le *Shapefile* ne prend pas en compte les textes lors de l'export. Le format *.tab* laisse une plus grande liberté, car *MapInfo* tolère plusieurs types d'objets dans une même couche, et parce que *MapBasic* permet, entre autres, de modifier les tables attributaires grâce au langage SQL. En utilisant *Scriptgen* il devenait aisé de renseigner les tables, ce qui paraissait important. Revers de la médaille, le *.tab* s'importe difficilement dans *PostgreSQL/PostGIS*, en partie à cause du mélange des typologies dans les couches.

Vu les résultats médiocres, une autre solution consistait à leurrer le logiciel *ArcGIS* en passant par le format *.dxf*. L'export en *.dxf* a permis de conserver toutes les typologies, dont les textes qui se retrouvent sous forme d'« annotations ». Avec les outils de conversion et de géotraitement d'*ArcInfo*, les *.dxf* ont été transformés en *Shapefiles* contenant les informations intéressantes ; les *Shapefiles* se stockent aisément dans un SGBDS.

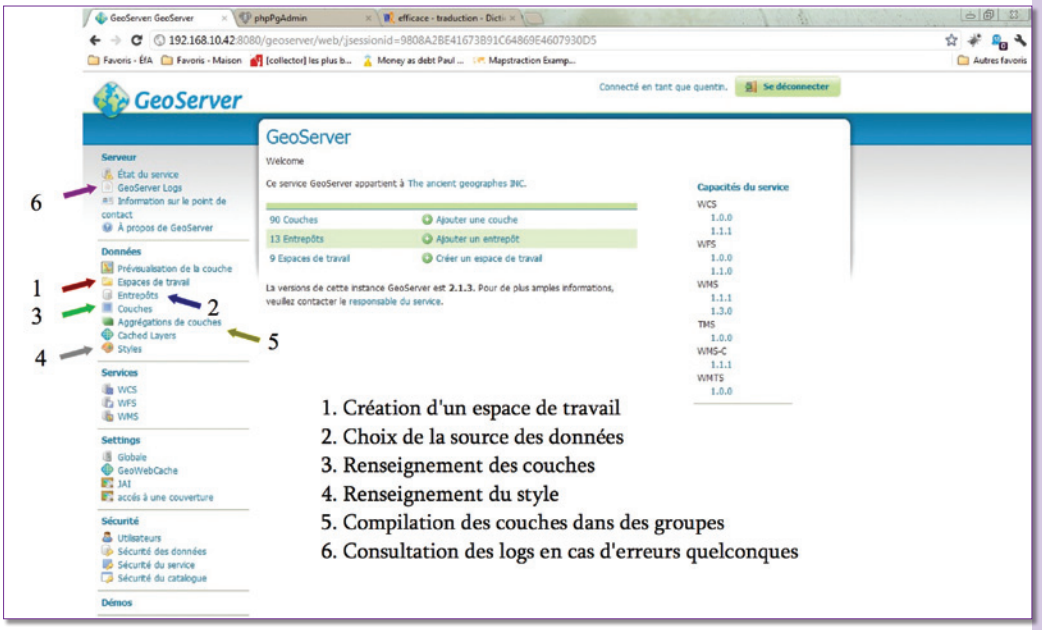

Figure 10 : Fenêtre administrateur de GeoServer.

Le travail d'export des données depuis *Adobe Illustrator* vers *ArcGIS* a porté non sur les planches mais sur les GD isolés. De cette façon, on se retrouve avec beaucoup moins de doublons dans les données ; il faut, cependant, procéder ensuite à une complétion en comparant les planches de l'Atlas avec les données obtenues.

Le travail avec les bases de données

Quantum GIS est le premier logiciel gratuit utilisé sur le projet, on profite ici d'une de ses

nombreuses extensions, *Spit*, qui permet d'importer des *Shapefiles* vers le couple *PostgreSQL/PostGIS* ; cette extension propose une interface ergonomique et simple d'accès. Pour effectuer le transfert, on ouvre une connexion à une base de données spatiales puis l'on spécifie les fichiers que l'on veut exporter et certaines métadonnées relatives au système de projection ou le nom du champ contenant les géométries.

