

Implémentation d'un S.I.G. multi-usage pour la gestion des données cadastrales et urbaines et son déploiement sur Internet (Cas de la commune de Anfa)

**El Mostapha ELFATIHI, El Hassane SEMLALI, Moha El AYACHI et
Mohamed Amjad MJOUEL, Maroc**

Key words: GIS, multipurpose GIS, cadastral data, urban data, internet, ArcIMS.

SUMMARY

The present study consists in implementing a multipurpose GIS for managing cadastral and urban data of the district of Anfa in Casablanca city. Cadastral data is obtained by means of a digital cadastral map (service of cadastre of Casa Anfa), whereas, urban data is acquired from an urban digital document (Urban Agency of Casa).

Cadastral data consists of cadastral maps, properties and boundary stones with their attributes. As for urban information, it contains stereoplotted map, zoning map, and urban development map.

These data are restructured in order to fulfill the requirements of a multipurpose GIS, particularly by developing a proper methodology for data conversion. Then, data are used and integrated into the appropriated software's environment.

After these treatments, we develop a simple handled multipurpose GIS which enables multiple functions such as managing layers, data visualization, data analysis and query. These functions can be completed on several kind of data like titled and untitled properties, land owners, topography, urban development, centers of interests, and different networks as well.

Finally, another interface is developed in order to make a great part of this GIS at the public's disposal via Internet.

The diffusion of this multipurpose GIS on Internet will allow the professionals to consult cadastral data (titles, land owners, maps...), consult urban information (administrative and urban zones...), display and navigate into personalized topics, and present results of research in different forms. The safety and the maintenance of diffused data are very well guaranteed.

RESUME

La présente étude consiste à mettre en place un SIG multi-usage pour la gestion des données cadastrales et urbaines de la commune de Anfa (ville de Casablanca). Ces dernières proviennent d'un document numérique d'urbanisme (Agence Urbaine de Casa), alors que les premières proviennent de la mappe cadastrale numérique (cadastre de CasaAnfa).

Les données cadastrales se résument dans les mappes cadastrales, les propriétés et les bornes avec leurs attributs. Quant à l'information urbaine, elle comprend les plans de restitution photogrammétrique, le plan de zonage et le plan d'aménagement urbain.

Ces données sont traitées et restructurées en vue de répondre aux exigences d'un SIG multi-usage, notamment par le développement des processus d'extraction et de conversion des données. Ensuite, elles sont modélisées, intégrées et exploitées dans l'environnement des logiciels utilisés.

A la suite de ces traitements, nous développons un SIG multi-usage qui offre des fonctionnalités efficaces, simples à manipuler et rapides à exécuter. Ce SIG à buts multiples sera capable de traiter, interroger, visualiser, analyser et gérer des couches d'information concernant un ensemble de thèmes tels que: le foncier, la topographie, l'aménagement urbain, les centres d'intérêts, et les réseaux divers.

Enfin, une grande partie de ce SIG à buts multiples est mise à la disposition du public via Internet par le biais d'une autre interface développée pour ces fins.

La diffusion du SIG-multi-usage sur Internet au profit des professionnels permettra de:

- consulter les données cadastrales (titres, propriétaires, mappes, ...),
- disposer de l'information urbaine (découpage administratif, zones urbaines et leurs règlements, plans de détails,...),
- manipuler et naviguer dans la carte en personnalisant les thèmes à visualiser,
- présenter les résultats de recherche sous différentes formes.

Notons que pour élaborer ce SIG multi-usage et arriver à nos objectifs nous avons utilisé le logiciel Arcview 3.2 et son langage de développement orienté objet Avenue, ainsi que le langage de programmation VB 6. Pour son déploiement sur Internet, nous avons fait usage du produit ArcIms d'ESRI et des langages de développement HTML et Javascript.

Implémentation d'un S.I.G. multi-usage pour la gestion des données cadastrales et urbaines et son déploiement sur Internet (Cas de la commune de Anfa)

**El Mostapha ELFATIHI, El Hassane SEMLALI, Moha EL AYACHI et
Mohamed Amjad MJOUEL, Maroc**

1. INTRODUCTION

La diffusion de l'information géographique au grand public joue un rôle important dans le développement national, elle facilite la communication entre les dirigeants, les investisseurs et les chercheurs. Mais, elle nécessite de se doter des moyens de communication techniques et scientifiques modernes adéquats.

La mappe cadastrale numérique constitue un outil important pour la collecte, le traitement, le stockage, l'analyse et l'édition des informations se rapportant à un territoire. Elle supporte des données se rapportant au foncier, au sol et aux ressources naturelles. En conséquence, elle est le point commun de plusieurs acteurs des données à référence spatiale.

