



HAL
open science

Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de l'archéologie : adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites archéologiques de Korça en Albanie et Dikili-Tash en Grèce

Vincent Depond

► To cite this version:

Vincent Depond. Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de l'archéologie : adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites archéologiques de Korça en Albanie et Dikili-Tash en Grèce. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2014. dumas-01166761

HAL Id: dumas-01166761

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01166761>

Submitted on 23 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
ÉCOLE SUPÉRIEURE DES GÉOMÈTRES ET TOPOGRAPHES

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le **DIPLÔME D'INGÉNIEUR CNAM**

Spécialité : **Géomètre et Topographe**

par

Vincent DEPOND

**Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de
l'archéologie :
adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites
archéologiques de Korça en Albanie et Dikili Tash en Grèce**

Soutenu le 8 JUILLET 2014

JURY

PRÉSIDENT : M. Stéphane DURAND

Maitre de conférences

**MEMBRES : M. Jean-Michel FOLLIN
M. Vincent HABCHI
M. Jérôme HENRY**

**Professeur référent
Professeur Associé**

Maître de stage : M. Lionel FADIN

Topographe – Géomaticien

Remerciements

Je remercie M. Alexandre FARNOUX, directeur de l'École française d'Athènes, d'avoir accepté ma demande de stage ce qui m'a permis de travailler sur ce passionnant projet.

Je remercie M. Pascal DARCQUE, archéologue co-responsable de Dikili Tash pour m'avoir confié ses données et avoir accepté ce projet. Merci aussi pour avoir accepté de travailler avec moi et d'avoir partagé ses connaissances en archéologie. De même, je remercie Mme Cécile OBERWEILER, membre de l'École française d'Athènes et responsable du site de Sovjan-Korça.

Je remercie mon maître de stage, M. Lionel FADIN, topographe et géomaticien, et M. Louis Mulot, informaticien, pour leur encadrement et leur grande implication dans la réussite de ce projet. J'ai réussi à accumuler beaucoup de connaissances et je les en remercie.

De même, je remercie M. Jean-Michel FOLLIN, mon professeur référent, pour avoir apporté un regard nouveau à la rédaction de mon rapport et surtout pour sa disponibilité.

Il n'est jamais évident de partir pour une si longue période loin de chez soi, loin de ses proches et de ses amis. Je remercie ma famille pour avoir fait le déplacement et pris sur leurs vacances pour venir découvrir ce pays qui m'a accueilli. Et pour finir, merci à Céline, pour tout, pour sa confiance ses encouragements, sa présence malgré la distance et sa compréhension. Sans elle, je n'aurais pas tenté une si grande aventure...

Glossaire

L'ensemble des mots situés dans ce glossaire font référence à des termes utilisés dans le corps du texte. Ils sont notifiés comme présent dans le glossaire à l'aide d'un astérisque *.

A

Access : logiciel de gestion de base de données développé par Microsoft en langage Visual Basic. Il est compatible avec des requêtes SQL simples.

Adobe Illustrator (AI) : logiciel de dessin vectoriel assisté par ordinateur propriété de la société Adobe.

ArcGIS : suite logicielle de système d'information géographique commercialisé par la société ESRI.

Atlas de Délos : atlas archéologique de l'île de Délos lancé en 2003 et réalisé par J-Ch Moretti, archéologue, L. Fadin, topographe, M. Fincker, architecte et V. Picard, dessinatrice. Ce projet terminé en 2011 sera bientôt édité sous format papier et par l'intermédiaire du web SIG Délos.

AsterGEDM (*ASTER Global Digital Elevation Map*) : programme international basé sur le satellite ASTER ayant pour vocation à fournir à la communauté scientifique mondiale une cartographie LIDAR de la surface du globe.

Autocad : logiciel de dessins techniques assistés par ordinateur propriété de la société Autodesk. Son extension Autocad MAP apporte toutes les fonctionnalités SIG au logiciel de dessin.

B

Base de données : groupe de données compilées de manière corrélées sous formes de tables thématiques reliées entre elle par un système de relation appelées clés limitant le nombre de redondance.

BCH (*Bulletin de Correspondance Hellénistique*) : ouvrage édité par l'École

française d'Athènes compilant les données de fouilles de l'ensemble des sites archéologiques.

BSD (*Berkeley Software Distribution licence*) : licence libre utilisée pour la distribution de logiciels.

C

CAO (*Conception Assistée par Ordinateur*) : ensemble de logiciel permettant de concevoir un produit par ordinateur.

Client : programme ou application envoyant des requêtes au serveur selon un langage particulier et permettant la visualisation de la réponse.

CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) : organisme public de recherche français dans les domaines des sciences de la nature, des sciences formelles et humaines.

CSS (*Cascading Style Sheets*) : langage informatique définissant le style des fichiers HTML.

CSV (*Comma-Separated Values*) : Format informatique ouvert de stockage de données sous forme de tableaux dont les colonnes sont distinguées par un séparateur.

Cyclades : archipel de 254 îles et îlots situé en mer Egée dont 24 sont habités.

D

DAO (*Dessin Assisté par Ordinateur*) : ensemble de logiciels permettant de produire des dessins techniques au format vecteur.

Dellingner : repère local orthonormé centré sur la borne géodésique du Cynthe, au

centre de l'île, et écarté du nord géographique de 0.99 grades.

Délos : île située au centre des Cyclades. L'ÉfA y mène des fouilles depuis 1873.

DRAC : Direction Régionale des Affaires Culturelles. SRA : Service Régional de l'Archéologie.

DXF (*Drawing eXchange Format*) : format informatique vectoriel développé par la société Autodesk pour l'export entre logiciel de DAO, CAO et SIG.

E

ÉfA (*École française d'Athènes*) : institut français fondé en 1846 à Athènes ayant pour vocation l'étude du patrimoine et de la culture égéenne et balkanique.

Éphorie : direction régionale des affaires archéologiques grecques.

Ext JS : bibliothèque JavaScript de Webmapping utiles à la construction d'applications web interactives.

EPSG (*European Petroleum Survey Group*) : bibliothèque de codage des systèmes de coordonnées créée en 1985 par Jean-Patrick GIRBIG dans le but de standardiser les informations géographiques liées à l'exploitation pétrolière mondiale. C'est une base de données mondiale standardisée par l'OGC.

F

Filemaker : logiciel de gestion de base de données propriétaire développé par Apple. La version utilisée sur le site de Dikili Tash est la V11.

Flottation : opération archéologique basée sur le passage de sédiments dans différents tamis sous l'influence d'un jet d'eau.

G

GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*) : bibliothèque libre développée par

l'OSGeo, de traitements et de conversion de formats d'images géographiques.

GeoExt : bibliothèque JavaScript complétant les bibliothèques OpenLayers et ExtJS pour programmer des outils de Webmapping.

GeoServer : moteur cartographique opensource intégrant les standards de l'OGC.

GeoTIFF : format de fichiers raster ouvert permettant de lier des métadonnées de géoréférencement à une image au format TIFF (Tagged Image File Format).

GGRS87 : système de référence géodésique grec dont l'origine est à l'observatoire de Dionysos à Athènes. L'ellipsoïde de référence est le GRS80, la projection est de type mercator transverse dont le méridien central est le 24° est.

GPS Différentiel (*en anglais DGPS pour Differential Global Positional System*) : méthode de levé GPS basé sur le système de positionnement satellite mondial et utilisant les différences de mesures de phase entre un mobile et une base pour éliminer les erreurs atmosphériques des mesures.

GPL (*General Public Licence*) : licence fixant les droits d'usage des logiciels du projet GNU.

GML (*Geography Markup Language*) : langage informatique standard de l'OGC dérivé du XML pour les informations géographiques.

Guide de Délos : ouvrage archéologique publié par l'ÉfA, décrivant la géographie et l'histoire de Délos.

H

HeronMC (*Heron Mapping Client*) : bibliothèque JavaScript libre proposant des applicatifs de Webmapping, sur-couche d'OpenLayers.

HTML (*HyperText Markup Language*) : langage informatique issu du XML destiné à l'affichage des pages Web.

HTTP (*HyperText Transfert Protocol*): protocole de communication client-serveur utilisé par le Web.

I

INRAP (*Institut National pour la Recherche Archéologique Préventive*): institut assurant la détection et la sauvegarde du patrimoine touché par des travaux d'aménagement du territoire.

Interopérabilité: capacité d'un logiciel, d'un matériel ou d'un protocole à être compatible avec d'autres logiciels, matériels ou protocoles. Cela passe par l'usage de standards ouverts.

ISO (*International Organization for Standardization*): organisme international de normalisation créé en 1947. Il définit des standards dans tous les domaines scientifiques.

J

Java: langage de programmation informatique orienté objet inventé en 1995 et facilement portable sur tous les systèmes d'exploitation.

JavaScript: langage de programmation basé sur le langage Java utilisé pour la réalisation d'outils Web interactifs.

JPEG (*Joint Photographic Expert Group*): format normalisé d'images compressées.

K

Kavala: ville de Thrace (macédoine orientale) en Grèce du nord.

L

Locus ou fait archéologique: lieu de fouille délimitant une zone d'occupation humaine.

M

MapInfo: logiciel de SIG bureautique développé par la société Pitney Bowes Software. C'est l'un des plus anciens du marché.

MapPublisher: plugin lié à la suite Adobe Illustrator et commercialisé par la société Avenza permettant d'intégrer ou d'exporter des couches issues de logiciel SIG ou de dessin vectoriel. Il permet l'export géoréférencé vers les standards SIG comme le Shapefile ou le DXF.

O

OGC (*Open Geospatial Consortium*): consortium international fondé en 1994 développant des standards ouverts dans le domaine de l'information géographique et des SIG.

OGR: sous-ensemble de la bibliothèque GDAL qui permet de traiter des formats vectoriels libres et propriétaires à l'exception d'autocad.

Open Geo Explorer: plugin associé au logiciel de SIG bureautique QGIS diffusé en 2014. Il permet de gérer la connexion entre QGIS, Geoserver et PostgreSQL depuis QGIS.

OpenLayers: bibliothèque de fonctionnalité de Webmapping OpenSource.

OpenSource: désignation s'appliquant aux logiciels dont la licence respecte des critères spécifiques de libre échange et de partage.

OSGeo (*Fondation Open Source Geospatial*): organisation non-gouvernementale fondée en 2006 et soutenant le développement de logiciels de géomatique libres.

P

PDF (*Portable Document Format*): format de document numérique aussi bien textuel que photographique.

pgAdmin: logiciel de bureautique servant d'interface à PostgreSQL.

phpPgAdmin: application web servant d'interface au logiciel PostgreSQL.

PNG (*Portable NetWork Graphic*): format non destructeur ouvert d'images numériques.

PostGIS : extension libre du logiciel PostgreSQL qui permet la gestion des données spatiales conformes aux standards de l'OGC.

PostgreSQL : logiciel libre de gestion de base de données et conforme à la norme ISO SQL : 2011.

Proj4 : bibliothèque de système de coordonnées basée sur le langage proj4js. Développée par Gerald Evenden de l'USGS puis reprise par l'OSGeo.

Pulkovo 1942 zone 2 : système de coordonnées basé sur l'ellipsoïde Krassowsky 1940. Le méridien origine est Greenwich et le point origine est le centre géodésique de Pulkovo près de Saint-Petersburg.

Q

QuantumGIS (QGIS) : logiciel bureautique libre de SIG. C'est un projet de l'OSGeo basé sur la librairie GDAL/OGR.

R

Raster : données sous forme d'image matricielle composée de données radiométriques. L'unité de base de cette matrice est le pixel.

S

Serveur cartographique : application permettant de stocker des données géographiques rasters ou vecteurs et de les transmettre selon des formats standardisés.

Service Web (web service) : service issu d'un serveur à destination d'un client via un protocole http.

Servlet : application de JAVA fonctionnant côté serveur. Elle permet de créer des données utilisées par un navigateur Web.

SGBD (Système de gestion de bases de données) : logiciel offrant des capacités de stockage et de traitement de base de données. Il peut être spatial lorsqu'il prend en compte les informations géographiques.

Shapefile (SHP) : format de données vectorielles ouvert inventé par la société ESRI et devenu un standard de l'OGC.

SIG (Système d'Information Géographique) : ensemble de matériels, logiciels et techniques pour l'analyse, le traitement, l'affichage et la création de données géographiques dans le but de produire et de gérer de la donnée cartographique.

SLD (Style Layer Descriptor) : fichier de style de données géographiques dérivé du XML et standardisé par l'OGC.

Spatialite : outil fonctionnant comme PostGIS et permettant de gérer des bases de données spatiales. Il est lié au SGBD QLite.

SQL (Structured Query Language) : langage de gestion de base de données normalisé par l'ISO. La dernière norme est la SQL 2011.

SRC (Système de Référence de Coordonnées) ou CRS (Coordinate Reference System) : ensemble de métadonnées décrivant un système de coordonnées aussi appelé SRID en SIG (Spatial Reference System Identifier).

Standard : référentiel créé par un organisme privé ou par un organisme de normalisation national ou international. Il peut être ouvert.

T

Thasos : île de mer Egée située au sud en face de Kavala et possédant d'importants vestiges archéologiques protohistoriques.

TIFF (Tagged Image Format) : format de fichier image numérique développé par Adobe basé sur une technologie d'encapsulation de données.

TomCat : bibliothèque de servlet JavaScript.

U

UMR (Unité Mixte de Recherche) : organisme créé par contrat entre des laboratoires de recherche et/ou le CNRS pour quatre ans de recherche en général.

Unité de prospection (UP) : carroyage de la plaine de Korça selon des rectangles de 300 mètres de long par 100 mètres de large.

Unité Stratigraphique (US) : découpage tridimensionnel du sol définissant une action anthropique ou naturelle (destruction, colluvion...). C'est la plus petite unité archéologique étudiée

URL (Uniform Resource Locator) : en français adresse web, chaîne de caractère constituant un identifiant normalisé de ressource Web.

V

Vecteur : type de données définis par l'usage de formes géométriques simples et reliées topologiquement (point, ligne, polygone, multi-polygone).

W

Web Coverage Service (WCS) : protocole adapté à la manipulation de données au format raster brutes et permet d'accéder à l'image et à ces données contrairement au WMS.

Web Feature Service (WFS) : protocole standardisé par l'OGC qui permet de manipuler des données cartographiques au format vectoriel au moyen d'URL.

Web Feature Service – Transactionnel (WFS-T) : protocole basé sur le WFS permettant la consultation et l'édition de données géographiques vectorielles.

Web Map Service (WMS) : protocole standardisé par l'OGC permettant la manipulation de données géographiques sous format raster.

Web Processing Service (WPS) : ensemble de protocoles Web pour la gestion des données cartographiques.

WGS84 (World Geodetic System) : système de coordonnées international dont l'ellipsoïde de référence est le WGS84. Ce système a été développé pour la création des réseaux GPS mondiaux.

W3C (World Wide Web Consortium) : association à but non lucratif de normalisation fondé en 1994 chargé de favoriser l'interopérabilité des technologies Web. Il regroupe aujourd'hui 383 entreprises partenaires.

X

XML (eXtensible Markup Language) : langage informatique de balisage (< >) suivant un schéma. Il sert de base à de nombreux langages informatiques.

Table des matières

I	Un projet inscrit dans le cadre des sciences humaines : l'École française d'Athènes	13
I.1	HISTORIQUE	13
I.1.1	FONDATION	13
I.1.2	DE 1846 A NOS JOURS : L'ESSOR D'UNE STRUCTURE CULTURELLE	13
I.1.3	DE NOS JOURS : UN STATUT DE PLUS EN PLUS FORT	14
I.2	UN CENTRE PLURIDISCIPLINAIRE AU SERVICE DES SCIENCES HUMAINES	15
I.2.1	UN CORTEGE DE DISCIPLINES	15
I.2.2	LA PRESERVATION DU PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE EGEEN ET BALKANIQUE	15
I.2.3	UNE MEDIATHEQUE DE DONNEES ARCHEOLOGIQUES	16
I.3	DIKILI TASH	16
I.3.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE	16
I.3.2	HISTORIQUE DU SITE	17
I.3.3	L'EQUIPE IMPLIQUEE	18
I.4	LA PLAINE DE KORÇA	18
I.4.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE	18
I.4.2	HISTORIQUE DU SITE	19
I.4.3	L'EQUIPE IMPLIQUEE	19
II	L'outil SIG au service de l'archéologie	20
II.1	ETAT DE L'ART DU SIG DANS LE MILIEU DE L'ARCHEOLOGIE	20
II.1.1	GISSAR	20
II.1.2	ARCH'IS	21
II.1.3	SIG ET ARCHEOLOGIE : LE CAS DE L'INRAP	22
II.2	LES ATTENTES DES CHERCHEURS DE DIKILI TASH ET KORÇA	23
II.2.1	UNE BASE DE DONNEES COMPLETE ET EN PLEINE EVOLUTION : DIKILI TASH	23
II.2.2	A L'ECHELLE D'UNE PLAINE : KORÇA	23
II.2.3	LES OUTILS A DEVELOPPER	24
II.3	STRUCTURE DU WEB SIG	25
II.3.1	LES LOGICIELS UTILISES	26
II.3.1.1	UN SGBD	26
II.3.1.2	UN LOGICIEL DE SIG BUREAUTIQUE	27
II.3.1.3	UN MOTEUR CARTOGRAPHIQUE	28
II.3.2	PARTIE BUREAUTIQUE : FORMATAGE ET DEPOT DES DONNEES	28
II.3.3	ARCHITECTURE TROIS-TIERS : PARTIE WEB	25
II.4	LES DONNEES DISPONIBLES POUR LES DEUX PROJETS	29
II.4.1	LES FICHIERS SHAPEFILE*	29
II.4.1.1	DIKILI TASH	29
II.4.1.2	SOVJAN	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
II.4.2	LA BASE DE DONNEES FILEMAKER DE DIKILI TASH	31
II.4.3	LES DOCUMENTS RASTER	32
II.4.3.1	DIKILI TASH	32
II.4.3.2	SOVJAN	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
III	Mise en œuvre d'un web SIG et recommandation pour la pérennité du projet	35
III.1	LA QUESTION DU SYSTEME DE COORDONNEES	35
III.1.1	DEUX CAS, DEUX OPTIONS	35

III.1.2	L'ETUDE REALISEE	35
III.1.3	UNE SOLUTION PAR DEFAUT	37
III.2	INTEGRATION DES DONNEES	38
III.2.1	LES DONNEES GRAPHIQUES	38
III.2.2	LA BASE DE DONNEES FILEMAKER	39
III.2.3	LA BASE PHOTOGRAPHIQUE.....	40
III.3	LE RESULTAT FINAL DU WEB SIG ET SES NOUVELLES FONCTIONNALITES	41
III.3.1	LES DONNEES CARTOGRAPHIQUES OPEN SOURCE	41
III.3.2	LES NOUVELLES FONCTIONNALITES JAVASCRIPT	41
III.3.2.1	LES FAVORIS	41
III.3.2.2	POP-UP PERSONNALISABLES	42
III.3.2.3	USAGE DES VUES ET AFFICHAGE DES DONNEES ATTRIBUTAIRES.....	43
III.3.2.4	AFFICHAGE DES METADONNEES	44
III.3.2.5	LA GESTION DES THEMES ACTIFS	45
III.4	L'AVENIR DU WEB SIG.....	46
III.4.1	L'ENRICHISSEMENT DES DONNEES ARCHEOLOGIQUE A L'AIDE DES PROGRAMMES FUTURS .	46
III.4.2	L'AMELIORATION DES OUTILS	46
III.4.3	FORMATION DES ARCHEOLOGUES AU MANIEMENT DES LOGICIELS DE SGBD ET DE SIG.....	48
Bibliographie.....		50
Liste des figures		51
Liste des tableaux		51
Annexes.....		52

Introduction

Le terme Géomatique vient du grec Géo- « la Terre » et de -matique pour informatique. Ce terme simple regroupe toutes les technologies et connaissances qui ont pour vocation le traitement et la production de documents géographiques sous format numérique. Or, la géographie a toujours eu pour vocation d'étudier les traces laissées par l'Homme sur le paysage : les frontières, les voies de communication, les villes, etc. C'est donc une discipline qui s'applique parfaitement à l'archéologie.

En effet, cette dernière étudie les occupations humaines passées. Elle utilise un grand nombre de disciplines scientifiques dans le but de produire des analyses de l'histoire de l'humanité. En recoupant données spatiales et données historiques, l'archéologue peut fournir des analyses sociales de notre histoire.

La géomatique, en tant que récent domaine de compétence, apparue il y a une soixantaine d'années, trouve dans l'archéologie un moyen d'expression direct. Cette dernière fournit des données spatiales et des données attributaires en grand nombre. Le géomaticien va devoir synthétiser l'ensemble de ces informations dans un logiciel informatique.

Cet outil offre un double aspect pratique aux archéologues : d'une part les logiciels de Gestion de Base de Données ou SGBD* permettent la gestion d'un grand nombre de données. L'archéologie produit un grand volume de données comme le prouve le site archéologique de Dikli Tash qui dispose d'une vingtaine de tables attributaires disposant de 50 à 12 000 entrées. Il faut donc pouvoir effectuer des requêtes simplement, rapidement et efficacement. D'autre part, les logiciels de Systèmes d'information Géographiques (SIG)* apportent une solution graphique et analytique efficace. Les archéologues peuvent facilement disposer de leurs données et produire des cartes thématiques. Le milieu de l'archéologie utilisait de manière privilégiée des logiciels de dessin assisté par ordinateur ou DAO* comme Adobe Illustrator pour la réalisation de documents cartographiques. Cette solution reste incomplète alors que de nombreux logiciels de dessin cartographiques comme Autocad* et de SIG s'ouvrent aux professionnels de tous les horizons.

Depuis vingt ans, les logiciels de gestion de base de données se sont développés. Les archéologues se sont adaptés de manière autodidacte à l'usage de ces technologies. Un logiciel tel que Filemaker a largement participé à cette démocratisation des SGBD. Ces techniques n'ont jamais liées la visualisation et la donnée. L'arrivée des logiciels de SIG a permis de faire converger la visualisation spatiale et la donnée attributaire. Les archéologues vont avoir la possibilité d'utiliser des logiciels cartographiques et non pas de simples logiciels de dessin.

Dans le cadre des sites de Sovjan et surtout de Dikili Tash, l'usage d'un SIG permet d'apporter un nouveau regard sur les données. L'analyse spatiale des données, autrefois compliquée, se retrouve simplifiée. En à peine cinq mois, mon projet a offert des opportunités de travail fabuleuses aux chercheurs de Dikili Tash. Mais il ne propose pas un simple SIG. Il allie la gestion d'une base de données archéologiques à de nombreux outils de webmapping. Ce SIG, similaire à un logiciel bureautique, fonctionne intégralement sur le web. On peut visualiser les données partout dans le monde à l'aide d'un simple navigateur web. Cette solution présente deux avantages : premièrement, les données sont stockées, sauvegardées et entretenues par le service informatique de l'École française d'Athènes*. Deuxièmement, elles sont visualisables sans favoriser une multiplication des copies des données et avec un minimum de moyens techniques.

En accord avec le commanditaire, je me suis fixé comme fil conducteur de réussir à fournir un web SIG fonctionnel et disposant d'un maximum d'outils d'analyse et de traitement. On peut lier cet objectif à la gestion et à l'interopérabilité des données sur un site archéologique en cours d'étude comme celui de Dikili Tash en comparaison à un site dont l'étude est actuellement arrêtée comme Sovjan. Techniquement, cela passe par une réflexion sur des techniques pour migrer une base de données Filemaker vers le logiciel PostGIS. Le site de Sovjan a servi de phase d'apprentissage et le site de Dikili Tash (plus complexe) a permis de soulever et, dans la mesure de mes moyens, de solutionner de nombreuses questions. Ce dernier, de par la richesse de sa base archéologique, est inédit dans le milieu du web SIG archéologique : est-il possible d'adapter les fonctionnalités du web SIG de Délos au cas de Dikili Tash ? Quelles améliorations peut-on apporter au web SIG existant ? Comment faciliter le partage et l'accès aux données en fonction des attentes et des droits de chaque utilisateur ? Comment faciliter l'échange des données dans le milieu de l'archéologie sans pour autant bouleverser le travail et les techniques des archéologues ? Quelles procédures recommander pour améliorer les web SIG de Dikili Tash, Sovjan et Délos ?

Ce mémoire a pour but de synthétiser les travaux que j'ai réalisés pendant cinq mois sous la direction de Lionel FADIN, topographe et géomaticien de l'École française d'Athènes. Ceci passera par la description du cadre de ce projet (lieu de stage, site archéologique étudié, web SIG de Délos...). Ensuite, le rapport continuera par l'exposé de mes travaux sur l'état des web SIG dans le milieu de l'archéologie, sur l'intégration des données, leur formatage et l'usage des logiciels dans le web SIG. Pour finir, je développerais tous les travaux de programmation de nouveaux outils de traitement et d'ergonomie.

J'espère que la lecture de ce rapport traduira clairement et fidèlement le travail de ces cinq derniers mois en communiquant la motivation que j'ai eu à travailler dans le milieu de l'archéologie.

I Un projet inscrit dans le cadre des sciences humaines : l'École française d'Athènes

I.1 Historique

I.1.1 Fondation

L'École française d'Athènes ou ÉfA (figure 1) a été créée en 1846 sous la monarchie de juillet. Le roi Louis-Philippe l'imagina comme une « école de perfectionnement pour l'étude de la langue, de l'histoire et des antiquités grecques à Athènes ».



Figure 1 : École française d'Athènes

C'est la plus ancienne école archéologique d'Athènes. La ville en compte aujourd'hui dix-sept. Elle fut créée dans un cadre bien particulier. En pleine période de développement des idées coloniales et durant l'indépendance grecque, la France voulait se situer comme un allié du mouvement Philhellène¹. En effet, la France souhaitait se présenter comme une puissance protectrice, surtout face aux prétentions anglaises en méditerranée.

Le premier gestionnaire en fut l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres². Les premiers membres furent des anciens élèves de l'École Normale Supérieure tous agrégés, nommés pour deux à trois ans et rémunérés.

I.1.2 De 1846 à nos jours : l'essor d'une structure culturelle

Cet institut n'est pas simplement un centre spécialisé. C'est aussi une vitrine du savoir-faire français en matière de recherche, d'archéologie et surtout de préservation du patrimoine.

L'ÉfA s'est développée sur l'ensemble des domaines scientifiques : sciences humaines et sciences formelles. Cependant, les sciences dures ont été rapidement abandonnées au profit de l'archéologie, de l'histoire, des arts et de la littérature.

L'école n'est pas restée dans un cadre strictement franco-français. En 1900, elle s'ouvre à l'étranger en permettant l'accueil de chercheurs du monde entier dans la section étrangère.

Le premier site fouillé à grande échelle fut Délos en 1873, puis Delphes en 1892, Argos en 1902, Thasos en 1911, Malia en 1922 et dans la suite Philippos, Dikili Tash, Amathonte,... (Figure 2).

¹ Le mouvement Philhellène est un engagement de nombreux états et personnalités non grecques dans la guerre d'indépendance grecque face à l'empire Ottoman de 1821 à 1830.

² L'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres est une académie fondée par Colbert et ayant pour vocation le développement scientifique de l'archéologie, de l'étude des monuments et des langues. Elle est rattachée à l'Institut de France.



Figure 2 : situation des sites archéologiques gérés par l'EFA, source Google Maps

I.1.3 De nos jours : un statut de plus en plus fort

Deux grands décrets régissant l'ensemble des écoles françaises de l'étranger ont donné un statut plus fort à l'établissement et surtout plus de responsabilités.

Le champ d'activité de l'ÉfA a amplement augmenté de 1950 à nos jours. Elle est passée d'école à « Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel » (EPSCP). Le premier décret en date est celui de 1985. Il donne une nouvelle définition à l'école :

« L'École française d'Athènes est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel placé sous la tutelle du ministre de l'éducation nationale [...] . Son siège est à Athènes. Elle a pour mission fondamentale la recherche et la formation à la recherche dans toutes les disciplines se rapportant à la Grèce antique et byzantine [...] . Elle est un lieu d'échange entre les chercheurs et spécialistes de ces questions. Elle assure la diffusion de ses recherches»³.

Le deuxième et dernier décret est celui de 2011 :

« L'École française d'Athènes développe en Grèce et à Chypre, où elle dispose de missions permanentes, ainsi que dans les Balkans des recherches dans toutes les disciplines des sciences humaines et sociales, en particulier l'archéologie et l'histoire, depuis la Préhistoire jusqu'à nos jours. »⁴

Il faut noter que l'école travaille en partenariat avec les Éphories* grecques mais également avec d'autres instituts ou organismes : le ministère des affaires étrangères, le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), l'INRAP (Institut National de la Recherche Archéologique Préventive), diverses sociétés privées spécialisées dans l'archéologie,...

³ Article 2 du décret n°85-1068 du 26 septembre 1985. Source Légifrance.

⁴ Article 3 du décret n°2011-164 du 10 février 2011. Source Légifrance.

I.2 Un centre pluridisciplinaire au service des sciences humaines

I.2.1 Un cortège de disciplines

Afin d'assurer au mieux le service qui lui a été confié, l'ÉfA s'entoure de nombreux chercheurs issus de domaines d'activité variés. L'archéologie est une discipline qui ne peut fonctionner seule. Elle doit s'entourer de techniciens, d'ingénieurs ou de chercheurs. L'important est la complémentarité disciplinaire.

De manière non exhaustive, il est possible de citer quelques professions oeuvrant dans ce milieu : des archéologues, des archéo-botanistes, des spécialistes en paléo-environnements, céramologues, architectes, numismates, philologues, épigraphistes,... On rajoute à cela de nombreuses professions liées aux sciences de la terre : géomorphologues, géophysiciens, géographes, topographes,... Ils fournissent toutes les données techniques définissant le cadre des vestiges.

Ces professions participent à la recherche au sein de l'établissement. Mais il serait malvenu d'oublier les autres professions liées à la sauvegarde des données : les archivistes, les conservateurs, les bibliothécaires et les restaurateurs.

Dans cette chaîne de travail, les topographes-géomaticiens enregistrent et traitent la donnée et les professions précédemment citées assurent sa conservation. Ce sont eux qui permettent un retour efficace de l'information lors de la rédaction des publications.

I.2.2 La préservation du patrimoine archéologique égéen et balkanique

Comme nous l'avons vu précédemment, l'ÉfA a, dans sa fonction première, un objectif culturel. Elle souhaite valoriser la culture grecque, antique et byzantine.

L'archéologie du XIX^{ème} siècle s'apparentait parfois à du pillage et à de l'exportation de vestiges dans d'autres pays. Les trois pays ayant le plus utilisé ces méthodes sont la France, l'Angleterre et l'Allemagne.

Une question importante se pose alors sur l'appartenance de ces objets. Appartiennent-ils à leur pays d'origine où doivent-ils rester en possession du pays qui aura mis en œuvre les moyens nécessaires à leur préservation ? Dans tous les cas, ils font partie du patrimoine commun de l'humanité. Ils doivent être à disposition des chercheurs du monde entier.

C'est dans cette optique que désormais l'École française fouille et déterre des vestiges mais en laisse la totale possession à l'État grec. Néanmoins, ils restent à la libre disposition des chercheurs étrangers et français qui souhaitent les étudier.

On ne peut donc que se réjouir du travail de l'ÉfA sur les vestiges d'une civilisation, qui a inspiré un tel progrès culturel. L'École s'inscrit donc dans un rôle de protection et de préservation à l'échelle internationale. Les vestiges découverts, appartenant à l'État grec, sont gérés par ce dernier en coopération avec l'ÉfA et des scientifiques internationaux. Par exemple, le service restauration de l'ÉfA a participé à la restauration de la victoire de Samothrace exposée au musée du Louvre à Paris.

I.2.3 Une médiathèque de données archéologiques



Figure 3 : bibliothèque de l'École française, source EfA

Comme vu précédemment, l'ÉfA est un centre de partage autour de la culture grecque. De nombreux chercheurs du monde entier viennent y travailler et ajouter leurs données au milieu scientifique.

Se pose alors un problème majeur : comment rendre ces données facilement échangeables et utilisables par toute la communauté ?

Cette question a poussé l'École depuis de nombreuses années à archiver ses plans, livres, articles, parutions et fichiers numériques. Pour cela, l'ÉfA dispose d'une grande bibliothèque, d'une planothèque et d'une photothèque ; le tout sous format papier ou numérique. La numérisation induit de nouvelles contraintes : comment protéger et rendre facilement disponibles les données archéologiques ? On rejoint la question de la pérennité des données numériques et du format de stockage.

C'est l'une des questions qui conduit à mettre en place les projets de SIG ou système d'information géographique. L'idée est de centraliser les données de toutes les fouilles en bases de données sauvegardées et protégées par l'ÉfA.

Toutes données seraient stockées sur le serveur de l'ÉfA et entretenues par les informaticiens au jour le jour. De plus, les documents papiers les plus anciens et fragiles sont aujourd'hui en cours de numérisation. Le plus bel exemple en est la planothèque.

I.3 Dikili Tash

I.3.1 Situation géographique et topographique

Le site de Dikili Tash se situe sur la commune de Krinidès, dans la municipalité de Kavala, en Grèce du nord (figure 4). Cette région est appelée la Macédoine Orientale ou Thrace.

Le site archéologique est lui-même situé à deux kilomètres du site archéologique romain de Philippos.

Dikili Tash se trouve à l'extrémité sud-est de la plaine de Drama. Cette plaine était jusque dans les années 1930 une zone marécageuse. Elle a été asséchée afin de rendre possible l'agriculture. La naissance de ce marais remonte à la préhistoire et s'explique par l'encassement de la plaine entre les montagnes environnantes (Pangée, Ménikion, Phalakro, Lekani, Symbolon) allant de 800 à 2000m. L'ensemble des eaux s'écoulait donc en direction du marais, point le plus bas de la plaine.

L'occupation préhistorique humaine s'est faite au bord du marais mais également à proximité d'une source située au nord-est du site. Le nom de Krinidès vient principalement de ce détail topographique : Krénidès voulant dire « la petite source ».

Le site est implanté sur un Tell. Il s'agit d'une colline de taille relativement modeste issue de la combinaison de deux actions : déposition sédimentaire liés aux périodes d'habitat successif et érosion naturelle due à l'eau et au vent.

Au fur et à mesure du temps, la colline a grandi et a offert un lieu d'implantation privilégié aux différentes peuplades. La situation en hauteur assurait une protection vis-à-vis du lac et vis-à-vis des attaques extérieures et favorable à l'agriculture.

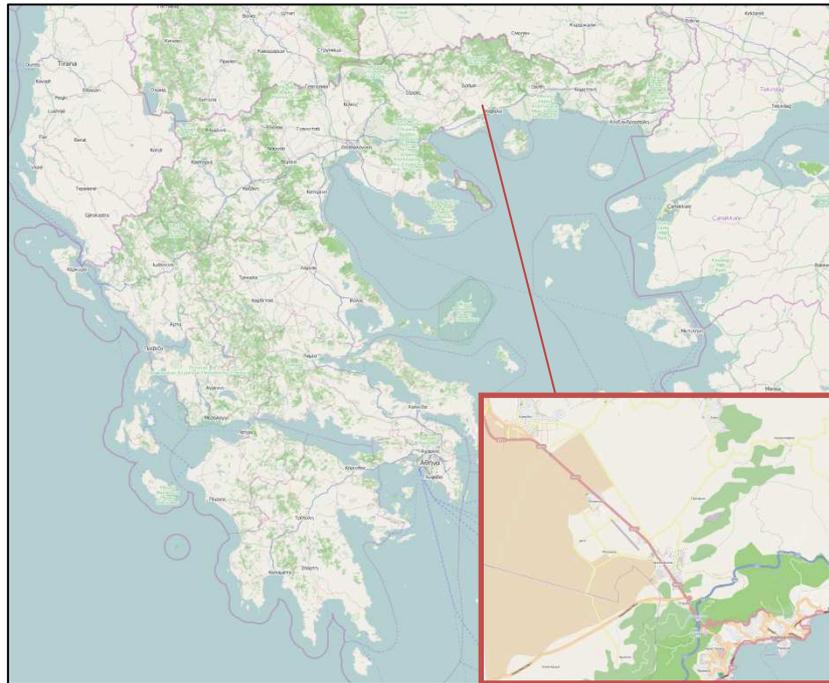


Figure 4 : situation géographique du site de Dikili Tash, source OpenStreet Map

I.3.2 Historique du site



Figure 5 : vestiges de maisons néolithiques

Les premières traces d'occupations remontent à 6400-6300 avant notre ère (figure 5). Les habitants du premier village étaient certainement des agriculteurs-éleveurs. Par la suite, le site est occupé de façon continue jusqu'à la fin de l'époque néolithique (vers 4000 av. J.-C.). Le site est de nouveau habité du début de l'Âge du Bronze (vers 3300 av. J.-C.) et le reste, avec peut-être quelques interruptions jusque vers la fin de l'Âge du Bronze (vers 1200 av. J.-C.).

Les époques postérieures à l'Âge du Bronze sont représentées de façon sporadique. En -360, Krénidès est fondée par les colons de Thasos*. En -356, le royaume de Macédoine prenant son essor, la ville est refondée sous le nom de Philippes, en l'honneur du roi de Macédoine. La région devient province romaine en -148 et la construction de la Via Egnatia, qui passe au pied du site, intervient peu après.

En -42, la région voit l'affrontement entre les successeurs de Jules César. Marc-Antoine fonde la Colonia victrix Philippensium, colonie refondée en -31 par Octave. Par la suite, l'histoire de Dikili Tash est étroitement liée à celle du site de Philippes. Le secteur de Dikili Tash est occupé par la nécropole orientale de Philippes. Le vestige le plus important de cette époque est le monument funéraire dédié à l'officier romain Caius



Figure 6 : monument romain de Caius Vibius



Figure 7 : sommet du Tell, Tour Byzantine

Vibius (Ier siècle de notre ère), monolithe de 4 m de haut (figure 6). En 49 de notre ère, l'apôtre Paul arrive en terre grecque et baptise la première chrétienne : Lydia.

À l'époque byzantine, Philippes connaît un grand essor. La ville est détruite par un tremblement de terre vers 620 et connaît par la suite un déclin marquée. La construction d'une tour au sommet du tell de Dikili Tash pourrait s'inscrire dans un renouveau que connaît la région au X^e siècle (figure 7).

Tous ces vestiges ont été découverts durant trois programmes de fouille. Ils se sont déroulés de 1961 à nos jours. Le premier a eu lieu de 1961 à 1975, le second de 1986 à 1996 et le dernier a commencé en 2008 et continue encore aujourd'hui.

I.3.3 L'équipe impliquée

L'équipe rassemble des chercheurs de tous les horizons. Sous la direction de M. Pascal DARCQUE, Mme Haïdo KOUKOULI-CHRYSSANTHAKI, Mme Dimitra MALAMIDOU et Mme Zoï TSIRTSONI, un groupe de chercheurs travaille à la réalisation de l'ensemble des fouilles et du traitement des données. Ce sont des spécialistes affiliées à l'Unité Mixte de Recherche 7041 (UMR) de Nanterre, aux éphories grecques, à l'université, à l'ÉfA ou à d'autres institutions.

On peut citer, par exemple, M. Lionel Fadin pour la topographie, Mlle Céline CHOQUENET pour l'étude des parures, M. Argyris FASSOULAS pour l'étude des figurines, Mme Marion BERNARD pour la restauration, l'entreprise Nova Cella et Mlle Rozenn DOUAUD pour la réalisation du dossier graphique ou encore M. Arthur GLAIS sous la direction de M. Laurent LESPEZ pour les études géotechniques et Mme Cécile GERMAIN-VALLEE pour les études des paléo-environnements. On retrouve la même structure pluridisciplinaire que l'ÉfA.

I.4 La plaine de Korça

I.4.1 Situation géographique

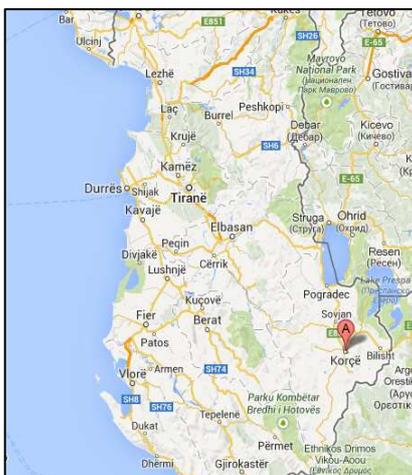


Figure 8 : situation géographique de la plaine de Korça, source Google Maps

La zone d'étude se situe sur un ancien marécage entre les villes de Korça et de Sovjan dans le sud-est de l'Albanie (figure 8). Le centre de cette plaine était, tout comme la plaine de Drama aux abords du site de Dikili Tash, recouverte par les eaux d'un lac. Suite à des travaux de drainage et de percement d'un canal, le lac a été asséché. C'est à cette occasion que les vestiges du site de Sovjan ont été découverts puis fouillés. De plus, la plaine a fait l'objet d'un programme d'exploitation de la tourbière dans les années 1980.

Tout comme à Dikili Tash, nous sommes en présence d'un habitat lacustre. Contrairement au site précédemment présenté, l'échelle d'étude est beaucoup plus grande.

Au lieu d'être cantonné à un site de 4 hectares, l'analyse se fera sur une plaine très longue d'environ 22 km d'est en ouest pour 50 km du nord au sud. Les vestiges archéologiques sont répartis surtout au nord de la plaine. Le centre est vide du fait de la présence du lac.

La plaine est bordée par des montagnes culminant à 2000m, son point le plus bas est à 750 m d'altitude. La zone alentour est plutôt vallonnée et montagneuse.

I.4.2 Historique du site

D'importantes traces d'occupation humaine ont été retrouvées au cours de nombreuses campagnes de fouille des années 1960 à nos jours. Elles datent du Néolithique. Dans un premier temps, les archéologues ont mis à jour des fragments de terre à bâtir sur lesquels étaient imprimés des traces de végétaux ainsi que deux planches posées horizontalement preuve de l'existence d'un plancher.

Cette structure serait datée de 7000 avant notre ère. C'est la plus ancienne structure retrouvée sur les lieux. Temporellement, cette découverte se place au tout début du Néolithique ancien.