Fignoler les données avec *GeoServer 2.1*

La particularité de notre projet est qu'il travaille avec des données inédites et plus précises que toutes les autres. Il n'y a donc aucun intérêt à faire appel aux fonds de plan *Google Maps* ou *OpenStreetMap*. On a donc opté pour un programme unique dédié, comme *MapServer* ou *GeoServer*, pour gérer des requêtes cartographiques. Ces deux programmes fonctionnent un peu différemment, *GeoServer* a été retenu pour différentes raisons qui seront exposées ci-dessous.

GeoServer, au contraire de *MapServer*, propose une interface utilisateur bien développée accessible depuis un navigateur. Il offre différents menus, dans lesquels on retrouve principalement :
• Serveur : l'état du service et les messages d'erreurs (logs) ;
• Données : les outils de gestion des données (styles, cache, métadonnées) ;
• Sécurité : la gestion des sécurités sur les données mais aussi sur les utilisateurs, le service ou encore le catalogue ;
• Démo: un ensemble de requêtes exemples pour s'habituer aux concepts des services cartographiques.

GeoServer demande de charger les données de *PostGIS* dans ses propres fichiers, pour améliorer son temps d'exécution ; idem, il gère des fichiers de « cache ». Au chargement des données, il faut préciser certaines métadonnées, comme le système de projection, les emprises géographiques et cartésiennes ou encore le style graphique ; ce dernier peut être personnalisé grâce au gestionnaire de style SLD. À noter qu'on peut agréger des couches pour regrouper de nombreuses tables, ce qui s'avérera nécessaire par la suite, et gérer l'ordre de superposition de celles-ci. Il est déjà possible, à ce moment, d'avoir un premier aperçu du résultat final en prévisualisant les données dans différents formats (image ou vectoriel).

La décision d'opter pour *GéoServer* plutôt que *MapServer* a été motivée par la capacité du premier de traiter des services *web* WFS-T, afin que des chercheurs puissent mettre à jour la base de données à distance.

Bibliothèques de fonctions

L'outil SIG doit répondre à plusieurs critères :
• Être complet, proposer les outils dont auront besoin ses utilisateurs ;
• Être ergonomique, disposer d'une interface confortable et d'une prise en main rapide ;
• Être agréable à voir, les codes couleur doivent être bien compris pour améliorer la compréhension.

Le respect de ces exigences passe par un travail de personnalisation sur différents fichiers : un fichier HTML, des scripts en langage de programmation, qui contiennent les fonctions et les paramètres, et le ou les fichiers en langage CSS, qui permettent de configurer la structure et le graphisme de la page *web*. Le nombre de bibliothèques de fonctions utilisées sur ce projet est important (*OpenLayers*, *GeoExt*, *Ext* et *GXP*), toutes ne sont pas spécifiques à la cartographie. Chacune possède des outils plus ou moins pratiques, plus ou moins faciles à mettre en place, et de manière plus générale, tous les outils ne sont pas regroupés dans une seule bibliothèque.

Le résultat final

Les données présentes dans le SIG Délos

Les données sont enregistrées et peuvent être mises à jour à partir de la base « Atlas » dans *phppgAdmin*. Il a été possible d'exporter toutes les données de l'Atlas dans *GeoServer* et de leur attribuer des styles graphiques proches de ceux de la version papier ; seule la situation des termes grecs reste à clarifier. Ces éléments apparaissent dans le SIG, avec leurs attributs issus du champ *Layer* récupéré lors de l'export *MAPublisher* et du champ origine qui indique s'ils proviennent des GD isolés ou des planches assemblées.

Seule une partie des bases de données chercheur concernant le recensement des inscriptions, mise en place par Stéphanie Maillot (2006), et des points de référence topographiques *Dellinger* sont pour l'instant référencés, car aucune nouvelle donnée n'a été fournie. Elles proposent un certain nombre d'informations ou une fiche numérique récapitulative.