Dans cet article, nous envisageons présenter succinctement les concepts de Système d'Information Géographique Multi-usage (SIGMU) et Système d'Information Cadastral, puis nous développons une méthodologie d'établissement d'un SIGMU qui intègre les données urbaines et cadastrales, enfin, nous achevons cette étude par une approche de conception et de développement d'une interface de déploiement de ce SIGMU via Internet.

2. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE MULTI-USAGE

Les SIG sont des outils puissants pour l'édition, le stockage, la gestion et l'analyse des données à référence spatiale assurant des traitements de haut niveau dans plusieurs domaines. Leur utilité réside dans leur potentialité de gestion des données provenant de sources différents, favorisant ainsi une meilleure organisation de l'espace urbain et rural. Les SIG trouvent leurs applications dans plusieurs domaines notamment la gestion de l'espace urbain et rural.

2.1 Notion de SIG multi-usage

Le concept de SIGMU a été introduit en 1983, au fur et à mesure, il est devenu un système global polyvalent habile de donner des réponses aux attentes de tous les utilisateurs (Abdul Majid, 2000). Plusieurs associations internationales se sont penchées sur les composantes fondamentales d'un SIGMU, on peut les résumer dans les principaux éléments suivants (Larry, 1998 ; Drinnan, 1984):

- système capable d'intégrer et analyser un ensemble de couches d'informations comme le parcellaire, les plans de zonage, les plans d'inondation, l'hydrographie, l'occupation du sol, et les réseaux géodésiques,
- permettre la prise de décision,
- permettre la mise à jour et la création d'objets spatiaux,
- intégrer des données de sources différentes aussi bien spatiales que descriptives.

On peut donc dire qu'un système d'information géographique à multi-usage est capable d'aller au-delà du simple analyse cartographique, à l'exploitation de diverses données géographiques, économiques et environnementales.

2.2 Système d'information cadastral à multi-usage

On qualifie un système d'information cadastrale (SIC) comme étant un système, qui permet le suivi et la gestion des affaires cadastrales. Il permet d'assurer la liaison entre les données alphanumériques issues des registres fonciers et les données numériques repérées dans l'espace, provenant des mappes cadastrales, de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la production et à la décision. Un SIC est à la base de la conservation des propriétés immobilières. Il constitue, à cet effet, une composante principale des systèmes cadastraux Cichocinski (1999).

Son rôle est d'assurer les liaisons entre les différentes informations cadastrales relatives aux propriétés qui sont de deux types: les informations graphiques qui décrivent les formes des objets et leurs positions planimétriques ; et les informations descriptives de ces éléments (nom des propriétés, propriétaires, superficie, droits réels,...etc.).

Ces informations sont organisées dans différentes couches et sous différents thèmes. Cette organisation permettra aux utilisateurs et analystes de comprendre le mouvement et l'état des informations cadastrales (Cichocinski, 1999).

Un système d'information cadastral à multi-usage est un outil informatisé qui supporte les aspects liés aussi bien au foncier qu'à la fiscalité, et facilite le calcul ; la collecte, la sauvegarde et la mise à jour des données liées à la terre (El Ayachi et Semlali, 2001(b))

3. METHODOLOGIE D'INTEGRATION DES DONNEES

Etant donné que les données recueillies proviennent de différents organismes et départements d'Etat, il a été indispensable de les restructurer afin de satisfaire les exigences d'un SIG multi-usage. Ainsi, une méthodologie de conversion et de transformation de ces données a été mise en place, utilisant le logiciel ArcView et son langage de développement Avenue. Les données recueillies sont les données cadastrales, les données de restitution photogrammétrique, le plan d'aménagement et le plan de zonage.

3.1 Données cadastrales

Les données cadastrales recueillies sont de trois types: les propriétés, les bornes et les mappes cadastrales.

3.1.1 Les propriétés

Les limites des propriétés de forme géométrique « polygone » nous sont parvenues avec la mappe cadastrale numérique sous format ShapeFile (shp) d'ArcView. Des exemples de données descriptives de ce thème sont décrits par le tableau 1.

Champ	Description	Type
Propriété	Identificateur de la propriété: Titre/réquisition	Chaîne de caractères
Propr_dite	Nom de la propriété.	Chaîne de caractères
Superficie	Superficie (contenance) de la propriété en m ² .	Nombre
Nb_Bornes	Nombre de bornes de la propriété.	Nombre
Titre_mère	Titre mère de la propriété.	Chaîne de caractères
Cf	Conservation foncière	Chaîne de caractères

Tableau 1: Exemples de données descriptives du thème Propriétés
(adapté d'après Elfatih et Mjouel, 2002)

3.1.2 Les bornes

Les données concernant les bornes des propriétés sont également sous format ShapeFile (shp) d'ArcView. Leurs données descriptives sont les coordonnées planimétriques des bornes, les titres fonciers correspondants, et les numéros des bornes.