L'Âge du Bronze laisse apparaître les vestiges d'une grande bâtisse. Les murs étaient composés de pieux entre lesquels se croisaient des branchages en quinconce. Les vestiges sont nombreux : trous de pieux, ouvrages de charpente, bois de cloisonnement, etc. Les restes de mur mesurent approximativement 0.50 m de haut. L'habitation contenait aussi des traces de vie : un lit en écorces, trace de litière, un site d'abattage de bois et un plancher.

La maison était orientée nord-sud et avait pour dimensions 15m de long pour 4m de large avec une seule cloison intérieure.

Cette structure est datée de 1500 à 1200 avant notre ère.

Les vestiges de l'Âge du Bronze récent et l'Âge du Fer sont visuellement moins impressionnant mais tout aussi intéressant que les découvertes précédentes. Ils datent environ de 1200 à 800 avant J.C. Des alignements de trous de poteau et des tronçons de murs attestent de la présence d'habitat dans cette zone à cette période. Ces alignements font 4 m de long. De même, une tranchée de 8 m de long et profonde de 0.20 m a été mise à jour.

En synthétisant leurs données, les archéologues ont pu déduire que la structure était la preuve de la présence d'une bâtisse dont les dimensions approximative sont de 4 m par 8 m.

I.4.3 L'équipe impliquée

Comme dans tous les travaux de l'École française d'Athènes, la coopération avec le pays d'accueil est fondamentale. Ainsi les archéologues albanais, français et grec travaillent en équipe. Les autorités albanaïses régissent l'ensemble de l'activité archéologique de la plaine.

Le travail est réalisé par Mme Cécile OBERWEILLER, membre de l'école Française depuis 2010 et son équipe. Elle a repris les travaux de M. Gilles TOUCHAIS, ancien professeur à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Comme pour le site de Dikili Tash, un grand nombre de personnes issues du milieu de la science ou de l'archéologie gravitent autour du site archéologique.

Par exemple, M. Lionel FADIN assure la topographie en coopération avec d'autres topographes et architectes du monde de l'archéologie.

II L'outil SIG au service de l'archéologie

Bien que très impliquée dans la suivis de projets de Web SIG archéologiques, l'ÉfA n'est pas la seule à se lancer dans ce type d'applicatifs. Un petit tour d'horizon des différents web SIG développés actuellement permet d'avoir en tête les données

II.1 Etat de l'art du SIG dans le milieu de l'archéologie

II.1.1 GISSAR

Le projet GISSAR-GISRem⁵ ou Geographic Information System for Spatial Analysis in aRcheology lancé en 2005 à partir d'une idée de 2002, est l'un des projets les plus poussés dans le webmapping archéologique. Il est la synthèse du milieu de la recherche, des services archéologiques régionaux et d'un institut de recherche archéologique : l'Université de Reims, la DRAC-SRA de Champagne-Ardenne et l'INRAP*.

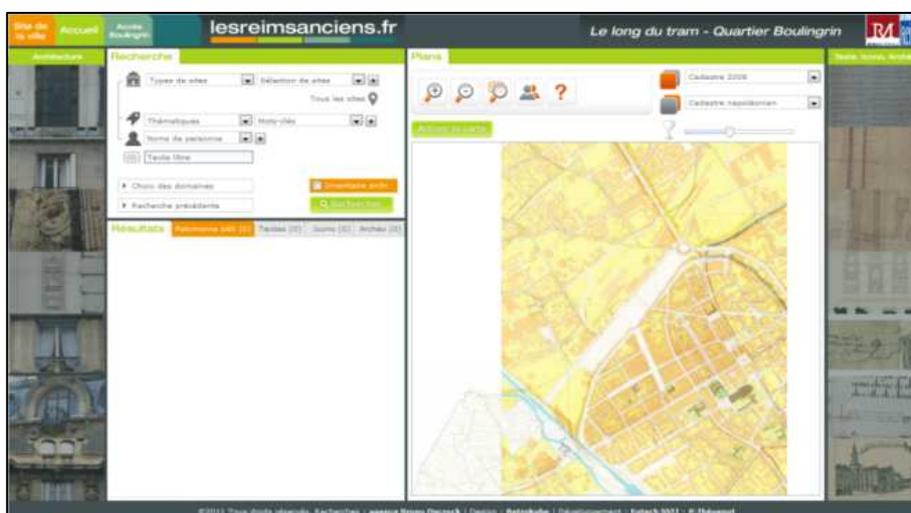


Figure 9 : web SIG GISRem LesReimsAnciens, Source : <http://www.lesreimsanciens.fr/>

Il fournit un web SIG complet accessible à des acteurs privés ou au grand public. Certaines couches faisant l'objet d'un accès restreint utilisable par les archéologues et les chercheurs.

Les objectifs sont similaires au projet de Délos, de Dikili, de Sovjan, ou au projet ARCH'IS, il s'agit d'offrir une plate-forme de cartographie dynamique vouée à l'information archéologique. Elle centralise les données de fouille de l'agglomération rémoise. Elle fournit un logiciel avancé pour la requête spatiale ou attributaire.

Ce projet est basé sur un système de modules autonomes mais complémentaires. Ils sont au nombre de trois : ARCHEOREm (module de base de données servant à la collecte des informations issues des fouilles archéologiques), IMMORem (module recensant les structures architecturales bâties visibles ou non visibles à l'échelle de la région. Il se base sur les bibliothèques existantes PATRIARCHE et MERIMEE⁶) et DOCREm (module d'archivage bibliographique. Il fournit

⁵ LesReimsAnciens : url : <http://www.lesreimsanciens.fr/>.

⁶ MERIMEE et PATRIARCHE : base de données documentaires mises en œuvre par la direction de l'architecture et du patrimoine. Url : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine/>.

une base de données de références). Ce SIG s'appuie sur des logiciels propriétaires : ArcGis SIG bureautique, ArcImS Serveur cartographique de la société ESRI et Access logiciel de base de données de Microsoft.

II.1.2 ARCH'IS⁷

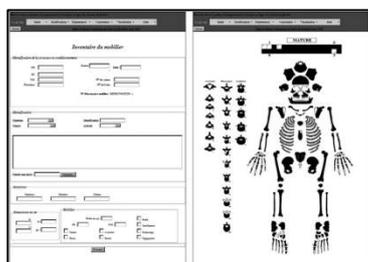


Figure 10 : web SIG Arch'Is, source: http://soi.cnr.it/archcalc/indice/Suppl_3/02-Poignant.pdf

Ce projet lancé en 2008 par l'INRAP a pour vocation de recouper et à analyser les données archéologiques de plusieurs sites archéologiques dont le principal site test se situe à Marne-la-Vallée. Grâce à ce logiciel, les archéologues disposent d'un outil de webmapping permettant de faire des analyses intersites entre des structures archéologiques proches temporellement mais éloignées géographiquement.

Comme le projet de web SIG de Dikili Tash ou celui des ReimsAnciens, l'objectif est de centraliser et de rassembler des données variées.

Niveau architecture, ce web SIG se base sur un triptyque :

- Un noyau : il définit l'architecture du web SIG. Il comprend un ensemble de scripts qui définissent les paramètres de sécurité, de communication avec les SGBD et le paramétrage des interfaces de sortie (figure 10).
- L'interface d'entrée : ce module contient toutes les informations qui vont être utilisées afin de développer la page HTML de visualisation. Ce sont les informations qui sont affichées quel que soit l'utilisateur. Elle est développée en PHP.
- L'interface de sortie : elle contient les informations HTML qui viennent compléter le module d'entrée en fonction de l'utilisateur. On parle de « module de sortie » car les données de ce dernier sont exportables en différents formats.

Le site est basé sur un processeur graphique qui affiche les données au format SVG. Le lien est fait avec les données archéologiques par le logiciel de SGBD MySQL. Le reste est entièrement développé en internet et aucun autre logiciel propriétaire. Le serveur utilisé est le serveur Apache TomCat comme pour les projets Sovjan, Dikili Tash et Délos.

Il ne permet pas un niveau d'analyse aussi puissant et efficace que le projet Gissar mais il permet d'exporter les données vers d'autres logiciels par l'usage de nombreux formats conformes aux W3C (XML, SVG...).

Ce projet est un bon exemple d'analyse archéologique à l'aide d'un web SIG. On observe les possibilités de recoupage de l'information géographique quel que soit l'emprise d'étude. Il cherche justement à généraliser l'usage d'un web SIG pour les recherches archéologiques.

⁷ ARCH'IS : url : <http://pratiq.huma-num.fr/Observatoire/Projects?ID=49>

II.1.3 SIG et archéologie : le cas de l'INRAP

L'INRAP ou Institut National de Recherche Archéologique Préventive est un organisme français spécialisé dans la recherche archéologique. Il agit en prévention de la destruction de vestiges archéologiques. Il n'a eu de cesse de fournir un travail professionnel et rigoureux pour la protection du patrimoine humain encore enfoui sous le sol français. C'est dans cet objectif que cet organisme se convertit de plus en plus à l'usage des SIG.



Figure 11 : tracé du Gazoduc de Dierrey, source INRAP

Loin d'utiliser des outils aussi développés que le SIG de Délos ou que les projets ALPAGE, les relais en région se convertissent de plus en plus à l'usage de Quantum GIS et d'Access pour la gestion des fouilles et des diagnostics.

Cet investissement de la part des services régionaux et du service scientifique du siège parisien prouve le besoin de mettre en place des systèmes innovants de gestion et d'affichage des données spatiales.

Tous ces projets donnent un retour sur expérience de l'usage de QGIS et d'Access en situation. On peut ainsi en déterminer les limites et les forces, trouver des solutions aux problèmes et permettre à la communauté OpenSource d'apporter des améliorations aux logiciels existant.

Plus concrètement, un grand nombre de fouilles ont eu lieu en 2014 sur le projet de Gazoduc de l'arc de Dierrey en région Champagne-Ardenne. L'INRAP est en charge des diagnostics et des fouilles le long des travaux de l'ouvrage (figure 11). Pour la première fois, les services topographiques ont transféré toutes les données terrain sur QGIS sous forme de Shapefile. Le fichier Excel servant de base de données a été abandonné au profit de Spatialite* et Access.

La méthode mise en place consiste en un relevé topographique des informations, une phase d'intégration au SIG de ces dernières et enfin une saisie de la base de données sous Access avec une connexion dynamique aux tables shapefiles.

Comme m'en a fait part un archéologue de l'INRAP, M. Luc Sanson⁸, « le SIG s'est imposé pour assurer une homogénéisation des données géographiques, mais également en vue d'un archivage normalisé et réutilisable (ce qui fait défaut pour le moment) ».

Cet état de l'art permet d'introduire la mise en place des web SIG de Dikili Tash et Sovjan-Korça. On observe que les objectifs sont toujours les mêmes malgré la disparité de logiciels : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage. On souhaite toujours analyser spatialement pour en retirer un contexte social et historique. D'un point de vue technique, le marché est plutôt tourné vers les solutions libres et OpenSource pour disposer de l'appui de la communauté OpenSource.

⁸ M Luc SANSON, Référent SIG régional à l'INRAP Champagne Ardenne.

II.2 Les attentes des chercheurs de Dikili Tash et Korça

II.2.1 Une base de données complète et en pleine évolution : Dikili Tash

Avant le début de la période de travail, une réunion préparatoire a eu lieu avec M. Pascal DARCQUE, archéologue, co-responsable du site de Dikili Tash et responsable des données et des découvertes qui y sont effectuées.

L'outil que nous souhaitons développer est destiné à favoriser l'analyse des données de ce site très riche pour fournir une cartographie thématique utile à la publication d'ouvrages archéologiques. Ce doit être avant tout un outil de démocratisation de l'information contrôlé par les archéologues. En plus de cela, l'ÉfA souhaiterait utiliser ce projet comme un outil de partage et de sauvegarde des données.

Les objectifs ont dû prendre en compte le cahier des charges défini par M. DARCQUE, les moyens techniques disponibles et les attentes de l'ÉfA.

À la suite de cette entrevue, nous avons défini deux objectifs :

- mettre en place un web SIG ayant pour vocation initiale de remplacer les logiciels actuels et aider les archéologues dans le traitement des données,
- commencer un travail de centralisation et de nettoyage des données graphiques et attributaires qui doit passer par une réorganisation de la base de données pour la rendre plus fonctionnelle et une compilation de toutes les données graphiques.

Ce sont ces objectifs qui ont conduit mon travail pendant cinq mois d'un point de vue archéologique. Je devais réussir, dans la mesure de mes moyens et du temps mis à ma disposition, à rendre un outil utilisable et fournir un ensemble de tutoriels destinés à faciliter l'usage du SIG par des néophytes (annexe 1 à 5).

Le SIG devra aussi servir d'outil de communication et d'édition de documents cartographiques (annexe 10).

Ce SIG sera testé pendant la période de traitement des données qui aura lieu cet été. Par la suite, il servira lors de la reprise des travaux de terrains et l'importation de nouvelles données archéologiques.

II.2.2 A l'échelle d'une plaine : Korça

La problématique du site de Korça est différente même si elle se rapproche du cas de Dikili Tash par sa mise en œuvre. Tout d'abord, nous sommes à l'échelle d'une plaine qui a été prospectée à l'aide d'unités de prospection (expliqué en II.4.1.2). L'échelle change la manière de penser la précision et la représentation des données.

Ensuite, les données en entrée sont beaucoup plus modestes. On dénombre une dizaine de shapefiles et une table attributaire de densités d'objets archéologiques. Il faut rajouter à cela six documents graphiques au format raster.

Le travail consistait à finaliser celui commencé en 2006. Contrairement au web SIG de Dikili qui est sûr d'être enrichi en données nouvelles, le web SIG de Korça doit servir de système de stockage et de partage des données en attendant le démarrage d'un autre programme de recherche.

C'est avant tout un logiciel utilisé pour la publication des résultats et l'édition de documents cartographiques.

Mme Cécile OBERWEILER, archéologue responsable du site, souhaite pouvoir visualiser ses données et éditer des documents cartographiques à placer dans la publication de ses recherches.

Les principaux efforts ont donc été concentrés sur le rendu. Il a fallu faire la synthèse entre l'affichage des données en couleur sur le site internet et leur affichage futur dans des cartographies thématiques en noir et blanc pour des publications papier.

La structure du web SIG mis en place à Délos était techniquement suffisante pour intégrer sans trop de difficultés les données de Korça. Il est cependant utile de revoir les outils, de les adapter et de les améliorer pour l'analyse de données à l'échelle d'une plaine.

II.2.3 Les outils à développer

L'idée de ce TFE est de reprendre la structure du SIG existant et de l'adapter à une fouille vivante. La grande quantité de données permet également de tester les limites du web SIG face à un grand flot de données attributaires. Ce projet est d'autant plus complexe qu'il faut gérer un nombre important de langage (SQL, Java, HTML, PHP) et connaître tous les typages de chaque fichier.

Avec Dikili Tash, nous souhaitons arriver à intégrer une base de données attributaire riche et complexe présentant en un seul cas un grand nombre de problèmes d'export et d'interopérabilité des données ainsi que toutes les contraintes liées à une fouille de cette ampleur en termes d'organisation du SGBD.

Lié au problème d'une base de données archéologique évolutive, il faut prendre en compte le souci de l'intégration des données au site de manière régulière et facile. Le passage par PostGIS et QGIS peut être compliqué pour des archéologues qui n'ont pas l'habitude de travailler avec de tels logiciels. Il nous a fallu penser à la rédaction de documents explicatifs.

De plus, nous voulions intégrer la problématique des métadonnées. De nombreux fichiers sont d'origine inconnue et aucune métadonnée ne permet de retracer leur provenance, c'est le cas des fonds de plan du site de Korça. Il faut normaliser la saisie des données et par la même occasion leurs métadonnées. Le suivi des fichiers intégrés au projet est primordial.

L'École française d'Athènes a engagé des projets de web SIG sur les sites d'Amathonte à Chypre, de Malia en Crète, de Délos dans les Cyclades*, de Delphes et de Korça. Dans l'espoir de voir fleurir pour chaque site archéologique un web SIG, il m'a été demandé de réfléchir à une amélioration de l'environnement du site Web et de ses fonctionnalités.

D'un point de vue graphique, la charte de Dikili Tash a été traitée par une entreprise spécialisée (Nova Cella) pour la mise en forme de tous ces croquis et plans. Le rendu est d'une grande qualité graphique et donc très lisible. Il m'a été demandé de respecter cet affichage dans la mesure des possibilités logicielles.

Je rajouterai que le site de Dikili Tash présente des données sur une zone de 4.5 hectares alors que le site de Korça s'étend sur une plaine de 900 km². Cela suppose deux manières de définir la précision des données et deux manières de traiter le rendu des données : comme le souligne Olivier BARGE, Damien LAISNEY, Alexia LEVRAY, Bertrand MOULIN, Emmanuelle RÉGAGNON et Séverine SANZ, « Par ailleurs, les objets seront décrits différemment selon les échelles. Par exemple, à l'échelle d'un territoire, un point suffit à localiser un bâtiment. À l'échelle du site,

on représentera les murs du bâtiment par des lignes. A l'échelle du bâtiment lui-même, les murs deviendront des polygones⁹ ».

De plus, par rapport au projet mené à Délos, la période étudiée est différente. Pour Korça et Dikili Tash, les données sont protohistoriques. Le web SIG de Délos est présenté en annexe 12.

II.3 Structure du web SIG

II.3.1 Architecture trois-tiers : partie Web

Le Web SIG à mettre en œuvre, et celui déjà mis en place, suivent une architecture de type trois-tiers¹⁰. Au sein de ce modèle, on retrouve un ensemble de logiciels bureautiques mais également des services web particuliers¹¹. L'ensemble des choix techniques utilisés pour ce web SIG avait déjà été pris par les stagiaires précédents en coopération avec Louis MULOT, informaticien de l'École française d'Athènes.

Les logiciels et services s'organisent autour de trois axes (figure 17) :

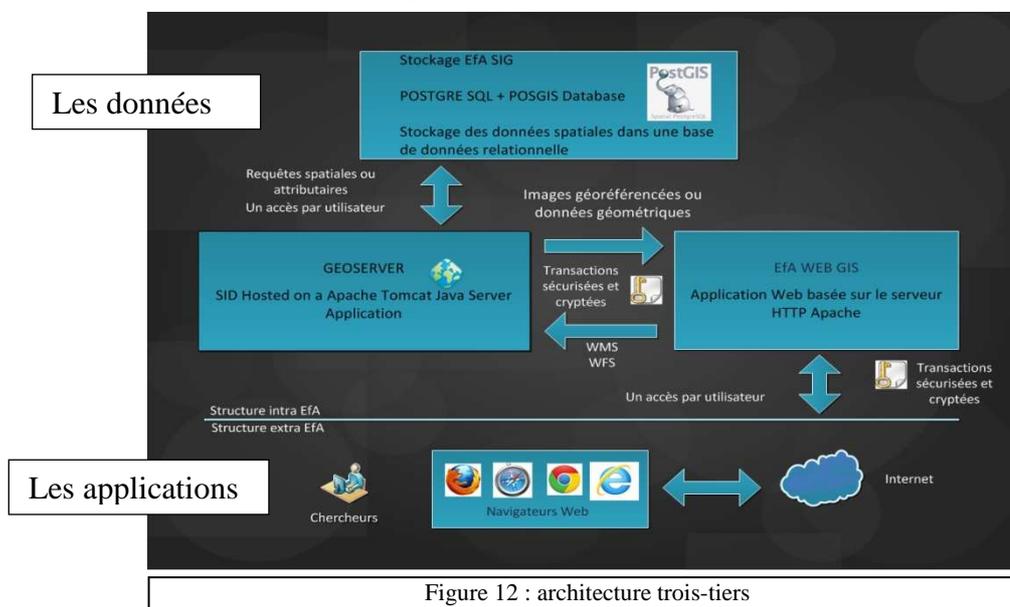


Figure 12 : architecture trois-tiers

- Le client : c'est un programme ou un navigateur internet qui envoie des demandes au serveur par l'intermédiaire du protocole HTTP (Hyper TextTransfert Protocole)* et il reçoit la réponse du serveur et l'affiche par l'utilisation d'un système basique d'URL (Uniform Resource Locator)*.

- Le serveur d'application : il reçoit les requêtes du client et sert d'intermédiaire entre les bases de données et le client. Il interroge les SGBD et reporte l'information demandée. Nous avons utilisé comme serveur Apache TomCat aidé du moteur cartographique Geoserver.

⁹ Source : http://www.mom.fr/IMG/pdf/Acquisition_des_Donnees_Spatiales_en_Archeologie.pdf, Acquisition des Données Spatiales en Archéologie : Principes, Démarches, Méthodes.

¹⁰ Architecture trois-tiers : http://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_trois_tiers.

¹¹ Un service web est un programme informatique fonctionnant sur le web et permettant la communication et l'échange des données entre différentes applications web.

- Les SGBD : ils peuvent être multiples et différents en fonction des types de données. Dans notre cas, le SGBD est PostGIS pour des données de type spatial.

Les requêtes entre le client et le serveur passent par les services web WMS (Web Map Service)*, WFS (Web Feature Service)*, WPS (Web Processing Service)*... Ces services sont définis par l'OGC (Open Geospatial Consortium)*¹².

Le contact entre le serveur et le SGBD se fait par l'utilisation du langage SQL (Structured Query Language)*. PostGIS renvoie des données vectorielles comme information au client. Grâce à ce choix de logiciels, le SIG s'affranchit des logiciels propriétaires et des contraintes matérielles qui y sont liées.

Pour la partie visualisation, tout est géré par OpenLayers. Il permet avec l'aide des bibliothèques HeronMC, GeoExt et ExtJS, de gérer l'affichage des données dans le navigateur web (annexe 6). Il permet l'analyse des données par requêtes attributaires, requêtes spatiales et modification des visualisations. Ainsi, on peut afficher des données vectorielles et rasters contenant différents types d'informations (topographiques, géomorphologiques, archéologiques, géographiques) pour recouper ces dernières. L'affichage est modulable grâce aux bibliothèques JavaScript (Pop-up d'affichage des données attributaires, gestion de la transparence, de la superposition et de la fenêtre d'affichage par le zoom et la position de la carte).

Les outils d'analyse sont simples : requêtes spatiales, requêtes attributaires et mesures sur la carte (mesure de distance, de surface, d'angle et d'azimut). Pour voir l'ensemble des fonctionnalités des web SIG développés, se conférer à l'annexe 1.

II.3.2 Les logiciels utilisés

II.3.2.1 Un SGBD

Pour réaliser un web-SIG, il faut comme premier élément un logiciel de gestion de base de données, aussi appelé SGBD (Système de Gestion de Base de Données)*. Ce logiciel centralise les données et permet un grand nombre de traitements.



Figure 13 : logo PostgreSQL

Sachant que la logique principale de notre web SIG est de mettre en œuvre des technologies OpenSource fiables, notre regard s'est tourné vers le logiciel PostgreSQL*. Outre le fait qu'il soit gratuit, il est fondé sur une communauté internationale de développeurs (notamment des sociétés) et pourra évoluer gratuitement et ne pas être contraint à l'achat régulier de licences ou de mises à jour.



Figure 14 : logo PostGIS

De plus, le logiciel PostgreSQL possède une extension gratuite et OpenSource publiée sous licence BSD et conforme à la norme SQL-MM part 3, permettant de faire de la gestion de base de données spatiales nommée PostGIS*.

¹² Source : opengeospatial.org/standards

L'ajout de PostGIS permet à PostgreSQL d'utiliser des fonctionnalités, des bibliothèques et des logiciels de SIG avec, par exemple, un lien vers le logiciel de SIG bureautique Quantum GIS.

Les bases PostGIS peuvent être manipulées soit par utilisation du SQL Shell ou « mode ligne de commande », soit par l'utilisation d'un client Web (notamment pgAdmin* et phpPgAdmin*), soit via une API¹³. Dans tous les cas, il faut avoir une URL composée d'un hôte et d'un port pour travailler sur la base de données.

La base de données est décomposée en tables. Les tables sont reliées entre elles par un système de clés primaires et de clés étrangères définissant des relations. Les traitements sont ensuite effectués par une commande SQL ou par l'utilisation d'onglets et de sous-menus. L'ensemble de ces traitements est basé sur le langage SQL (Structured Query Language)*. C'est un langage souple, issu d'une normalisation ISO. Il est aujourd'hui un standard dans le monde des bases de données relationnelles.

II.3.2.2 Un logiciel de SIG bureautique

Le logiciel QuantumGIS*, aussi abrégé par QGIS, a permis de gérer toute la partie cartographique de l'application Web. C'est un logiciel de SIG bureautique libre et gratuit sous licence GPL*. Ce projet de la fondation OSGeo* se base sur la librairie GDAL/OGR*, ce qui permet de manipuler la majorité des formats vectoriels et raster du marché.

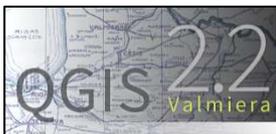


Figure 15 : logo QGIS, version 2.2, Valmeira

Il peut se lier à plusieurs bases de données (PostGIS, Spatialite et Oracle) et échanger des données attributaires et spatiales. La bibliothèque de fonctionnalité et de données GRASS est en libre accès par l'usage d'un plugin.

Les fonctionnalités sont nombreuses et multiples comme par exemple les requêtes attributaires, les requêtes spatiales et la cartographie thématique. En outre, il dispose d'un grand nombre de modules complémentaires sous la forme de plugin. Ces plugins sont mis en place par la communauté des utilisateurs et voici les plus utilisés pour le projet :

- SPIT (Shapefile to PostGIS Import Tool) : permet d'importer des shp dans la base de données PostGIS.
- Open Geo Explorer : ce plugin est récent et a nouvellement été ajouté au panel d'outils utilisés pour la réalisation du web SIG. Il permet de gérer les informations de QGIS, PostGIS et Geoserver depuis QGIS. Il permet le transfert de toutes les données dont les fichiers de style.
- Le plugin TableManager, comme son nom l'indique, permet de gérer les tables de la base de données PostGIS. On peut alors effectuer toutes les fonctionnalités de PostGIS depuis QGIS.

Le grand avantage de QGIS est son interopérabilité*. La grande diversité d'utilisateurs et de développeurs permet d'ajouter constamment des améliorations. Il est gratuit et fonctionne avec tout type de système d'exploitation (Linux, Windows, Mac, Android). L'ÉfA utilisait au début de

¹³ API : *Application programming Interface* : interface de programmation.

ce stage la version 2.0.1 dite DUFOUR. J'ai continué mon travail sur la version 2.2.0 dite VALMIERA.

II.3.2.3 Un moteur cartographique



Figure 16 : logo Geoserver V2.5

Geoserver est un moteur cartographique, qui permet d'afficher des couches géographiques sur internet. Il est, comme le reste des logiciels utilisés pour ce projet, gratuit et Open-Source. Il permet de gérer des données géographiques et principalement d'en modifier les styles d'affichage. Geoserver est développé avec le langage JAVA*, de type servlet, autrement dit c'est une application web JAVA. De ce fait, nous avons besoin d'un serveur d'application JAVA. Nous avons choisi TomCat* qui est la référence mondiale pour ce type de produits.

Geoserver peut utiliser les grands standards de l'OGC et de ses services web : WCS, WMS, WFS, WFS-T*... On peut le manipuler à partir d'une interface internet ou à partir du plugin OpenGeo Explorer rattaché à QuantumGIS.

Ce logiciel sert d'intermédiaire entre le logiciel de gestion de base de données et le client. Il charge des données depuis des sources de différents types. Ensuite, il offre la possibilité de diffuser ces données en réseau local ou sur le net dans des formats standardisés par l'OGC.

La version utilisée par l'école à mon arrivée était la 2.3.0 mais durant le mois de mars, une nouvelle version a été publiée et nous avons décidé de passer directement les deux SIG en cours sur les versions les plus récentes des logiciels. C'est ainsi que nous avons installé la version 2.5.0. Il est complété par les fonctionnalités des bibliothèques JavaScript ExtJS, GeoExt et HeronMC du côté client.

II.3.3 Partie bureautique : formatage et dépôt des données

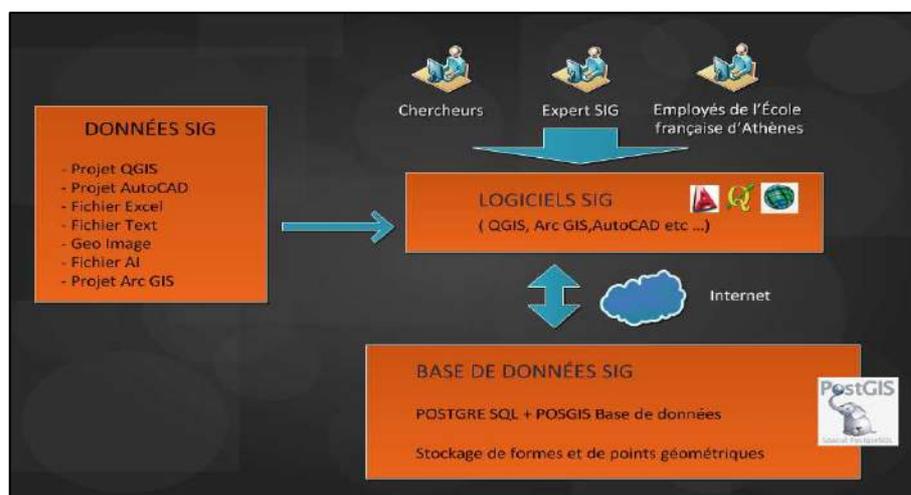


Figure 17 : chaîne de travail : importation et traitement des données

Pour arriver à un web SIG utilisable comme ARCH'IS ou GISRem, les données suivent une chaîne de travail particulière (figure 16). Chacun des logiciels présentés dans la partie II.3.1 ont un rôle particulier. La première maille de la chaîne commence par une étape bureautique de traitement des données. Lors de cette étape, on utilise différents logiciels de DAO, de cartographie

et de gestion de base de données pour la préparation des données et pour leur stockage. Le travail réalisé pour le web SIG de Délos fut le même.

Premièrement, il faut compiler les données. Ce travail se rapproche de celui d'un archviste. Il faut gérer les bases de données complexes dont le caractère archéologique oblige le spécialiste à prendre en compte des objectifs différents de son domaine d'activité. C'était la première étape de mon stage : contacter toutes les personnes concernées (M. Pascal DARCQUE et Mme Cécile OBERWEILER) pour récupérer toutes les données vectorielles, raster et attributaires.

Deuxièmement, il faut les traiter et les compiler sur un logiciel SIG. C'est là que le logiciel Quantum GIS a eu un rôle majeur. Je l'ai utilisé pour compléter les données, les géoréférencer et gérer une partie du rendu graphique.

On ajoute à QGis plusieurs logiciels de mise en forme plus performant comme Autocad, Autocad Map ou Adobe Illustrator et son plugin MapPublisher* (présenté en partie II.4.1). Ceci a impliqué un apprentissage de nouveaux logiciels et de nouveaux formats de données.

La dernière partie est celle qui m'a demandé le plus de travail en coopération avec les archéologues : la migration de la base de données Filemaker vers le logiciel PostgreSQL. Les archéologues doivent participer à cette étape afin d'aider au formatage du fait de leur connaissance des données.

II.4 Les données disponibles pour les deux projets

II.4.1 Les fichiers shapefile*

Le format shapefile, aussi appelé fichier de forme et abrégé shp, est un standard de fichier de type vecteur développé par l'entreprise ESRI (entreprise en charge de la suite logicielle ArcGIS*). Ce format permet de gérer des points, des polygones (ou lignes simples) et des polygones. Un fichier shapefile est souvent complété par plusieurs fichiers d'extension (.dbf pour DataBase-File qui stocke les données attributaires, .shx qui contient l'index d'enregistrement, .prj qui contient les informations de projection du .shp. Le style sous Geoserver est géré à l'aide de fichier SLD ou Styled Layer Descriptor* qui contiennent le style de la couche au format XML).

II.4.1.1 Dikili Tash

La base de données de Dikili Tash ne disposait pas de données vectorielles SIG. Il a fallu les créer à l'aide des dessins vectoriels au format Adobe Illustrator à l'échelle 1/20^e ou 1/50^e et du plugin MapPublisher pour Adobe Illustrator. Il permet de géoréférencer un fichier de type AI, de le mettre à l'échelle puis de l'exporter sous un format standard de donnée vecteur (annexe 4). Ce logiciel a été choisi par les stagiaires précédents. En effet, la dernière version que j'ai utilisée permet un export des fichiers sous format shapefile.

Il suffit pour cela de lui donner le type de format d'export, la géométrie de chaque calque, l'échelle du dessin et un point de calage connu en coordonnées papier et en coordonnées terrains.

L'ajout de données vectorielles a été complété par un travail d'import des plans topographiques au format DXF. Elles ont été exportées à l'aide du logiciel Autocad Map au format shp.

Le traitement sur QGis a permis de vérifier la géométrie des données par l'usage de l'outil « vérification de la validité d'une géométrie » et de corriger les erreurs à l'aide de l'outil « simplifier la géométrie ». En effet, l'export des données AI a révélé la présence d'incohérences comme par exemple la présence d'autointersections. Par exemple, certains polygones sont transformés en deux entités : un contour de type ligne et un remplissage de type polygone. Cette dualité a intégré de nombreux bugs lors de l'export vers geoserver.

Dernier point, de nombreuses données sont présentes sous forme de points topographiques. Par exemple, les unités stratigraphiques ou US* sont des volumes archéologiques fouillés (la surface de départ est différente de la surface de fin) dont la définition spatiale a été effectuée à l'aide du relevé des quatre coins. Or la visualisation de surface par des points n'est pas utile. Afin d'afficher les surfaces d'ouverture et de fermeture d'US, il a fallu créer des polygones à partir des points. Le logiciel QGIS a permis cette opération et chaque surface d'ouverture et de fermeture de chaque US a été créée automatiquement à l'aide de l'outil « enveloppe convexe » (figure 18).

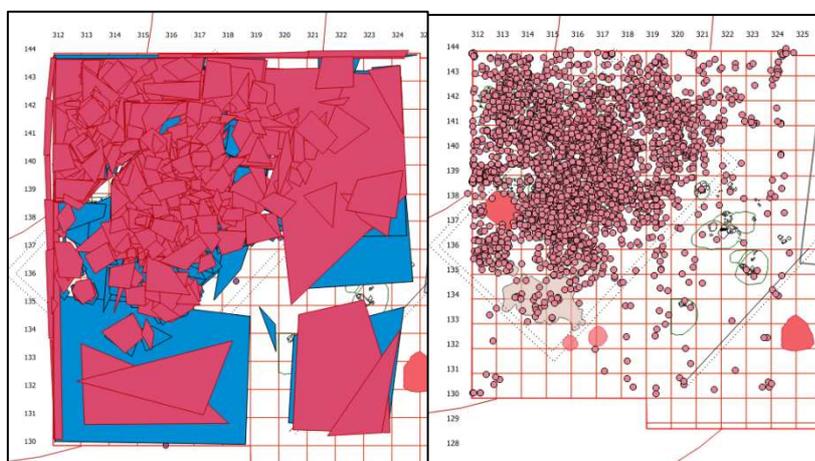


Figure 18 : à gauche les US en surface créées à partir des points de droite

II.4.1.2 Korça

La base de données de Korça comporte 15 shapefiles. Ceux-ci avaient déjà été mis en forme par les stagiaires précédents. Ils sont tous issus de levés topographiques au GPS de poche. Tous ces documents sont en WGS84 ou en UTM34. Ils n'ont nécessité aucune opération de mise en forme.

Comme nous sommes en présence d'une plaine, la technique de fouille a été différente du site de Dikili Tash. Les opérations de terrain ont pris la forme d'une prospection et non de recherche pour excavation en carré de fouille. À la manière d'une battue, les archéologues ont balayé toute la plaine en ligne et ceci par rectangles de 350 par 100 mètres. La position des carrés a été déterminée par levé des quatre coins au GPS de poche.

Pour traiter l'affichage des unités de prospection (UP*), deux actions ont été indispensables : la création d'une grille de 15 par 17 km éditée grâce au logiciel Autocad sur la base d'une grille incomplète éditée par la précédente stagiaire. Une fois le carroyage créé sur Autocad et exporté au format shp, chaque UP a été complétée par ses données attributaires de prospection à l'aide du logiciel QGis et par jointure des tables shp avec les tables attributaires. Ces données attributaires sont issues d'un fichier Excel fournis par Mme OBERWEILER.

Au final, chaque unité de prospection dispose de valeurs de densité de présence de vestiges archéologiques (figure 19). On peut ainsi visualiser la quantité de vestiges d'une période donnée par unité de prospection. Au total, neuf grilles ont été créées donnant les densités de présence archéologique du Néolithique, du Chalcolithique, de l'Âge du Bronze, de l'Âge du Fer ancien, de la période classico-hellénistique, de la période romaine et des objets de nature et/ou de période indéterminée.

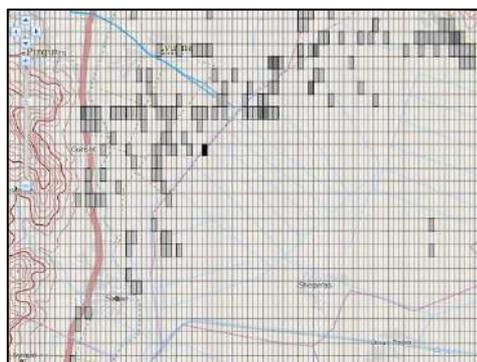


Figure 19 : grille des unités de prospection, source EfA

II.4.2 La base de données Filemaker de Dikili Tash

Les données attributaires collectées durant toutes les campagnes de fouille d'hier à aujourd'hui sont compilées dans cette base de données.

Elle a été créée sous le logiciel Filemaker Pro* de la première version à la version actuelle 11.0.2.

Il se distingue des logiciels de SGBD classique car la couche de données est totalement dissociée de la couche de traitement. En clair, les scripts s'appliquent, quelques soient les clés et les liens et le typage de la colonne. Ceci est un grand problème car toute requête peut avoir une solution qu'elle soit juste ou fausse (une requête sur un entier peut renvoyer une chaîne de caractère).

La base de données fournie contient 29 tables. Chaque table peut contenir de 2 à 120 champs selon le type d'information et de 50 à 21 000 entités. Les tables sont classées par thèmes :

- les tables contenant les informations d'un type d'objet (parures, restes architecturaux et céramiques),
- les tables liées aux fichiers annexes de la fouille (plans, photographies, dessins),
- les tables descriptives des unités de fouille (Unités stratigraphiques, Locus*, etc.)
- la table des données topographiques sous forme de points levés,
- les tables relationnelles avec le service de restauration (table contenant les informations de réparations des vestiges abimés), une table de rassemblement d'éléments corrélés (tessons rassemblés formant un vase).

La base de données sous sa forme initiale est composée de tables denses ayant de nombreuses redondances. J'ai dû créer un schéma conceptuel de la base fournie à l'aide du logiciel pgModeler (annexe 3) pour la comprendre et voir l'articulation des clés. Suite aux demandes de M. DARCQUE, j'ai réduit le nombre de table à importer afin de réaliser le travail sur la partie la

plus propre de la base de données et sur une table étudiée en ce moment et transversale par rapport au site de fouille : la table des parures. Les autres données (pierres taillées, restes architecturaux et céramiques) ne sont pas pris en compte car les tables sont incomplètes. A la fin de mon travail et à l'aide du logiciel de création de base de données pgModeler, j'ai créé un nouveau schéma conceptuel de données (figure 20). Le schéma conceptuel de la base de données initiale et le schéma de la base de données finale sont situés en annexe 9.

La base de données contient les unités stratigraphiques, les parures, les locus, les flottations*, les points topographiques, les éléments restaurés, les corrélations et les photographies. Une parure est décrite par un ou plusieurs points topographiques et éventuellement une photographie. Elle peut avoir fait l'objet d'une restauration et peut se rapporter à une corrélation, c'est-à-dire se raccrocher à une autre parure pour former un objet complet. Elle appartient à une US et un locus. Pour certains cas, elle peut avoir été trouvée dans une flottation.

Une US et un locus contiennent des parures, des corrélations, des flottations et des points topographiques. De plus, un locus contient des US.

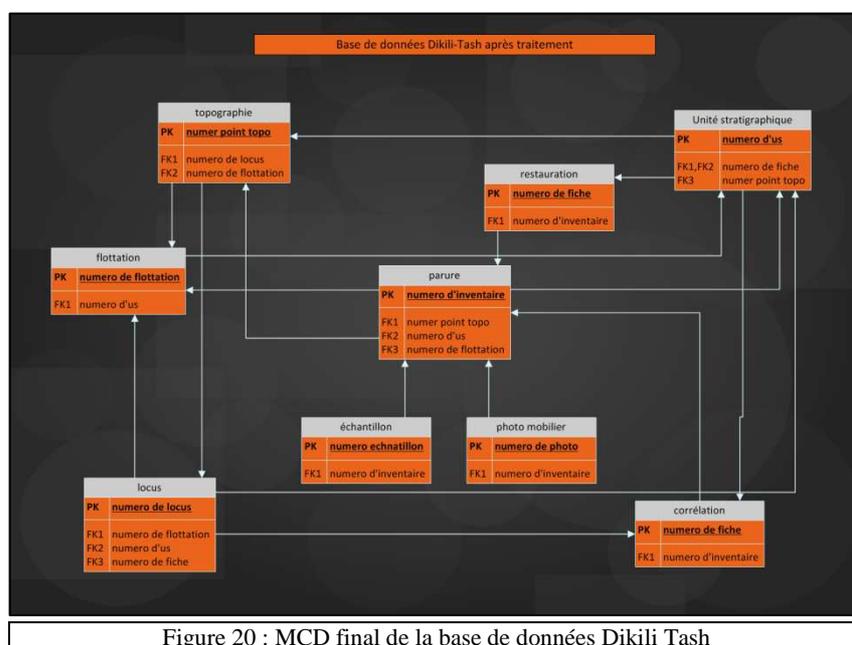


Figure 20 : MCD final de la base de données Dikili Tash

Dernier point, pour afficher les données de parure, de restauration, les points topographiques et les points de flottation, il a fallu ajouter à ces tables une colonne géométrie à l'aide de PostgreSQL. La requête SQL ci-dessous a permis cette opération rapidement et efficacement :

```
SELECT AddGeometryColumn ('public','dik_parure','the_geom',2100,'POINT',2);
UPDATE dik_parure SET the_geom = ST_GeomFromText('POINT('||x||' '||y||')',2100);
```

II.4.3 Les documents raster

II.4.3.1 Dikili Tash

Pour le traitement des formats rasters, le logiciel Quantum Gis a apporté toutes les solutions grâce à une opération dite de géoréférencement (Annexe 2, partie géoréférencement). Il s'agit de recalibrer une image d'un système de référence source vers un système de référence de destination. Ceci passe par la saisie de points connus en coordonnées dans le système de référence de destination.