En plus de ces données, qui étaient prévues à l'origine du projet, on a ajouté des surfaces recouvrant des éléments archéologiques ou des sous-éléments qui sont renseignés dans le Guide de Délos. Ces objets aident à lier l'Atlas papier, le SIG et le Guide de Délos, à partir desquels on peut procéder à des recoupements et donc à des analyses.

Le graphisme des données

Un autre point fort de *GeoServer* était le langage SLD pour l'attribution de style aux couches. À la

manière du XML ou des poupées russes, il fonctionne par balises emboîtables, et permet ainsi de nombreuses options. Il accepte de styler aussi bien des éléments de dessin que des éléments de texte, et propose l'affichage d'étiquettes. De plus, il permet d'établir des règles qui configurent le style en fonction d'une échelle de zoom, des attributs d'une couche... Le style décrit par ce langage fait partie des paramètres à insérer dans les fonctions d'appel aux couches (WMS et WFS).

Pour les données issues de requêtes WMS, la description du *design* passe par un fichier SLD complet. L'indication, dans les paramètres d'appel de la couche, que le style est décrit par du SLD suffit pour qu'il soit pris en compte. En revanche, les données issues de requêtes WFS demandent à spécifier dans les paramètres d'appel la totalité du style choisi. Il ne s'agit alors plus d'un fichier SLD complet, on dispose donc d'un peu moins de possibilités.

Les outils présents dans le SIG Délos

La première chose que l'on demande à un SIG est de proposer une visualisation de carte. La dimension de la carte a été privilégiée en regroupant la plupart des outils sur un côté de la page web.

La fenêtre carte affiche des données vectorielles et images. Cette distinction permet un temps de chargement moins long et une séparation des outils qui conviennent à un certain type de données. Elles sont récupérées par le client cartographique via des requêtes WMS (*GetMap*) et WFS (*GetFeature*) qui sont inscrites dans des fonctions *Layers* d'*OpenLayers*, les paramètres indiquant la couche *GeoServer* spécifique. Le SIG Délos se compose de neuf couches :

- Le fond de plan : les limites côtières de Délos ;
- Les couches de dessin provenant de l'Atlas de Délos ;
- Les couches de données chercheurs ;
- La couche représentant les éléments du Guide de Délos.

Ces couches ajoutent de l'information, mais alourdissent les traitements, c'est pourquoi il faut offrir un outil de sélection, *LayerSwitcher*, qui laisse le soin à l'utilisateur de choisir les informations qui l'intéressent.

Le cadre contenant la carte est très épuré, on ne trouve que trois outils : une croix directionnelle, une échelle de zoom et un historique de navigation. Ceux-ci sont de dimensions appropriées pour ne pas gêner la visualisation de l'utilisateur, et sont directement visibles pour que celui-ci les utilise naturellement. Seul l'outil de zoom a été personnalisé pour ne proposer qu'un certain nombre d'échelles (empêchant notamment d'accéder à une échelle pour laquelle la précision des données n'est pas garantie).

Une carte réduite (synoptique) utilise une échelle plus petite de celle de la carte ; en-dessous figurent l'échelle active et les coordonnées du pointeur de la souris : ces trois éléments renseignent l'utilisateur sur sa position courante. Deux menus déroulants donnent la possibilité de cibler un ou plusieurs éléments en fonction de leurs attributs, et de se centrer dessus. Cet outil fonctionne en plusieurs étapes : la base de données est interrogée pour en récupérer les descriptifs et les numéros de GD existants ; ces éléments sont affichés dans deux menus déroulants ; lorsque l'utilisateur sélectionne un nom, une fonction *JavaScript* détermine le ou les éléments de la carte qui contiennent le même nom dans leur table attributaire. Ensuite, la fenêtre se centre sur l'un d'entre eux.