3.1.3 Les mappes cadastrales

Les mappes du découpage cadastral sont de type ShapeFile (Mappes.shp) correspondant à l'échelle 1/1250. Les informations descriptives de ces mappes sont de quatre types, elles sont décrites par le tableau 2.

3.2 **Données urbaines**

3.2.1 Description des données de la restitution photogrammétrique

Les données de la restitution photogrammétrique sont composées de fichiers de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) de MicroStation (dgn), découpées en feuilles à l'échelle 1/2000. Ces données sont converties à l'aide de l'extension "CAD Reader" de ArcView. Ce plan de restitution a fait l'objet d'une restructuration, et d'un traitement des dessins, pour produire des couches de données optimisées et facilement exploitables sous l'environnement ArcView et ArcIMS.

3.2.2 Plan d'aménagement urbain

Un plan d'aménagement urbain est un document de base de gestion de l'espace urbain. Il est établi en respectant le schéma directeur d'aménagement urbain, en se basant sur des études socio-économiques, géographiques et environnementales.

Pour cette étude, le plan d'aménagement urbain est acquis sous format image (jpg) associé à un fichier ASCII contenant les paramètres de géoréférenciation.

Champs	Description	Type
Code mappe	Code de la mappe A l'échelle 1250.	Chaîne de caractères
Ligne	Numéro de la ligne correspondant à la position de la mappe dans la "Matrice" du découpage.	Nombre
Colonne	Numéro de la colonne correspondant à la position de la mappe dans la "Matrice" de découpage.	Nombre
CasaAnfa	Contient "OUI" si la mappe est incluse dans la zone CasaAnfa et "NON" dans le cas contraire.	Chaîne de caractères

Tableau 2: Données descriptives des mappes cadastrales numériques
(adapté d'après Elfatih et Mjouel, 2002)

3.2.3 Plan de zonage

Le plan de zonage est également acquis sous format ShapeFile (Zonage-Anfa.shp), les attributs des zones urbaines de CasaAnfa sont: nom du secteur, nom de la zone correspondante, la commune, la superficie et le périmètre. Les règlements définissant les règles d'utilisation de l'espace urbain dans chaque secteur sont sous forme de fichier texte d'extension (doc) ou (html).

3.3 **Extraction des thèmes urbains**

Afin de pouvoir intégrer et exploiter les données recueillies, dans l'environnement ArcView ou ArcIMS, une démarche méthodologique d'extraction et de restructuration des données urbaines a été développée. Les grandes lignes de cette démarche sont illustrées par la figure 1.

Les données extraites de l'ensemble des fichiers de restitution (dgn) sont: constructions, voirie, végétation, réseau électrique, réseau téléphonique, frontières, jardins publics, piscines, points d'intérêt, courbes de niveau, points cotés, et annotations. Cependant, nous constatons que quelques types de données ne figurent pas, comme le réseau d'assainissement et le réseau de transport (train, bus, ...,etc.)

4. FONCTIONNALITES DU SIGMU DEVELOPEE

4.1. Introduction

Le SIGMU que nous proposons de développer doit offrir des fonctionnalités efficaces, simples à manipuler, facile à comprendre et rapides à exécuter. Il doit aussi être ouvert à d'autres modifications et développement futures. Notons que ce SIGMU est développé au moyen du langage orientée objet Avenue et du langage de programmation Visual Basic 6. Une partie de l'interface a été inspirée des travaux réalisés par Elboulmani et Amine (2001).

4.2. Conception de l'interface

La fonction que doit remplir une interface se résume dans la présentation des résultats et des réponses aux requêtes formulées par l'utilisateur. Ainsi, une méthodologie de développement d'une telle application SIG a été suivie en trois phases: phase de conception, phase de codage et phase de test (ESRI, 1996a).

4.3. Description de l'interface utilisateur du SIGMU

L'interface du SIGMU élaborée est constituée de plusieurs composantes à savoir: la Vue, la table des matières, la barre de menus, les sous-menus, la barre de boutons, la barre d'outils, les boîtes de dialogue et le menu "Popups". La barre des menus présente une série d'options mises à la disposition de l'utilisateur et qui sont illustrées par la figure 2.