Le logiciel applique ensuite une transformation mathématique qui positionne l'image suivant les points de calage. La méthode que j'ai utilisée est celle d'Helmert¹⁴. La qualité du pointage introduit un décalage entre la carte et l'objet terrain. Le format d'export après géoréférencement est le GeoTIFF*.

Pour Dikili Tash, les fichiers raster sont composés de 4 plans topographiques scannés (échelle 1/500^e, 1/200^e, 1/1000^e) et géoréférencés par Autocad et 35 schémas de fouille à l'échelle 1/2^e ou 1/5^e géoréférencés à l'aide de QGIS datant de 1961 à 1996. Ils sont tous au format GeoTiff.

Le tableau ci-dessous présente les écarts de géoréférencement issus de QGIS en fonction de l'année de réalisation du document :

Type de document	Année de réalisation	Résidus de calage
Schéma du secteur B	1961 à 1975	1 m
Plan topographique	1986-1987	0.5 cm
Schéma du secteur 6	1986 à 1996	1.5 cm

Tableau 1 : écarts planimétriques de calage des plans scannés

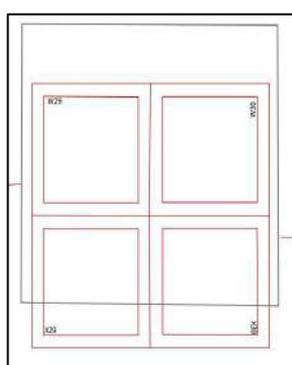


Figure 21 : secteur B, en rouge le secteur réel, en gris le secteur issu du plan topographique, source ÉfA

On explique les décalages sur le secteur B par l'imprécision des données. Le calage ne pouvait s'effectuer que par un géoréférencement à l'aide du plan topographique. Or le secteur B a été levé sur le plan topographique en 1986 soit 10 ans après la fin des fouilles. La plupart des carrés de fouille ont eu le temps de se dégrader et les bermes ont sombré de parfois 1m. Ce cumul d'écarts explique l'imprécision de positionnement des plans du secteur B, contrairement aux autres plans dont le carroyage fournis au minimum 6 points de calage parfaitement connus par plans et une précision centimétrique (figure 21). De plus, le rapport du BCH¹⁵ n°133 de 2009 par Pascal DARCQUE parle de ce problème et stipule cependant que l'ensemble des données est parfaitement calé en altimétrie :

« Si le calage horizontal des uns par rapport aux autres se révèle parfois problématique, la cohérence des cotes hypsométriques est presque parfaite. »

II.4.3.2 Korça

Le site de Korça ne disposait pas de fichiers photographiques des objets à intégrer mais il possédait deux fonds de plan issus de cartes scannées au 1/50 000^e de 1982 ayant été géoréférencés en WGS84. Initialement, ces deux documents étaient en Pulkovo 1982 zone 2*. L'un de ces fonds de plans, représentant la plaine de korça, avait été créé par assemblage de scans sous Adobe Pho-

¹⁴ Transformation d'Helmert : similitude à 7 paramètres (3 translation Tx, Ty, Tz ; 3 rotations Rx, Ry, Rz et un facteur d'échelle) qui permet de passer d'un système de coordonnées à un autre en minimisant l'écart quadratique entre les positions des points connus.

¹⁵ BCH : Bulletin de Correspondance Hellenistique : cet ouvrage édité par l'École Française d'Athènes compile les données de fouilles de l'ensemble des sites archéologiques.

to shop de cartes albanaises scannées puis géoréférencées sous ArcGis en utilisant des points GPS levés sur le terrain. L'assemblage sous Photoshop suivi du géoréférencement était toutefois très approximatif. Le géoréférencement est toujours l'étape préalable à l'assemblage. L'écart maximal mesuré entre données issues de levés GPS et fond de plan était de 120m en planimétrie. Une comparaison des courbes de niveau de la carte et de celles extraite d'un MNT¹⁶ montre un écart de 100 à 150m en planimétrie entre les talwegs du MNT et ceux de la carte.

Suite à cela, l'archéologue responsable du projet m'a fourni de nouvelles cartes au 1/50 000^e de 1988, également dans le système pulkovo, accompagnées d'un fichier de points servant à géoréférencer les cartes¹⁷. Ces cartes ont été réalisées par les autorités russes. Ces cartes sont issues du site MapStore¹⁸.

Au final, la première carte présentait des écarts planimétriques de 100 à 150 mètres par rapport aux données GPS et la nouvelle carte créée à l'aide des fonds de plan russes et de l'outil de géoréférencement présente des écarts de 9 mètres au maximum. Cet écart est négligeable sachant que les données archéologiques ont été relevées à l'aide d'un GPS manuel dont la précision est de 10 mètres et sachant que l'étude se fait à l'échelle d'une plaine de 30 par 50 km.

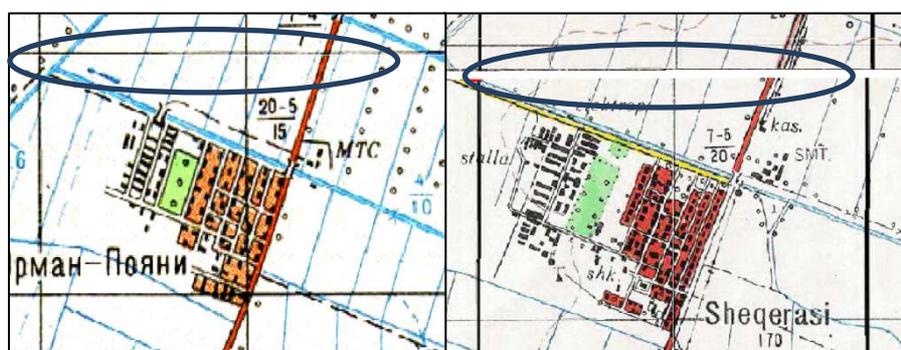


Figure 22 : à gauche la carte russe, à droite la carte albanaise initiale, source ÉfA

¹⁶ Source ASTERGDEM, url : <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>. Organisme fondé par la NASA pour fournir un MNT global terrestre au monde entier.

¹⁷ Fichier de géoréférencement au format .map, utilisé par le logiciel cartographique OziExplorer, url : <http://www.ozexplorer.com/>

¹⁸ MapStore : site de cartographie web : url : <http://mapstor.com/>.

III Mise en œuvre d'un web SIG et recommandations pour la pérennité du projet

III.1 La question du système de coordonnées

III.1.1 Deux cas, deux options

Lors de mon travail de fin d'étude, j'ai fait face à deux cas. Dans celui de Korça, les données fournies étaient géoréférencées dans un système connu (WGS84 ESPG : 4326 ou Pulkovo 1982 zone 2 ESPG : 4284) et donc il n'y a pas eu de problème de système de coordonnées. Le passage d'un système à un autre se fait à l'aide de QGIS. Par convention, nous avons tout mis en WGS84 afin de faciliter l'interopérabilité avec les données de type OpenStreet Map et Google Map.

Pour le site de Dikili Tash, je me suis retrouvé face à un repère local¹⁹ matérialisé par la mise en place d'un carroyage. Le topographe de l'École française et les archéologues ont mis en place des bornes autour de chaque carré de fouille reprenant le carroyage. Trente-quatre de ces bornes ont été relevés par GPS différentiel²⁰ dans le système grec afin de pouvoir caler les données externes. Ce relevé a été effectué avec une précision de quelques centimètres.

Dans ce cas, deux options étaient possibles : soit tout garder dans le système local comme le souhaite obligatoirement les archéologues et définir ce système local comme une projection personnalisée utilisable par les logiciels QGIS, Geoserver et PostGIS, soit projeter toutes les données dans le système national grec (GGRS87, EPSG : 2100).

Ce dernier choix présente un avantage et un inconvénient : l'avantage est de rendre les données totalement interoperables dans tous les logiciels, l'inconvénient est de perdre le repère local qui fonctionne sur le site de Dikili Tash depuis bientôt 50 ans.

Toutes les publications et tout le travail archéologique depuis le deuxième programme de fouille reposent sur ce système. Un passage au GGRS87 obligerait les archéologues à un travail de conversion de leurs données existante et à un travail d'adaptation à ce nouveau type de coordonnées.

III.1.2 L'étude réalisée

Afin d'étudier les deux propositions faites au paragraphe précédent, une phase de recherche préparatoire était obligatoire. Ce cas est totalement novateur dans le milieu de l'archéologie. Aucune étude n'a été pareillement menée au sein de l'École française d'Athènes. Soit les archéologues disposent de repères locaux et n'envisagent pas l'utilisation d'outils SIG, soit l'usage d'une référence nationale est convenue entre les différents acteurs au début du projet. Par

¹⁹ Repère local orthonormé dont les coordonnées origines sont 41°00'32.00923'' N et 24°18'19.48261'' E en WGS84, orienté sur le nord magnétique de 1961 et implanté par René Treuil, archéologue, en 1986.

²⁰ GPS Différentiel Leica de type Système 1200.

exemple, pour les projets ALPAGE et pour les chantiers menés par l'INRAP sur le gazoduc Est, le référencement en RGF93 est systématique.

Travaillant dans cette direction, le GPS Leica 1200 de l'ÉfA et les coordonnées des bornes levées en WGS84 ont permis de calculer la transformation entre le repère local et le WGS84 (tableau n°2).

Paramètre	Valeur
<u>Translation X (m)</u>	90.7198
<u>Translation Y (m)</u>	289.1140
<u>Rotation selon l'axe Z (en seconde)</u>	9278.18951
<u>Facteur d'échelle (en ppm)</u>	29.9763

Tableau 2 : valeurs des paramètres de transformations du GPS Leica 1200

Malheureusement, ces résultats se sont révélés inexploitable. En effet, le logiciel de calcul du GPS Leica effectue une projection locale temporaire en transverse Mercator²¹ afin de calculer la transformation avec le repère local. Le logiciel Autocad ne permet pas de calculer la transformation et le logiciel Circé ne fonctionne qu'avec des paramètres français. Nous ne pouvons pas utiliser les paramètres de transformation du GPS Leica 1200 car nous ne disposons pas des données de projection temporaires. Sur la figure 23, le GPS Leica effectue le cheminement suivant : coordonnées géographiques du système A (GGRS87) vers les coordonnées projetées en système A et pour finir transformations avec le système B (repère local) considéré comme système projeté.

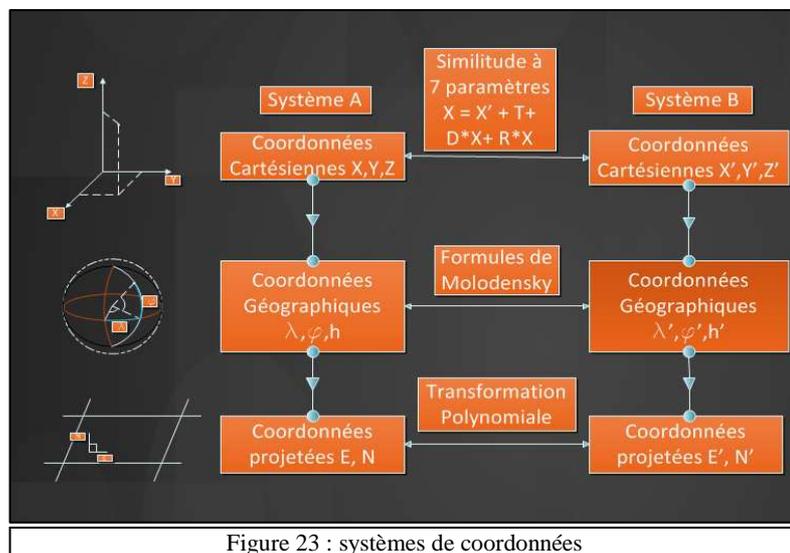


Figure 23 : systèmes de coordonnées

La seule possibilité de conversion offerte est l'utilisation du logiciel Autocad Map. Il permet d'importer des fichiers au format SHP et de les géoréférencer manuellement par application

²¹ Notice « Introduction au GPS, système de positionnement à l'échelle du globe », version 1.0 en français de 2001 par Leica Geosystems. Cf page 33.

d'une translation et d'une rotation en utilisant graphiquement des points de base connus en local et en WGS84.

Avec l'appui de mon maître de stage et dans le respect du cahier des charges fixé par M. Pascal DARQUE, l'étude s'est poursuivie par la définition d'un repère local utilisable par les logiciels du projet. En effet, QGIS, Geoserver et PostGIS peuvent intégrer des systèmes de coordonnées personnalisés. Ils se définissent à l'aide de deux langages : le format WKT (Well Known Text)* et le format Proj4*.

J'ai pour cela utilisé le logiciel Autocad Map qui dispose d'un assistant à la création de système de coordonnées personnalisés. Il est ensuite possible de récupérer le système de coordonnées ainsi définis au format WKT. Il s'insère dans le logiciel PostGIS à l'aide de la requête suivante :

```
INSERT into spatial_ref_sys (srid, auth_name, auth_srid, proj4text, srttext) values (...).
```

Pour obtenir le format proj4, le site internet spatialref.org²² permet de définir son propre système, de lui attribuer un EPSG personnalisé et de le convertir en langage proj4 ou WKT. Cependant, comme je n'avais pas les bons paramètres pour le définir, je n'ai pas réussi à définir correctement un repère local personnalisé utilisable en format Proj4 ou WKT.

III.1.3 Une solution par défaut

Au terme de mon travail de recherche sur les systèmes cartographiques, j'ai opté pour une solution temporaire car il me manque des données pour convertir rapidement et facilement toutes les données du repère local de Dikili Tash au système international WGS84 ou au repère grec GGRS87.

Comme pour le web SIG de Délos, les données sont transférées vers Geoserver avec pour EPSG le 2100 soit avec un SRID inexact. Ceci permet de pouvoir utiliser toutes les fonctionnalités de Geoserver sans pour autant perdre le système local qu'il était impératif de garder pour la concordance avec toutes les données.

De plus, je n'ai pas pu calculer une transformation qui me permette de garder une précision centimétrique des données. Je ne disposais pas d'assez de bornes connues en coordonnées sur l'ensemble du site. Ainsi, la majeure partie des points se situant en dehors de la zone de détermination de la transformation, la précision de ces points aurait été décimétrique à métrique, choix qui irait en contradiction avec le cahier des charges fournis menant ce projet.

La solution serait donc de lever de nouveaux points qui permettraient de calculer une transformation sur l'emprise du site archéologique. Cette transformation à 7 paramètres (Tx, Ty, Tz les paramètres de translation, ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z sont les éléments de rotation et D le facteur d'échelle) pourrait être appliquée à l'aide de MapInfo²³. Je laisse ce travail au preneur du projet.

²² Spatialref.org : bibliothèque de système de coordonnées par Howard Butler, Christopher Schmidt, Dane Springmeyer, et Josh Livni pour aider à l'usage et au développement de l'usage des systèmes référencés, url : <http://spatialreference.org/>.

²³ Source documentation MapInfo téléchargée sur le site de MapInfo, url : <http://www.mapinfo.com/resources/library/>

On peut compléter cette dernière solution par l'ajout d'une grille contenant les coordonnées du système local superposée aux données en coordonnées nationales, ainsi on affiche les coordonnées d'un point sur la carte en coordonnées locales et en WGS84 ou en GGRS87 avec des données géoréférencées.

III.2 Intégration des données

III.2.1 Les données graphiques

Un rapide bilan des données montre que l'on a deux formats de données à intégrer : les formats raster et vecteur. Toutes les données de type vectoriel ont été intégrées à l'aide de QGIS puis PostGIS et enfin chargées dans Geoserver.

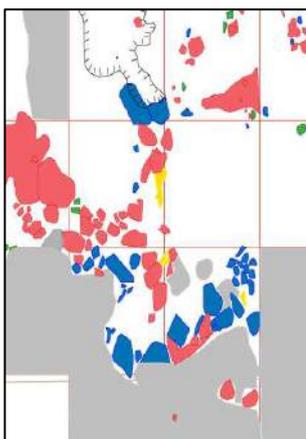


Figure 24 : style d'affichage de fichiers AI, source ÉfA

Le chargement des données vectorielles dans PostGIS sous forme de tables spatiales se fait par l'usage de l'outil « gestionnaire de base de données » de QGIS. Autre solution, on peut passer par le plugin SPIT.

Pour charger les données PostGIS dans Geoserver, il faut passer par Geoserver lui-même. Ce serveur cartographique répond à une arborescence spécifique : le Workspace (conteneur général de toutes les données d'un projet), le Store (sous dossier qui contient les données sous un format (Geotiff, données PostGIS, données Spatialite), le layer (couche de données) et le layer group (ensemble de couches affichées conjointement). Un store de type Geotiff ne contient qu'un fichier et un store de type PostGIS contient toutes les données vectorielles contenues dans une base PostGIS.

<u>Site</u>	<u>Format</u>	<u>Nombre</u>	<u>Date</u>
<u>Dikili</u>	Shapefile	89	2008-2010-2014
	TIFF	559	2013
	Geotiff	40	1958-1975-1987
<u>Korça</u>	Shapefile	25	2013
	GeoTiff	6	1988

Tableau 3 : synthèse des données affichées

Une fois toutes les données importées dans Geoserver (tableau 3), il a fallu gérer l'affichage. Cet affichage passe par l'usage de fichier SLD (Styled Layer Descriptor)* décrit en langage XML. Les styles déjà définis pour Délos n'étaient pas suffisants pour décrire la totalité des couches issues de l'affichage des fichiers Adobe Illustrator (figure 24).

- Affichage en fonction de l'échelle : un code XML spécifique <MaxScaleDenominator>...</MaxScaleDenominator>.
- Affichage des labels : la gestion des labels ou étiquettes se fait de manière itérative. Il faut tester plusieurs affichages successifs avant de trouver un rendu propre et lisible. On positionne le texte par rapport au centroïde de l'objet avec des écarts définis en pixels. On peut jouer sur la typologie du texte, la couleur, la bordure (épaisseur et couleur) et la définition d'une zone tampon ou d'un halo. Un exemple de code issu d'un fichier SLD est présent en annexe 8.

III.2.2 La base de données Filemaker

L'une des plus grande partie de mon travail a consisté au transfert de la base de données de Filemaker vers PostgreSQL. Cependant, il est long et fastidieux. En effet, la base de données Filemaker permet des facilités de typage et de formatage que ne permet pas le logiciel PostgreSQL.

J'énumère ci-dessous les problèmes rencontrés et les solutions retenues.

- Les problèmes de typage : Filemaker offre la possibilité d'insérer des chaînes de caractère dans des champs de type entier et inversement. Les champs de numéro d'US contenaient des points d'interrogation notifiant l'incertitude sur la numérotation. J'ai enlevé ces notations pour permettre les requêtes sur des entiers et j'ai rajouté un champ définissant la précision des informations avec un système d'indice de confiance définis par l'archéologue. Les dates ont fait l'objet du même traitement avec un formatage de type année/mois/jour.
- Le formatage des champs dits « numéro d'inventaire » (tableau 4), « numéro US » et « locus ». Les erreurs d'export venant de la présence de tiret ou d'espace dans les noms. J'ai opté pour un export CSV avec suppression des espaces au sein des numéros. Pour le dernier type, le problème survenait au moment du passage à Excel. Par exemple, M437 constitue un numéro de cellule pour le tableur. J'ai donc exporté ces données en csv avec format de colonne en texte et non en chiffre.

<u>Style de code</u>	<u>Détail</u>	<u>Programme archéologique</u>	<u>Exemple</u>
<u>Mwww</u>	www: numéro d'objet	I	M5107
<u>xxxx-www</u>	Xxxx: numéro d'US, www: numéro d'objet	II	6184-001
<u>Xyyyyyyzz- www</u>	X: numéro du secteur, yyy: coordonnées du carré, Zz: nombre de photographie, www: numéro d'objet.	III	5316 10150-001

Tableau 4 : gestion de la numérotation des objets

- Les redondances : certains champs ont fait l'objet d'un formatage particulier. En effet, le nombre de personnes remplissant la base de données étant important, certains champs ont été saisis de manière non uniforme sans respect de la casse et de la typographie (Annexe 7).
- Les champs multi-valués : ce sont des champs permettant de stocker plusieurs colonnes. L'export excel ne garde qu'une seule colonne. J'ai donc opté pour un export en csv permettant de garder toutes les données en une colonne avec un séparateur « ; ».
- L'encodage : les tables PostgreSQL doivent être encodées en UTF-8. Or lors de l'export Filemaker codé en ANSI, l'encodage UTF-8 n'était pas appliqué par le logiciel bien que demandé. De plus, Filemaker permet d'intégrer des opérateurs logiques ou des symboles dans les tables (\leq , \geq , \pm). Ces symboles ne sont pas conservés lors de l'export et remplacés par des colonnes attributaires permettant de pallier au manque d'information.

III.2.3 La base photographique



Figure 25 : pendentif, source ÉfA

Le cas Dikili Tash est très intéressant car il offre une grande variété de données dont une base photographique. En effet, nous disposons de 559 photographies d'objets de parure au format JPEG (figure 25).

La première étape liée à la gestion des données photographiques est d'intégrer à PostgreSQL une table contenant toutes les données descriptives des photographies. Elle contient le nom du fichier, son extension, la légende, le numéro de l'objet photographié, l'auteur, la date et l'heure de prise de vue, l'orientation et la zone de prise de vue.

Pour afficher les photographies de parure, je les ai placés dans un fichier situé sur le serveur de l'ÉfA mais hors de portée de toute connexion web. En effet, une fois sur le serveur, une photographie est disponible par l'intermédiaire d'une URL et non protégées.

Nous avons donc utilisé un codage PHP pour récupérer l'image uniquement si une connexion au web SIG est active.

Ainsi les photographies sont accessibles et affichables dans une fenêtre personnalisable. Le code PHP, présenté en annexe 8, donne la requête utilisée pour afficher uniquement les photographies si la connexion au web SIG est avérée.

Une fois la boucle PHP mise en place, un script PHP contenant une requête SQL récupère, dans la table attributaire des photographies, le numéro de photographie et les données attributaires liées. La finalité est d'afficher la photographie issue d'un URL et ses données descriptives issues d'une requête SQL depuis les objets présents sur la carte. En sélectionnant un objet de parure sur la carte, on peut afficher la photographie avec les informations attributaires de l'objet lui-même. Une deuxième méthode est présentée en III.3.2.2.



Figure 26 : page d'affichage des légendes, source EfA

III.3 Le résultat final du web SIG et ses nouvelles fonctionnalités

III.3.1 Les données satellitaires

Cette année, la structure du web SIG a fait un grand bond en avant. En effet, il manquait pour certains sites de grande superficie comme Korça en Albanie et Malia en Grèce des fonds de plan de type photographie aérienne. Il faut noter que le coût d'achat d'une orthophotographie est élevé et il faut prévoir des mises à jour pour le long terme.



Figure 27 : image satellite Bing, en médaillon les données disponibles,

Pour solutionner ce problème, nous avons fait appel à des fournisseurs de données orthophotographiques ou de cartographie web : Google Satellite, NOKIA Satellite, Open Street Map et Bing Satellite (figure 27).

La première étape consiste à intégrer la librairie de conversion de données proj4j²⁴. Elle permet de projeter à la volée l'ensemble des données en EPSG 900913²⁵ qui correspond au WGS84 utilisé par Google. Enfin, il suffit d'ajouter les couches depuis leurs sites internet respectifs avec une clé d'identification par site.

Pour Google, un plugin permet d'afficher les données et les styles Google Earth et ainsi ajouter une visualisation en trois dimensions des données.

III.3.2 Les nouvelles fonctionnalités JavaScript

III.3.2.1 Les favoris



Figure 28 : favoris définis par défaut, source ÉfA

Cette fonctionnalité est issue de la bibliothèque HeronMC²⁶. C'est l'une des fonctionnalités de Web-Mapping de cette bibliothèque qui n'était pas encore intégrée au web SIG. J'ai utilisé mon stage afin d'apporter cette option qui apporte une aide non négligeable dans la gestion d'un web SIG contenant 130 tables.

Cette option permet de créer des favoris situés dans le fichier EfA_bookmarks.js permettant la définition des favoris en langage JavaScript. Le script est présent en annexe 8. J'ai ainsi pu définir cinq favoris liés aux cinq secteurs de fouille les plus riches et les plus étudiés.

Cet utilitaire permet de définir le lien vers l'affichage d'une zone particulière de la carte (figure 28). Ce lien comprend la liste des couches à afficher, un niveau de zoom et une position sur la carte.

²⁴ Librairie proj4j : url : <http://trac.osgeo.org/proj4j/>

²⁵ EPSG 900913 : url : <http://spatialreference.org/ref/sr-org/epsg3857/>

²⁶ Source : HeronMC, <http://lib.heron-mc.org/heron/1.0.2/examples/bookmarks/index.html>

Le code JavaScript a été récupéré de la bibliothèque Heron et a été adapté aux besoins de notre affichage.

Pour la création de favoris personnalisés, la méthode est très simple (figure 29). Il suffit de définir les paramètres d'affichage et de zoom souhaités puis de remplir les champs descriptifs dans l'onglet *Ajouter un signet de la carte courante*. Le favori apparaît alors parmi les favoris prédéfinis (figure 28). Ce favori est stocké avec les cookies. Il disparaît donc après chaque usage. Ceci est très utile pour éviter une trop grande quantité de favoris créé par l'ensemble des utilisateurs.

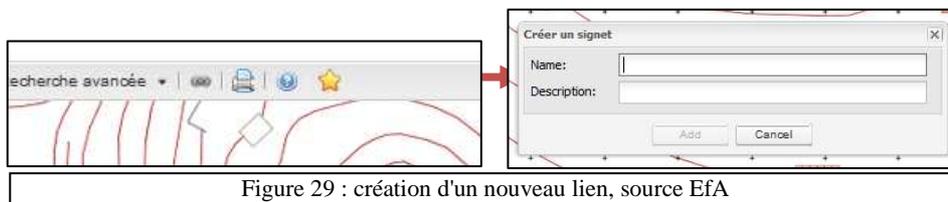


Figure 29 : création d'un nouveau lien, source EfA

III.3.2.2 Pop-up personnalisables

Dans le web SIG du site de Délos, les Pop-up permettant l'affichage des informations attributaires n'était pas standardisé. Chaque information et chaque donnée attributaire devait faire l'objet d'un onglet de recherche spécialisé. Cette spécialisation se faisait par la définition d'une requête php affichée en langage HTML au sein d'un Pop-up Ext JS.

Mon projet a pour objectif de fournir des outils qui seront aussi utiles pour les web SIG de Dikili Tash et de Korça que pour les autres projets de web SIG suivis par l'ÉfA. Le but est de fournir une structure de Pop-up générique à tous les web SIG dont le contenu pourrait être personnalisable à l'aide de code HTML.

Nous avons utilisé les fonctionnalités HeronMC présent dans l'exemple appelé FeatureInfoPopUpVertical²⁷. Cet exemple prédéfini permet d'afficher les données attributaires des entités selon deux modes :

- Un mode détail : il permet d'afficher les données sous forme de tableau fiche par fiche, c'est-à-dire entité par entité avec des boutons pour passer d'une entité à une autre.
- Un mode tableau qui affiche les données de toutes les entités sélectionnées dans une seule table.

L'objectif est de permettre d'adapter l'intérieur de la visualisation de type « Détail » en fonction des données disponibles et des besoins des utilisateurs. Cette étape a été utilisée pour l'affichage des données photographiques liées aux objets de type parure. Il est nécessaire de pouvoir facilement récupérer une photographie et ces données attributaires.

²⁷ FeatureInfoPopUpVertical : <http://lib.heron-mc.org/heron/1.0.2/examples/featureinfopopupvertical/index.html>

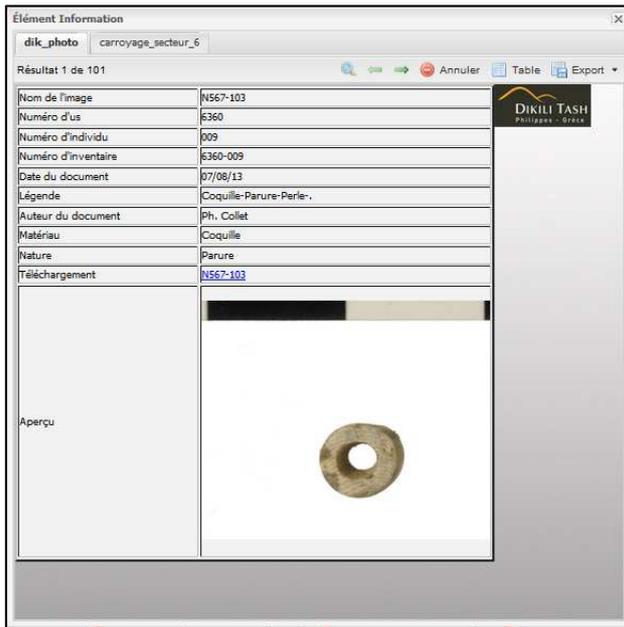


Figure 30 : affichage en Pop-Up personnalisé, source ÉfA

OpenLayers (outils de zoom et de navigation).

Le descriptif des outils est présent en annexe 1 et le code JavaScript utilisé pour créer ces outils est présent en annexe 8.

III.3.2.3 Usage des vues et affichage des données attributaires

```
CREATE VIEW echantillon AS
SELECT
dik_parure.point_topo,
dik_parure.the_geom,
dik_echant.num_inventaire,
dik_echant.us,
dik_echant.type_prelevement,
dik_echant.type_analyse,
dik_echant.resultat,
dik_echant.poids_echantillon,
dik_echant.photographie_echantillon_avant_prelevement,
dik_echant.photographie_echantillon_apres_prelevement,
dik_echant.partie_prelevee,
dik_echant.mode_prelevement,
dik_echant.methode_analyse,
dik_echant.numero_fiche,
dik_echant.individu,
dik_echant.commentaire_procedure,
dik_echant.commentaire_resultat,
dik_echant.date_de_creation,
dik_echant.date_de_deplacement,
dik_echant.date_exportation,
dik_echant.date_de_la_demande_analyse,
dik_echant.date_de_la_demande_exportation,
dik_echant.date_de_modification,
dik_echant.date_de_notification_resultats,
dik_echant.date_de_prelevement,
dik_echant.date_de_retour,
dik_echant.dimensions_echantillon,
laboratoire.adresse_lab,
laboratoire.reponsable_analyse,
laboratoire.nom_lab,
laboratoire.num_lab
FROM
public.dik_parure,
public.dik_echant,
public.laboratoire
WHERE
dik_parure.numero_inventaire = dik_echant.num_inventaire AND
laboratoire.fiche_lab_fk = dik_echant.numero_fiche;
```

Figure 31 : requête de création de vue, source ÉfA

Contrairement au cas de Délos, le site de Dikili Tash offre un grand nombre de données attributaires. D'un côté, chaque objet archéologique est complètement décrit mais d'un autre côté, il est inutile d'utiliser des données purement attributaires dans un outil à vocation cartographique qui apporte justement un aspect visuel cartographique.

C'est là que l'outil SIG, c'est-à-dire le logiciel de gestion de base de données et ses compléments de Web-mapping, offre les possibilités d'affichage de ses données attributaires.

En effet, toutes les données attributaires sont liées de près ou de loin à un point géographique. Par exemple, la table attributaire compilant les parures ayant fait l'objet d'une opération de restauration peut être affiché en utilisant les coordonnées de la parure liée. De même, la table présentant les locus a pu être rapprochée des géométries extraites des fichiers Adobe Illustrator.

Il suffit de passer par l'usage des vues. Elles peuvent être créées aussi bien par PostGIS ou par Geoserver. Une vue consiste à l'affichage dans une table virtuelle d'une requête attributaire en langage SQL.

Pour la réaliser sous Geoserver, il suffit d'ajouter une couche comme expliqué dans l'annexe 5 « Tutoriel sur l'usage de Geoserver » et de sélectionner *Configure a new SQL view*. La sélection des données se fait par une requête SQL de type `SELECT * FROM`. Pour une raison que je n'ai pas réussi à déterminer mais qui selon moi vient du problème de système de coordonnées, les vues ne s'affichaient pas une fois la requête d'affichage envoyée depuis le web SIG.

L'autre méthode qui a fonctionné est l'usage de PostgreSQL (figure 31). Une vue se crée à l'aide d'une requête. Contrairement à la création sous Geoserver, ces vues se sont correctement affichées. Il suffit ensuite de les charger dans Geoserver comme une table PostGIS normale.

III.3.2.4 Affichage des métadonnées

La gestion et l'affichage des métadonnées sont des éléments très importants pour un web SIG. La métadonnée permet de connaître l'historique de la vie d'une donnée de sa création jusqu'à son intégration.

La question des métadonnées est d'ailleurs au cœur de l'actualité du milieu de l'information géographique et s'exprime dans la directive INSPIRE²⁸. Elle définit les éléments indispensables à la définition correcte de nos métadonnées dans la partie B de l'annexe 1 de la directive européenne INSPIRE. L'objectif est, selon cette même directive, de poser « les bases de la création et la maintenance des métadonnées pour l'information spatiale »²⁹.

C'est dans cette optique que le service de l'ÉfA en charge des questions SIG a souhaité commencer à intégrer la question des métadonnées au web SIG. Le logiciel Geoserver permet d'affecter à chaque couche importée, un titre ainsi qu'un texte descriptif. Ce texte contient une description du contenu, la date de création, la date d'intégration au web SIG, la source et la personne responsable de l'intégration. Ces informations permettent de retracer l'histoire de la donnée et ainsi de retrouver le responsable en cas de modification pour arriver au respect de la norme ISO19115.

La traçabilité des données est très importante car par exemple, dans le cas de Korça, je n'avais aucune indication de la provenance de ces données incomplètes et donc je ne pouvais pas valider leur fiabilité.

L'affichage des métadonnées a été simplement solutionné. Les bibliothèques présentent pour la création du web SIG apportent d'elle-même la solution alliée à Geoserver. Il est possible d'afficher les informations d'une couche par *clic droit / Information de la couche*. Un script Java basé sur l'usage de la requête WMS/WFS `GetCapabilities` permet de renvoyer les métadonnées sur ce que le serveur est capable de fournir. Cette requête permet d'obtenir toutes les descriptions de chaque couche présente dans Geoserver. Une dernière requête en Java permet de récupérer la description utile uniquement pour la couche sélectionnée (figure 32).

Cette même méthode a été utilisée pour permettre l'activation de l'outil *Zoom sur la couche sélectionnée*. La requête permet de récupérer les limites de la couche pour effectuer par la suite un zoom. Le code est situé en annexe 8.

²⁸ Source : inspire.ign.fr, Loi N°78-753 du 17 juillet 1978 dite Loi CADA.

²⁹ Source : inspire.europa.eu, onglet « INSPIRE Metadata Regulation », 3 décembre 2008.

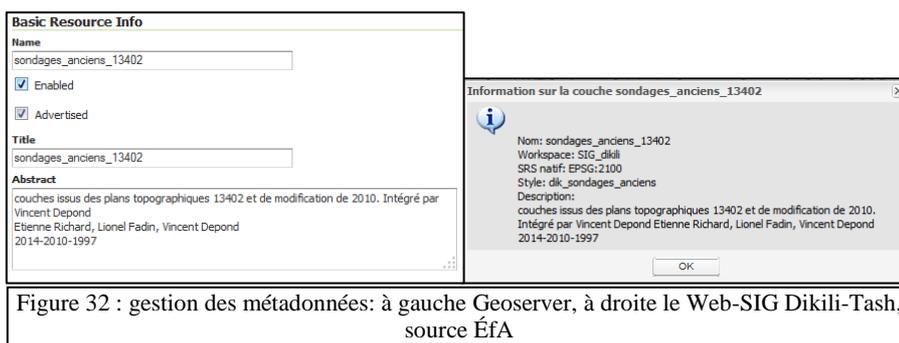


Figure 32 : gestion des métadonnées: à gauche Geoserver, à droite le Web-SIG Dikili-Tash, source ÉfA

III.3.2.5 La gestion des thèmes actifs

Afficher les données au sein du web SIG ne suffit pas. Lors de la réalisation d'un web SIG comme lors de la réalisation de tout type de site internet, il faut penser à l'ergonomie offerte à l'utilisateur. Il doit pouvoir trouver la donnée qu'il souhaite sans perdre un temps inutile à la chercher ou sans avoir besoin de connaissances logicielles. Ainsi lors de l'intégration des données une arborescence spécifique fut mise en place.

Les données sont classées selon plusieurs niveaux de critères (figure 33) :

- Les fonds de plans : données au format raster (image) servant de base d'affichage. Elles sont de grande emprise. Une seule peut être sélectionnée à la fois.
- Les fonds de plan vectoriels : plans issus de données CAO.
- Les fonds de plans scannés : fond de plan au format raster issus de numérisation de schéma ou de plan de petite envergure. Ils sont affichables simultanément ou séparément pour les recouper avec les données récentes.

Les données actives sont affichées dans l'onglet Thèmes actifs (figure 34). Il offre la description de toutes les couches activées avec la possibilité de les désactiver en décochant l'icône de sélection. L'ordre des couches est facilement gérable. Il est possible de descendre ou monter une couche par simple clic gauche sur les flèches de superposition.

On a accès à trois outils grâce à un clic droit sur les couches dans le panneau Thèmes actifs (figure 35):

- Information de la couche : permet d'avoir accès aux métadonnées liées à une couche.
- Zoom sur l'emprise : zoom sur l'emprise d'une couche.
- Modification de la transparence : augmenter ou diminuer la transparence d'une couche.

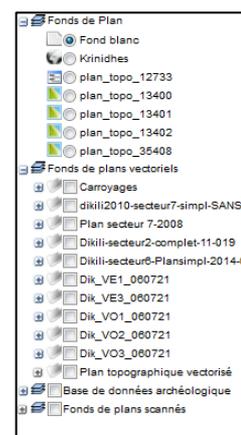


Figure 33 : arborescence des données, source ÉfA

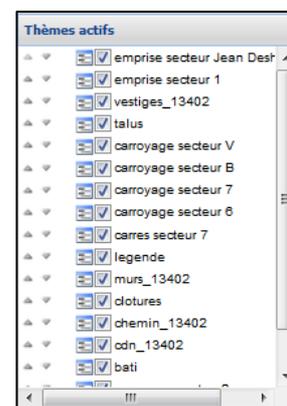


Figure 34 : thèmes actifs, source ÉfA

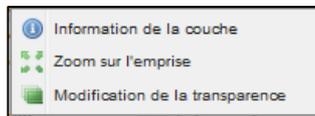


Figure 35 : outils de gestion des couches, source ÉfA

III.4 L'avenir du web SIG

III.4.1 L'enrichissement des données archéologique à l'aide des programmes futurs

Afin que le web SIG puisse être développé, il faut que le projet puisse intégrer les prochains résultats des fouilles de Dikili Tash.



Figure 36 : logo ArchIMAGE

Le site est actuellement en pause concernant les opérations de terrain car les chercheurs doivent prendre le temps d'analyser le résultat et le matériel des années précédentes. Cette période est propice à la mise au propre et au complément de la base de données.

Je pense à l'intégration des schémas sous forme de fichier Adobe Illustrator des vestiges retrouvés. C'est un ensemble de schémas réalisés après restauration des objets. Ils n'étaient pas disponibles lors de mon projet mais le seront d'ici à quelques mois et il est possible de penser à un affichage couplé à celui des photographies. Il reste une quantité non négligeable de données à intégrer : les photographies et tables attributaires des autres objets et les plans vectoriels qui n'ont pas encore été édités.

Toutes ces informations permettront de tester la résistance de l'architecture du web SIG face à un grand flot de données. En outre, plus le web SIG contient de données, plus il peut répondre aux besoins du plus grand nombre. Ceci permettrait de recueillir un maximum d'avis sur son fonctionnement et sur les améliorations à apporter.

J'ajouterais un dernier point en parlant du projet ArchIMAGE³⁰. Ce projet de l'École française d'Athènes est une application web permettant la mise en ligne des données graphiques et photographiques des sites de l'école. Il pourrait être possible de penser à lier les différents web SIG à ce service par un ensemble d'URL et de requêtes HTTP. L'interopérabilité des données entre les différents services de l'ÉfA deviendrait alors totale.

III.4.2 L'amélioration des outils

Les outils de Web-Mapping évoluent très vite. En l'espace d'un an, les bibliothèques de fonctionnalités JavaScript ont été modifiées d'une ou de deux versions de même que les logiciels Geoserver et Quantum Gis. Cette évolution apporte une solution à de nombreux bugs mais ouvre également les portes de fonctionnalités puissantes.

Pour l'avenir, il sera intéressant de voir comment réagi le web SIG au passage à la version 3 d'OpenLayers. Avec cette version, les données ne sont plus gérées par dalles mais selon un seul

³⁰ Source : <http://archimage.efa.gr/accueil>

bloc. On passe d'un maillage 2D de l'espace à l'usage de fonctionnalités 3D. Cette technologie est proche du rendu de Google Earth mais en version web.

La figure 37 montre l'outil de rotation d'une carte en bloc. Elle montre comme exemple une vue de l'Amérique du Nord avec la possibilité de gérer l'orientation de la carte³¹. Cet outil permettrait d'introduire une composante 3D très utile pour visualiser la topographie du Tell pour le cas de Dikili Tash avec possibilité de visualiser une reconstitution 3D des habitations néolithiques.



Figure 37 : rotation de la carte, source OpenLayers 3

Autre exemple qui préfigure l'arrivée d'effets visuels agréables et moins rigides, très utiles pour rendre un web SIG attractif et lui donner la pleine possibilité de jouer sur l'accessibilité des données : la gestion d'effets dynamiques comme le simule la figure 38. Par exemple, dans le cas de l'étude de flux de migration de peuples lors d'une période historique, il serait simple de visualiser dynamiquement ces flux. Ceci ajoutera une touche visuelle attrayante pour l'utilisateur. Cette application permettrait d'étudier facilement les flux de migration des peuples sur une période donnée.



Figure 38 : gestion d'effets dynamiques, source OpenLayers 3

La bibliothèque HeronMC propose l'appliquatif TimeSlider³² qui permet une gestion temporelle des données (figure 39). Cet outil permettrait de gérer temporellement l'affichage des données archéologiques et ceci sur deux critères : la date de découverte et/ou la datation relative de l'objet archéologique en lui-même. À l'analyse spatiale, on rajoute une composante temporelle très utile dans le milieu de l'archéologie. L'analyse serait géographique et temporelle. Dans le cas de Dikili Tash et même de Korça, il serait utile de voir la répartition des vestiges selon leur période comme le Néolithique ou l'Âge du Bronze.