Une des demandes qui avait été faite par les chercheurs était de pouvoir obtenir des distances entre points et les dimensions de certaines pièces. Il s'agit de

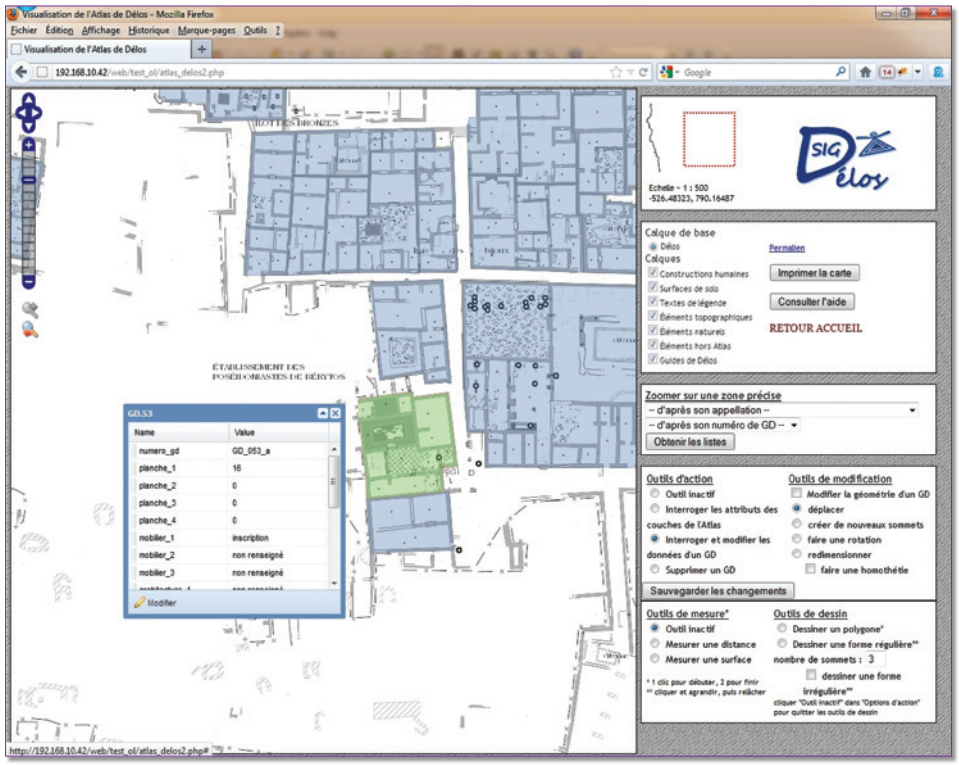

Figure 11 : Consultation du webSIG sous Firefox.

deux fonctions proposées par *OpenLayers*. Le dessin des surfaces, rappelant les éléments décrits dans le Guide de Délos, aurait pu être effectué sur *Adobe Illustrator* ; cependant, il est intéressant de court-circuiter *ArcGIS* pour effectuer du dessin et le partager (il y a 127 numéros de GD, et la plupart d'entre eux sont subdivisés en deux parties ou plus). *OpenLayers* propose plusieurs fonctions pour dessiner différents types de formes (ligne, polyligne, polygone, polygone régulier, point...). Elles permettent d'ajouter temporairement un élément dans la couche *GeoServer* ; cependant il n'est possible d'ajouter dans une couche que des objets de même type (pas de points dans la couche « Guide de Délos »). Pour enregistrer tout nouvel objet dans la base de données, on fait appel à un service WFS-T, via le bouton *Sauvegarder les modifications*.

L'outil d'interrogation des couches de l'Atlas déclenche l'ouverture d'un *pop-up* qui contient les attributs des éléments de l'Atlas de Délos ciblés ; il s'agit ici d'une requête *GetFeatureInfo* proposée par le service WMS. L'outil supprimer un GD appelle diverses fonctions *OpenLayers* pour savoir où l'utilisateur a cliqué, cibler l'élément, puis supprimer le dessin mais aussi les attributs. Pour autant, il est toujours possible de revenir en arrière en rechargeant la page. La modification de la base de données, via le bouton *Sauvegarder les modifications*, envoie une requête WFS-T, une opération définitive sauf restauration de la base.