Afin d'assurer la sécurité et la protection des données, nous avons limité l'accès par un mot de passe approprié à chaque type d'utilisateur. Ainsi, l'interface utilisateur de ce SIGMU est personnalisée selon trois types d'utilisateurs: Administrateur, Agent de service ou Agent consultant.

Cette interface permet d'effectuer la collecte des données, les requêtes, les mises à jour systématiques et l'analyse spatiale. Elle gère une base de données riche, multi-sources et bien structurée. Les divers traitements et fonctionnalités offertes par l'interface aident à mieux gérer et comprendre l'espace urbain. En conséquence, elle facilite le suivi de l'urbanisation.

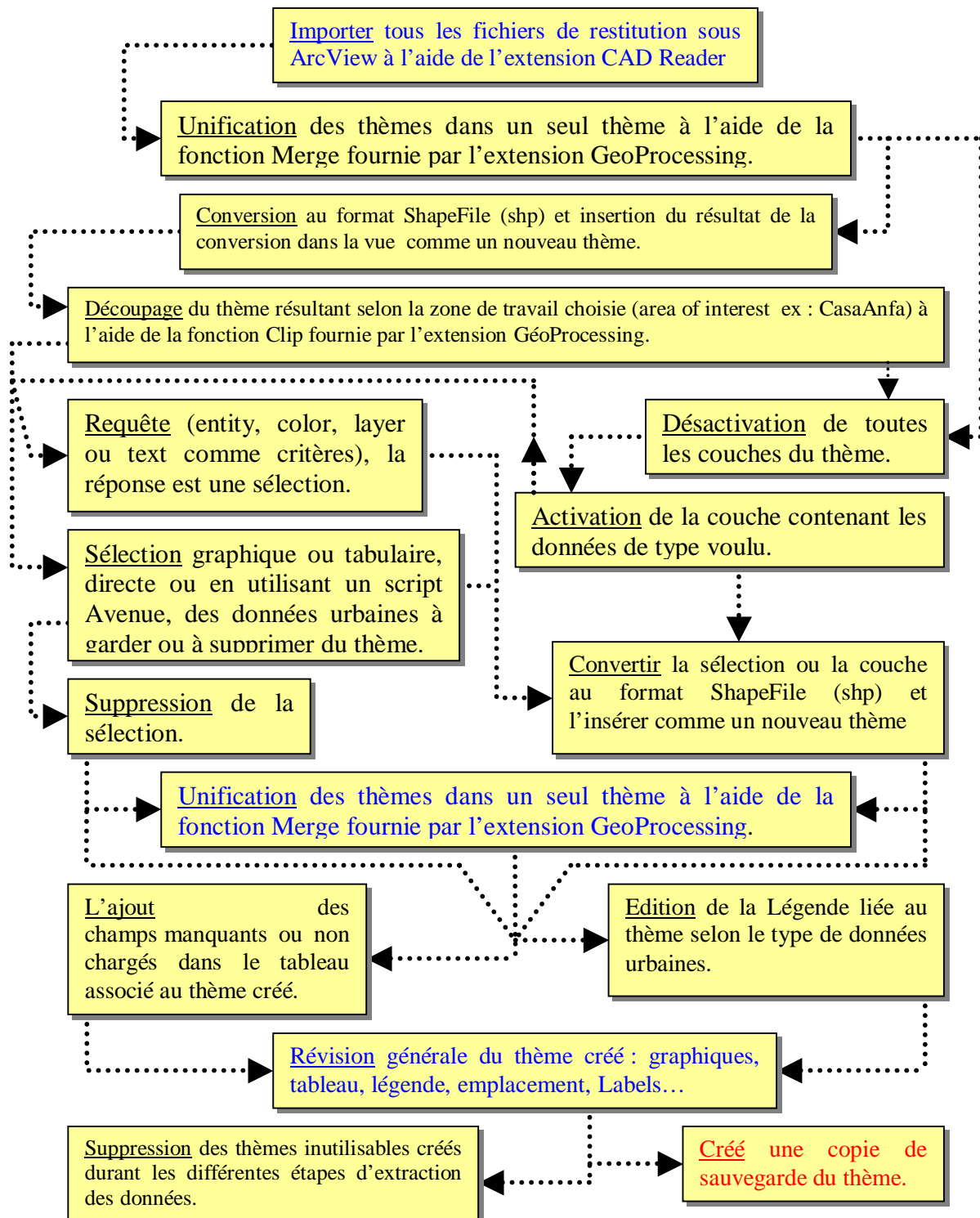


Figure 1. Processus d'extraction des thèmes urbains
(Elfatihi et Mjouel, 2002)

5. DEPLOIEMENT DU SIGMU SUR LE WEB

5.1 Avantages d'Internet accouplé à un SIGMU

Internet est un important outil de communication qui permet à plusieurs utilisateurs de consulter et suivre des phénomènes en temps réel. Le mariage entre les deux technologies, SIG et Internet, ne peut que conduire à de grandes mutations de l'information géographique qui va passer d'une logique d'économie assez limitée à une dimension de grande consommation grâce à Internet.