³¹ Source : OpenLayer3 : ol3js.org/en/master/examples

³² Source : Heron-MC : <http://lib.hevon-mc.org/heron/1.0.2/examples/timeslider/index.html>

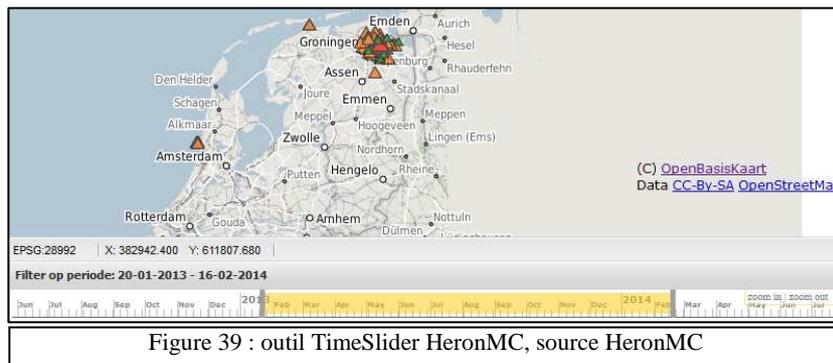


Figure 39 : outil TimeSlider HeronMC, source HeronMC

III.4.3 Formation des archéologues au maniement des logiciels de SGBD et de SIG

La partie qui m’aura pris le plus de temps est celle concernant la normalisation des champs de la base de données.

Je citerai de manière non exhaustive les problèmes suivant :

- Le nommage des champs non adaptés au web SIG (annexe 7).
- Le typage des données au sein des champs.
- La structure de la base de données en elle-même. Les données doivent être gérées de manière thématique et reliées par des liens logiques. Il est obligatoire que les archéologues se basent sur des modèles conceptuels de données.

Le souci majeur se situe au niveau de la formation des archéologues à l’usage des outils de gestion des bases de données. Bien souvent, ils s’initient de manière autodidacte à la manipulation d’un logiciel de gestion de base de données tout en respectant une logique archéologique mais non géomaticienne. De plus, ils ne disposent bien souvent pas des moyens pour faire appel à des géomaticiens ou à des informaticiens afin de les aider à mettre en place une base.

Un gros travail reste donc à faire en amont et les géomaticiens auront leur rôle à jouer pour permettre une standardisation et une sauvegarde des données dans le milieu de l’archéologie. La formation et la sensibilisation des archéologues à des méthodes et des modes de penser liés au fonctionnement des logiciels de base de données est obligatoire.

La trop grande liberté permise par le logiciel Filemaker a été la cause d’une grande perte de temps mais elle a été aussi l’occasion d’aider les archéologues à prendre conscience de la difficulté et de la nécessité de passer du temps à gérer leurs bases correctement. L’exploitation future de ce travail en dépend.

Conclusion

Lors de mon arrivée à l'École française d'Athènes, je n'avais que mes cours théoriques sur le milieu du SIG. Je ne maîtrisais que la partie théorique de l'usage d'un tel outil. Grâce à ces cinq mois de stage, j'ai fait la synthèse de toutes mes connaissances (topographies, géodésie, SIG, base de données) pour fournir un outil utilisable facilement par des chercheurs de tous horizons. Je laisse derrière moi un outil permettant aussi bien des analyses spatiales, attributaires que de la cartographie interactive.

Outre le côté purement technique de ce projet, j'ai lancé une dynamique auprès des chercheurs de Dikili Tash et de Korça. Grâce à ce projet, ils ont compris la nécessité de formater les données archéologiques selon des formats standardisés et selon des normes. Une base de données n'est pas simplement une zone de stockage compartimentée, c'est une façon de concevoir l'organisation de ces données. Les archéologues ont entamé ce travail de mise au propre de leur base de données et à l'avenir les sites de Dikili Tash et de Korça pourront facilement être étudiés par toute la communauté scientifique, d'un simple clic. Je pense également à la pérennité des données de tous ces sites. Si la gestion de ces sites change de main d'ici aux prochaines années, les données seront reprises avec plus de facilité qu'auparavant.

Mon projet s'ajoute à celui de Délos, Malia et Amathonte. L'École française suit désormais cinq projets de web SIG qui en moins de deux ans ont rejoint la qualité des projets les plus aboutis du milieu. À l'avenir, ce sera peut-être tous les sites archéologiques qui posséderont leur propre outil SIG au service des archéologues mais également au service du public. Cet outil de recherche pourrait servir à un usage documentaire voire scolaire.

Je laisse ce projet avec l'espoir que d'autres étudiants reprendront le flambeau et l'amèneront à un niveau supérieur. Je dédie aussi ce projet à M. Lionel FADIN et à M. Louis MULOT dans l'espoir qu'ils apporteront toute l'aide requise à M. Pascal DARQUE et à Mme Cécile OBERWEILER dans l'usage des web SIG. J'ai l'espoir que le problème des systèmes de coordonnées soit enfin solutionné ouvrant ainsi l'usage de données GPS en temps réel et pourquoi pas l'ajout à l'outil actuel du module accéléromètre d'OpenLayers et ainsi de permettre l'usage du web SIG de manière interactive sur le site lui-même.

Bibliographie

Travaux et ouvrages :

DARCQUE Pascal. Bulletin de Correspondance Hellenique. Partie 2 : Rapports. École française d'Athènes. Athènes. 2009

FOLLIN J-M. Cours de Base de données. École Supérieure des Géomètres et Topographes. Le Mans. 2012.

BRIQUET Quentin. Mise en place d'un Web SIG pour l'île de Délos (cyclades). Mémoire de travail de fin d'étude, École Supérieure des Géomètres et Topographes, 2012, 59 p.

DESACHY Bruno. De la formation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Thèse pour obtenir le doctorat de l'université de Paris I, Université Paris I : Panthéon-Sorbonne, 2008, 193 p.

TUFFERY Christophe. Des SIG pour quoi faire ? : Le cas de BRL (gestion, étude, partenariat). Thèse de Doctorat en Géographie, Université d'Avignon, 1994

VOILEAU Laure. Les enjeux du stockage et de l'interopérabilité des données dans la recherche en Sciences Humaines et Sociales : développement d'un Web SIG sur le site archéologique de Délos (Cyclades). Mémoire de MASTER 2^{ème} année, Université de Marne la Vallée - ENSG, 2013, 88 p.

Articles de périodiques

C. de RUNZ, O. NOCENT, E. DESJARDIN. Prise en compte de l'imperfection des connaissances depuis la saisie des données jusqu'à la restitution 3D. Journal Archeologia e Calcolatori, 2010, p. 389-401

C. de RUNZ. Analyse de données spatiotemporelles imparfaites dans un SIG archéologique. Revue du comité Français de Cartographie. N°215. 2013. p.51-58

Sites web

Service Régional de l'Archéologie de Lyon. *Système d'Information Archéologique ALyAS*, <http://pratiq.huma-num.fr/Observatoire/Projects?ID=161>. (consulté le 19/02/2014)

CNRS, Université de Tour. *Système d'Information Archéologique ToToPi : Topographie de Tours Pré-Industriel*. (consulté le 19/02/2014)

Unité de recherche « GEGENAA » (porteur), INRAP, Université de Reims, DRAC-SRA Champagne-Ardennes. *Projet SIGRem et Geographic Information System for Spatial Analysis in Archeology (GISSAR)*, <http://www.lesreimsanciens.fr> (consulté le 24/02/14)

Institut National de Recherche Archéologique Préventive, ARCH'IS. <http://pratiq.huma-num.fr/Observatoire/Projects?ID=49> (consulté le 24/02/14)

UMR 8589, LAMOP (Laboratoire de Médiévistique Occidentale de Paris), ALPAGE : *Analyse diachronique de l'espace Parisien*, <http://alpage.huma-num.fr/fr/> (consulté le 24/02/14)

Outils Mapping-Web

HeronMC : heron-mc.org

Openlayer : openlayer.org

Geoserver : Geoserver.org/documentation

Filemaker : Filemaker.fr

OSGeo: www.osgeo.org

PostgreSQL : www.Postgresql.org

EPSG: spatialreference.org, epsg-registry.org,

<http://twcc.free.fr/converter-fr.php>

Langage proj4 : [ftp://ftp.remotesensing.org/proj/OF90-284.pdf](http://ftp.remotesensing.org/proj/OF90-284.pdf)
http://docs.qgis.org/1.8/fr/docs/user_manual/work-ing_with_projections/working_with_projections.html

¹ Liaison entre QGis et Access : archeomatic.wordpress.com, « créer une liaison dynamique entre une feuille d'un tableur ou d'une base de données et QGis grâce à une connexion ODBC » - 18 juin 2013

Gestion de base de données : http://tecfaetu.unige.ch/staf/staf-h/tassini/staf2x/Heidi/last_bd.htm

ForumGeoRezo : <http://www.georezo.net/wiki/main/standards/wfs>

Liste des figures

Figure 1 : École française d'Athènes	13
Figure 2 : situation des sites archéologiques gérés par l'EFA, source Googles Maps.....	14
Figure 3 : bibliothèque de l'École française, source Efa	16
Figure 4 : situation géographique du site de Dikili Tash, source OpenStreet Map.....	17
Figure 5 : vestiges de maisons néolithiques	17
Figure 6 : monument romain de Caius Vibius	17
Figure 7 : sommet du Tell, Tour Byzantine	18
Figure 8 : situation géographique de la plaine de Korça, source Google Maps.....	18
Figure 9 : web SIG GISRem LesReimsAnciens, Source : http://www.lesreimsanciens.fr/	20
Figure 10 : web SIG Arch'Is, source: http://soi.cnr.it/archcalc/indice/Suppl_3/02-Poignant.pdf	21
Figure 11 : tracé du Gazoduc de Dierrey, source INRAP	22
Figure 12 : logo PostGIS	26
Figure 13 : logo PostgreSQL.....	26
Figure 14 : logo QGIS, version 2.2, Valmeira	27
Figure 15 : logo Geoserver V2.5.....	28
Figure 16 : chaîne de travail : importation et traitement des données.....	28
Figure 17 : architecture trois-tiers	25
Figure 18 : à gauche les US en surface créées à partir des points de droite.....	30
Figure 19 : grille des unités de prospection, source Efa.....	31
Figure 20 : MCD final de la base de données Dikili Tash	32
Figure 21 : secteur B, en rouge le secteur réel, en gris le secteur issu du plan topographique, source Éfa	33
Figure 22 : à gauche la carte russe, à droite la carte albanaise initiale, source Éfa.....	34
Figure 23 : systèmes de coordonnées	36
Figure 24 : style d'affichage de fichiers AI, source Éfa	38
Figure 25 : pendentif, source Éfa	40
Figure 26 : page d'affichage des légendes, source Efa.....	40
Figure 27 : image satellite Bing, en médaillon les données disponibles, source Efa	41
Figure 28 : favoris définis par défaut, source Éfa	41
Figure 29 : création d'un nouveau lien, source Efa	42
Figure 30 : affichage en Pop-Up personnalisé, source Éfa	43
Figure 31 : requête de création de vue, source Éfa	43
Figure 32 : gestion des métadonnées: à gauche Geoserver, à droite le Web-SIG Dikili-Tash, source Éfa	45
Figure 33 : arborescence des données, source Éfa	45
Figure 34 : thèmes actifs, source Éfa	45
Figure 35 : outils de gestion des couches, source Éfa	46
Figure 36 : logo ArchIMAGE	46
Figure 37 : rotation de la carte, source OpenLayers 3.....	47
Figure 38 : gestion d'effets dynamiques, source OpenLayers 3	47
Figure 39 : outil TimeSlider HeronMC, source HeronMC	48

Liste des tableaux

Tableau 1 : écarts planimétriques de calage des plans scannés.....	33
Tableau 2 : valeurs des paramètres de transformations du GPS Leica 1200.....	36
Tableau 3 : synthèse des données affichées	38
Tableau 4 : gestion de la numérotation des objets.....	39

Annexes

Annexe 1 : Présentation du web SIG Dikili Tash

Annexe 2 : Usage du logiciel Quantum GIS

Annexe 3 : Présentation et usages du logiciel pgModeler

Annexe 4 : Aide à l'export de fichiers ADOBE ILLUSTRATOR au format Shapefile : MapPublisher

Annexe 5 : Présentation et usages du logiciel Geoserver

Annexe 6 : Bibliothèques JavaScript de Web Mapping

Annexe 7 : Formatage et typage des données pour PostGIS

Annexe 8 : Codes Javascript, PHP, HTML et XML utilisés

Annexe 9 : Modèles Conceptuels de Données de la base Dikili Tash avant et après traitement

Annexe 10 : Cartes thématiques Dikili Tash

Annexe 11 : Poster de présentation

Annexe 12 : Présentation du Web SIG de Délos

Note : Les photographies du SIG sont issues de captures d'écrans. Les icônes des logiciels icones ont été récupérées sur les sites sources des logiciels. Les autres photographies ont été prises lors de mon séjour à l'ÉfA et à Dikili Tash.

**Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de l'archéologie :
adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites archéologiques de
Korça en Albanie et Dikili Tash en Grèce.**

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Paris 1992

RÉSUMÉ

Le bond en avant initié par les logiciels libre et Open Source offre un nouvel horizon à l'archéologie. Ces logiciels gratuits et de plus en plus performants dotent le milieu de l'archéologie d'un outil de traitement de données alliant l'information attributaire et l'information spatiale.

Ces nouveaux outils supportés par des organismes internationaux (Open Geospatial Consortium) et des grandes filiales (Google) n'ont rien à envier à « leur concurrent propriétaires ». L'École française d'Athènes s'est donc lancée dans un le projet ambitieux de développer l'usage des systèmes d'information géographique basés sur le web pour faciliter le partage des données et leur accès.

Ce mémoire dresse les étapes nécessaires à la mise en place d'un tel projet pour les sites archéologiques de Dikili-Tash en Grèce et de Korça en Albanie.

Mots clés : webmapping, web SIG, système d'information géographique, archéologie, Dikili Tash, Sovjan, Korça.

SUMMARY

The free and Open Source geographic information systems made a breakthrough during the last twenty years. Those softwares are more and more efficient and help the field of archeology to treat data by taking in account spatial data and textual data.

These new tools, sponsored by international firms (like Google) and consortium (Open Geospatial Consortium), don't have to envy their concurrents. The French School of Athens begins a project of using geographic information systems in order to make easier the protect and the sharing of data.

This master thesis makes a summary of five months of work to on the installation of Web-GIS for the archeological sites of Dikili-Tash in Greece and Korça in Albania.

Key words: webmapping, web GIS, geographical information system, archeology, Dikili Tash, Sovjan, Korça.

ANNEXE 1: PRESENTATION DES FONCTIONNALITES DU WEB SIG DIKILI TASH ET DE SOVJAN

Le web SIG Dikili Tash se base sur l'usage d'une application web. Pour la réaliser, nous avons utilisé des logiciels OpenSource et gratuit afin de réussir à fournir une architecture pratique, peu couteuse à mettre en place et à entretenir.

- Traitement des données : logiciel Quantum GIS pour le formatage des données et la correction des erreurs de typologie.
- Stockage des données : logiciel PostgreSQL et son extension de base de données spatiale PostGIS.
- Affichage des données : moteur cartographique permettant l'affichage des données géographiques au format vectoriel et raster en lien avec le server Apache TomCat.
- Partie Web située au niveau du navigateur. Elle s'appuie sur OpenLayers pour l'affichage et le traitement des données. Il est complété par les sur-couches JavaScript GeoExt, ExtJS et HeronMC pour la gestion de l'affichage des données et leur traitement.

A mon arrivée, le web SIG contenait les outils de gestion des couches (requêtes spatiales et attributaires), les outils de déplacements, le module d'impression et des outils de recherche spécifique au site de Délos que je n'ai pas repris.

J'ai essayé autant que possible de rajouter des outils qui peuvent être implémentés sur tous les web SIG de l'École française d'Athènes.

Dans ce tutoriel, les éléments qui ont été rajoutés lors de mon travail de fin d'étude sont :

- Les favoris.
- L'affichage des photographies.
- L'affichage en mode table ou en mode détail pour le pop-up d'informations attributaires.
- L'ajout des données Google Maps, Bing, Nokia et OpenStreet Map.
- Les informations de gestion des couches (zoom sur l'emprise de couche, informations de couches, gestion de la transparence et de la superposition des couches).

I. VUE GLOBALE

Le visualisateur principal, aussi appelé *Map ou Carte* sert de zone d'affichage cartographique à toutes les données. Il est entouré par la barre d'outils de géotraitement, la légende, l'arborescence des données et les informations cartographiques annexes (échelle, système de projection).

Tous ces éléments vont être développés point par point dans le document suivant.

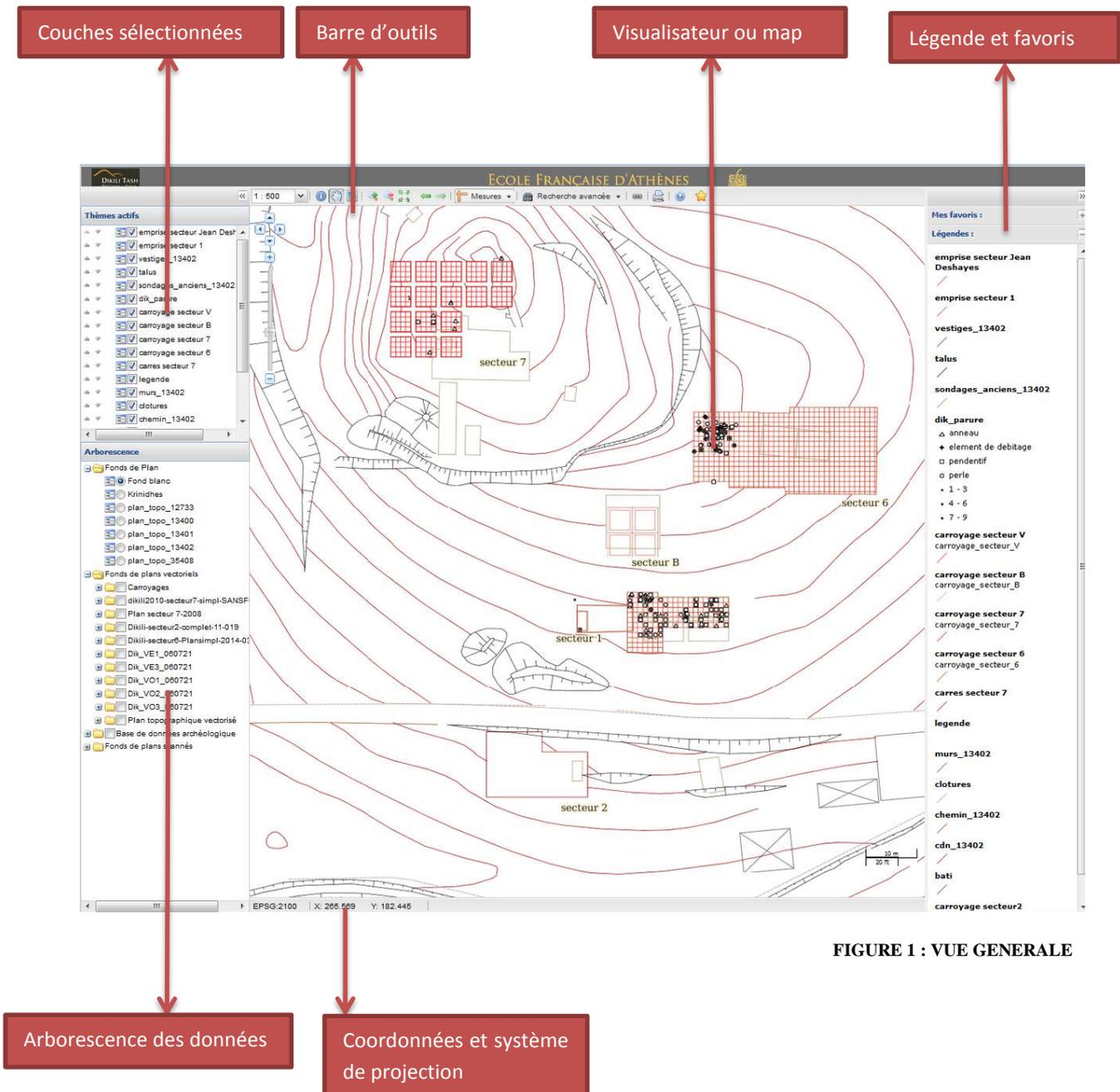
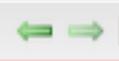
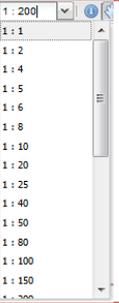
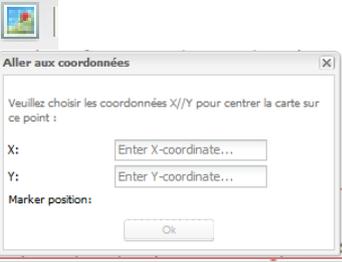


FIGURE 1 : VUE GENERALE

II. NAVIGATION

Le Web SIG du site archéologique de Dikili Tash présente des outils de navigation classiques.

TABLEAU 1 : OUTILS DE NAVIGATION

Icône	Description	Action
	Boutons de direction	Clic gauche pour déplacer
	Barre de zoom : + augmente le zoom - diminue le zoom Plusieurs niveaux prédéfinis de zoom : 1/1 ; 1/2 ; 1/4 ; 1/5 ; 1/6 ; 1/8 ; 1/10 ; 1/20 ; 1/25 ; 1/50 ; 1/80 ; 1/100 ; 1/150 ; 1/200 ; 1/300 ; 1/400 ; 1/500 ; 1/1000 ; 1/2000 ; 1/5000 ; 1/7500 ; 1/10000	Clic gauche sur + ou – pour changer le zoom Cliquer déplacer de la barre centrale pour changer le zoom
	Historique de navigation	Clic gauche sur l'icône
	Menu déroulant de sélection du zoom	Clic gauche sur la flèche du menu puis sélection du zoom par clic gauche
	Outil de zoom avant ou de zoom arrière par zone de recherche	Clic gauche sur l'icône puis clic gauche maintenu sur la carte pour faire apparaître le carré de sélection de zone puis relacher pour zoomer
	Outil de zoom sur coordonnées	Clic gauche sur l'icône puis saisie des coordonnées et clic gauche sur Ok, un curseur apparaît marquant la position souhaité. Ce curseur peut être effacé par désélection de la couche <i>Localisation</i> dans les <i>Thèmes actifs</i> .
EPSG:2100 X: 293.749 Y: 146.850	Affichage des coordonnées et EPSG sélectionné	Aucune action

Outre les outils définis à l'aide d'icônes, le Web SIG dispose d'un petit nombre de raccourcis clavier.

TABLEAU 2 : RACCOURCIS DE GESTION DE L'AFFICHAGE

Raccourci	Description
Shift + clic gauche	Zoom avant sur zone de recherche
Flèches directionnelles du clavier	Déplacement sur la carte nord, sud, est, ouest
Roulette de la souris	Zoom avant, zoom arrière
Clic gauche enfoncé + déplacement souris	Déplacement sur la carte

III. GESTION DES DONNEES

1. ARBORESCENCE DES COUCHES

La gestion des données se fait à l'aide du panneau de gauche. La fenêtre *Arborescence* (figure n°2) permet de sélectionner les couches qui vont figurer dans le Web SIG. C'est l'arborescence des données du site de Dikili Tash.

Les données sont classées selon plusieurs niveaux de critères :

- Les fonds de plans : données au format raster (image) servant de base d'affichage. Elles sont de grande emprise. Une seule à la fois peut être sélectionnée et affichée (ex : le fond blanc).
- Les fonds de plan vectoriels : plans issus de données numériques. Ils peuvent être affichés simultanément à n'importe quelle donnée (ex : les courbes de niveau).
- Les fonds de plans scannés : fond de plan au format raster issus de numérisation de schéma ou de plan de petite envergure. Ils sont affichables simultanément ou séparément (ex : plans du secteur B, Dikili Tash).

Au sein de ce classement, les données sont triées par secteur de fouille (secteur 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Pour finir, il y a les données archéologiques. Ce sont des données issues de la base de données attributaires de Dikili Tash recensant les résultats des différents programmes de fouille.

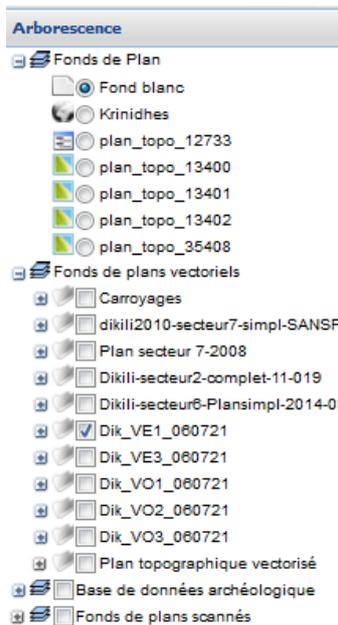


FIGURE 2 : ARBORESCENCE DES DONNEES

Le choix de l’affichage d’une couche se fait par clic gauche sur le carré ou le rond de sélection. Un tic indique que la couche est sélectionnée ou non.

2. COUCHES SELECTIONNEES

Les données actives sont affichées dans l’onglet *Thèmes actifs*. Il offre la description de toutes les couches activées avec la possibilité de les désactiver en décochant l’icône de sélection.

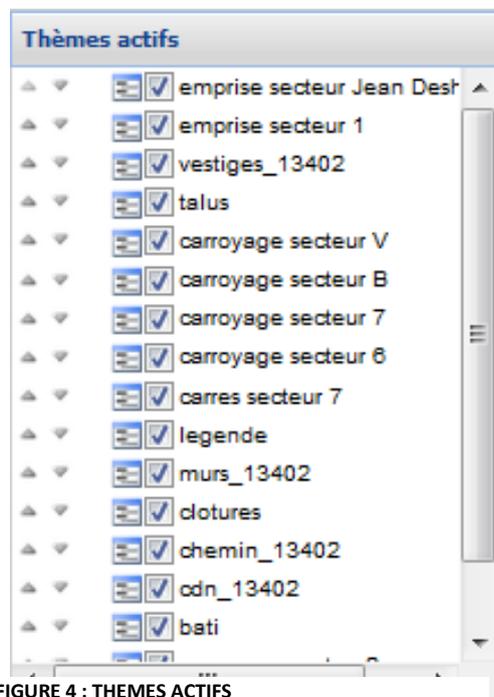
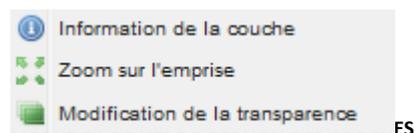


FIGURE 4 : THEMES ACTIFS

L’ordre des couches est facilement gérable à l’aide des flèches de déplacement. Il est possible de descendre ou monter une couche par simple clic gauche.

On a accès à trois outils grâce à un clic droit sur les couches dans le panneau *Thèmes actifs* (figure 4):

- Information de la couche : permet d’avoir accès aux métadonnées liées à une couche.
- Zoom sur l’emprise : zoom sur l’emprise d’une couche.
- Modification de la transparence : augmenter ou diminuer la transparence d’une couche.



IV. OUTILS D'INTERROGATION ET DE RECHERCHE

1. OUTILS DE MESURE

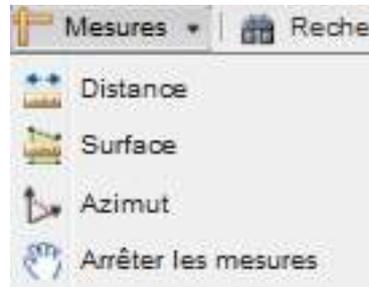


FIGURE 5 : OUTILS DE MESURE

L'outil de mesure s'active par clic gauche sur l'outil souhaité. Il se désactive en effectuant un clic gauche sur l'option « Arrêter les mesures ».

- Mesure de distance : une fois cochée cliquer une fois sur la carte pour chaque sommet et double cliquer pour terminer la mesure. On peut faire des mesures cumulées en ne double-cliquant pas.
- Mesure de surface : une fois cochée, cliquer une fois dans la carte pour définir chaque extrémité et double cliquer pour finir la mesure.
- Mesure d'azimut : identique à la mesure de surface.

2. OUTIL DE VISUALISATION ATTRIBUTAIRE



Outil qui permet d'obtenir les informations attributaires de n'importe quelle couche vectorielle affichée à l'écran.

Il s'utilise par clic gauche sur l'icône puis par clic gauche sur l'objet vectoriel. Cette page peut prendre deux types d'affichage : l'affichage fiche par fiche appelé *Détail* (les données de chaque entité sont visualisées séparément) et l'affichage dit *Table* qui affiche les données de toutes les entités sélectionnées selon un tableau. L'affichage de type *Détail* peut permettre un type de visualisation différent personnalisé selon le type de données. Son affichage standard et l'affichage personnalisé sont données en figure 6 avec l'exemple des photographies de parures.

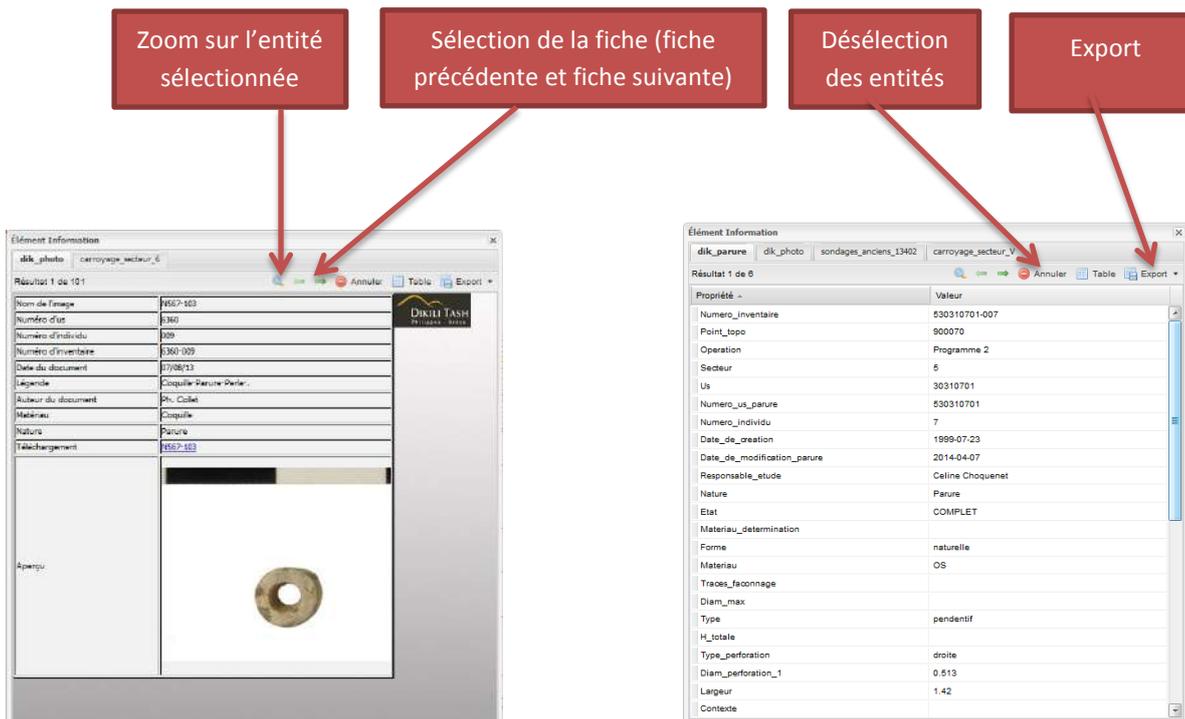


FIGURE 6 : AFFICHAGE DE LA TABLE PARURE

3. OUTILS DE RECHERCHE AVANCEE

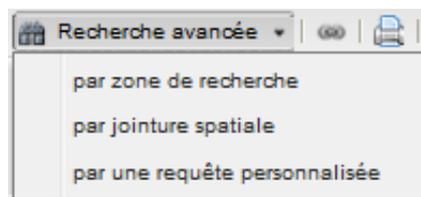


FIGURE 7 : OUTIL DE RECHERCHE AVANCEE

a. « PAR ZONE DE RECHERCHE »

Cette option permet de rechercher toutes les données d'une couche.

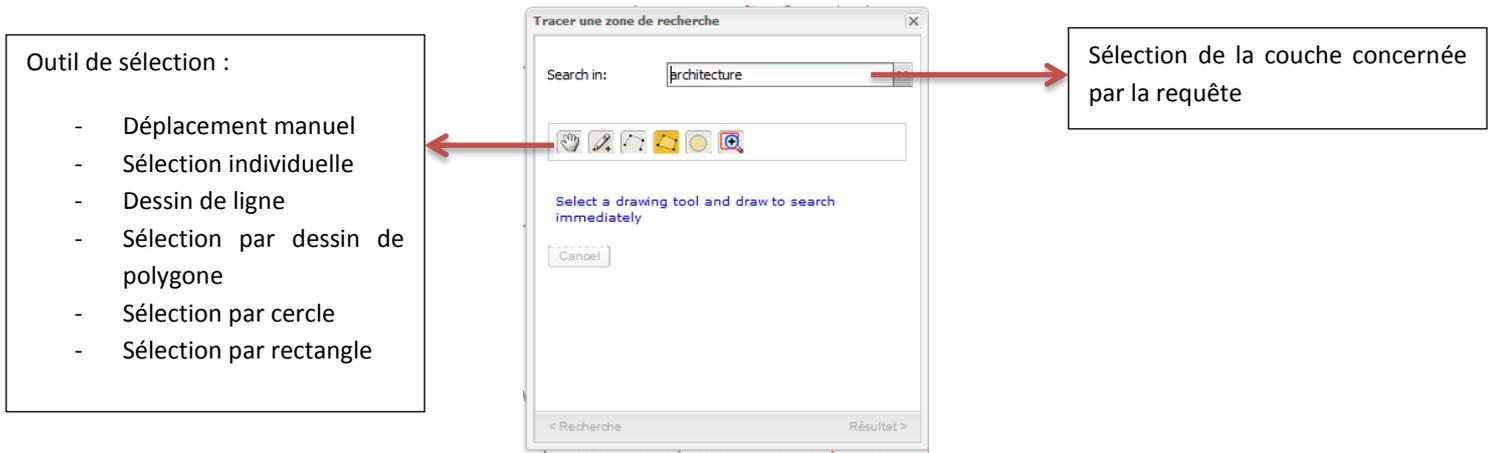


FIGURE 8 : OUTIL DE RECHERCHE PAR ZONE

b. « PAR JOINTURE SPATIALE »

Cet outil présente des fonctionnalités plus importantes que l’outil précédent car il permet des requêtes spatiales. En clair, il permet de rechercher les éléments d’une couche qui sont en interaction avec une autre couche selon un opérateur logique et selon une zone de recherche.

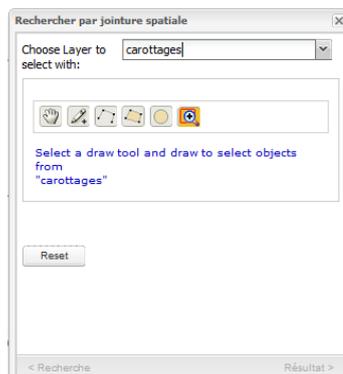


FIGURE 9 : OUTILS DE JOINTURE SPATIALE

Les opérateurs logiques sont les suivants :

TABLEAU 3 : OPERATEURS SPATIAUX

Opérateur	Descriptif	Schéma
Intersect	Eléments présents dans l’entité A et dans l’entité B	
Within	L’objet A est dans l’objet B si son centroïde se situe à l’intérieur du polygone B	
Contains	L’objet A contient l’objet B si le centroïde de B se trouve dans l’objet A	

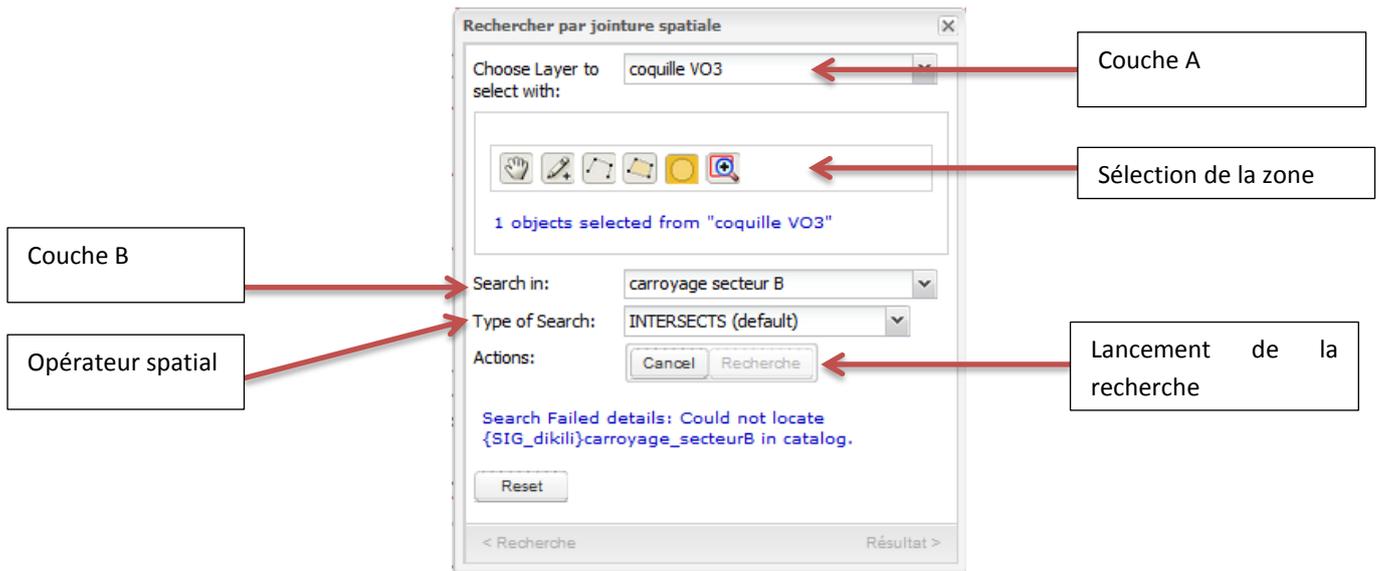


FIGURE 10 : OUTIL DE JOINTURE SPATIALE

c. « PAR REQUETE PERSONNALISEE »

Cet outil de recherche par requête personnalisée est identique à un outil de requête attributaire. Il permet de rechercher des informations dans les données attributaires des tables. Cet outil ne permet pas d'effectuer des recherches spatiales même s'il permet de prendre en compte une emprise spatiale pour affiner la recherche.

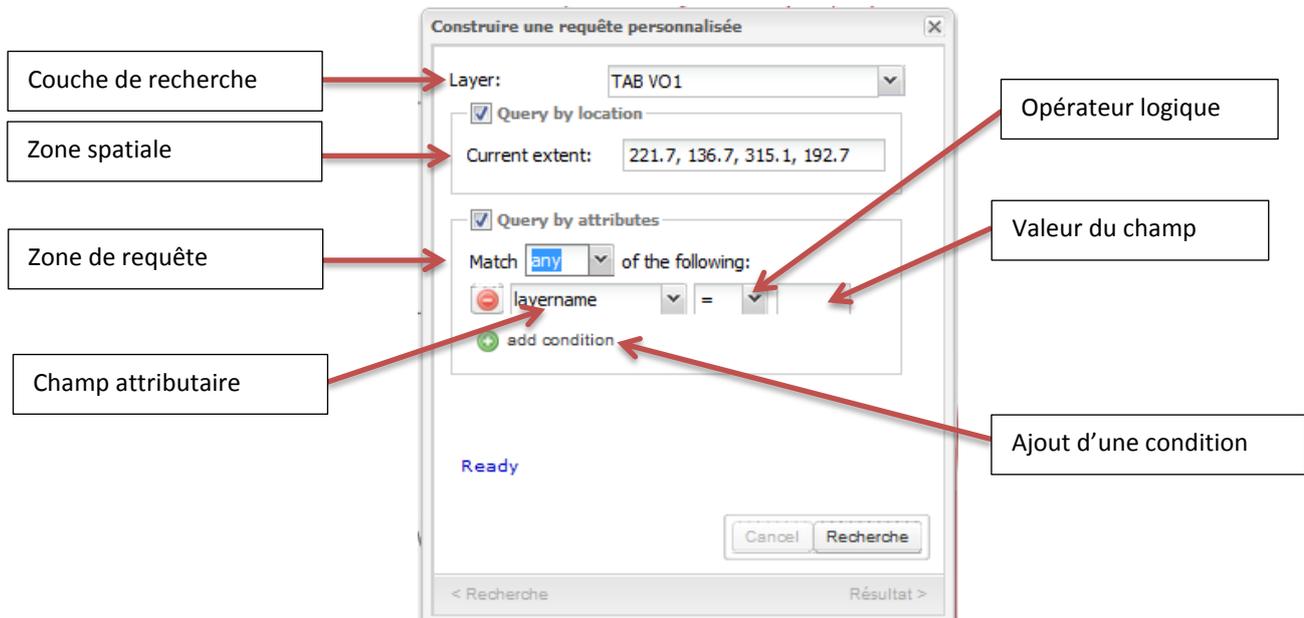


FIGURE 11 : OUTIL DE REQUETE ATTRIBUTAIRE

La liste des opérateurs logiques est donnée ci-dessous :

TABLEAU 4 : OPERATEURS LOGIQUES

Opérateur	Description
=	Égale
<>	Différent
<	Inférieur à
>	Supérieur à
>=	Supérieur ou égal à
<=	Inférieur ou égal à
like	Identique à (pour des chaînes de caractère)
between	Entre (pour des chaînes de caractère)

V. AUTRES OUTILS

1. PERMALIEN

Outil qui permet d’obtenir un lien destiné à rafraichir la page en conservant les paramètres d’affichage.



2. FAVORIS

Outil de création d’un favori. Un clic gauche permet d’ouvrir une page de création de favori temporaire. Ce favori disparaîtra au rechargement de la page.



FIGURE 12 : OUTIL DE CREATION D'UN FAVORI

Pour créer un favori, il suffit de positionner la carte au zoom et à la position souhaitée puis on rentre le nom et la description du lien.