L'outil Interroger et modifier les données d'un GD met en jeu trois bibliothèques : *OpenLayers*, *GeoExt* et *GXP*. Pour commencer, on embraque la carte dans un panneau spécifique à la bibliothèque *GeoExt* avant d'appeler la fonction *pop-up* de *GXP*. La sélection d'une des surfaces, via une fonction d'*OpenLayers*, engendre une requête *DescribeFeatureType* (WFS) pour stocker les attributs dans un tableau ; celui-ci est ensuite inséré dans un nouveau *pop-up* qui offre des fonctions, comme la modification de l'élément ; le bouton *Modifier* provoque l'édition de la forme et l'édition du fond ; enfin, l'enregistrement par requête WFS-T est également définitif. Quoique l'on puisse modifier la forme d'un élément vectoriel avec cet outil, l'étendue des changements reste réduite. Pour combler cette lacune, cinq autres boutons ont été ajoutés correspondant à la primitive *ModifyFeature* d'*OpenLayers*. Il n'est possible d'effectuer qu'un seul type de modification à la fois, les éléments doivent être dé-sélectionnés puis re-sélectionnés. Comme pour les autres outils, il ne s'agit que d'une modification temporaire, il sera donc nécessaire à l'utilisateur d'utiliser le bouton d'enregistrement.

La fonction d'impression restitue tout ce que l'on peut voir dans la carte (échelle respectée, choix des couches mémorisé...). Le bouton renvoie en fait vers une nouvelle page qui contient l'élément carte de la page SIG Délos ; il s'agit d'une fonction en PHP.

Les machines supportant le SIG Délos

Le SIG Délos est accessible à partir d'un ordinateur relié au réseau de l'École, mais pas seulement. Des essais sur un *smartphone* et une tablette (sous *Android*) ont été menés et ont donné un résultat concluant. En théorie, à partir du moment où un explorateur *Internet* moderne (acceptant le *JavaScript*) est utilisé, il n'y a pas de limitation sur le choix de la machine.

L'avenir du projet

L'École française d'Athènes s'est montrée satisfaite, elle désire même ouvrir un projet de *webSIG* pour le site de Delphes. Cependant, tous les points sont à améliorer : au-delà du choix des logiciels, certains objectifs devront être étudiés prioritairement.

L'enrichissement de la base de données

Il faudrait creuser l'interopérabilité possible entre la base de données et celles de l'ÉfA afin d'offrir des éléments plus complets au chercheur (plans, photographies, articles, bibliographies…), en partenariat avec le responsable d'*ArchIMAGE*.

Les scientifiques devront s'astreindre à renseigner des champs et à utiliser des appellations, pour disposer une base de données géolocalisée propre.

Il sera nécessaire de remettre à jour les champs de la base de données « Atlas » utilisée sur ce projet, pour qu'elle s'adapte le mieux possible aux autres bases et à de nouveaux besoins.

À la rentrée prochaine, une nouvelle personne intégrera l'ÉfA afin de s'occuper des archives d'une manière globale, d'assurer une meilleure interopérabilité et d'imposer certaines normes aux différents bureaux d'archives de l'École. Il faudra lui présenter le projet et ses enjeux : l'accès, la diffusion et l'enrichissement des données conservées par l'École.

Malgré certaines promesses, aucune nouvelle donnée n'a été fournie par les chercheurs déliens. L'administration de l'École devra mettre en place des procédures destinées à assurer un certain flux en entrée du SIG Délos, qui ne vivra pas sans informations archéologiques.

De la même manière, les données géographiques, limitées à celles de l'Atlas, devront s'enrichir d'autres plans qui pourraient tout aussi bien être numérisés.

La sécurité des données

Le SIG Délos n'est pas exploitable en l'état par la communauté de chercheurs délienne, principalement en raison de la question de la sécurité des données. *GeoServer* propose un certain nombre d'outils de gestion des droits utilisateurs (lecture seule ou écriture) qu'on pourrait utiliser pour en restreindre l'accès. Il existe également d'autres solutions, comme *Easy SDI*. Cette dernière permet de réaliser une infrastructure complète de données spatiales avec une gestion avancée des droits. Bonus, elle respecte aussi la directive *Inspire*.

Par ailleurs, il serait intéressant qu'un comité de pilotage se forme afin de définir les droits d'accès aux données et, au moins annuellement, faire un point et fixer des objectifs. Un responsable technique se verrait confier la tâche de vérifier la conformité (de forme) des nouvelles données transmises par les chercheurs et de les ajouter à la base le cas échéant. La qualité et la précision des données sont et resteront sous la responsabilité du chercheur et de son travail.