La diffusion de l'information géographique sur Internet facilite l'accès à ce type d'information. Ainsi, la conception et la mise en place d'un SIGMU diffusé sur Internet va permettre aux utilisateurs de mieux gérer l'espace urbain et ouvrir de nouvelles perspectives.

5.2 SIG multi-usage sur le Web

Le développement rapide que connaît la technologie informatique et spatiale fait rapprocher de plus en plus l'information aux utilisateurs. Actuellement, Internet est devenu une source principale de l'information recherchée et de l'information publiée.

Dans ce cadre, on cite par exemple les travaux de Abdul Majid (2000), qui a étudié les systèmes d'information cadastrales à multi-usages. Il a réalisé un prototype d'information cadastrale à multi-usage diffusé sur Internet, permettant la communication de l'information géographique et cadastrale.

5.2.1 Approches de conception des SIG sur le web

Pour concevoir des sites géographiques publiés sur le Web, les concepteurs ont opté pour différentes approches (Foote & Kirvan, 1998). En gardant le modèle client/serveur où le client est l'interface Web à laquelle l'utilisateur se connecte, le serveur est le système qui gère les demandes de l'utilisateur, la communication entre le client et le serveur se fait par envoi de messages. Le serveur se met en attente, et dès qu'il reçoit un message, il exécute le service demandé. On distingue trois approches conceptuelles: le côté serveur, le côté client et l'approche hybride.

5.2.2 La solution Choisie

La solution choisie pour diffuser les données du SIGMU sur le Web se base essentiellement sur l'utilisation du logiciel ArcIMS d'ESRI. Ce dernier permet d'ajouter la dimension géographique et les capacités d'analyse à de nombreuses applications telles que le commerce électronique, la planification des ressources, le stockage de données, la localisation de services et la mise à jour à distance. Ce logiciel garantit aux concepteurs de créer, mettre à jour et gérer les sites. Il agit comme intermédiaire entre une interface Web et un logiciel SIG et propose les fonctionnalités étendues du SIG sur le Web.

5.2.3 Conception et développement de l'Interface Web avec ArcIMS

La diffusion de l'information géographique sur Internet à travers un site Web, nécessite à la fois un processus rigoureux de développement, une implémentation adéquate, une maintenance et une mise à jour permanente du site Web et des données.

Le site Web développé est constitué de trois composantes principales, à savoir un serveur Web, un serveur spatial *ArcIMS* et la base de données géographiques.

- Le serveur Web et le serveur d'applications: c'est le serveur Web *Apache* et le serveur d'application *Tomcate*, qui jouent le lien entre le réseau Internet et le serveur spatial d'*ArcIMS*, ils envoient les requêtes et les demandes du client au serveur *ArcIMS*
- Le serveur spatial: constitué de serveurs virtuels qui analysent les requêtes et les demandes du client acheminées par le serveur Web, et construisent le résultat à présenter aux clients Web
- La base de données: c'est l'ensemble des couches de données géographiques collectées chez différents organismes, analysées et restructurées sous *ArcView*. Le lien entre la base de données et le serveur spatial est réalisé à l'aide d'un fichier XML construit par le module *Author* d'*ArcIMS* et des *MapServices* correspondants.

Après leur restructuration sous le logiciel *ArcView3.2*, les données reçues sont importées dans le module *Author* d'*ArcIMS 3.0* pour leur conception finale avant d'être publiées sur le Web. La figure 3 décrit le fonctionnement du Site Web construit à l'aide de *ArcIMS*.

5.2.4 Les fonctionnalités du SIGMU via Internet

L'interface développée se présente comme un Site Web professionnel, simplifié pour un public élargi. Elle regroupe un ensemble de menus, d'outils et de boutons auxquels sont associés des programmes (Script Java et Pages HTML).

Cette interface permet à l'utilisateur d'effectuer les tâches suivantes (figure 4):

- Visualisation, manipulation et navigation interactive (visualisation et personnalisation de la carte en activant et en désactivant les thèmes choisis).
- Consultation et recherche des données urbaines: les formulaires de requêtes permettent à l'utilisateur d'obtenir une information complète sur la nature des données urbaines (zones urbaines, règlement de la zone, découpage administratif, plan de détails).
- Consultation de l'information cadastrale (titres fonciers, propriétaires, mappes, bornes)
- Analyse et interrogation de la base de données.
- Présentation des données et des résultats des recherches et des requêtes sous forme de tableaux.
- Impression de la carte avec habillage (légende, titre, échelle..).
- Sécurité des données: le logiciel *ArcIMS* assure la protection des données publiées sur Internet.