Le reste des favoris est accessible par « Mes favoris » au-dessus de la légende dans la partie droite de l’écran.

3. IMPRESSION

L’impression d’une carte thématique se fait par passage à cette icône. On accède à un outil de gestion de l’impression.



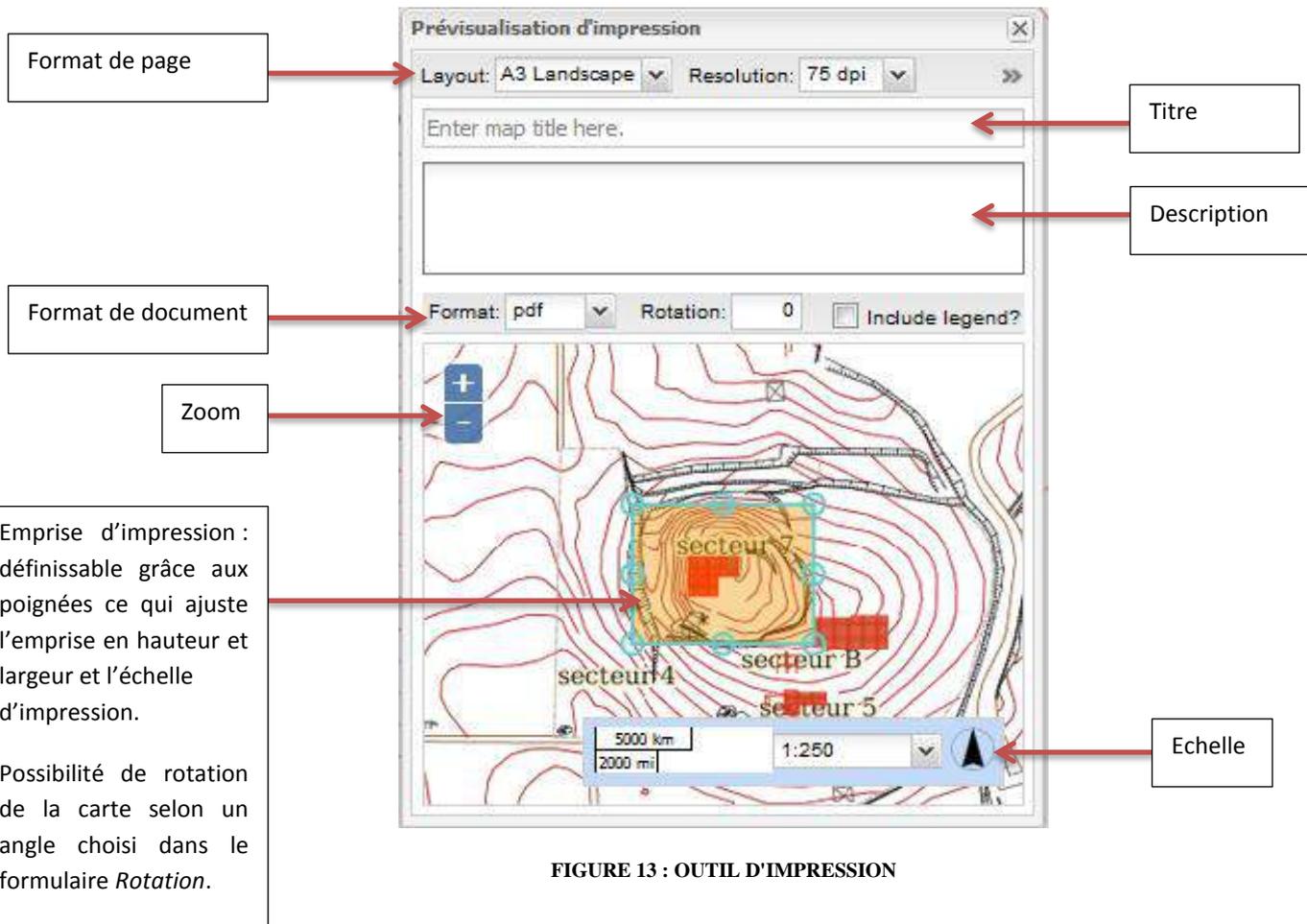


FIGURE 13 : OUTIL D'IMPRESSON

La légende est générée automatiquement, de même que la flèche du nord.

4. DESELECTION DE TOUTES LES COUCHES ACTIVES

Toutes les couches actives peuvent être désélectionnées en bloc grâce à cet outil.



Un pop-up demande la confirmation de l'action demandée. Le choix *Oui* désactive toutes les couches sélectionnées et le choix *Non* annule l'action en cours.

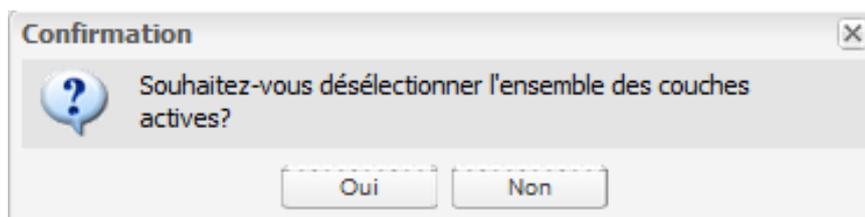


FIGURE 14 : VALIDATION DU CHOIX DE DESELECTION

VI. DONNEES SATELLITAIRES (PRESENT UNIQUEMENT SUR SOVJAN)

Quatre couches de données sont issues de données satellitaires. Elles sont intégrées par usage de la bibliothèque de projection proj4j.

On peut sélectionner n'importe quelle couche par clic gauche sur l'icône de sélection dans l'arborescence.

Elles sont disponibles gratuitement pour l'ÉfA car celle-ci est un institut de recherche.

Elles ne sont disponibles pour l'instant que pour le web SIG de Sovjan.

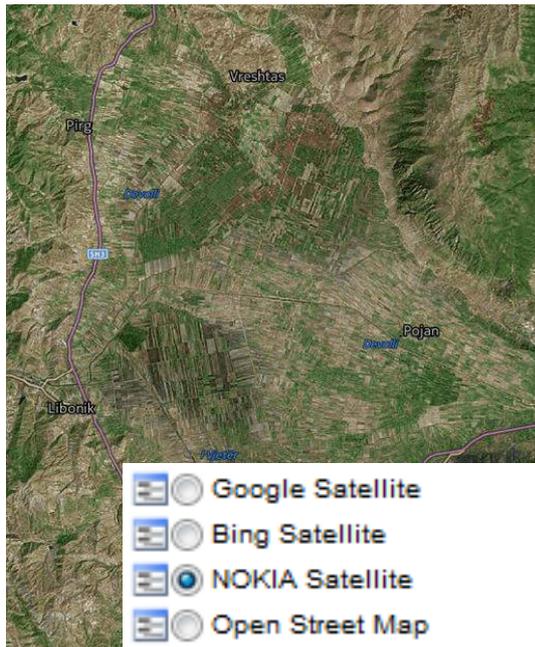


FIGURE 15 : CARTE SATELLITAIRE BING

Annexe 2 : Présentation et usages du logiciel Quantum GIS

(Version Valmieria)

I. Présentation générale de l'interface

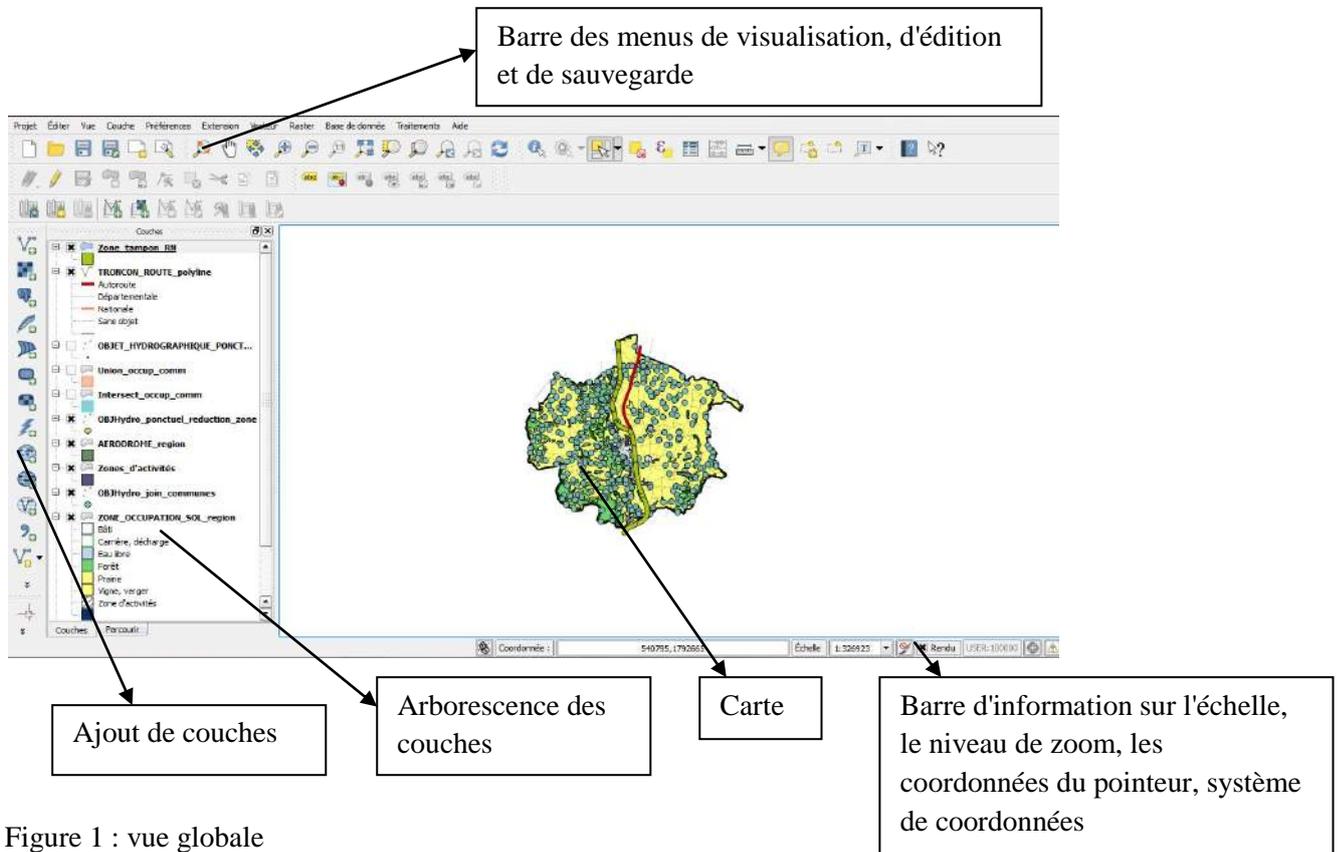


Figure 1 : vue globale

II. Sauvegarder un projet ou une couche

Comme de nombreux logiciels de SIG, QuantumGis permet de sauvegarder un projet (exactement comme MapInfo et les fichiers de type TAB et WOR).

Quantum permet de sauvegarder les projets sous format .qgs (quantumgis project) et les tables sont sauvegardées sous le format .shp (format ESRI Shapefile). Le fichier .qgs permet de recharger d'un coup toutes les tables du projet ainsi que les fichiers de style liés.

Pour sauvegarder un projet : *fichier / sauvegarder projet.*

Pour sauvegarder une table : *clic droit sur la table / sauvegarder sous* (Attention à bien remplir les paramètres descriptifs de la table).

III. Les outils de base du SIG

Comme tout SIG bureautique, il possède des fonctionnalités de visualisation, de déplacement et de sélection. Les éléments suivants décrivent les possibilités de mouvements au sein du logiciel.

Les premiers éléments concernent l'évolution dans la page. Les loupes permettent tout type de zoom sur les couches.



Figure 2 : outils de visualisation

- La loupe : vue panoramique de la carte
- La main de sélection : elle permet d'agripper la carte et de se déplacer spatialement à l'aide de la souris et du clic droit.
- Zoom sur la couche : permet de zoomer sur l'élément ou la couche sélectionnée.
- Réglage du zoom : respectivement zoom avant, zoom arrière, remise à un zoom de 1, zoom sur l'étendue de la carte, zoom sur l'entité spatiale sélectionnée, zoom sur une couche sélectionnée, zoom précédent ou suivant, actualiser la carte.

La figure 3 montre les outils de sélection d'entité de gauche à droite :



Figure 3 : outils de sélection

- Affichage des informations sur l'entité pointée.
- Exécute l'action de l'entité si elle possède une utilité comme une fonction de calcul ou un lien vers une autre information.
- Permet de faire des sélections graphiques diverses. Le menu déroulant donne accès à divers types de sélections (sélection d'une entité seule, sélection selon un carré, sélection selon un cercle, sélection à main levé).
- Annulation de la sélection.
- Sélection des entités en utilisant une expression. C'est un début de requête SQL. On choisit simplement toutes les entités selon un critère, un calcul ou une valeur.
- Affichage de la table attributaire de la couche sélectionnée.

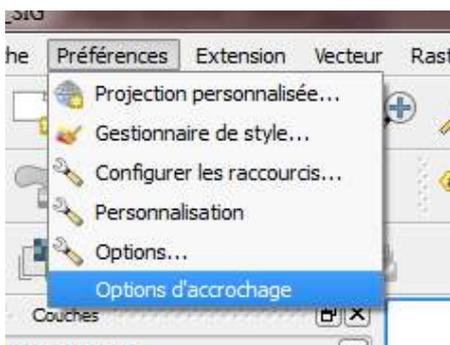


Figure 4 : option d'accrochage aux objets

L'outil d'accrochage aux objets est très utile lors de la vectorisation d'entités. On peut choisir de s'accrocher à n'importe quelle couche vecteur présente et ceci selon une tolérance exprimée en unité graphique ou en pixel.

IV. Importer une couche

Avec Quantum GIS, il est possible d'importer plusieurs types de fichiers:

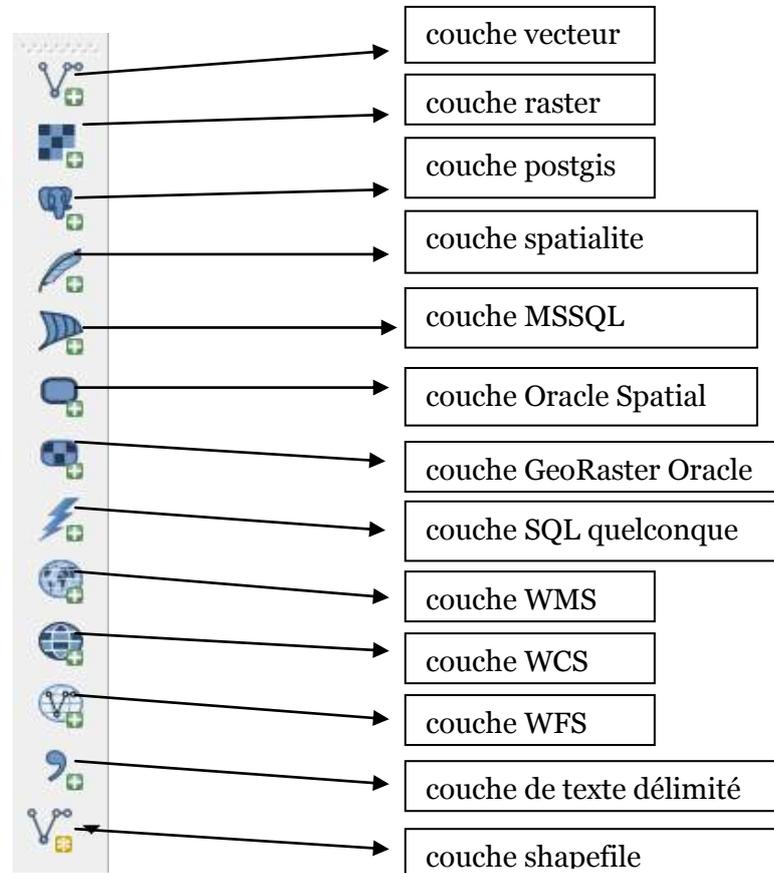


Figure 5 : barre d'importation de couche

De haut en bas :

- Importer une couche vectorielle (shp, tab, ...).
- Importer une couche raster : image quelconque (JPEG, PNG,...) ou GeoTIFF.
- Importer une couche PostGIS, Spatialite, MSSQL, Oracle, GeoRaster oracle. Ces icônes permettent d'importer des couches issues de bases de données spatiales ou non.
- Importer une couche WMS, WFS, WCS : couche téléchargée depuis un serveur aux formats définis par l'OGC.

V. Créer une couche shapefile

Le logiciel QGIS fonctionne préférentiellement avec les fichiers vecteurs de type Shapefile. Ces fichiers sont issus d'une normalisation d'un standard ArcGIS.

Pour créer complètement une nouvelle entité shapefile, il suffit de faire : *couche / nouveau / nouvelle couche Shapefile*.

Ensuite, il suffit de remplir les critères comme décrit sur la figure ci-dessous :

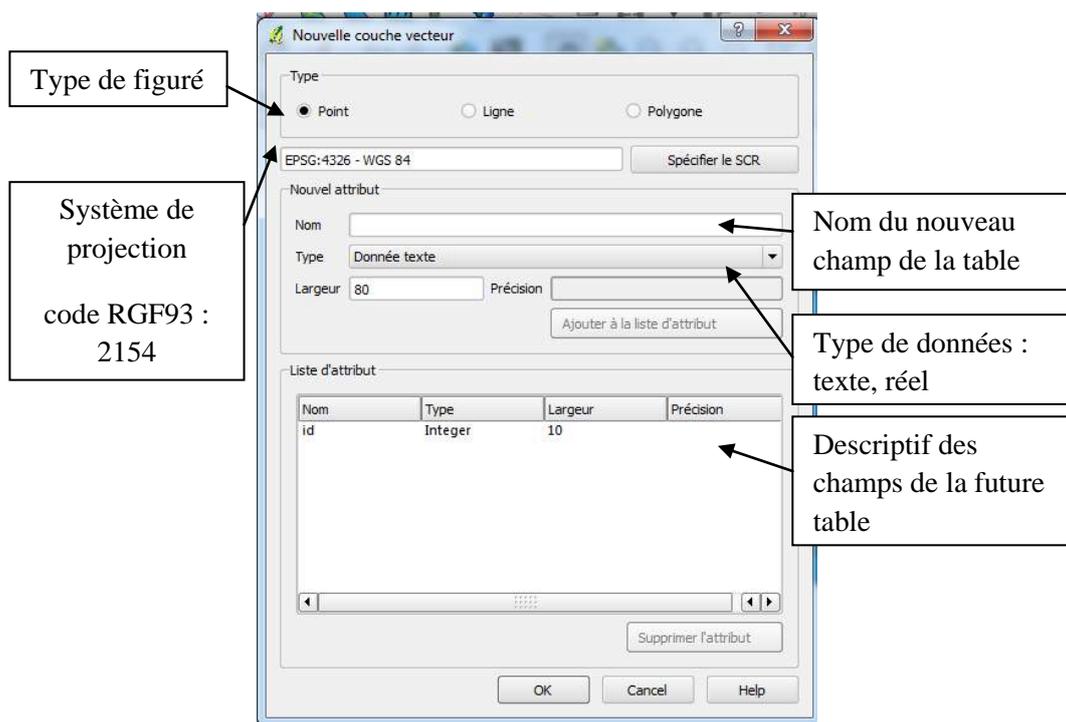


Figure 6 : création d'une nouvelle couche vecteur

Il est simple de définir le système de référence d'une couche car QGIS a repris le système international de codage des systèmes de référence dit code EPSG. Par exemple, le code pour le RGF93 est le 2154.

VI. Modifier une table

Pour modifier une table, il faut la rendre éditable :



Figure 7 : barre d'édition de couche

Une fois cette étape effectuée, la plupart des icônes de la barre ci-dessus deviennent actives. En voici la description de gauche à droite :

- La première icône permet de sauvegarder la couche ou les couches sélectionnées sans sortir du mode "édition". Cette icône offre aussi la possibilité d'annuler une vectorisation.
- L'icône en forme de disquette permet de sauvegarder la vectorisation en cours.
- La quatrième icône permet de vectoriser une entité.
- La cinquième icône permet de déplacer spatialement une entité vectorisée.
- La suivante permet de créer des nœuds au sein d'une couche. C'est un outil rajouté il y a peu dans Quantum. Il permet, par exemple, de créer des raccords entre deux linéaires.
- Les dernières icônes permettent les actions de copier, coller, supprimer et placement dans le presse-papier.

Pour vectoriser un élément:

1. Sélectionner l'icône précédemment citée : *ajouter une entité* une fois la couche rendue éditable.
2. Le pointeur de la souris se change en un réticule. Un clic droit permet l'ajout de l'entité. On termine la vectorisation par un clic gauche.
3. Une fenêtre s'ouvre donnant tous les champs de la table. On peut alors les remplir un à un avec les valeurs voulues.
4. Une fois la vectorisation terminée : on clique sur la disquette de sauvegarde et on quitte le mode édition en re cliquant sur l'icône d'édition.

VII. Effectuer une requête

Bien que ce terme semble parfois effrayant, effectuer une requête consiste simplement à questionner une table ou une base de données selon des critères spécifiques. Pour ce faire, il y a deux moyens :

- la sélection graphique. Elle utilise les outils du menu. Elle est simple mais elle demande de connaître la situation géographique de l'objet cherché.
- La deuxième méthode consiste à effectuer une requête dans la table. Pour cela, on ouvre la table à l'aide de l'icône de visualisation de table. On obtient alors la figure 8.

The screenshot shows a window titled "Table attributaire - Zone_tampon_RN - Total des entités : 37, filtrées : 37, sélectionnées : 0". The window contains a table with the following columns: ID_BDCARTO, VOCATION, CHAUSSEs, VOIES, PHYSIQUE, ACCs, SOL, RseEAU_VER, and SE. The table lists 23 rows of data. Annotations with arrows point to the toolbar (labeled "Outils d'édition et de recherche"), a cell in the table (labeled "Champ de la table et ses attributs"), and the "Montrer toutes les entités" button (labeled "Outil de sélection du type d'affichage").

ID_BDCARTO	VOCATION	CHAUSSEs	VOIES	PHYSIQUE	ACCs	SOL	RseEAU_VER	SE	
0	991866887	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
1	990440807	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
2	992767555	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
3	991866522	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
4	991866796	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
5	992694473	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
6	990440817	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
7	991866893	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
8	991866899	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
9	991866251	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
10	990440826	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
11	990440828	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
12	990440829	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
13	990440633	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
14	990440848	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
15	991866914	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
16	990440849	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
17	990440853	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
18	991866711	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
19	99000322	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
20	991866856	Liaison principale	1 chaussée	2 voies larges	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
21	991856925	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s
22	991856926	Type autoroutier	2 chaussées	Sans objet	Revétu	Libre	Au sol	Appartient	Double s

Figure 8 : outil de visualisation de table attributaire

On clique sur l'icône de recherche selon une expression afin de faire une requête. On obtient la figure 9.

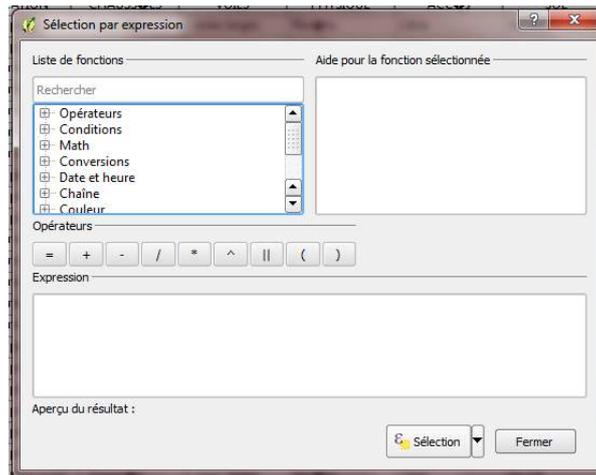


Figure 9 : Outil de requête

L'opération est totalement guidée. Tout est à sélectionner dans l'arborescence : les opérateurs de requête et les champs concernés. Pour choisir un champ, une opération ou une fonction, il suffit de double cliquer dessus dans le cadre de gauche. Elle apparaît alors formatée au langage adéquat dans le cadre *Expression*.

Autre type de requêtes très utilisées, les requêtes spatiales. Elles sont très utiles pour trouver des données vectorielles particulières, en générale, en interaction avec d'autres.

Elles sont accessibles par *menu/vecteur/ requête spatiale*.

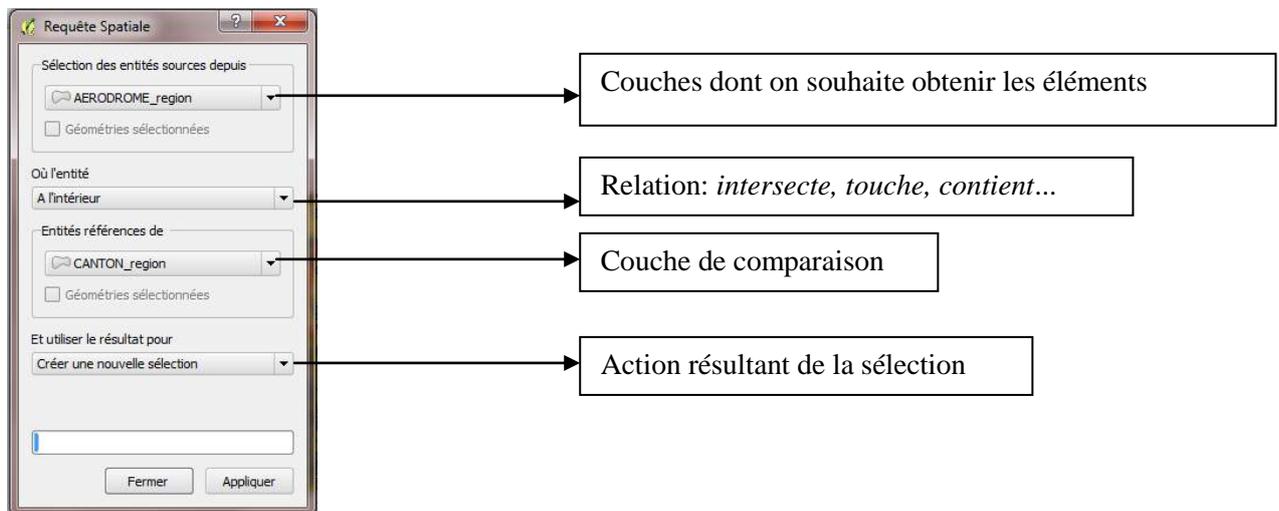


Figure 10 : outil de requête spatiale

VIII. Un petit mot sur le menu



Figure 11 : menu de Quantum GIS

- **Projet** : permet d'éditer les paramètres généraux du projet : sauvegarde, nouveau projet, propriétés du projet, quitter, gestion du compositeur d'impression et de rendu.
- **Editer** : il offre toutes les options de vectorisation présentée précédemment. Ils sont utilisables uniquement en mode édition. On peut modifier la vectorisation en rajoutant des points à une ligne, en faisant un trou dans un surfacique, en découpant un surfacique,....
- **Vue** : on retrouve tous les éléments de zoom et de déplacement.
- **Couche** : on dispose ici de toutes les options de gestion des couches : import de couches, de définition des SRC, édition de signet pour les couches (étiquetage des informations).
- **Préférences** : toutes les options de QGIS.
- **Extension** : gère l'import de plugin et leur administration. Permet d'en créer grâce à la commande de Script Python.
- **Vecteur** : gère l'extension OpenStreet Map, les fonctions d'analyse sur les couches vectorielles et les outils de conversion dxf vers shapefile.
- **Raster** : permet tout type de traitement raster : extraction de formes, de courbes, calculs d'histogrammes, géoréférencement, visualisation, traitement MNT...
- **Base de données** : gère l'import et l'export de données vers PostGIS et permet l'usage de l'extension SPIT qui permet l'export de shp vers PostGIS.
- **Traitement** : ensemble de plugins de traitements liés à différents domaines scientifiques.

IX. Gestion des couches et de l'affichage

1. Le filtrage

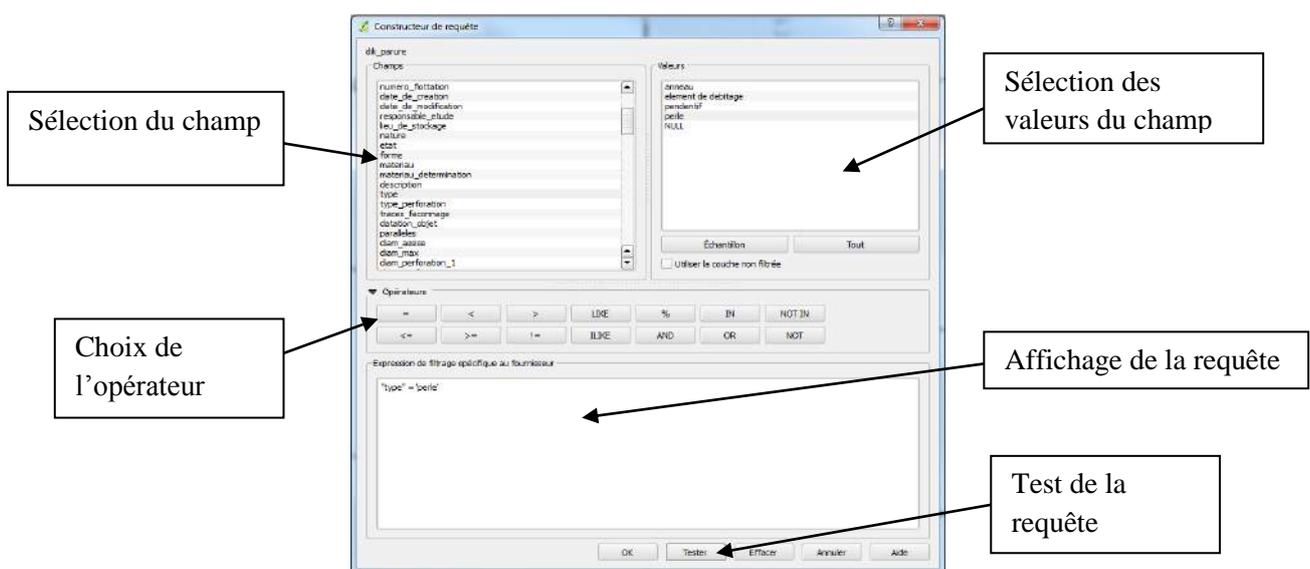


Figure 12 : outil de filtrage

L'outil de requête permet de rechercher des individus au sein d'une table et de les mettre en surbrillance sur la carte. Cet outil permet d'afficher uniquement les résultats d'une requête. Il ne les mets pas en surbrillance.

Pour compléter ce manque, le logiciel QGIS dispose d'un outil de filtrage. Les données sont sélectionnées et affichées. On n'affiche que les données sélectionnées. Voici la description de son fonctionnement :

Pour ouvrir l'outil de filtrage :

- cliquer sur la couche vectorielle à filtrer afin de la sélectionner
- couche / filtrer

La figure 12 illustre l'outil. Elle permet de faire une requête SQL. Le filtrage est aussi accessible par clic droit sur une couche / filtrage.

Une fois la requête construite. On teste *Vérifier la présence d'un résultat*. Une fois l'opération terminée, cliquer sur Ok.

La carte ne comportera de la couche vecteur que les éléments filtrés. Le filtre peut être utilisé sur plusieurs couches en même temps. Pour le désactiver, il faut revenir dans l'outil filtre et effacer la requête dans la fenêtre *Expression de filtrage spécifique au fournisseur*.

2. Le style

Une donnée vectorielle peut avoir un style. Le paramétrage de l'affichage se fait de A à Z. Il est accessible par : clic droit sur le nom table et propriétés ou *couche/propriété* puis onglet de style.

On dispose de trois types d'affichage possible :

- L'affichage simple de style *Symbole Unique*. Il est très utile pour les objets ponctuels.
- L'affichage *Catégorisé*. Il permet de définir un ensemble de symboles d'affichage selon une valeur, principalement utilisé pour un champ avec cinq valeurs maximum
- L'affichage *Gradué*. Cet affichage permet de gérer l'affichage en fonction d'une échelle de valeur.

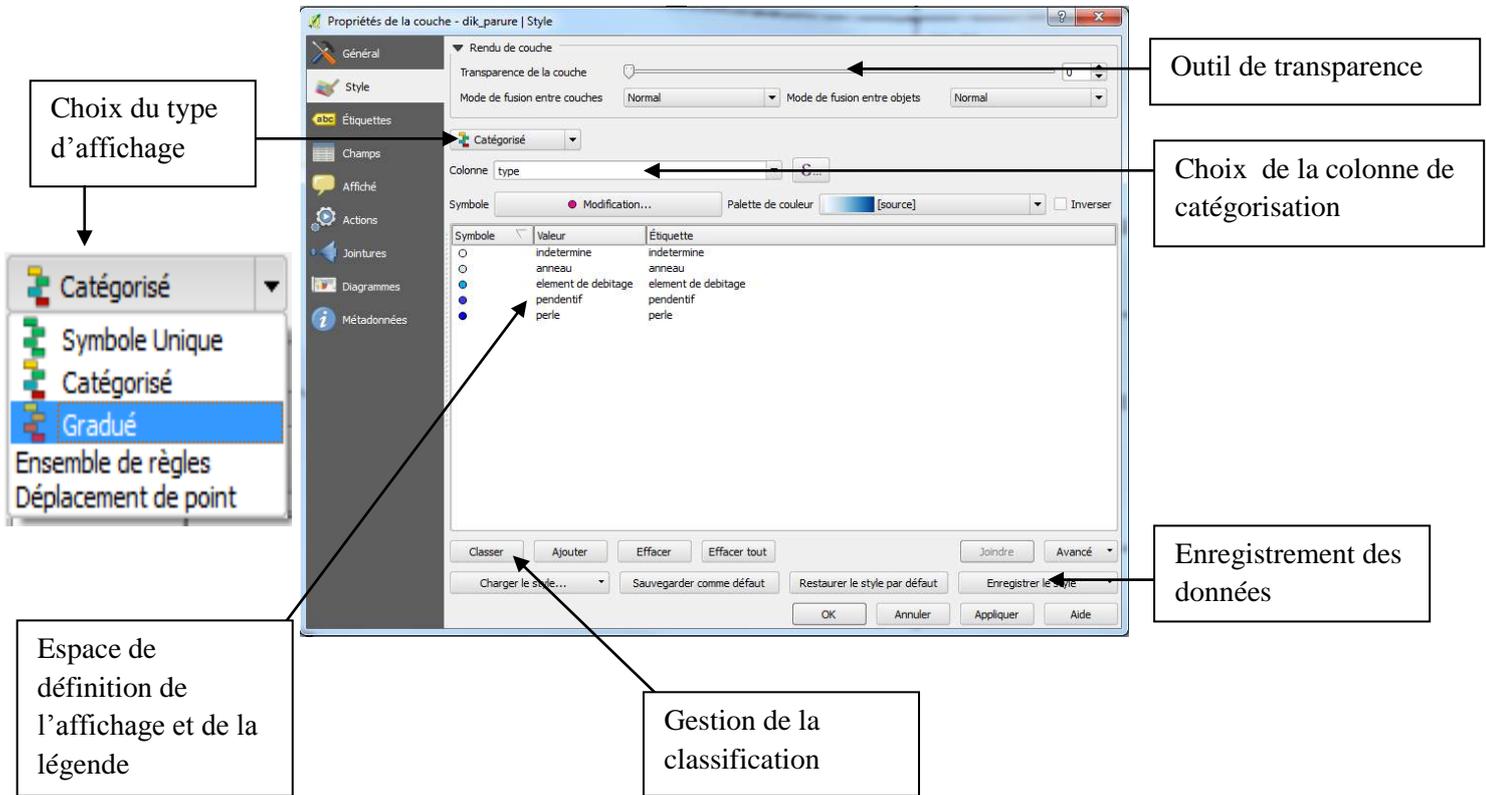
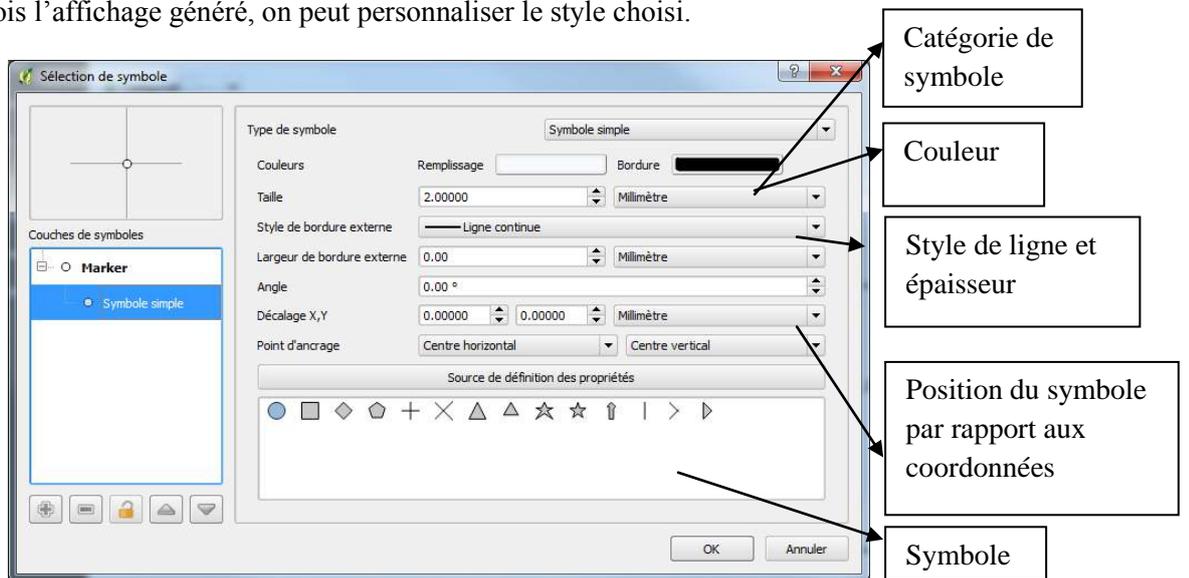


Figure 13 : gestion de l'affichage

Une fois l'affichage généré, on peut personnaliser le style choisi.



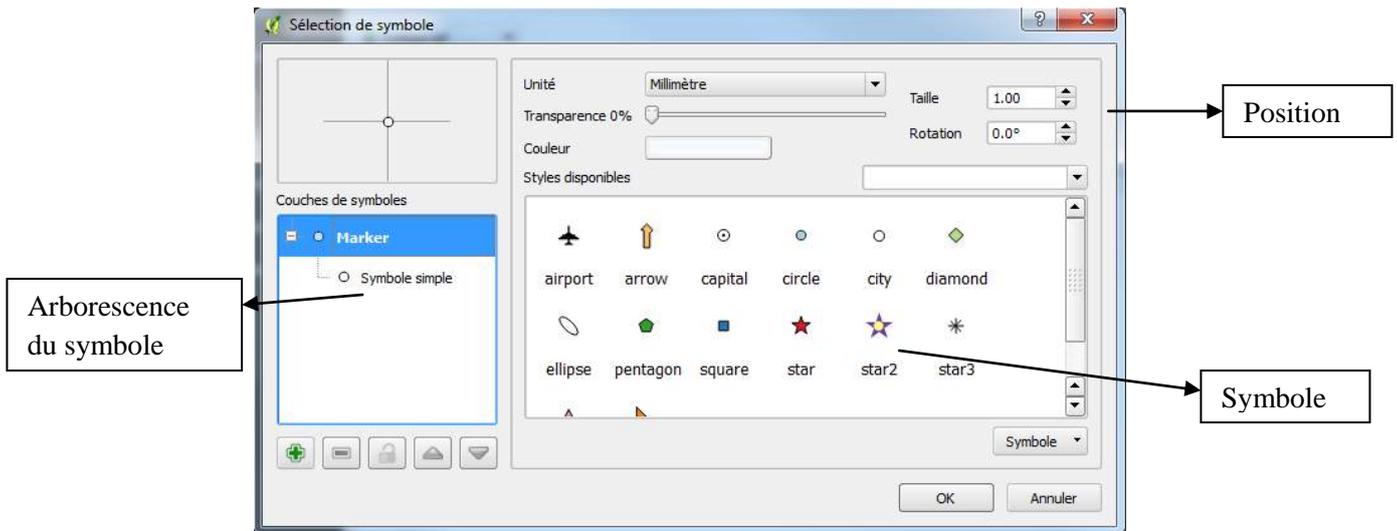


Figure 14 : outils de personnalisation de l'affichage

3. L'étiquetage

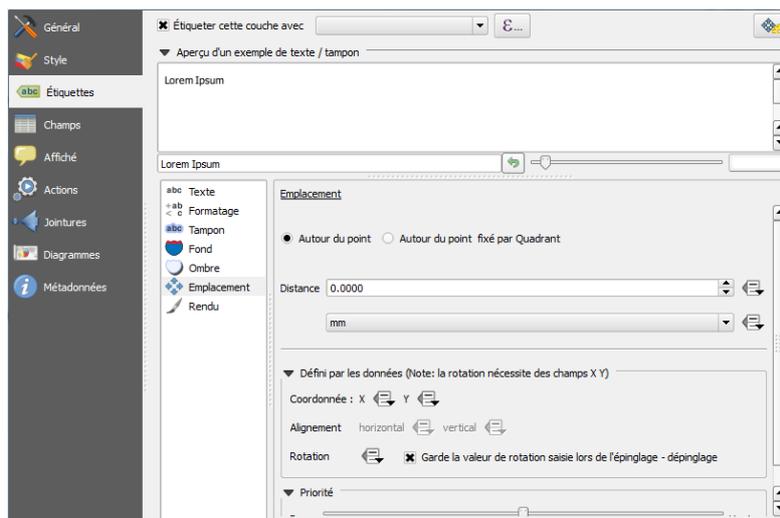


Figure 15 : outil d'étiquetage

Le rendu visuel d'une donnée peut être complété par l'ajout d'attributs textuels appelés labels. En clair, on peut définir un champ attributaire d'une colonne pour définir un étiquetage.

Pour y accéder, il faut sélectionner la couche puis *Menu / Couches / Étiquetage* ou clic droit sur la couche puis *Propriété* et *Étiquetage*.

Cocher *Étiqueter cette couche avec* et sélectionner le champ d'étiquetage.