Le lancement du SIG Délos sur le *web*

Le développement a pris place sur un serveur de test de l'école. Le résultat final montre une certaine lenteur directement liée aux performances limitées de la machine. Il faudra donc dédier un serveur suffisamment puissant au projet afin d'accélérer les traitements internes, mais également les échanges clients-serveur (bien que cela dépende du débit de connexion de l'utilisateur). De plus, il serait également possible d'autoriser un accès au SIG depuis l'extérieur de l'École.

Le site du SIG devra être accessible depuis la France, où travaillent beaucoup de chercheurs déliens pendant l'hiver, mais également, et surtout, depuis l'île, sur laquelle les chercheurs résident entre avril et novembre. *GeoServer* renvoyant au serveur *web* de petites images (tuiles de quelques ko), il est tout à fait envisageable de se connecter au SIG Délos via une simple clef 3G. Différentes solutions devront être testées par l'école afin de trouver la combinaison donnant un débit suffisant pour rendre le SIG Délos exploitable.

Enfin, la diffusion d'un produit se faisant plus facilement si l'on propose une plate-forme attirante et facile d'accès, il serait possible de profiter de la page d'accueil de l'ÉfA pour accéder au SIG via un lien qui serait placé parmi ceux proposés dans la section « Ressources Documentaires ». Le projet bénéficierait ainsi d'une visibilité plus importante.

L'amélioration des outils

La solution SIG Délos proposée à l'heure actuelle ne permet pas une analyse du site, en partie à cause du manque d'outils, mais surtout en raison du manque de données. Lorsque les différentes bases de données chercheur seront disponibles, il sera intéressant de pouvoir faire des requêtes croisées : numéro de GD et présence de documents manuscrits ou graphiques, synchronisation d'éléments architecturaux... L'utilisation de menus déroulants est appréciable car il impose des appellations uniques ; pourquoi ne pas y ajouter des fonctions d'auto-complétion ?

La visualisation des documents relatifs à Délos est également à améliorer. Sur le *web*, la solution devra permettre le choix entre un nombre de documents qui pourra s'avérer très important – à l'aide d'un menu déroulant ? L'outil d'impression proposé n'est que temporaire, il ne répond pas aux besoins habituels (choisir un titre, disposer d'une légende, avoir une flèche nord et un carroyage avec les coordonnées correspondantes).

La mise en page doit également être revue, en proposant différents onglets ou boutons qui remplaceraient le texte par un symbole. De même, il sera nécessaire de régler la question des textes en grec, qui ne sont pas reconnus (*Unicode*).

En regardant plus loin

Au départ du projet, Jean-Charles Moretti avait manifesté un intérêt pour la visualisation en trois dimensions des vestiges visibles à Délos. Beaucoup ont déjà été modélisés, ils représentent donc une somme de données non négligeable pour cet outil qui offre des possibilités très intéressantes. Différentes hypothèses sont envisageables.

La première est, à la manière d'une info-bulle qui s'affiche lors d'un clic sur une zone renseignée, l'ouverture d'une nouvelle fenêtre proposant la modélisation de l'objet (décrit dans un langage de type VRML) et un certain nombre d'informations et d'outils. Cette voie utilise des greffons qui permettent la visualisation en 3D (type *Cortona 3D*).

La deuxième est le basculement de la page SIG dans un mode 3D où seules apparaîtraient les données en trois dimensions comme sous *Google Earth*, bien sûr, mais également comme sous *Gizah 3D* de *Dassault Systèmes*, un projet qui modélise l'intégralité du plateau de Gizeh.

Obtenir un rendu identique de Délos demanderait un travail et des technologies qui ne sont pas à la portée de l'ÉfA seule, mais pourraient être cofinancées par des mécènes.

D'autres fonctionnalités comme une messagerie instantanée ou une personnalisation de la charte graphique en vue d'améliorer le rendu de l'impression sont également envisageables. ■