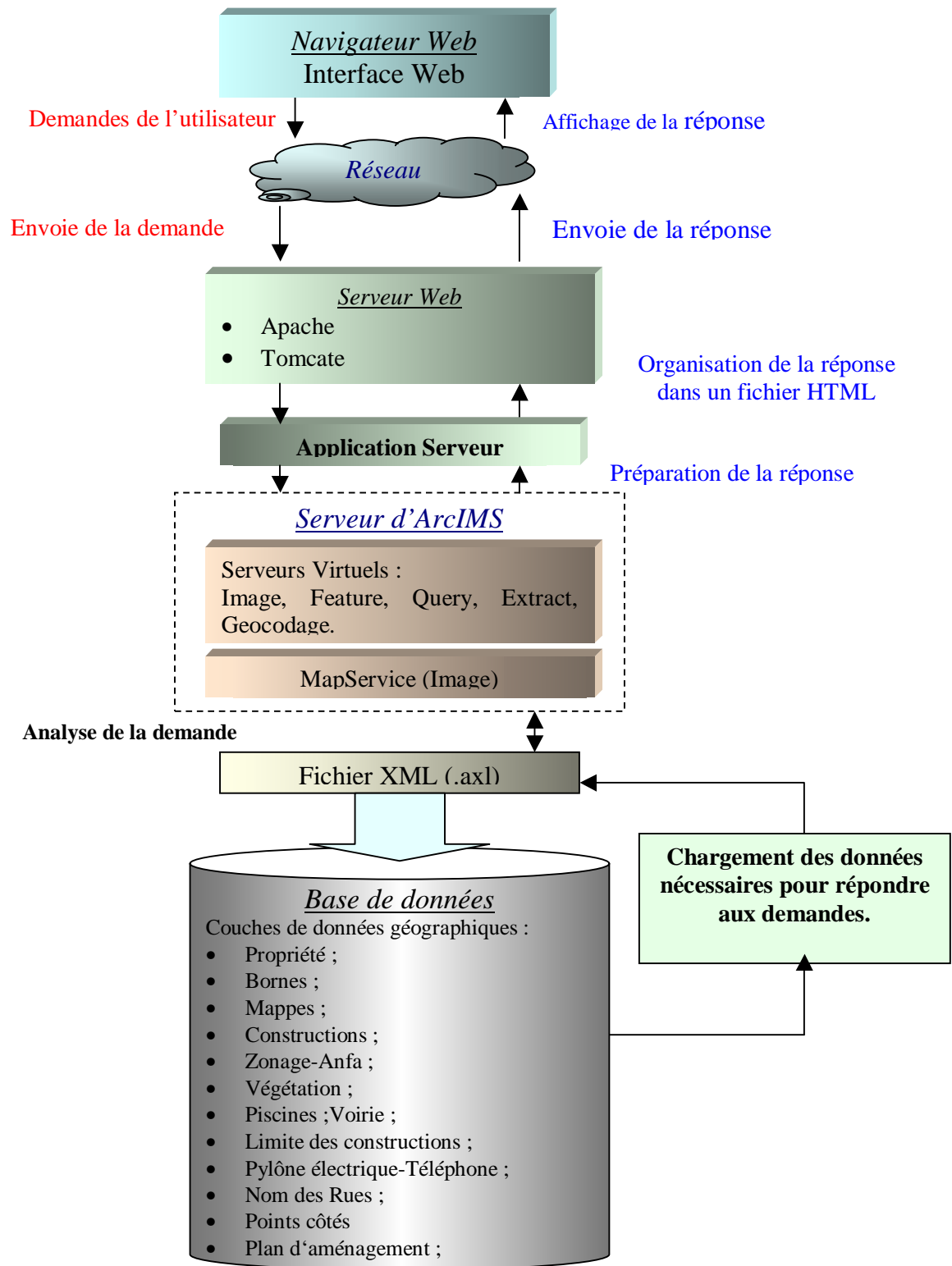


Figure 3: Fonctionnement du site Web développé
(d'après Elfatih et Mjouel, 2002)

6. CONCLUSION

Dans cet article nous nous sommes penchés sur les étapes de la mise en place d'un SIG multi-usage et sa diffusion via Internet. Le SIG développé regroupe des données urbaines et cadastrales, il répond ainsi aux attentes de plusieurs utilisateurs, notamment l'agence urbaine de Casablanca, le cadastre de Casa-Anfa et les investisseurs.