Les différents champs dans l'arborescence de droite permettent de définir tous les paramètres du texte :

- Texte : on définit la graisse, la police, la taille et la couleur du texte.
- Formatage : permet de définir la répartition du texte au sein de l'étiquette.
- Tampon : définit une zone de cache autour du texte.

- Fond : affiche un fond de forme géométrique derrière le texte.
- Ombre : création d'une ombre derrière le texte.
- Emplacement : il est possible de paramétrer l'emplacement du texte. Soit aux huit points cardinaux autour du texte, soit par utilisation de coordonnées, soit par déport vis-à-vis du point selon une distance.
- Rendu : gestion de l'affichage selon l'échelle.

X. L'outil de géoréférencement

Outil très utile dans la gestion des fichiers de format raster, il était absent de QGIS il y a encore peu de temps.

Pour y accéder, il faut aller dans *raster / géoréférencer / géoréférencer*.

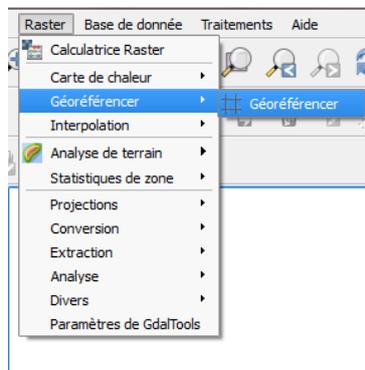


Figure 16 : outil de géoréférencement

On tombe alors sur une page dont les fonctionnalités sont présentes dans la figure 16.



Figure 17 : barre d'outils de géoréférencement

- La première icône permet d'importer un raster.
- La deuxième permet de lancer le calcul de géoréférencement.
- La troisième permet d'importer un fichier GDAL : c'est un fichier de géoréférencement contenant des points cibles connus en coordonnées sur la carte.
- Le rouage permet de définir les paramètres de la transformation. On trouve les types de transformation, le fichier en sortie, les différents exports, les options d'affichages.
- Les trois icônes suivantes permettent respectivement de sélectionner un point sur la carte, de supprimer un point et la dernière permet de déplacer un point déjà sélectionné.
- Les outils restants gèrent la navigation dans la carte et son rendu.

Pour géoréférencer, il faut :

- Remplir les données dans l'onglet de paramétrage du géoréférencement.
- Saisir les points sur la carte par clic droit puis de remplir les coordonnées X, Y ou E, N aussi bien en degrés sexagésimaux, en degré décimaux ou en mètres.
- On lance ensuite le calcul et le raster apparaît automatiquement parmi les couches QGIS.

IX. Liaison avec le logiciel PostGIS

C'est l'un des atouts majeur du logiciel QGIS. Il permet simplement et sûrement d'importer des couches issues de la base de données spatiales PostGIS.

La première étape consiste à se connecter à la base de données spatiale PostGIS.

Dans ajouter une couche, sélectionner « ajouter une couche PostGIS... ».

La fenêtre suivante s'ouvre :

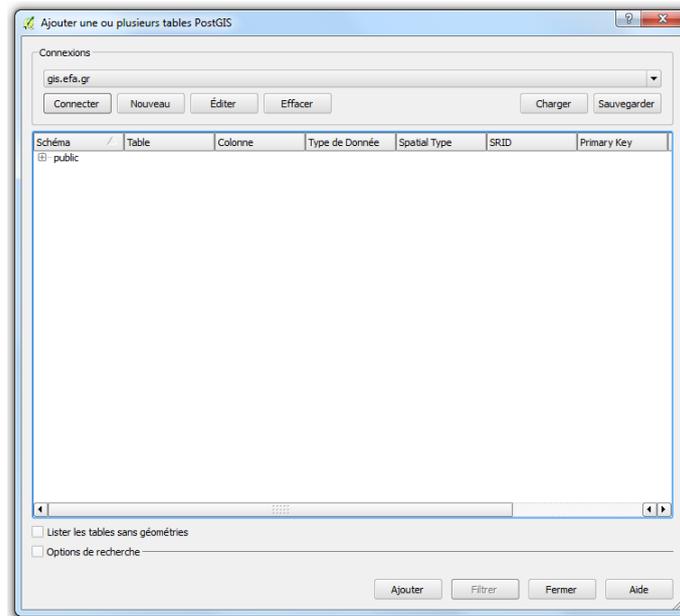


Figure 18 : connexion à PostGIS

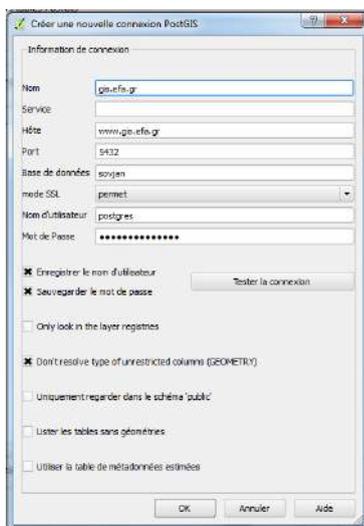


Figure 19 : paramètres de connexion à PostGIS

Il faut alors créer une connexion en cliquant sur « Editer ». Pour se connecter à la base de données de l'EFA, on remplit les champs comme le montre la figure 18 :

Le mot de passe est fourni par le gestionnaire du serveur. On clique sur ok et on se retrouve sur la base de données PostGIS. Il suffit simplement maintenant de double cliquer sur l'une des couches apparues dans le cadre de la fenêtre précédente.

Une autre solution permet d'importer des couches PostGIS et de les exporter en shp. Il suffit de passer par *Base de données / DB Manager / DB Manager*.

DB Manager est une fonctionnalité de QGIS qui permet de gérer simplement et depuis QGIS les couches présentes dans PostGIS. On se connecte à la base de données PostGIS en cliquant sur l'icône situé dans

la fenêtre de gauche. Ensuite, on utilise les outils importer ou exporter en sélectionnant la couche souhaitée. Il est complété par le plugin Table Manager.

Grâce à ce plugin, on peut créer des tables, en supprimer et gérer les schémas de PostGIS.

PostGIS-PostgreSQL-PGADMIN

1. Connexion à la base de données PostgreSQL

La connexion à la base de données de l'ÉFA se fait de la manière suivante dans pgAdmin:

- Icône *Add a new connection server* icône en forme de fiche électrique.
- Name : gis.efa.gr
- Host : www.gis.efa.gr
- Port : 5432
- Username : postgres
- Password : #####
- Cliquer sur *save password* pour garder la connexion. Il suffit ensuite de cliquer sur ok.

Pour retrouver la connexion, il suffit de double cliquer sur la base afin de la réactiver.

2. Créer une base de données spatiales

Pour créer une base de données simple pour gérer des informations purement attributaires, il suffit de faire un clic droit sur *database* dans pgAdmin *New database*. On saisit ensuite le nom dans l'onglet *properties*. La création ne nécessite pas d'autres informations. On peut tout de même saisir le codage et la forme de la base de données en copiant la forme d'une base existante dans l'onglet *template*.

Il peut aussi être nécessaire de créer une base de données de type spatial. Cette opération doit se faire par l'exécution d'une ligne de commande auprès du serveur de pgAdmin. On installe pour cela une machine virtuelle sur le poste à l'aide d'Oracle Virtual Box. Cet utilitaire va permettre de faire fonctionner une OS Linux sur une machine Windows. Grâce à Linux, il est simple de se connecter à la base PostgreSQL pour créer une base de données spatiales à l'aide du code suivant :

Note : avant cette étape il est nécessaire de créer un utilisateur Linux ayant le même nom que votre utilisateur PostgreSQL.

Pour cela :

```
sudo adduser <nom_utilisateur>
```

- a) installer le paquet

```
sudo apt-get install postgresql-9.1-postgis
```

Note : les scripts nécessaires à la capacitation géographique de PostgreSQL sont installés dans le dossier `/usr/share/postgresql/9.1/contrib/postgis-1.5/`

- b) Donner à une base la capacité géographique

Les scripts donnés ci-après prennent pour hypothèse qu'un nouvel utilisateur a été créé avec la méthode recommandée

Tout d'abord, créer la base de données en question :

```
createdb -U <nom_utilisateur> <nom_base_geo>
```

Puis on utilise le rôle postgres (super user postgresql)

```
$ sudo -i -u postgres
```

Pour exécuter dans cet ordre les scripts suivants :

```
psql -f /usr/share/postgresql/9.1/contrib/postgis-1.5/postgis.sql <nom_base_geo>
```

```
psql -f /usr/share/postgresql/9.1/contrib/postgis-1.5/spatial_ref_sys.sql <nom_base_geo>
```

puis on quitte le shell postgres

```
exit
```

3. Création d'une table

Il faut retourner dans pgAdmin. Cet utilitaire permet de gérer l'intégralité de la base de données.

Pour créer une table, il faut afficher l'arborescence de la base de données et suivre le chemin suivant : *<base de données> / schéma / <schéma comportant la table à créer > / clic droit sur Tables / New Tables.*

Une fois cette action effectuée, une nouvelle page s'ouvre. Elle permet de configurer toute la table : dans l'onglet « propriétés » rentrer le nom de la table, dans l'onglet « colonnes » rentrer les champs avec leur nom et leur définition (integer, varchar,...).

Le dernier onglet important est *constraint*. Il permet de définir les clés primaires et étrangères directement à la création de la table. On sélectionne le champ de clé primaire puis on l'ajoute. Pour la clé étrangère, il faut définir l'origine de la clé étrangère par la clé primaire d'une autre table.

4. Définition et création d'une clé primaire ou d'une clé étrangère

On peut également créer les clés primaires et étrangères après la création de la table. Il suffit de revenir dans l'arborescence pgAdmin située à gauche de l'écran. Suivre le chemin suivant dans l'arborescence pour trouver l'onglet de contrainte :

<base de données> / schéma / <schéma comportant la table à créer > / Tables / <Nom de la table> / Constraint. Par un clic droit sur *constraint*, on sélectionne *New Object / Primary Key ou Foreign Key.*

5. Importer des tables sous format csv ou txt

Il est possible d'importer dans une table déjà formatée un csv ou un txt. Pour cela, il suffit de faire clic droit sur la table / Import.

Une fenêtre s'ouvre donnant accès à la sélection du fichier à importer, du type de fichier, et de l'encodage. Le deuxième onglet utile est celui des colonnes. Il permet de définir quelles colonnes seront remplies.

6. Effectuer une requête SQL

On peut faire une requête SQL simplement. Il suffit de cliquer sur l'icône SQL en figure 19.



Figure 20 : outil de requête

On tape manuellement la requête en langage SQL. Sinon, il est possible de cliquer sur requête graphique. Cet onglet permet de visualiser les tables et de sélectionner les champs à afficher, les relations et les conditions de la requête. Tout est automatiquement traduit en langage SQL dans la fenêtre précédente. La flèche verte située dans la barre de menu permet de lancer la requête.

Plugin OpenGeoExplorer

1. Installation

Dans QGIS, dans l'onglet *settings*, cocher la case *Show also experimental plugins* puis cliquer sur *Add* en bas de la fenêtre.

Remplir comme sur la figure 20 :

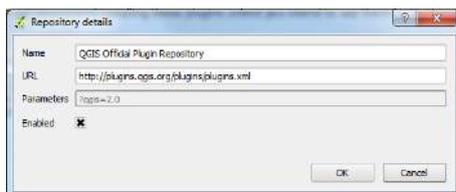


Figure 21 : installation de OpenGeoExplorer

Cliquer sur ok puis sélectionner *install plugin* dans l'onglet *install* en sélectionnant OpenGeo.

2. Synchronization de Geoserver et PostGIS

Cliquer sur New catalogue comme selon la figure suivante :

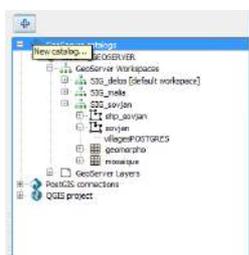


Figure 22 : arborescence de OpenGeoExplorer

Puis remplir les onglets avec les informations suivantes :

- Catalog name : GISEFA_GEOSERVER
- URL : <http://www.gis.efa.gr:8080/geoserver>
- Username: admin
- Password: #####
- URL GeoNode: <http://www.gis.efa.gr:8080/>

3. Importer les fichiers de style dans Geoserver

Tout fonctionne à l'aide d'un système de glisser déposer. Il suffit de sélectionner le fichier de style de couche (fichier SLD) et de le transférer au niveau du dossier Geoserver dans l'arborescence OpenGeoExplorer.

Annexe 3 : Présentation et usages du logiciel pgModeler

Le logiciel pgModeler est un logiciel OpenSource gratuit lié au logiciel pgAdmin. Il permet de mettre en forme une structure de base de données. Une fois cette étape effectuée, on peut exporter deux choses, soit la structure de la base de données vers pgAdmin, soit le schéma relationnel de cette base en format image.

1. Présentation

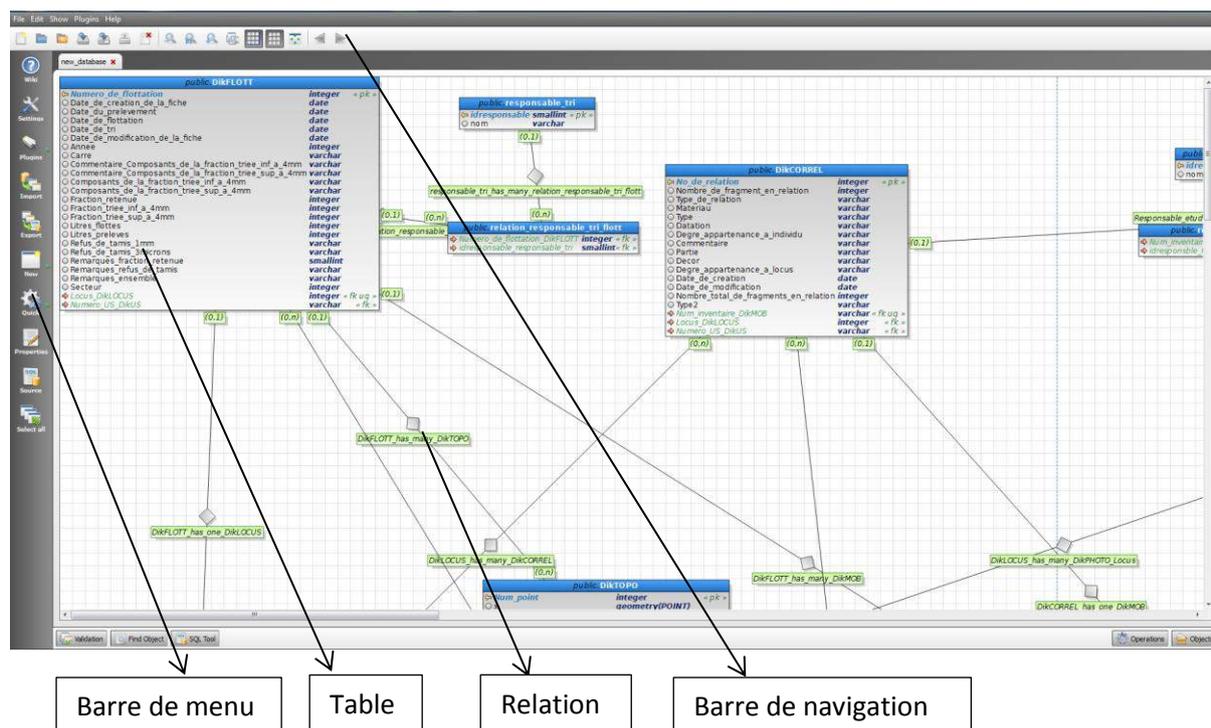


Figure 1 : vue générale de pgModeler

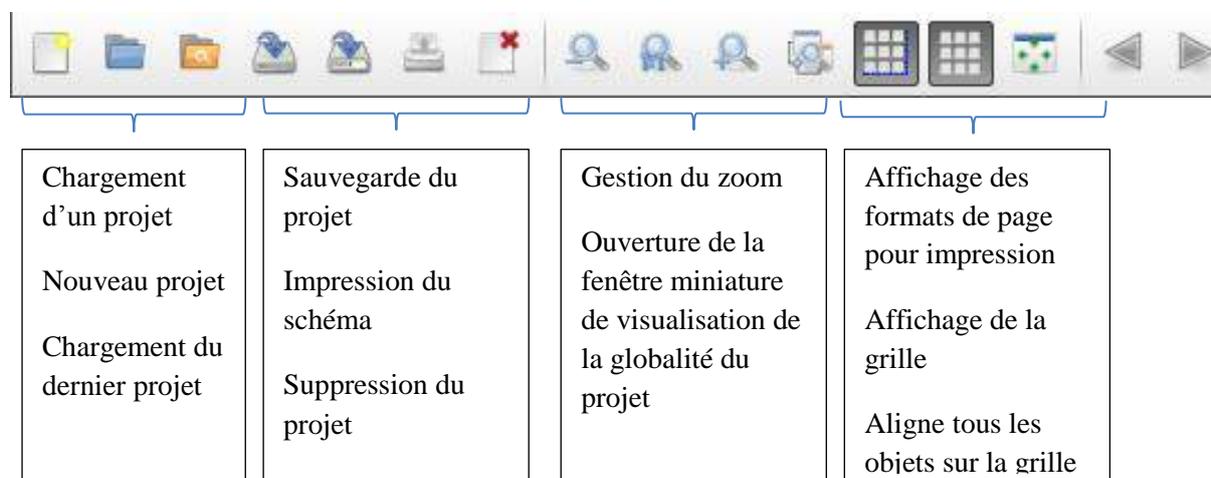


Figure 2 : barre de menu

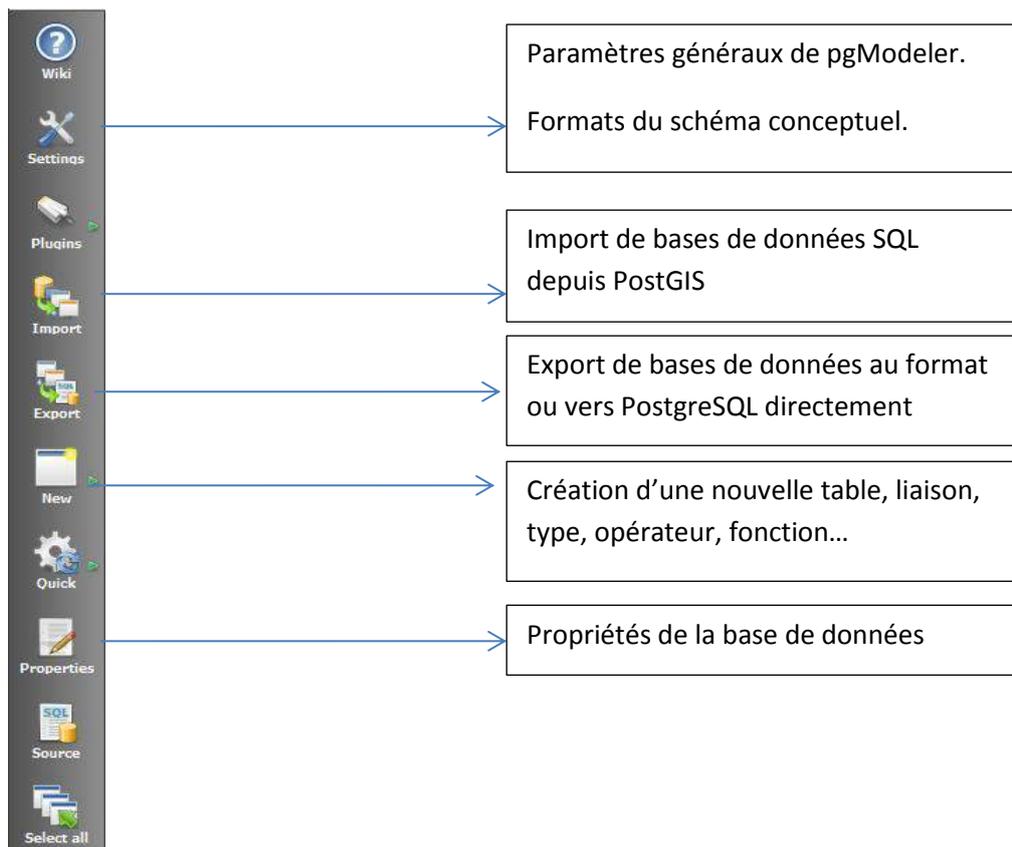


Figure 3 : barre de gestion

2. Intégration des données

- Création d'une nouvelle base : *file/new*.
- Enregistrement : *file/save*, le fichier est enregistré sous format dbm. C'est un fichier de structure de base de données.
- Création d'une table : barre de menu sur la gauche et *new/table*. On peut ensuite configurer la totalité de la table à partir de la fenêtre de configuration : les clés (*constraints*), les champs (*columns*), les index.
- Création d'un lien entre tables : *new relationship*. Il suffit ensuite de lier les deux tables ensembles. La création des clés étrangères se fait automatiquement (paragraphe suivant).

3. Création de table

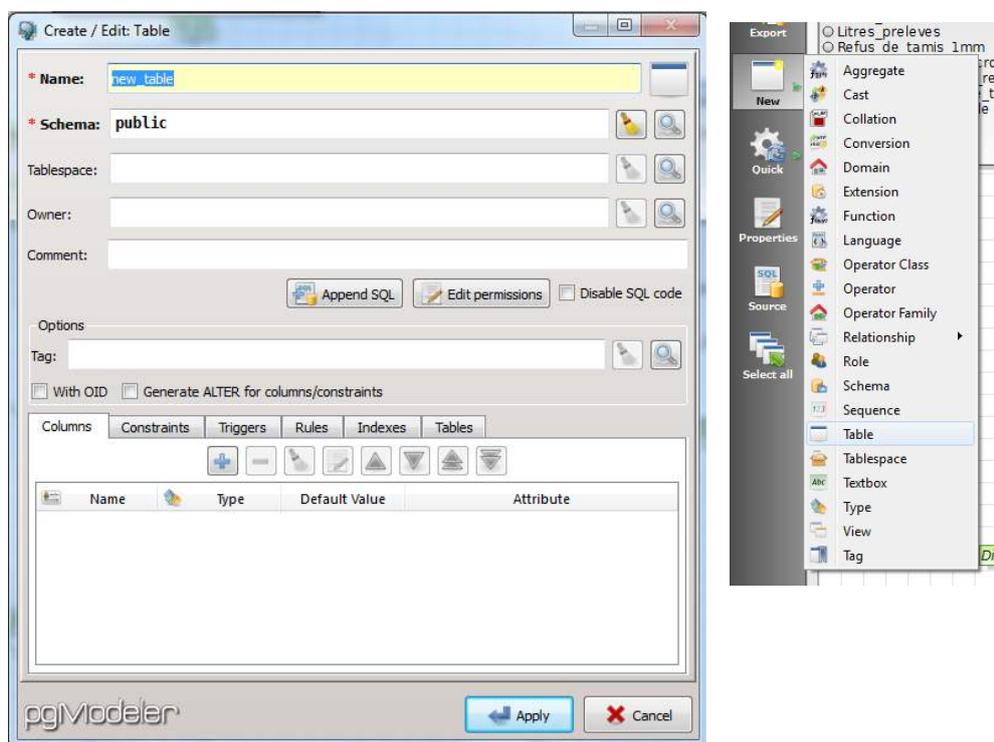


Figure 4 : outil de création de table

Lors de la création d'une table, il y a deux onglets primordiaux : column et constraint. On peut alors définir les caractéristiques de notre table et par la même occasion sa clé primaire. Elle sera obligatoire pour la suite.

4. Création d'un lien entre tables

Lors de la création d'un lien entre les tables, il suffit d'un clic droit puis *new/relationship* et sélectionner le type de relation : un à un, un à plusieurs, plusieurs à plusieurs.

Le lien est ensuite automatiquement créé suite à une sélection graphique des champs qui portent la relation. La dénomination des clés est automatique.

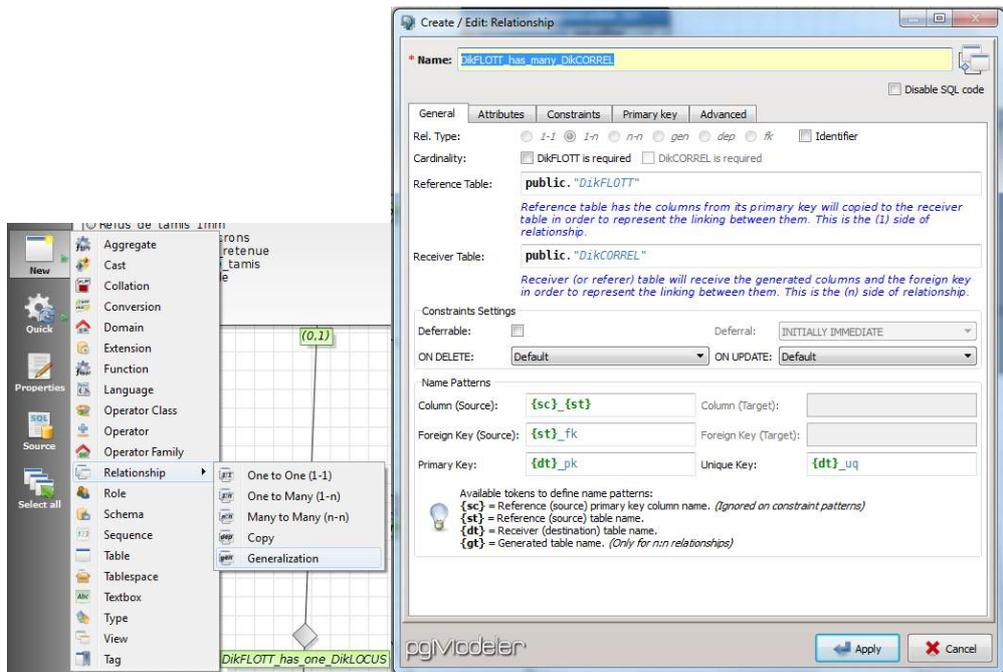


Figure 5 : outil de création de lien

5. La validation

Suite à cet ensemble d'opération, le logiciel propose une étape préalable à la sauvegarde : la validation. Le logiciel vérifie qu'il n'y a pas de problème entre les contraintes, les noms des champs et les cardinalités.

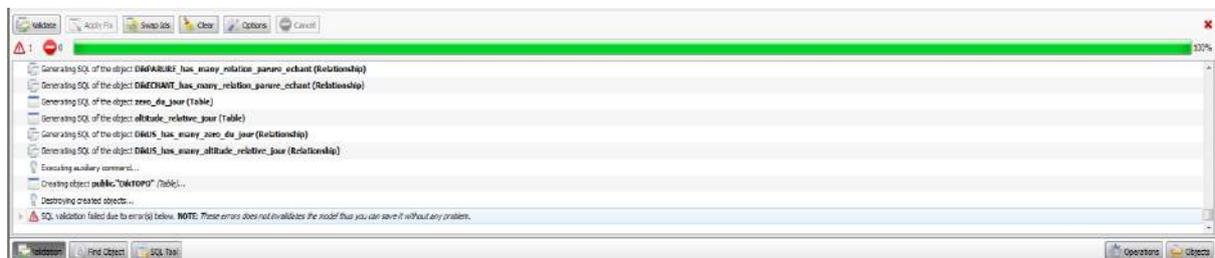


Figure 6 : onglet de validation

6. L'export

La dernière étape est l'export. On peut exporter le fichier créé en fichier `.sql`. C'est le script SQL complet pour réaliser la base de données. Sinon pgModeler propose de se connecter directement à pgAdmin pour charger le MCD directement dans PostgreSQL. Troisième option, le schéma relationnel créé peut être exporté en png pour visualisation.

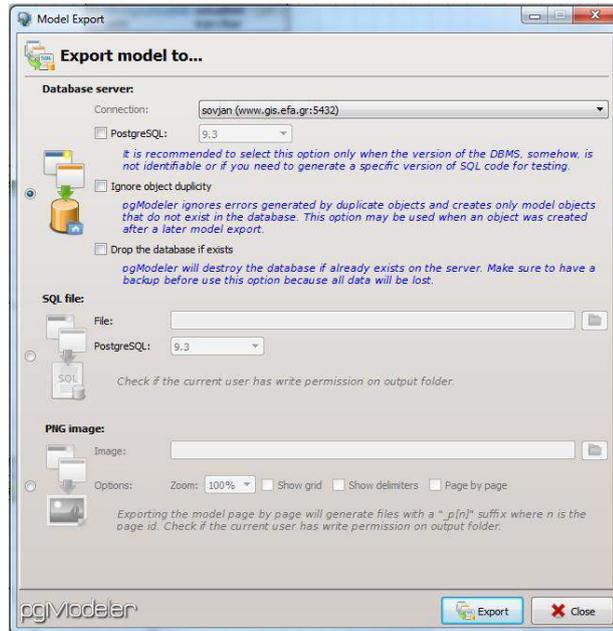


Figure 7: outil d'export

Annexe 4 : Aide à l'export de fichiers ADOBE ILLUSTRATOR au format Shapefile : MapPublisher

Le logiciel MapPublisher est un logiciel développé par la société Avenza. Cette société canadienne est spécialisée dans la création de logiciels cartographiques.

La version utilisée pour le projet est la 9.3.3. Elle se distingue de ses précédentes par la possibilité qu'elle apporte d'exporter les fichiers Adobe Illustrator en Shapefile. Précédemment, il n'était possible d'exporter qu'en format DXF.

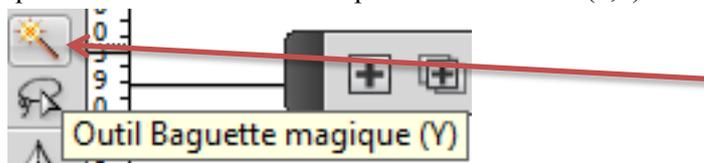
Les outils d'export sont décrits ci-dessous :

1. Ouvrir le fichier Adobe Illustrator : *fichier / ouvrir*
2. Enregistrer une copie du fichier originel : *fichier / enregistrer sous*
3. Afficher les règles d'Adobe Illustrator : *Ctrl + R*
4. Afficher les règles globales : *Ctrl + Alt + R* (*Ctrl + U* permet d'activer l'accrochage aux objets)

Les règles permettent d'effectuer des mesures sur le dessin. Il faut savoir qu'un dessin Adobe Illustrator n'est pas géoréférencé. Les mesures sont effectuées au sein d'un repère local lié à la taille de l'image utilisée.

On peut changer l'unité des règles. Pour cela, on va dans *Édition / préférences / unités*.

5. On met la règle à zéro sur un point de carroyage connus en coordonnées. On vérifie ensuite que les coordonnées du point sont bien (0,0) à l'aide de la baguette magique.



6. Vérifier l'échelle du document :

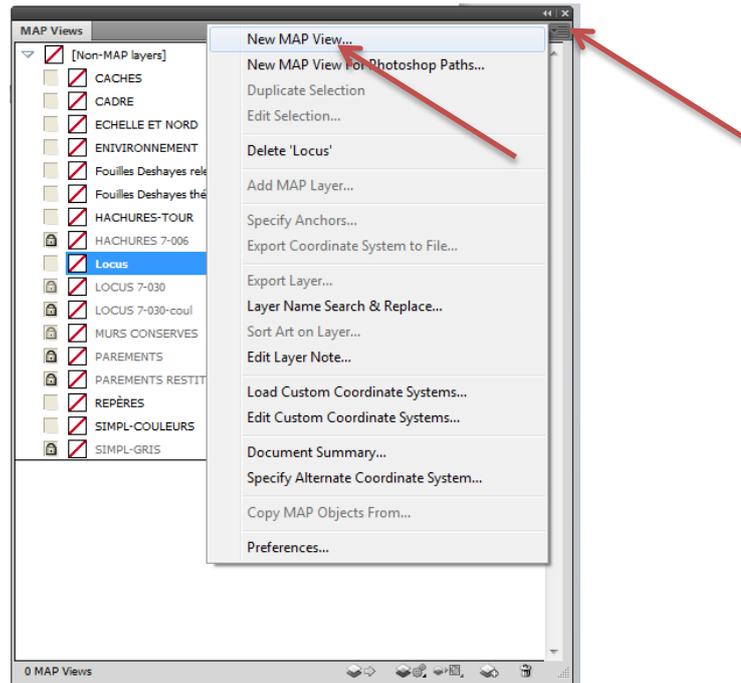
On mesure une distance connue sur le plan AI et on en détermine l'échelle à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{1}{\text{échelle}} = \frac{\text{distance papier (m)}}{\text{distance terrain (m)}}$$

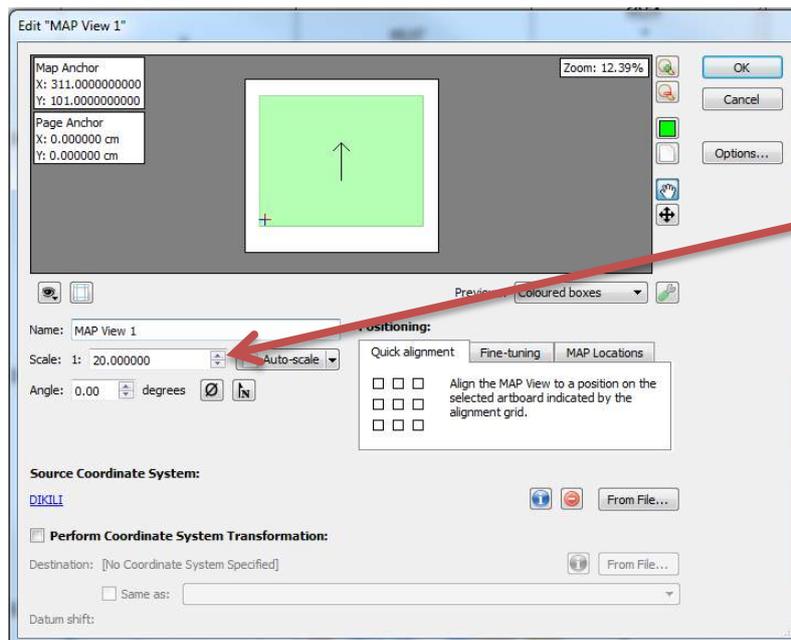
7. Créer une *map Location* et mettre les coordonnées à (0,0) pour le point de référence papier.



8. Créer une nouvelle visualisation MapPublisher
 - a) *Map View / New Map View*



b) Rentrer l'échelle du document



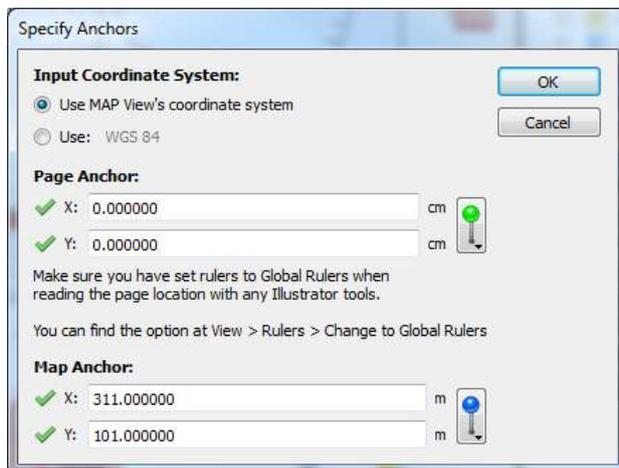
c) Définir le système de projection personnalisé



- Surface de la projection
- Unités des points de callage
- Ellipsoïde
- Projection en système local
- Unités

9. Transférer les calques par glisser-déposer en sélectionnant le style de couche (point, line, area, text,...).
10. Spécifier les coordonnées terrains du point d'accroche de coordonnées (0,0) défini précédemment.

Map view / specify anchor



11. Export au format shapefile :

MapView / Export puis sélection du dossier et du type de fichier d'export.

Annexe 5 : Présentation et usages du logiciel Geoserver

Ce tutoriel a pour vocation la description de l'ensemble des étapes qui permettent le chargement des données dans Geoserver, la gestion des styles graphiques et pour finir la gestion des options de couches (systèmes de coordonnées, création de vue).

1. Création d'un *Workspace*

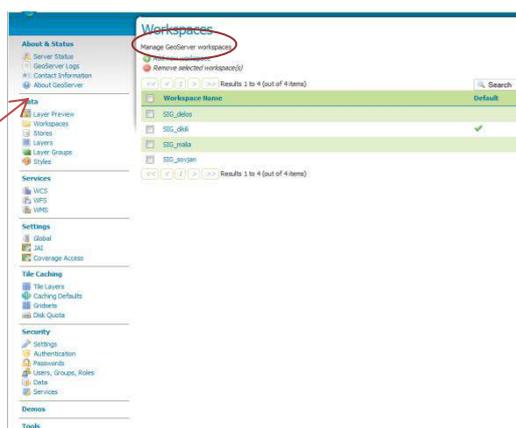


Figure 1 : Ajout de Workspace

Un *Workspace* est un espace de stockage pour des couches et leurs styles. Il se définit simplement à l'aide d'un nom et d'un nom URI (Uniform Resource Identifier). Il se subdivise en *Stores*.

2. Ajouter un *Store*

Une *store* est un sous dossier d'un *Workspace* contenant un type de données ayant une source particulière.

On y accède par l'icône *Store* situé dans la barre de menu à gauche de l'écran. Une fois cette icône sélectionnée, on entre dans la page de sélection du type de *store*.

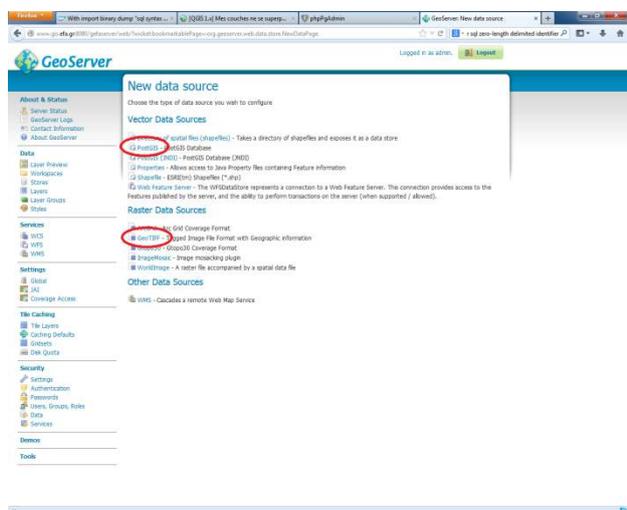


Figure 2 : Ajout de Store

Pour les projets Dikili Tash et Sovjan, les seuls *stores* utilisés ont été ceux de type PostGIS et GeoTiff.

Les *stores* PostGIS permettent une connexion à PostgreSQL pour l'import de données vectorielles ou attributaires.

Les *stores* de type GeoTiff permettent d'importer des couches raster en GeoTiff.

Un store PostGIS peut stocker plusieurs couches vectorielles avec leurs styles. Au contraire un store GeoTiff ne peut contenir qu'un seul fichier raster.

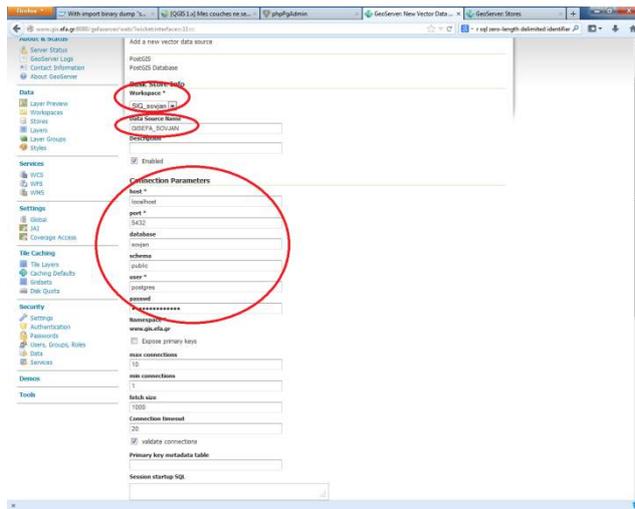


Figure 3 : Ajout du store de type PostGIS

Lors de la création d'un store de type PostGIS, on rentre les paramètres suivants :

- Le *workspace* de stockage
- Le nom du *store*
- La description du *store*
- Les paramètres de connexion à PostGIS (*host, port, database, schema, user, password*). Le reste des paramètres est laissé par défaut.

Edit Raster Data Source

Description

GeoTIFF
Tagged Image File Format with Geographic information

Basic Store Info

Workspace *
SIG_malia

Data Source Name *
plan_topo_1970

Description

Enabled

Connection Parameters

URL *
file:data/malia/plan_topo_1970.tif

Save Cancel

Un *store* de type GeoTiff nécessite beaucoup moins d'informations. Il suffit de simplement rentrer les paramètres de description et enfin l'URL du fichier GeoTiff.

Celui-ci doit préalablement avoir été placé dans le dossier du web SIG.

Figure 4 : Ajout d'un Store GeoTiff

3. Publication d'une couche de type PostGIS

Data Publishing Dimensions Tile Caching

Basic Resource Info

Name
pieres_secteur_2

Enabled

Advertised

Title
pieres_secteur_2

Abstract
document AI du secteur 2 exporté avec MapPublisher par Vincent DEPOND en 2014, Pascal DARICQUE, 2008

Figure 5 : Ajout d'une couche PostGIS

On sélectionne l'icône *Layer* dans l'arborescence de gauche. La page qui s'affiche contient toutes les données importées dans Geoserver. En haut de la liste, il suffit de cliquer sur l'icône *Add new layer*. On sélectionne le store de chargement de la couche (*store* lié à une base de données PostGIS).

On accède à la liste de toutes les couches présentes dans la base de données PostGIS choisie. On sélectionne la couche souhaitée et on clique sur *publish* (icône en vert).

WMS Settings

Queryable

Opaque

Default Style
dik_pieres

Figure 6 : choix du style

L'onglet *Data* contient le nom de la couche, son titre et un descriptif de métadonnées. En bas de la page, l'information la plus importante sur la couche concerne le système de coordonnées. On sélectionne le système de référence dans lequel les données vont être stockées.

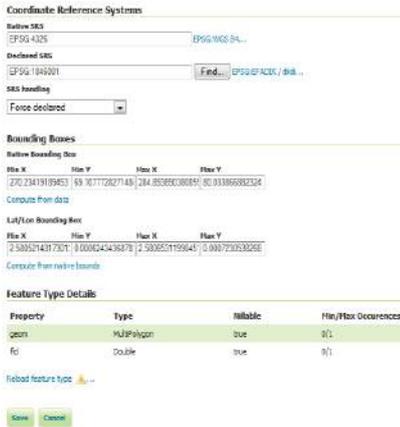


Figure 7 : choix du système de coordonnées

On peut sélectionner un nouvel SRID et demander la projection automatique. Une fois cette opération faite, on clique sur les onglets *compute from data* et *compute from native bounds*. Cette option permet de définir l'emprise de la couche dans son système de coordonnées.