L'intégration des SIG multi-usage dans les différents secteurs d'activité s'avère nécessaire, pour mieux aider à faire une prise de décision efficace et fiable. Ces systèmes, permettent de prendre en compte, le plus que possible, tous les paramètres et facteurs utiles.

Au terme de cette étude, deux applications complémentaires ont été réalisées. L'application développée sous ArcView, elle vise à produire des outils efficaces permettant la consultation et la gestion des données cadastrales et urbaines. La deuxième application réalisée sous ArcIMS, a pour objectif le déploiement des données urbaines et cadastrales sur le Web tout en garantissant leur sécurité.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec l'aide précieuse de l'agence urbaine de Casablanca, la société Geomatic et le cadastre de Casa-Anfa. Les auteurs remercient tous les responsables et le personnel de ces organismes pour leurs collaborations.

REFERENCES

- Abdul Majid, 2000. "A Multi-Purpose Cadastre Prototype on the Web" A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Geomatics science, Department of Geomatics University of Melbourne, Australie.
- Aronoff Stan, 1989: "Geographic Information Systems: a management perspective", WDL Publications; Ottawa, Canada.
- Cichocinski P., 1999: digital cadastral maps in Land Information Systems Liber quaterly, the journal of European research libraries. Vol.9, No.2.
- Dreyfus M., 1998: Créer Votre page Web, Edition Simon & Schuster Macmillan (France).
- Drinnan H. C., 1984. "Design considerations for mapping information management systems to support multipurpose cadastres", Computer urban systems, vol 9 no 23, pp 155-169, GB.
- ELAyachi M. & Semlali E., 2001, (a): "Digital cadastral map: a principal tool for cadastral information system", International symposium on "Geodetic photogrammetric and satellite technologie-development and integrated application", Sofia, 08-09 Novembre 2001, Bulgarie.
- ELAyachi M. & Semlali E., 2001 (b): "Digital cadastral map: a multipurpose tool for sustainable development" proceedings of "international conference on spatial information for sustainable development", Nairobi, Kenya, 2-5 October 2001.
- El Boulmani et Amine, 2001: Etude de l'apport de l'approche orientée objet pour la gestion des données de la mappe cadastrale numérique analyse et prototypage sous

- l'environnement ArcView GIS, mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Filière de formation en Topographie.
- Elfatihi E. et Mjouel M. A., 2002. SIGMU à base d'une mappe cadastrale et d'un document d'urbanisme numériques: conception et implémentation sous Arcview et déploiement sur Internet. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Filière de formation en Topographie.
- ESRI France, 2002: "ArcIMS 3.0 Cartographie interactive sur Web <http://www.esrifrance.fr>
- ESRI, 2002: www.esri.com
- ESRI Educational Service, 2001 (a): Introduction to ArcIMS, Course lectures, GIS Education Solutions from ESRI.
- ESRI Educational Service, 2001 (b): Introduction to ArcIMS, Course exercises, GIS Education Solutions from ESRI.
- ESRI White Paper, 2001 (c): ArcIMS 3.1, Architecture and Functionality, White Paper.
- ESRI, 2000: Customizing ArcIMS, HTML Viewer, GIS by ESRI.
- ESRI, 1996 (a): GIS BY ESRI. Using ArcView.USA, 340p.
- ESRI, 1996 (b): GIS BY ESRI. Using Avenue.USA, 238p.
- Foot K. E. and Kirvan A. P., 1998 www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u133/u133_f.html
- Gardarine et al., 1999: "le client Serveur", édition Eyrolles.
- Hubert F., 2000: Etat d'Art sur les SIG sur le Web, <http://Users.info.unicaen.fr/fhubert/>.
- Hubert F. 2001: L'accès aux données géographiques sur Internet Frédéric Hubert journée de recherches COGIT – IGN, 2 av Pasteur, 94165 Saint-Mandé Cedex, France.
- Larry K. Zink, 1998: "Standards for Multipurpose Land Information Systems", Version 02/19/1998, page V-1 et V-2, "Fundamental Elements of a Multipurpose Land Information System".
- Laurini R., Milleret-Raffori F., 1993: "les bases de données en géomatique", Hermès, Paris.
- Plewe B., 1997: "GIS Online information retrieval, Mapping, and the Internet" Publication de *on word press Thomson learning*, United States of America.