L'onglet *style* juste à côté de l'onglet Data apporte toutes les options de gestion des styles de couches.

On peut y charger des styles préalablement définis. Cette étape est décrite dans le paragraphe suivant.

4. Ajout d'un fichier de style

L'onglet de gestion des styles de couche se trouve sous l'icône d'affichage de la liste des couches dans l'arborescence du menu de gauche.

Pour ajouter un nouveau style, il suffit de cliquer sur *Add a new style*. On renseigne le nom, le *workspace* et enfin le fichier SLD source en cliquant sur *browse* et en sélectionnant le fichier SLD dans le dossier source. Le bouton *validate* permet de vérifier la validité du code SLD, ensuite on clique sur *submit* pour rendre le style utilisable.

5. Création d'un groupe de couches

Cette opération s'effectue dans l'onglet *layer group*. Comme les autres onglets de la barre de menu de gauche, il permet d'afficher la liste des groupes de couches. L'icône *add a new layer group* permet de créer un nouveau groupe de couches.

Les données habituelles de description du groupe sont présentes (nom, titre, description et workspace).

Système de coordonnées et emprise

Ajout de couches ou sous-groupes

Gestion des couches, des styles et de l'ordre des couches

Position	Layer	Default Style	Style	Remove
1	STG_dkk/terre-culte_v01	<input type="checkbox"/>	dk_terre_culte_v01	<input type="checkbox"/>
2	STG_dkk/cendres_charbons_v01	<input type="checkbox"/>	dk_cendres_charbons	<input type="checkbox"/>
3	STG_dkk/pierres_v01	<input type="checkbox"/>	dk_pierres	<input type="checkbox"/>
4	STG_dkk/TAB_V01	<input type="checkbox"/>	dk_TAB	<input type="checkbox"/>
5	STG_dkk/sole_four_foyer_v01	<input type="checkbox"/>	dk_sole_four_foyer	<input type="checkbox"/>

Figure 6 : création de layer group

Annexe 6 : Bibliothèques JavaScript de Web Mapping

1. OpenLayers



Figure 1 : logo Openlayer

Ce logiciel libre, sous licence BSD, est une bibliothèque JavaScript, tout comme GeoExt et ExtJS, qui permet de faire des requêtes sur des serveurs cartographiques

Elle permet de servir de noeud de gestion de données cartographiques entre un serveur cartographique et un visualisateur web.

Elle possède la fonctionnalité de faire de l'affichage tuilé. Ceci est plus simple pour la gestion de données nombreuses et volumineuses sur un web SIG. La dernière version d'Openlayer (OpenLayers 3) permet de faire de la gestion 3D de données. Les données ne sont plus traités par tuiles mais en un bloc 3D.

Elle permet de traiter tout type de données cartographiques : raster et vecteur sous les standards et normes cartographiques de l'OGC. OpenLayer permet d'utiliser du WFS-T (pour Web Feature Service – Transactionnel).

La version utilisée par l'école est la n°2.12. Pour le projet, il sert à l'affichage de toutes les données cartographiques selon des dalles.

2. ExtJS



Figure 2 : logo ExtJS

ExtJS est un framework JavaScript qui permet de créer facilement des applications Web. Sachant qu'un framework est un ensemble de composants logiciels qui sert à définir un autre logiciel.

C'est une bibliothèque de fonctionnalité Web permettant de développer l'architecture d'une application Web.

En clair, il permet de diviser le travail de création d'une application Web en divers secteurs :

- rendu visuel,
- création de widget et d'outils.

Il se base sur le langage JavaScript. Sa dernière version est la 4.2 mais la version utilisée à l'École française d'Athènes est la 3.4.

3. GeoExt



Figure 3 : logo GeoExt

GeoExt est une librairie JavaScript qui permet de créer facilement des interfaces de gestion de données cartographiques. Cette librairie est une sur-couche OpenLayer et ExtJS. Elle est définie sous licence BSD.

GeoExt a été utilisé au sein du projet pour définir tous les outils de visualisation des données et tous les outils d'analyse présents au sein du Web-SIG.

Il permet de définir la carte de visualisation qui est issue d'Openlayer.

4. HeronMC



Figure 4 : logo HeronMC

Heron est une surcouche des bibliothèques GeoExt et ExtJS qui permet des fonctionnalités de WebMapping avancée.

Il complète OpenLayer. Il sert notamment à la définition des outils d'impression du Web-SIG, les outils de gestion des favoris, les outils de gestion des couches....

C'est une bibliothèque libre sous licence GNU GPL v3.

Annexe 7 : Formatage et typage des données pour PostGIS

1. Prérequis

Lors du passage des données archéologiques de Filemaker à PostGIS, les principales difficultés sont venues d'une hétérogénéité du typage des données intégrées dans la base de données Filemaker. On peut rajouter à cela, un manque d'uniformisation dans la saisie des informations par les différents utilisateurs.

2. Les principaux écueils

Voici les principaux écueils que j'ai rencontrés et qui devront, à l'avenir, être pris en compte pour le formatage des données :

Le formatage des noms de champs

Les noms ne doivent pas comporter d'espace, de caractères accentués et de majuscules qui ne sont pas gênantes pour PostgreSQL mais freinent la réalisation des requêtes. On optera pour le tiret bas « _ » pour remplacer l'espace. Ne pas commencer le nom d'un champ par un chiffre qui empêche les requêtes WFS/WMS GetCapability.

Le formatage des champs dits « numero d'inventaire », « numero d'US » et « locus »

Les numéros d'inventaire existent sous trois formes : 6147-001, 5302 10741-001 ou M437. Trois types d'erreur surviennent avec ces numérotations : pour le premier type, le tiret disparaissait lors de l'export Excel depuis Filemaker. Le problème a été contourné en exportant au format csv ou en faisant un découpage des noms (fonction *droite* ou *gauche* selon la partie de la chaîne de caractère à récupérer) et une concaténation (fonction *concatener*) sous Excel pour retrouver le bon format. Après discussion avec M. Pascal DARCQUE, il a été décidé de supprimer l'espace au sein des noms. Nous avons donc formaté les numéros d'objet dans l'ensemble des tables. Pour le dernier type de numéro d'objet, le problème survenait au moment du passage à Excel. En effet, M437 constitue un numéro de cellule pour le tableur. L'export en csv permet de conserver la mise en forme car lors du traitement d'un fichier csv sous Excel, les colonnes sont bloquées en format texte et ne sont pas converties en valeur de cellule.

Les problèmes de mise en forme des indications textuelles de la base

L'exemple le plus flagrant est celui des noms des archéologues au sein de la base de données. Une personne se retrouvait être nommée de manière récurrente dans une table mais sous cinq dénominations différentes. L'archéologue Sandra Prevost-Dermarkar était nommée Sandra Prévost, Sandra Prevost, Sandra Prevot, Sandra Prevot-Dermarkar, Sandra. Une uniformisation de toutes les dénominations était nécessaire afin de faciliter les futures requêtes. De nombreux champs ont d'ailleurs dû faire l'objet de mise en forme identique comme le type de données de parure (anneau, perle, pendentif,...). Cependant, ce travail est long et fastidieux et il reste encore beaucoup de travail à opérer par les responsables eux-mêmes.

Concernant la base de données Filemaker, de nombreux champs de type entier contiennent des données de type chaîne de caractère. Les colonnes de numéros d'inventaire contiennent des chaînes de caractère alors qu'ils sont définis comme entier (6201-001).

Dans la base de données Filemaker, les informations imprécises étaient notées avec un point d'interrogation. Filemaker permet d'intégrer ce genre d'information dans des colonnes de type « integer ». Cependant, c'est impossible dans PostgreSQL. Je notifie cela aux archéologues afin que la base de données originale soit nettoyée en conséquence et que l'intégration des données futures soit facilitée.

J'ai eu à faire face à un autre problème d'export. Le logiciel Filemaker permet de créer des champs multivalués. Lors de l'export, toutes les données se retrouvent condensées dans une seule colonne. Il faut stocker les champs multivalués soit dans plusieurs colonnes dans la table correspondante soit créer une nouvelle table dans laquelle on indexe les données avec lien à la table mère.

Pour le formatage du type date, j'ai utilisé Excel et la mise en forme de date année/jour/mois. Attention, l'export en csv depuis Excel ne conserve pas le type date définis dans ce même logiciel.

3. Le typage des données

Type	Description
<u>Integer</u>	Nombre entier codé sur 4 octets
<u>BigInt</u>	Nombre entier codé sur 8 octets
<u>Real</u>	Nombre décimal codé sur 4 octets avec possibilité d'une précision avec 6 décimales
<u>Character</u>	Chaîne de caractère de longueur fixe
<u>Character Varying</u>	Chaîne de caractère de longueur variable
<u>Text</u>	Chaîne de caractère de longueur variable illimitée
<u>Date</u>	Format de date de type année/mois/jour
<u>Serial</u>	Série de nombre auto-incrémentée
<u>Point</u>	Point de coordonnées (x,y,z)
<u>Line</u>	Ligne simple
<u>Polygon</u>	Forme géométrique de type polygone

1. Affichage des photographies

a. URL protégée pour l'affichage des photographies

```
<?php
session_start();
if(isset($_SESSION['connected']) &&
($_SESSION['connected']==6 || $_SESSION['connected']==1) &&
isset($_GET['id']))
{

    //moi afficher image
    $path="/home/delos/web/depot_dikili/".$_GET['id'].".jpg";
    if(file_exists($path))
    {
        header('Content-Type: image/jpeg');
        //      $im = imagecreatefromjpeg($path);
        //      imagejpeg($im);
        //      imagedestroy($im);

        $im = new Imagick($path);
        if ($im->getImageWidth() > $im->getImageHeight())
        {
            $im->thumbnailImage(600, 0);
        }
        else $im->thumbnailImage(0, 600);
        echo $im;
        unset($im);
        exit();
    }
}
?>
```

b. Affichage des photographies

```
<?php
error_reporting(E_ALL);
ini_set('display_errors', 'on');
session_start();
if(isset($_SESSION['connected']) &&
($_SESSION['connected']==6 || $_SESSION['connected']==1) &&
isset($_GET['id']))
{

    $path="/home/delos/web/depot_dikili/".$_GET['id'];
    if(file_exists($path))
    {
        header('Content-Type: image/jpeg');

        $im = new Imagick($path);
        if ($im->getImageWidth() > $im->getImageHeight())
        {
            $im->thumbnailImage(600, 0);
        }
        else $im->thumbnailImage(0, 600);

        echo $im;
    }
}
```

```

        unset($im);
        exit();
    }
    $sid=addslashes($_GET['id']);
    $dbh = pg_connect("host=localhost dbname=dikili user=postgres
password=Zar4SQL359#pol");
    if(!$dbh)
    {
        die("Error in connection: " . pg_last_error());
    }
    $sql = 'SELECT * FROM photographie WHERE
o_numero_du_document=\''.$sid.'\'';

    $result = pg_query($dbh, $sql);
    if(!$result)
    {
        die("Error in SQL query: " . pg_last_error());
    }
    if ($row = pg_fetch_array($result))
    {

        $variable='
<body background="./img/fondweb2.jpg">
<div class="Tableau">
    <p class="legende">
        <span class="col1">Numero du document</span>
        <span class="col2">Auteur du document</span>
        <span class="col3">Date du document</span>
        <span class="col4">copyright</span>
        <span class="col5">Numero d\'inventaire</span>
        <span class="col6">Materiau</span>
        <span class="col7">Nature</span>
        <span class="col8">Etat</span>
        <span class="col9">Type</span>
    </p>
    <p>
        <span class="col1">' . $row['o_numero_du_document'] . '</span>
        <span class="col2">' . $row['o_auteur_du_document'] . '</span>
        <span class="col3">' . $row['o_date_du_document'] . '</span>
        <span class="col4">EFA</span>
        <span class="col5">' . $row['numero_inventaire'] . '</span>
        <span class="col6">' . $row['materiau2'] . '</span>
        <span class="col7">' . $row['nature2'] . '</span>
        <span class="col8">' . $row['etat'] . '</span>
        <span class="col9" >' . $row['type'] . '</span>
    </p>
        <div align="center" class="col10"; ></div>
    </div>
<div id="bottom"></div>
</body>
    <style type="text/css">

body
{
width : 1400px;
height: auto;
position:absolute;
height:100%;
}

```

```

.Tableau span {
  display:inline;
  float:left;
  border:1px solid #000000;
  margin:0px;
  padding:3px;
  height:19px;
  background-color:white;
}
.Tableau p {
  clear:left;
  margin:0px;
  padding:0px;
  height:0% !important; height:1em;
}
.Tableau p.legende {font-weight:bold}
.Tableau span.col1 {width:150px}
.Tableau span.col2 {width:150px}
.Tableau span.col3 {width:150px}
.Tableau span.col4 {width:140px}
.Tableau span.col5 {width:150px}
.Tableau span.col6 {width:140px}
.Tableau span.col7 {width:140px}
.Tableau span.col8 {width:140px}
.Tableau span.col9 {width:140px}
.col10 {width:auto;height:auto;
}
</style>'
;
          echo $variable;
    }
}
?>,

```

2. Fichier SLD

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.1.0"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name></se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name></se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name></se:Name>
          <se:Description>
            <se:Title></se:Title>
          </se:Description>
          <se:MaxScaleDenominator>200</se:MaxScaleDenominator>
          <se:TextSymbolizer>
            <se:Label><ogc:PropertyName>cote</ogc:PropertyName></se:Label>

```

```

    <se:Font>
      <se:SvgParameter name="font-
family">DidotBold.ttf</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="font-size">14</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="font-style">normal</se:SvgParameter>
      <se:SvgParameter name="font-weight">normal</se:SvgParameter>
    </se:Font>
    <se:LabelPlacement>
      <se:PointPlacement>
        <se:AnchorPoint>
          <se:AnchorPointX>0.5</se:AnchorPointX>
          <se:AnchorPointY>0.5</se:AnchorPointY>
        </se:AnchorPoint>
      </se:PointPlacement>
    </se:LabelPlacement>
    <se:Halo><se:Radius>2</se:Radius><se:Fill><se:SvgParameter
name="fill">#FFF3D6</se:SvgParameter></se:Fill></se:Halo>
    <se:Fill><se:SvgParameter
name="fill">#1d1d1d</se:SvgParameter></se:Fill>
    <se:VendorOption
name="conflictResolution">true</se:VendorOption>
    <se:VendorOption name="goodnessOfFit">0</se:VendorOption>
  </se:TextSymbolizer>
</se:Rule>
</se:FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>

</StyledLayerDescriptor>

```

3. Pop-Up personnalisés

a. Personnalisation du panneau

```

customConfigDisplay:[
  {
    tableName:"photographie",
    html:'<div id="fond_photo" class="aParent" >\n\
      <div>\n\
        <table width=500 height=500 border="3"
align="left" bgcolor="#F2F2F2" bordercolor="#2E2E2E">\n\
          \n\
            <tr>\n\
              <td ALIGN=LEFT width=300>Nom de
l\'image</td><td ALIGN=LEFT>{o_numero_du_document}</td>\n\
            </tr>\n\
              <td ALIGN=LEFT width=300>Numéro
d\'us</td><td ALIGN=LEFT>{numero_us}</td>\n\
            </tr>\n\
              <tr>\n\
                <td ALIGN=LEFT width=300>Numéro
d\'individu</td><td ALIGN=LEFT>{numero_individu_photo}</td>\n\
              </tr>\n\
              <tr>\n\
                <td ALIGN=LEFT width=300>Numéro
d\'inventaire</td><td ALIGN=LEFT>{numero_inventaire}</td>\n\
              </tr>\n\
            </tr>\n\
          </table>

```

```

        <td ALIGN=LEFT width=300>Date du
document</td><td ALIGN=LEFT>{o_date_du_document}</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT width=300>Légende</td><td
ALIGN=LEFT>{legende}</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT width=300>Auteur du
document</td><td ALIGN=LEFT>{o_auteur_du_document}</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT width=300>Matériau</td><td
ALIGN=LEFT>{materiau2}</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT width=300>Nature</td><td
ALIGN=LEFT>{nature2}</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT
width=300>Téléchargement</td><td ALIGN=LEFT><a target="_blank"
href="./downloadImage?id={o_numero_du_document}">{o_numero_du_document}</a>
</td>\n\
        </tr>\n\
        <tr>\n\
        <td ALIGN=LEFT width=300>Aperçu</td>\n\
        <td>\n\
        \n\
        </td>\n\
        </tr>\n\
    </table>\n\
</div>'
    },

```

b. Définition de la fonction d'affichage

```

        if (this.displayPanels.indexOf('Detail')>=0)
    {
        this.propGrid = new Ext.grid.PropertyGrid ({
            id: 'grd_Detail'+ '_' + this.featureSetKey,
            listeners: { 'beforeedit': function (e) { return false; }
        },

        title: this.title,
        featureType: this.featureType,
        header: false,
        features: this.features,
        autoConfig: this.autoConfig,
        autoConfigMaxSniff: this.autoConfigMaxSniff,
        autoHeight: false,
        hideColumns: this.hideColumns,
            columnFixedWidth: this.columnFixedWidth,
            autoMaxWidth: this.autoMaxWidth,
            autoMinWidth: this.autoMinWidth,
        columnCapitalize: this.columnCapitalize,
        showGeometries: this.showGeometries,
        featureSelection: this.featureSelection,
        gridCellRenderers: this.gridCellRenderers,
        columns: this.columns,
    }

```

```

        showTopToolbar: this.showTopToolbar,
        exportFormats: this.exportFormats,
        curRecordNr: 0,
        hropts: {
            zoomOnRowDoubleClick: true,
            zoomOnFeatureSelect: false,
            zoomLevelPointSelect: this.zoomLevelPointSelect
        });
        this.displayCustomGrid = new Ext.Panel({
            autoScroll: true,
            id: 'grd_Custom'+ '_' + this.featureSetKey,
        });
    }

    // Create array with panels to display
    this.cardPanels = [];
    if (this.tableGrid)
        this.cardPanels.push(this.tableGrid);
    if (this.propGrid)
        this.cardPanels.push(this.propGrid);
    if (this.displayCustomGrid)
        this.cardPanels.push(this.displayCustomGrid);

    // Set active panel/card at startup
    var activeItem = 0;
    if (this.displayPanels.length>0) {
        activeItem = 'grd_' + this.displayPanels[0] + '_' +
this.featureSetKey;
    }

    // Create main panel with card layout
    this.mainPanel = new Ext.Panel({
        border: false,
        activeItem: activeItem,
        layout: "card",
        items: this.cardPanels
    });

    // Add main panel
    this.add(this.mainPanel);
    if ((this.showTopToolbar) &&
(this.displayPanels.indexOf('Table')>=0) &&
(this.displayPanels.indexOf('Detail')>=0))
    {
        this.tableGrid.addListener("activate", this.onActivateTable,
this);
        this.propGrid.addListener("activate", this.onActivateDetail,
this);
        this.displayCustomGrid.addListener("activate",
this.onActivateDetail, this);
        this.tableGrid.addListener("afterlayout",
this.onAfterlayoutTable, this);
        this.propGrid.addListener("afterlayout",
this.onAfterlayoutDetail, this);
        this.topToolbar.addListener("afterlayout",
this.onAfterlayoutTopToolbar, this);
        this.displayCustomGrid.addListener("afterlayout",
this.onAfterlayoutDetail, this);
    }

    // ExtJS lifecycle events

```

```
    this.addListener("afterrender", this.onPanelRendered, this);
    this.addListener("show", this.onPanelShow, this);
    this.addListener("hide", this.onPanelHide, this);
  },
```

4. Bookmarks

```
Ext.namespace("Heron.options.bookmarks");
Heron.options.bookmarks = [
  {
    id: 'bookmark_001',
    name: 'Secteur 6',
    desc: 'Bookmark_001 - secteur 6 + 13',
    addLayers: true,
    layers: ['emprise secteur
6', 'architecture', 'fours', 'restitution architecture', 'carroyage_secteur6'],
    x: 329,      y: 137,
    zoom: 13
  },
```

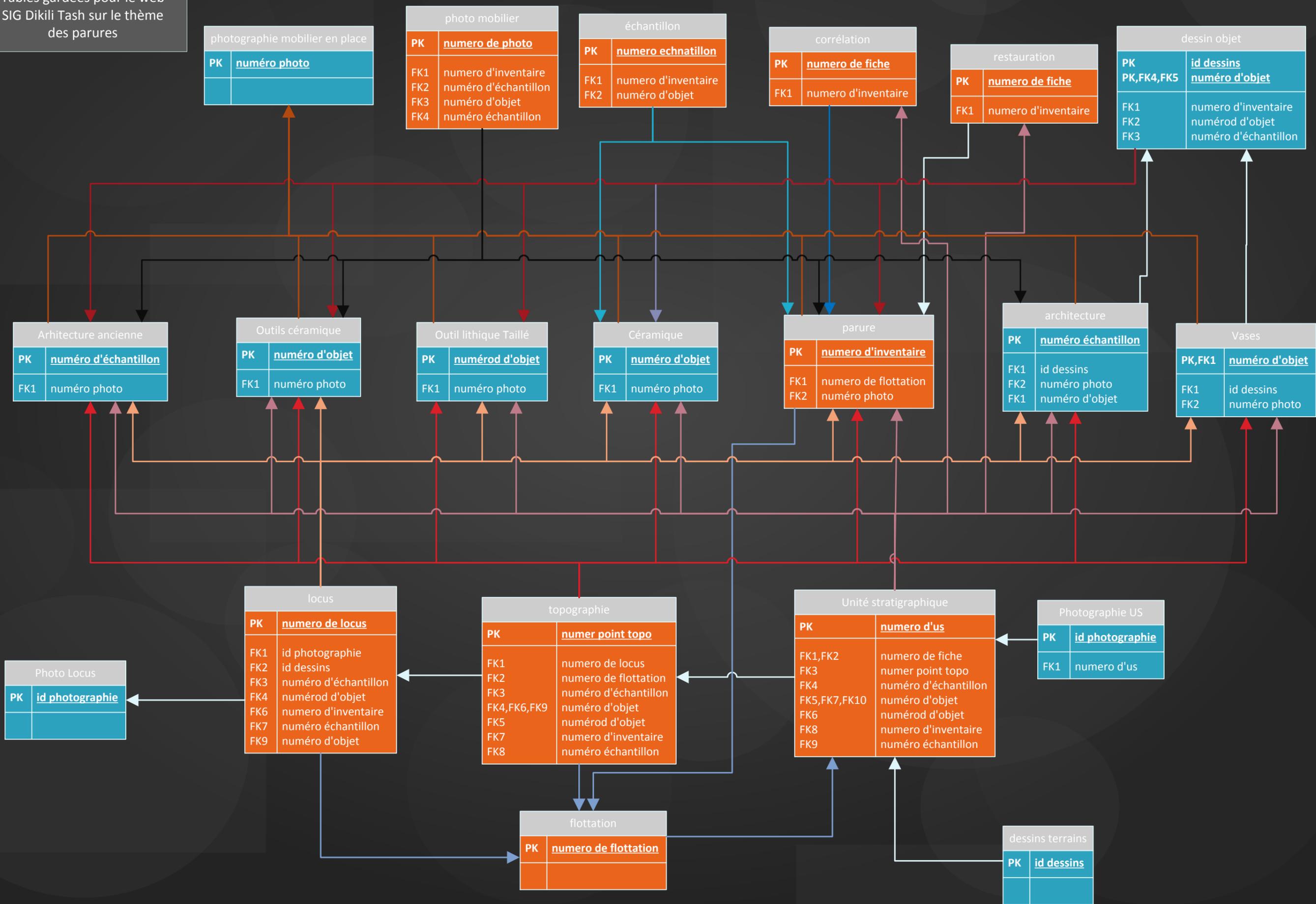
Annexe 9 : Modèles Conceptuels de données de la base Dikili Tash
avant et après traitement

Annexe 9 : Modèle conceptuel de données de la base de données Dikili Tash

Modèle conceptuel de données de la base de données Dikili Tash au format Filemaker Pro avant toute modification ou choix de données

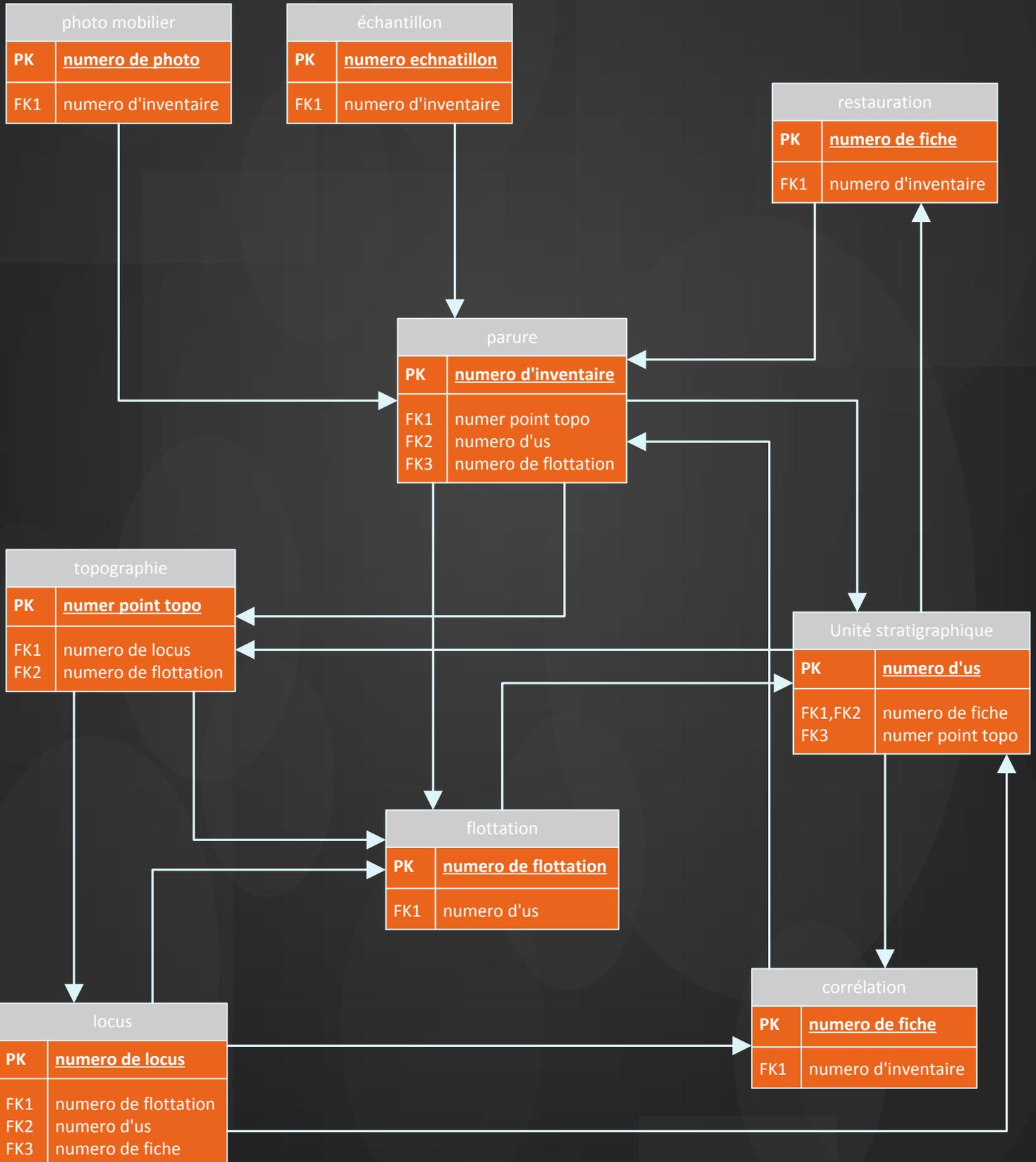
Table1 Tables supprimées car incomplètes ou non souhaitées les archéologues

Table2 Tables gardées pour le web SIG Dikili Tash sur le thème des parures



Modèle conceptuel de données de la base Filemaker Pro du site archéologique de Dikili Tash après modification et simplification.

Le choix des tables conservées a été effectué par M. Pascal DARCQUE. Seules les tables les plus complètes et les plus utilisées ont été conservées.



Annexe 10: Cartes thématiques Dikili Tash et Sovjan

dik_parure

- △ anneau
- ▲ anneau
- anneau
- ⊕ element de debitage
- ⊕ element de debitage
- element de debitage
- pendentif
- pendentif
- ◻ pendentif
- perle
- perle
- perle

carroyage secteur 6

- carroyage_secteur_6
- legende_secteur_6

restitution architecture

- restitution architecture

fours

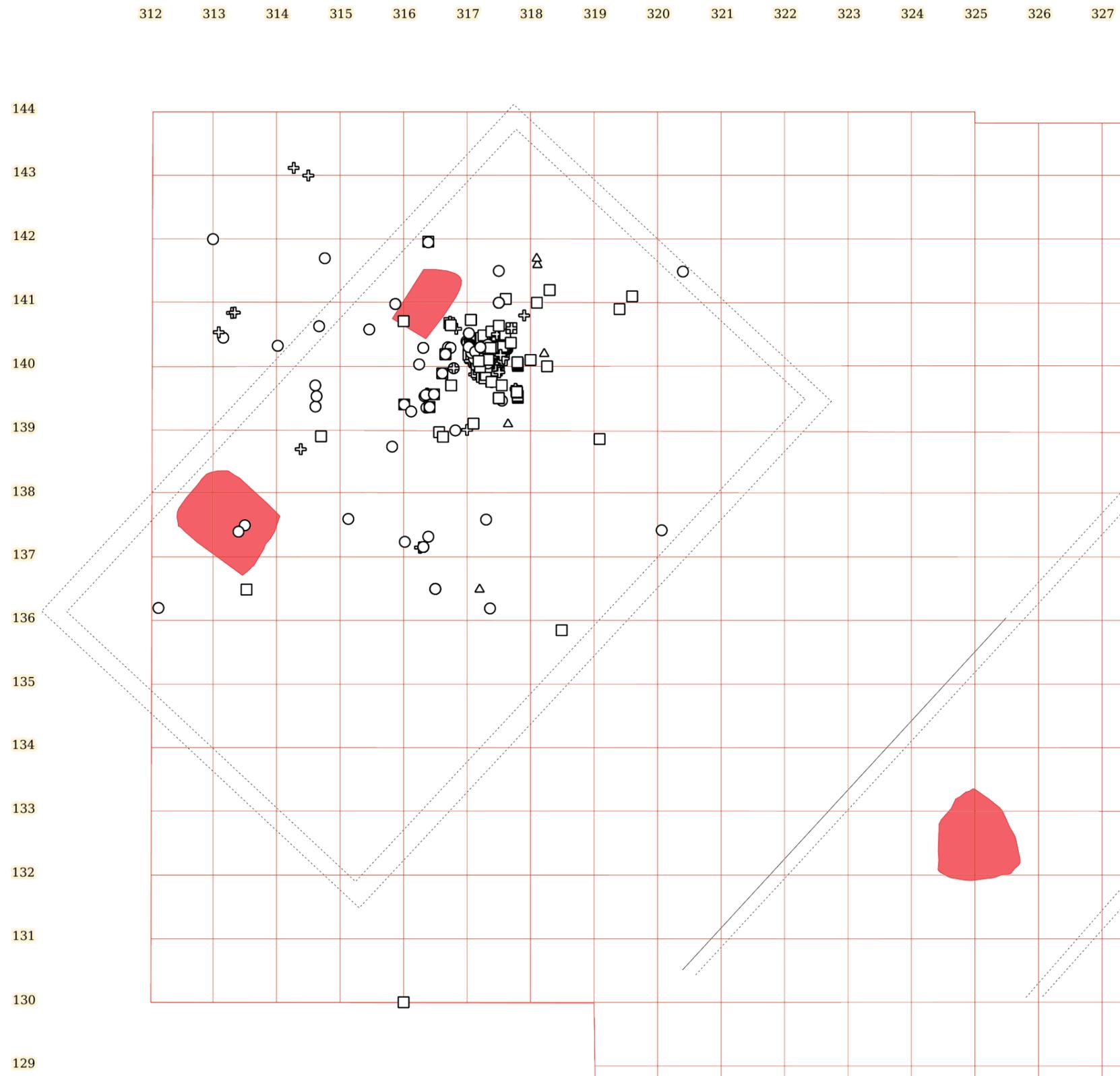
- fours

architecture

- architecture

emprise secteur 6

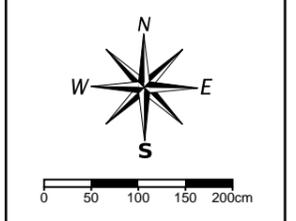
- emprise secteur 6



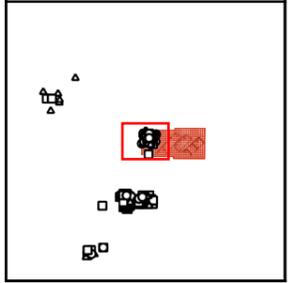
Carte thematique archeologique

Carte de repartition
des parures au
sein de la premiere
habitation
neolithique du
secteur 6

2014-06-18

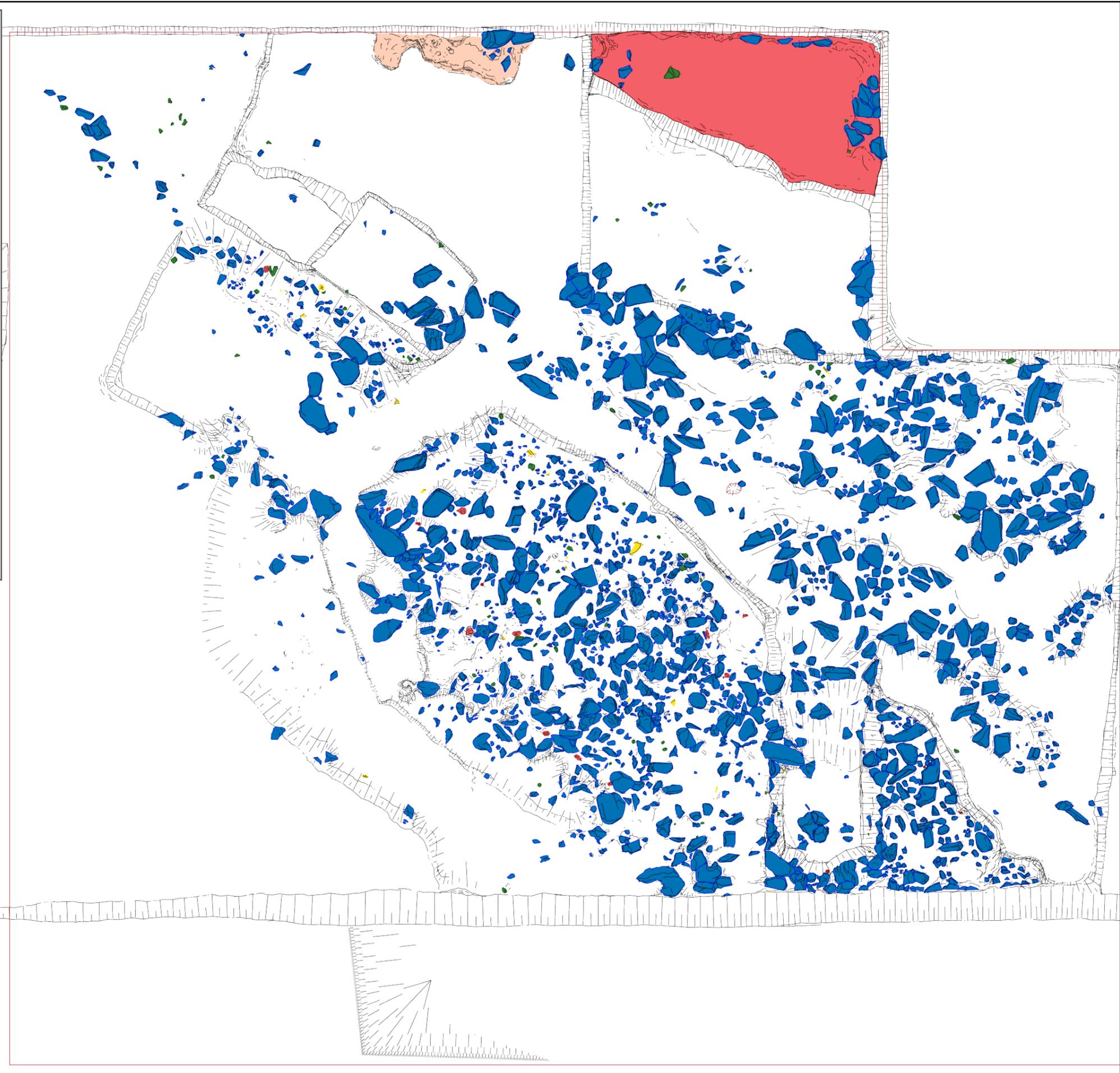


www.gis.efa.gr



- relief secteur 2
/
- pierres secteur 2
■
- trou de poteau secteur 2
/
- terre cuite secteur 2
■
- TAB secteur 2
■
- sole secteur 2
■
- sol pietine secteur 2
■
- os secteur 2
■
- carroyage secteur2
secteur2
- legende_secteur_2
/

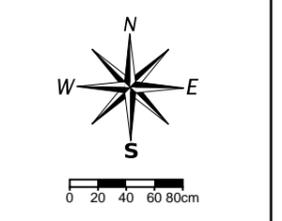
73
72
71
70
69
68
67



Carte thematique archeologique

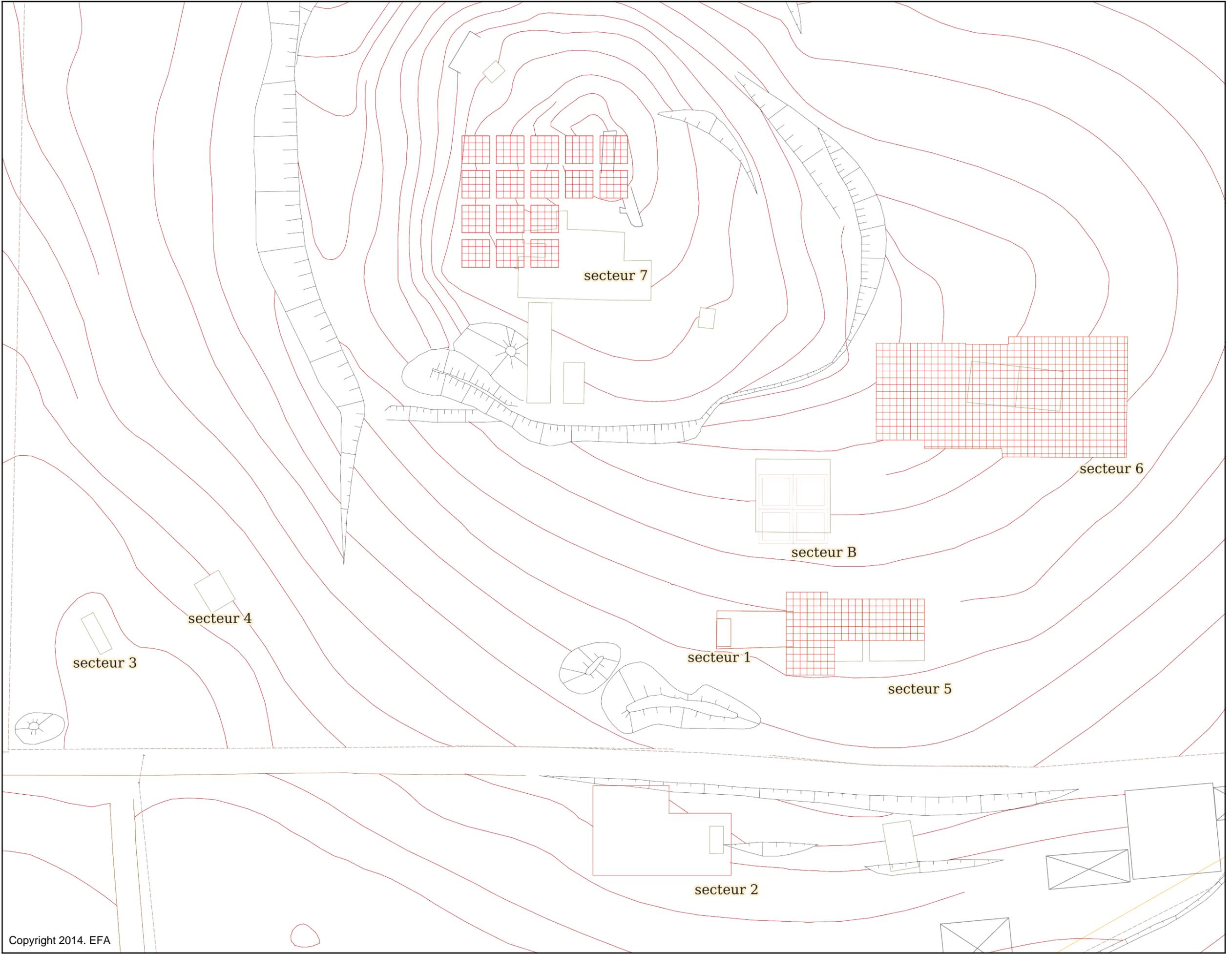
Carte de repartition
des fragments
architecturaux du
secteur 2

2014-06-18



www.gis.efa.gr

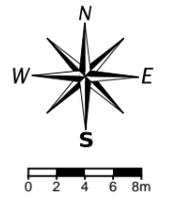




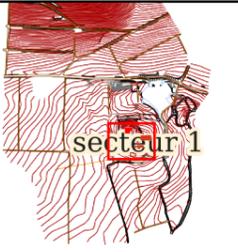
Carte
archeologique

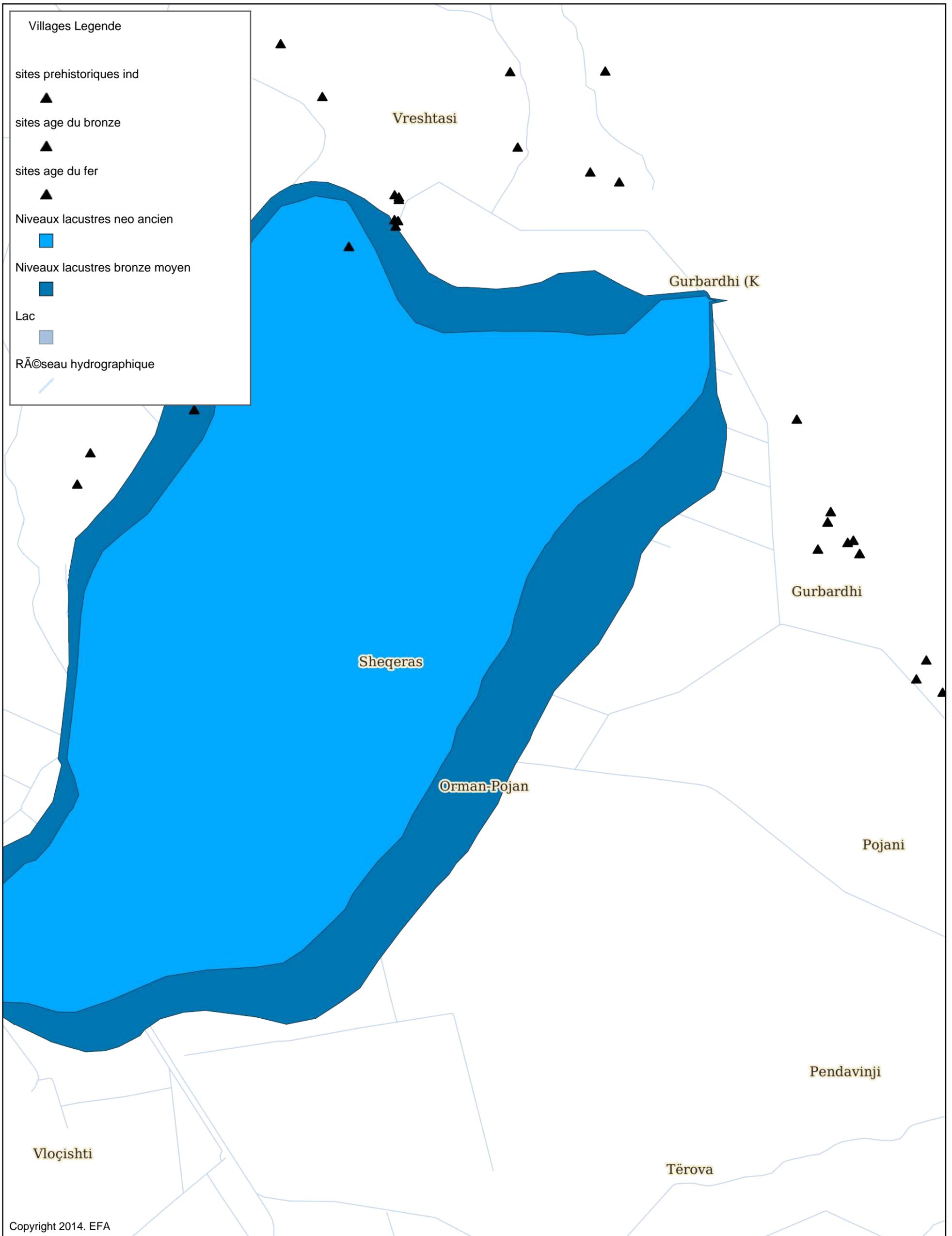
Carte de repartition
des sites de fouille
au sein du site de
Dikili Tash

2014-06-18



www.gis.efa.gr

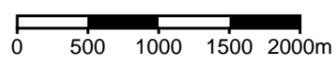




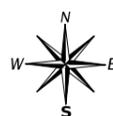
Carte thematique archeologique

2014-06-20

Carte de repartition des sites archeologiques protohistoriques en fonction des niveaux du lac



GISEFA



Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de l'archéologie Adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites archéologiques de Korça en Albanie et Dikili Tash en Grèce

Conservatoire National des Arts et Métiers, École Supérieure des Géomètres et Topographes
École française d'Athènes
Élève : Vincent DEPOND, 2014



École française d'Athènes
Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel créé en 1846 et placé sous la tutelle du ministère de l'éducation nationale qui se voue à la protection, à la préservation et au rayonnement des cultures égéenne et balkanique dans le monde entier.

C'est également un centre pluridisciplinaire réunissant un grand nombre de professions : archéologues, géomorphologues, céramologues, géomorphologues, archéobotanistes, paléo-environnementalistes, etc.

Il regroupe des scientifiques de France et de l'étranger acceptés pour quatre ans sur un thème de recherche en lien avec l'un des sites archéologiques grecs étudié par l'É.A.

Les projets de web SIG de Dikili Tash et de Sovjan s'appuient sur un web SIG développé en 2012-2013 par Laure Voileau et Quentin Bricquet sur l'île des Cyclades de Délos.

Sovjan-Korça



Site archéologique protohistorique et antique du sud est de l'Albanie.

Ce site est situé au milieu d'une plaine, à l'emplacement d'un ancien lac asséché dans les années 1960.

Il a été exploré selon des unités de prospections (rectangles de 350 par 100 mètres battus par équipes).

Ce site est étudié par une équipe franco-albanaise.



Dikili Tash

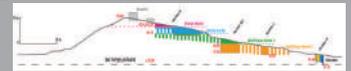


Site archéologique protohistorique de Grèce du Nord (Thrace orientale) ayant également des vestiges romains et byzantins.

L'emplacement est particulier car situé en bord d'un ancien lac et d'une source.

Il se dresse sur les pentes d'un Tell (colline issue de l'accumulation de vestiges et de leurs érosions).

Ce site est géré par une équipe franco-grecque.



Le projet

Un web SIG est un système d'information géographique fonctionnant intégralement sur le web. C'est un ensemble de logiciels et techniques permettant le traitement, l'affichage et la création de données cartographiques.

Un tel projet suit cinq paramètres : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse, Affichage. Les étapes de conceptions sont toutes classées selon ces cinq paramètres.

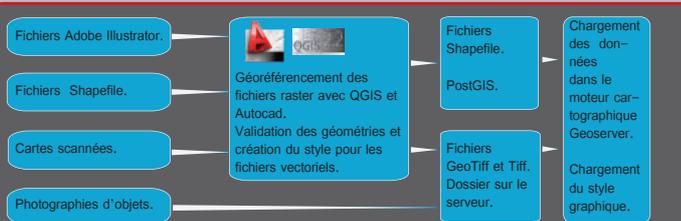
La donnée archéologique doit s'adapter aux logiciels par le formatage et le style de visualisation. Mais le logiciel, ici le web SIG, doit aussi s'adapter aux données pour permettre des analyses utiles aux chercheurs (analyses spatiales, recherches, impression de documents cartographiques...).

Abstraction : modélisation de l'information



Architecture trois tiers :
- le client : navigateur web assisté des bibliothèques JavaScript OpenLayers, GeoExt, ExtJS et HeronMC,
- le serveur : ensemble composé du serveur Apache TomCat pour la communication avec le navigateur (requête HTTP), Geoserver (moteur cartographique) pour l'affichage des données,
- le SGBD : système de gestion de base de données (zone de stockage et d'entretien de l'information).

Acquisition : alimentation du système en données archéologiques



- Fichiers Adobe Illustrator.
- Fichiers Shapefile.
- Cartes scannées.
- Photographies d'objets.

Géoréférencement des fichiers raster avec QGIS et Autocad. Validation des géométries et création du style pour les fichiers vectoriels.

- Fichiers Shapefile.
- PostGIS.
- Fichiers GeoTiff et Tiff. Dossier sur le serveur.
- Chargement des données dans le moteur cartographique Geoserver.
- Chargement du style graphique.

Affichage : restitution graphique

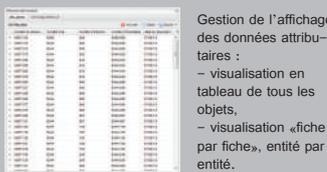
Pour comprendre et analyser une donnée, il faut la rendre lisible pour tout un chacun. La gestion du style graphique est importante et suit une sémologie graphique lisible en accord avec les archéologues.

Le style est géré sous Geoserver par l'importation de fichier SLD (fichiers de style en langage XML).

Outre le style, c'est l'affichage qui se modifie à l'aide des outils de gestion de visualisation.



Première étape, il faut gérer l'emplacement du cadre de visualisation sur la carte :
- échelle
- zoom
- emprise de la carte
- zoom sur coordonnées.

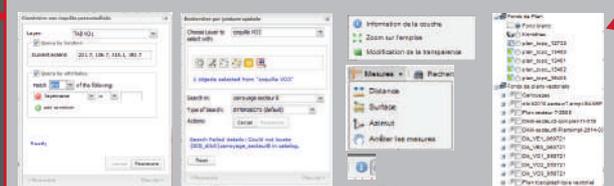


Gestion de l'affichage des données attributaires :
- visualisation en tableau de tous les objets,
- visualisation « fiche par fiche », entité par entité.



Analyse : outils de traitements du SIG

Les outils d'analyse ont été développés en langage JavaScript à l'aide des bibliothèques GeoExt, ExtJS et HeronMC



Analyses spatiales et requêtes attributaires :
- questionnement sur toutes les tables de la base de données attributaires,
- requêtes spatiales sur les données pour recouper les informations de différents types et de différents programmes de fouille.

- Affichage des métadonnées.
- Gestion de l'affichage.
- Affichage des données attributaires d'une entité.
Arborescence thématique pour faciliter l'affichage et la gestion des données.

Archivage : stockage de l'information



Les données attributaires sont stockées dans le logiciel de base de données relationnel PostgreSQL, associé à son extension PostGIS.



Les données sont stockées dans le SGBD et gérées à l'aide du langage SQL. La version utilisée est la V1.18.1 conforme à la norme SQL 2011.



La base de données créée est issue d'une base de données Filemaker Pro V11. Elle a été transférée vers PostGIS.



Les données vectorielles sont au format shapefile. Pour Sovjan : les données ont été vectorisées à partir de cartes papiers scannées et de modèles numériques de terrain.



Pour Dikili Tash : elles sont issues de dessins vectoriels Adobe Illustrator exportés grâce au plugin pour Adobe Illustrator MapPublisher.



Les données rasters sont stockées au format Tiff pour les photographies et GeoTiff pour les cartes dans un dossier sur le serveur de l'É.A.

Ces données vectorielles sont stockées sous PostGIS.

Tableau récapitulatif des données :

Site	Format	Nombre	Date de création
Dikili Tash	Shapefile	89	2008-2010-2014
	TIFF	559	2013
	GeoTiff	40	1958-1975-1987
	Attributaire	20	1986-2014
Sovjan	Shapefile	25	2013
	GeoTiff	6	1988

Annexe 12 : Présentation du web SIG de Délos par Laure Voileau



1 Premier aperçu

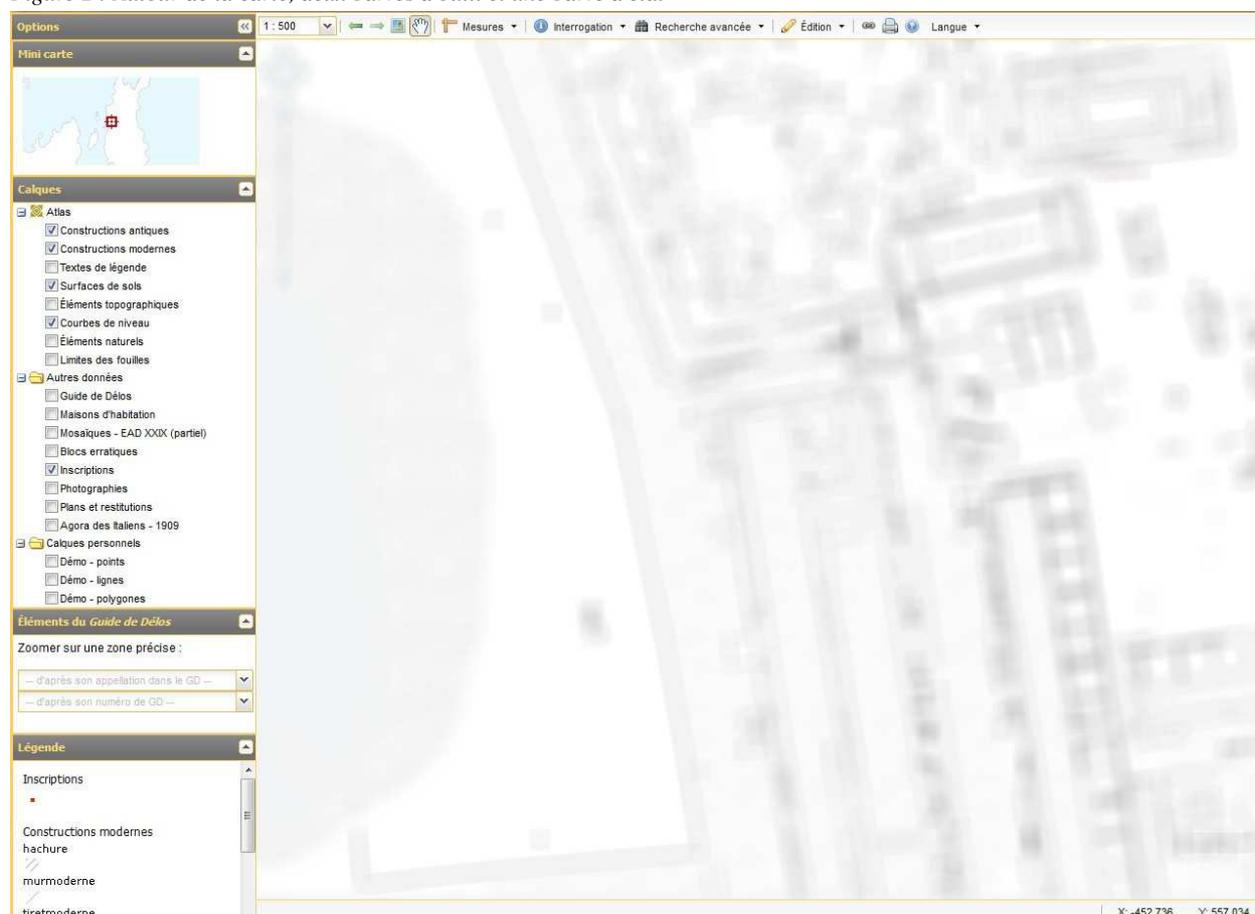
La page internet qui s'ouvre au chargement est occupée essentiellement par la carte, le choix ayant été fait de laisser le plus de place possible à la visualisation. Tout en haut, un bandeau (cf. Figure 1) affiche le nom de l'ÉfA, propose un lien vers son site institutionnel et un autre vers les crédits et auteurs.

Figure 1 : Bandeau du site



Autour de la carte sont disposées deux barres d'outils, une horizontale au-dessus de la carte, l'autre verticale et rétractable à sa gauche, ainsi qu'une barre d'état indiquant en permanence les coordonnées du pointeur (cf. Figure 2).

Figure 2 : Autour de la carte, deux barres d'outil et une barre d'état



2 Navigation

Les contrôles de navigation sont classiques. Le déplacement à l'intérieur de la carte se fait soit avec les flèches directionnelles du clavier, soit avec les flèches directionnelles à l'écran (cf. Figure 3), soit par un cliqué-déplacé à la souris. Il est aussi possible de définir une fenêtre de zoom en maintenant la touche Maj et en dessinant la diagonale de la fenêtre souhaitée.

D'autre part, deux menus déroulants (avec complétion automatique) proposent la liste des éléments du *Guide de Délos*, pour une recherche par intitulé ou par numéro (cf. Figure 4). La sélection de l'un d'eux déclenche un zoom sur celui-ci ainsi que l'ouverture d'un *pop-up* contenant ses données attributaires et proposant un lien vers la version numérique du *Guide*. Une miniature dans le volet de gauche permet de se situer en permanence sur la forme générale de l'île (cf. Figure 5).

Figure 3 : Flèches directionnelles



Figure 4 : Zoom sur un élément du Guide de Délos



Figure 5 : Miniature de localisation



Pour changer d'échelle, on a le choix entre la barre de zoom (cf. Figure 6), les touches + et – du clavier, la molette de la souris ou bien encore le menu d'échelles en haut à gauche (cf. Figure 7). Les échelles disponibles vont du 1/25000 au 1/100. L'échelle courante est lisible en permanence dans ce menu, dans la barre d'état inférieure à côté des coordonnées du pointeur, ainsi qu'au survol par la souris de la barre de zoom. Les flèches avant et arrière (cf. Figure 8) permettent de se déplacer dans l'historique de navigation.

Figure 6 : Barre de zoom



Figure 7 : Menu d'échelle

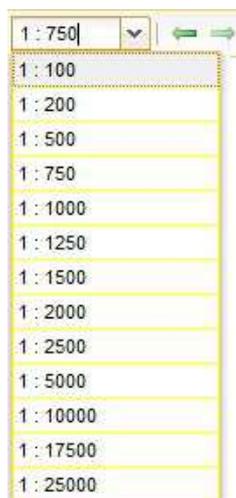


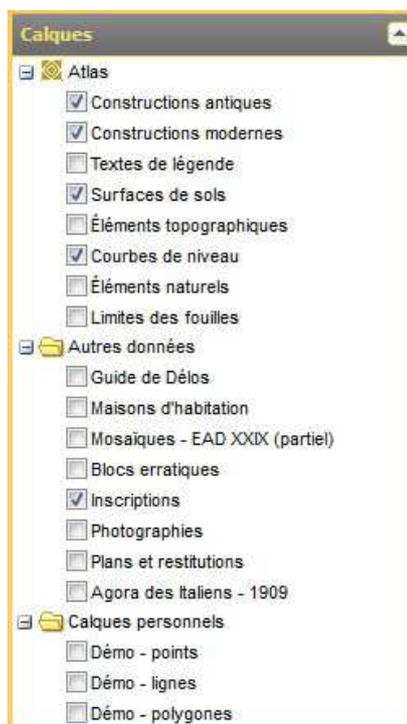
Figure 8 : Historique de navigation



3 Choix des données

Le calque de base est un contour des côtes de Délos, des deux îlots voisins appelés Rhevmatiaris et de l'ouest de Mykonos. Par défaut, au chargement de la page la carte donne à voir les courbes de niveaux, les constructions antiques et les principaux toponymes. Au cours de sa navigation, l'utilisateur peut choisir d'afficher un certain nombre de calques selon les informations qui l'intéressent, dans l'onglet « Calques » du volet de gauche. En fonction des droits d'accès, certains calques peuvent être disponibles ou non par rapport à la Figure 9.

Figure 9 : La sélection des couches



Les utilisateurs disposant des droits d'administration peuvent ajouter également des calques personnels à l'arborescence, via les outils d'édition.

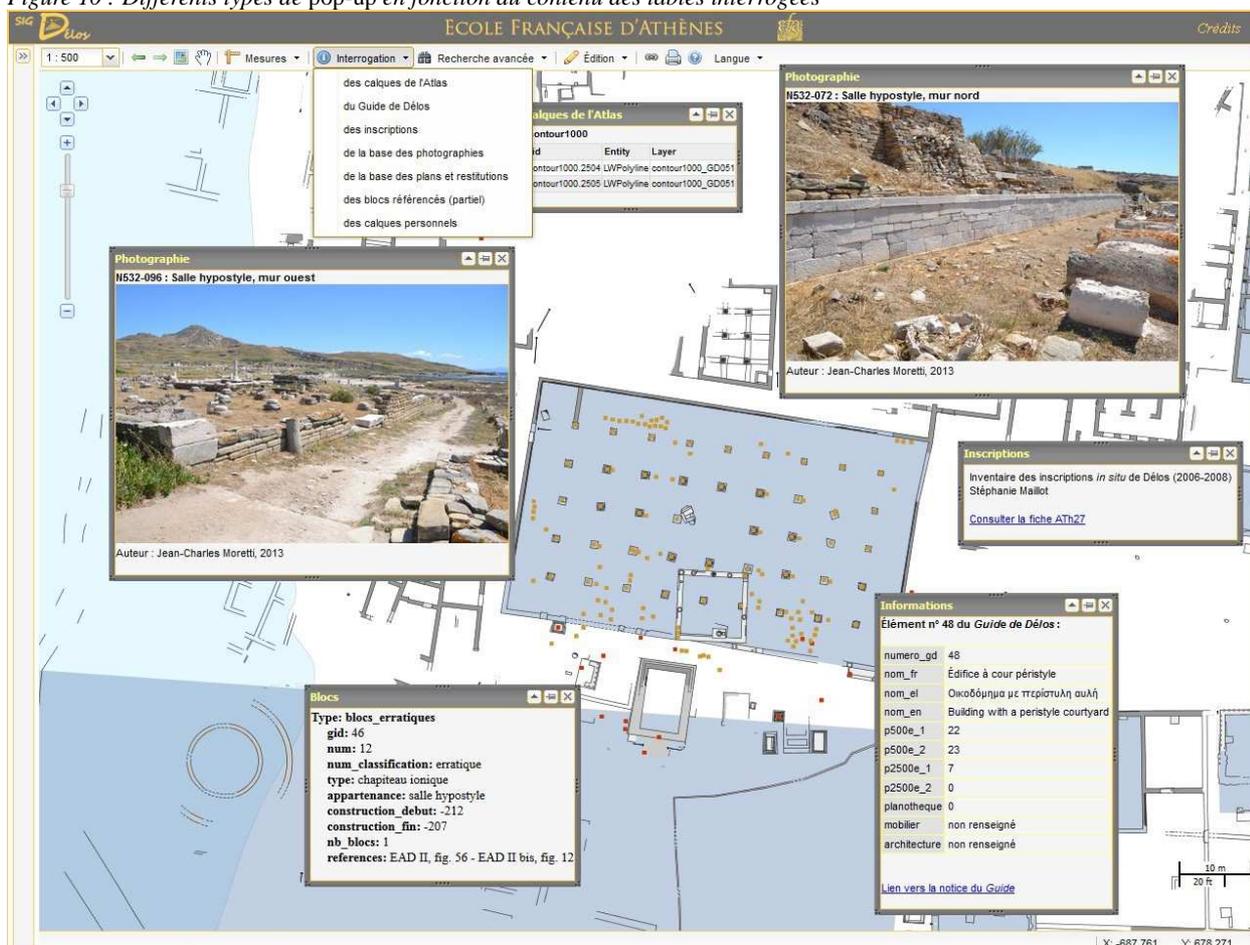
Du choix des couches cochées pour l'affichage dépend le contenu de la légende, autre onglet dans le volet de gauche.

4 Les outils d'interrogation et de recherche avancée

Les « outils d'interrogation » correspondent aux contrôles au clic qui ouvrent un *pop-up* avec une sélection de données attributaires et externes, sur certaines couches dignes d'intérêt. Les fenêtres *pop-up* ont été personnalisées selon les types d'information à afficher. Sous l'onglet « Interrogation » de la barre d'outils, on peut ainsi interroger au choix et successivement :

- les couches de l'*Atlas* (données attributaires renvoyées par la requête GetFeatureInfo),
- les éléments du *Guide de Délos* (données attributaires du monument ou du groupe de construction sélectionné, ainsi qu'un lien vers sa version numérique),
- l'inventaire des inscriptions (données attributaires sous forme de fiche PDF), sous réserve des droits nécessaires,
- les photographies, plans et restitutions (en miniature dans la fenêtre *pop-up*), sous réserve des droits nécessaires,
- les calques personnels (données attributaires renseignées par l'utilisateur).

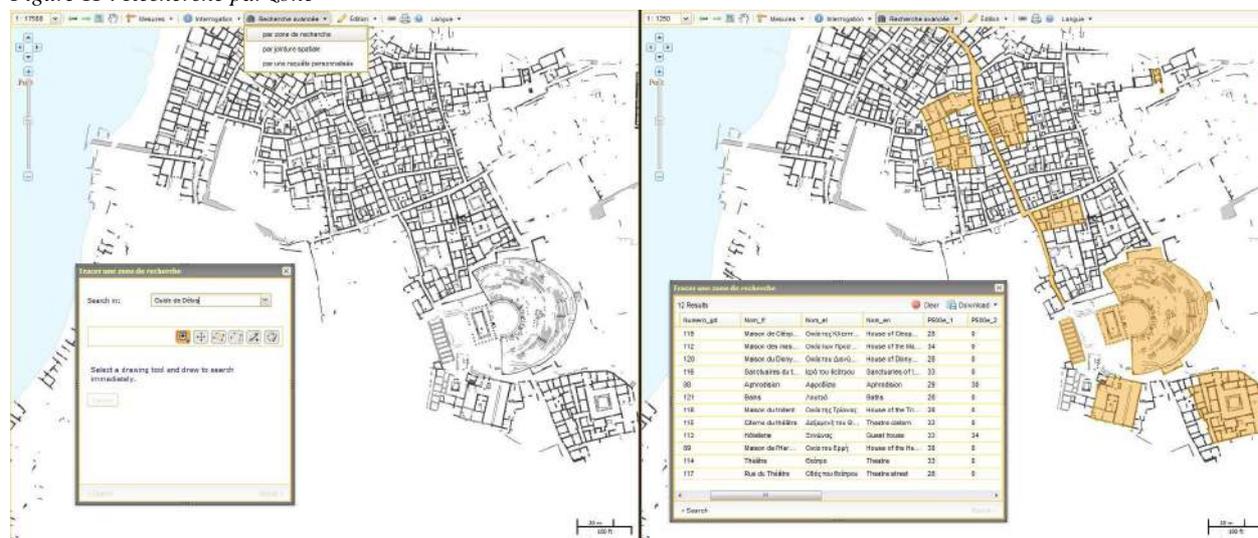
Figure 10 : Différents types de pop-up en fonction du contenu des tables interrogées



Les outils de recherche avancée correspondent aux différents types de requêtes d'un logiciel classique de SIG : attributaires et spatiales. Un menu de la barre d'outils permet de choisir entre :

- une recherche par zone : sélection d'objets vectoriels à l'aide du pointeur de la souris, qui équivaut à tracer un cadre de sélection et à ouvrir la table attributaire sous Quantum GIS par exemple (cf. Figure 11),

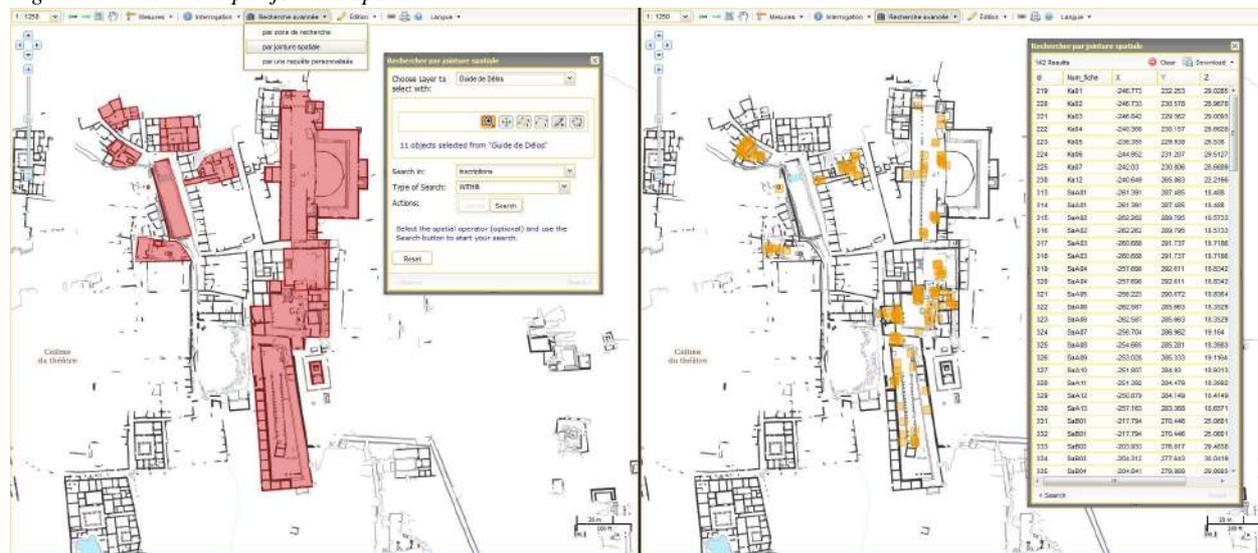
Figure 11 : Recherche par zone



Source : ÉfA – Tous droits réservés

- une recherche par jointure spatiale, entre deux couches de données du web SIG (cf. Figure 12),

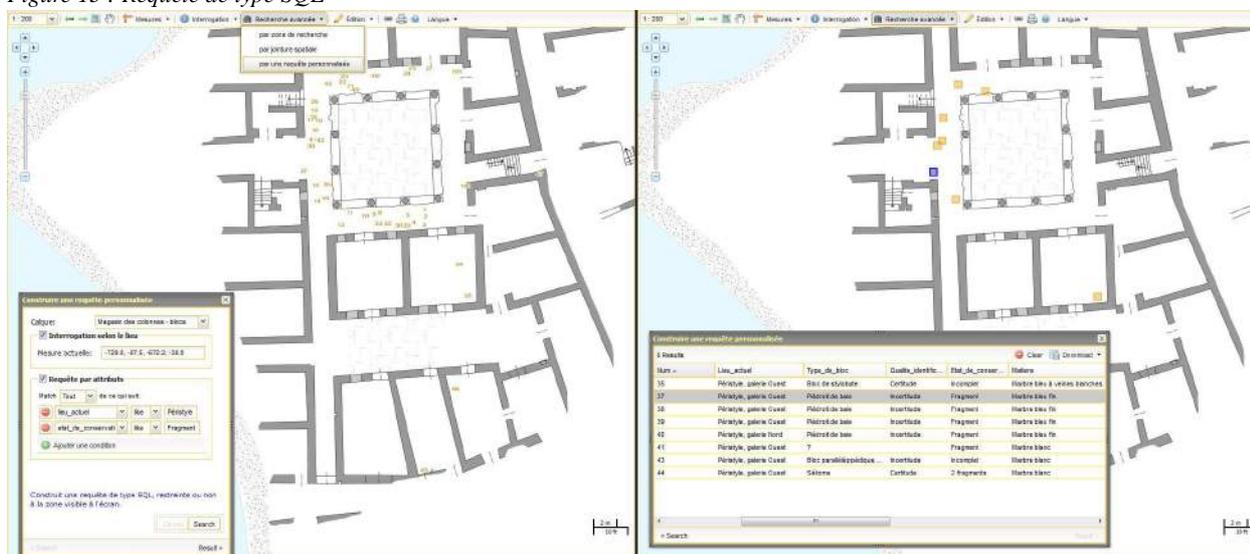
Figure 12 : Recherche par jointure spatiale



Source : ÉfA – Tous droits réservés

- une « requête personnalisée », qui permet de construire une requête SQL de manière graphique (cf. Figure 13).

Figure 13 : Requête de type SQL

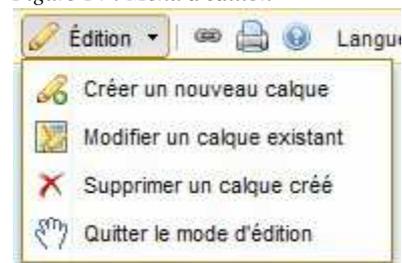


Source : ÉfA – Tous droits réservés

5 Les outils d'édition

Un menu de la barre d'outils permet d'entrer en mode d'édition, à condition d'avoir les droits d'accès administrateur. Sont disponibles la modification d'un calque déjà existant (autorisé seulement pour certaines tables de la base) et la création d'un nouveau. L'onglet qui propose de supprimer un calque renvoie en réalité sur une page de contact pour faire une demande de suppression auprès de l'ÉfA, pour limiter le risque d'erreurs. Un quatrième et dernier onglet permet de quitter le mode d'édition et d'avoir à nouveau accès aux autres outils. En effet, il faut sortir du menu d'édition avant de pouvoir utiliser les autres outils de la barre supérieure.

Figure 14 : Menu d'édition

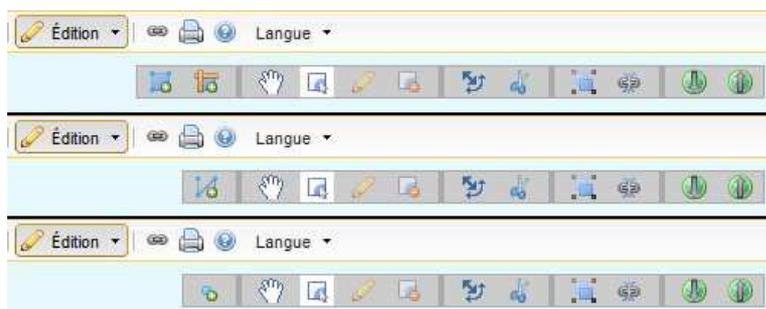


La création de table dans PostgreSQL/PostGIS, de couche dans GeoServer puis de calque dans le web SIG s'effectue dans un formulaire dédié (cf. Figure 15). Les informations à remplir sont très encadrées, à la fois côté client (pour guider l'utilisateur dans le remplissage des champs, cf. pointillés rouges sur la figure) et côté serveur pour prévenir toute manipulation erronée voire frauduleuse. Il s'agit principalement du nom de la table (un message d'erreur est renvoyé si une table porte déjà ce nom-là), du type de géométrie, des nombre, nom et type de données de chaque champ attributaire souhaité (dans la limite de 15). Dans les options avancées, l'utilisateur peut aussi spécifier s'il s'agit de données de type (x,y) ou (x,y,z) et indiquer s'il souhaite utiliser un SRID différent de celui de la carte.

Figure 15 : Formulaire de création de couche

La modification de données existantes concerne les calques personnels ainsi que quelques autres, identifiés comme tels lors de leur création, comme par exemple les photographies. Les couches de l'Atlas, ainsi que toutes les autres données déjà publiées, ne sont évidemment pas concernées.

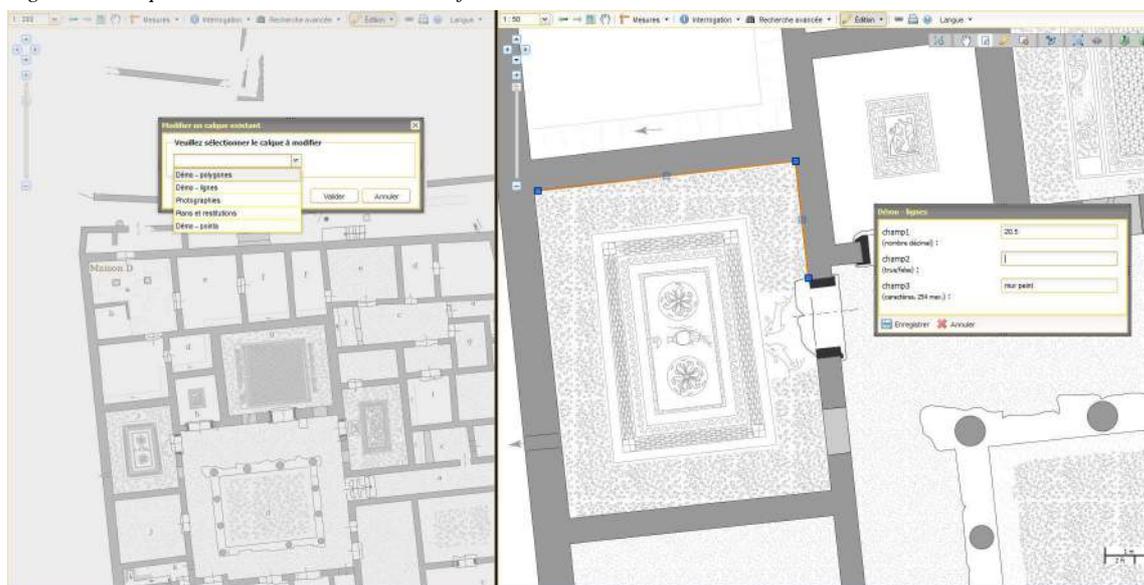
Figure 16 : Barre d'outils de modifications, selon le type de géométrie de la couche (de haut en bas : polygone, ligne, point)



De gauche à droite sur la Figure 16, on dispose des outils suivants :

- ajout d'un nouvel objet en le positionnant sur la carte. Selon le type de géométrie de la table, cela concerne un ou deux boutons : un pour les points et lignes, deux pour les polygones qui ont en plus l'option de dessiner un polygone régulier ou un cercle ;
- dé-sélection des contrôles en cours pour naviguer dans la carte ;
- sélection d'un ou plusieurs objets ;
- modifications attributaires (via un *pop-up* qui charge les données de la base) et géométriques (ajout de nœuds, déplacement de côtés, etc.), un objet à la fois ;
- suppression d'un ou plusieurs objets, après un message de confirmation ;
- modifications géométriques avancées (redimensionnement, rotation ou translation) ;
- découpage d'un trou dans un polygone (actif seulement pour une couche composée de polygones) ;
- outils de type CAD (*Computer-aided design*), comme l'aimantation (*snapping*) sur les perpendiculaires et/ou parallèles, avec une tolérance choisie ;
- options d'aimantation à une des couches disponibles, avec une tolérance choisie ;
- import de données locales, au format WKT, GML ou GeoJson ;
- export de données en cours d'édition, au format WKT, GML ou GeoJson.

Figure 17 : Captures d'écran en cours de modifications



6 Les autres outils

Parmi les outils plus classiques d'un site internet figure le « permalien », mot valise récent sur le modèle du *permalink* anglophone. Ce bouton donne accès à une URL détaillée de la page et de la vue en cours, qui permet de retrouver exactement les mêmes localisation, niveau de zoom et couches actives qu'au moment du clic. Cela peut par exemple faciliter le travail d'une équipe de recherche travaillant dans des laboratoires différents.

Une fonctionnalité très demandée notamment par les architectes est de pouvoir disposer d'outils de mesures. La barre d'outil permet donc de mesurer soit une distance (segment ou ligne brisée avec la longueur de chaque segment, dans l'unité de la carte), soit une surface (avec la longueur des côtés et la surface, dans l'unité de la carte), soit un azimut (en degrés).

Figure 18 : Outils de mesure de surfaces

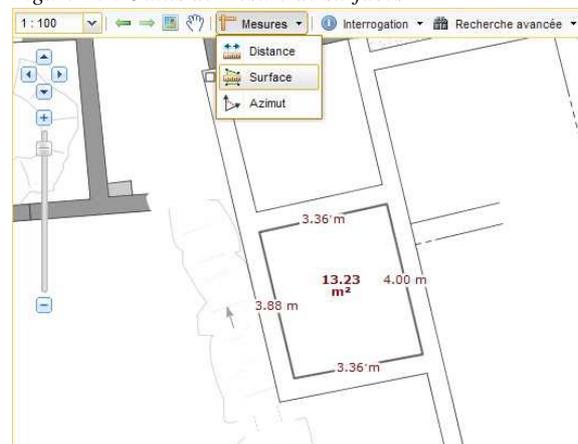
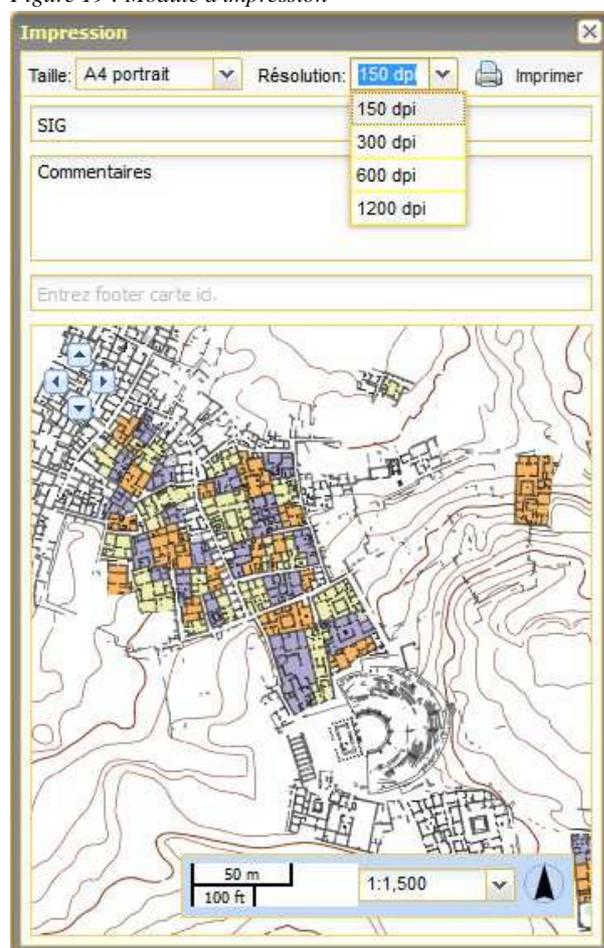


Figure 19 : Module d'impression



Le module d'impression est spécialement pensé pour la cartographie et propose un choix de formats d'impression, de résolutions, qui permet de définir un titre, un commentaire, et de positionner exactement l'emprise à imprimer.

**Le traitement et la sauvegarde des données dans le milieu de l'archéologie :
adaptation et développement d'un web SIG existant aux sites archéologiques de
Korça en Albanie et Dikili Tash en Grèce.**

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Paris 1992

RÉSUMÉ

Le bond en avant initié par les logiciels libre et Open Source offre un nouvel horizon à l'archéologie. Ces logiciels gratuits et de plus en plus performants dotent le milieu de l'archéologie d'un outil de traitement de données alliant l'information attributaire et l'information spatiale.

Ces nouveaux outils supportés par des organismes internationaux (Open Geospatial Consortium) et des grandes filiales (Google) n'ont rien à envier à « leur concurrent propriétaires ». L'École française d'Athènes s'est donc lancée dans un le projet ambitieux de développer l'usage des systèmes d'information géographique basés sur le web pour faciliter le partage des données et leur accès.

Ce mémoire dresse les étapes nécessaires à la mise en place d'un tel projet pour les sites archéologiques de Dikili-Tash en Grèce et de Sovjan en Albanie.

Mots clés : webmapping, web SIG, système d'information géographique, archéologie, Dikili Tash, Sovjan, Korça.

SUMMARY

The free and Open Source geographic information systems made a breakthrough during the last twenty years. Those softwares are more and more efficient and help the field of archeology to treat data by taking in account spatial data and textual data.

These new tools, sponsored by international firms (like Google) and consortium (Open Geospatial Consortium), don't have to envy their concurrents. The French School of Athens begins a project of using geographic information systems in order to make easier the protect and the sharing of data.

This master thesis makes a summary of five months of work to on the installation of Web-GIS for the archeological sites of Dikili-Tash in Greece and Sovjan in Albania.

Key words: webmapping, web GIS, geographical information system, archeology, Dikili Tash, Sovjan, Korça.