CONTACTS

El Mostapha El Fatihi
 Ingénieur Topographie
 Société Geomatic, Casablanca
 MAROC
 Email: m_elfatihi@hotmail.com

El Hassane Semlali
 Professor researcher,
 IAV Hassan II
 BP 6202
 10101 Rabat
 MAROC
 Email: e.semlali@iav.ac.ma
 Web site: www.iav.ac.ma

Moha El Ayachi
Assistant Professor
IAV Hassan II
BP 6202
10101 Rabat
MAROC
EMAIL : m.elayachi@iav.ac.ma,

Mohamed Amjad Mjouel
Ingénieur Géomètre Topographe

APPENDIX 1

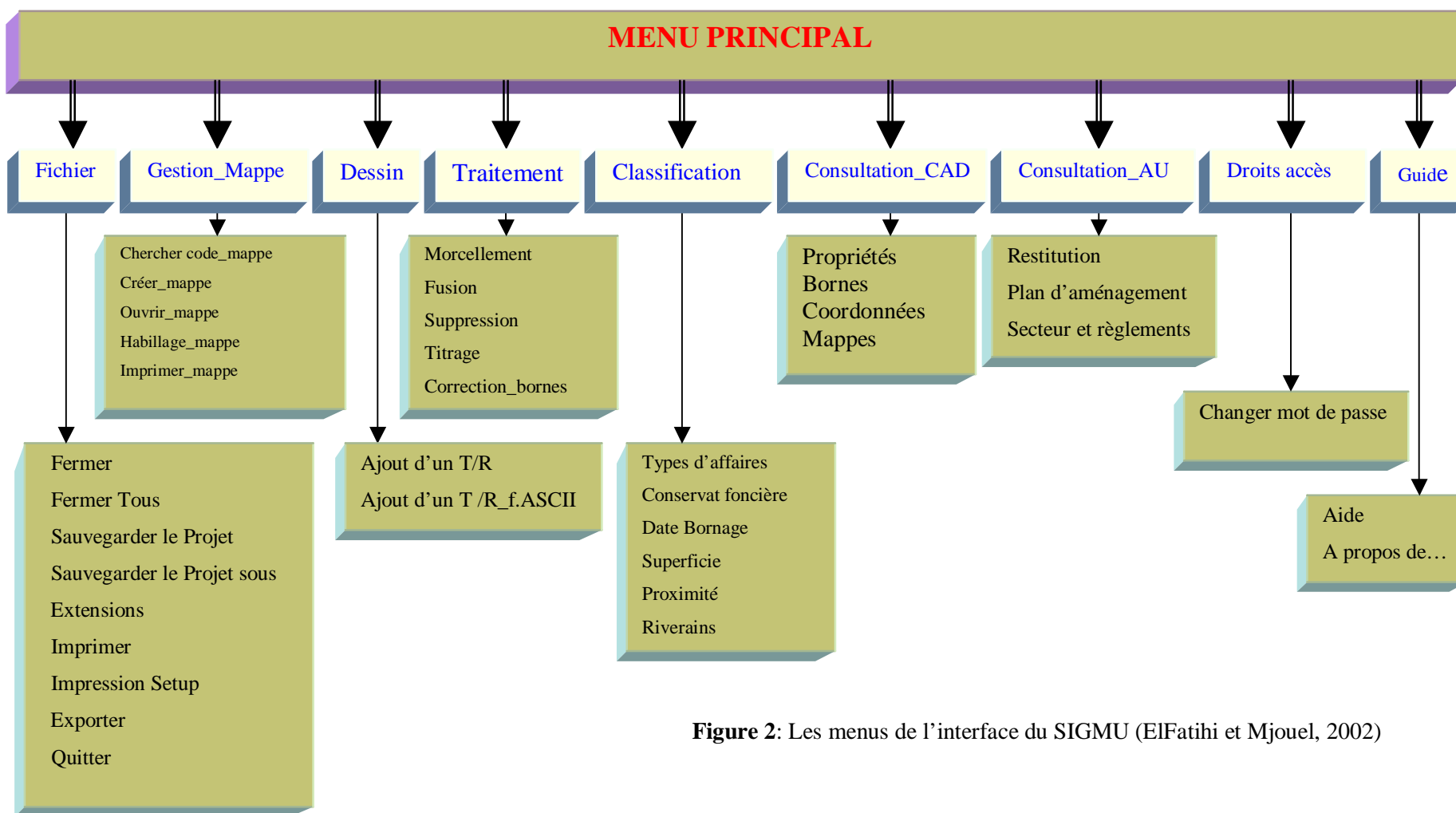


Figure 2: Les menus de l'interface du SIGMU (ElFatih et Mjouel, 2002)

APPENDIX 2

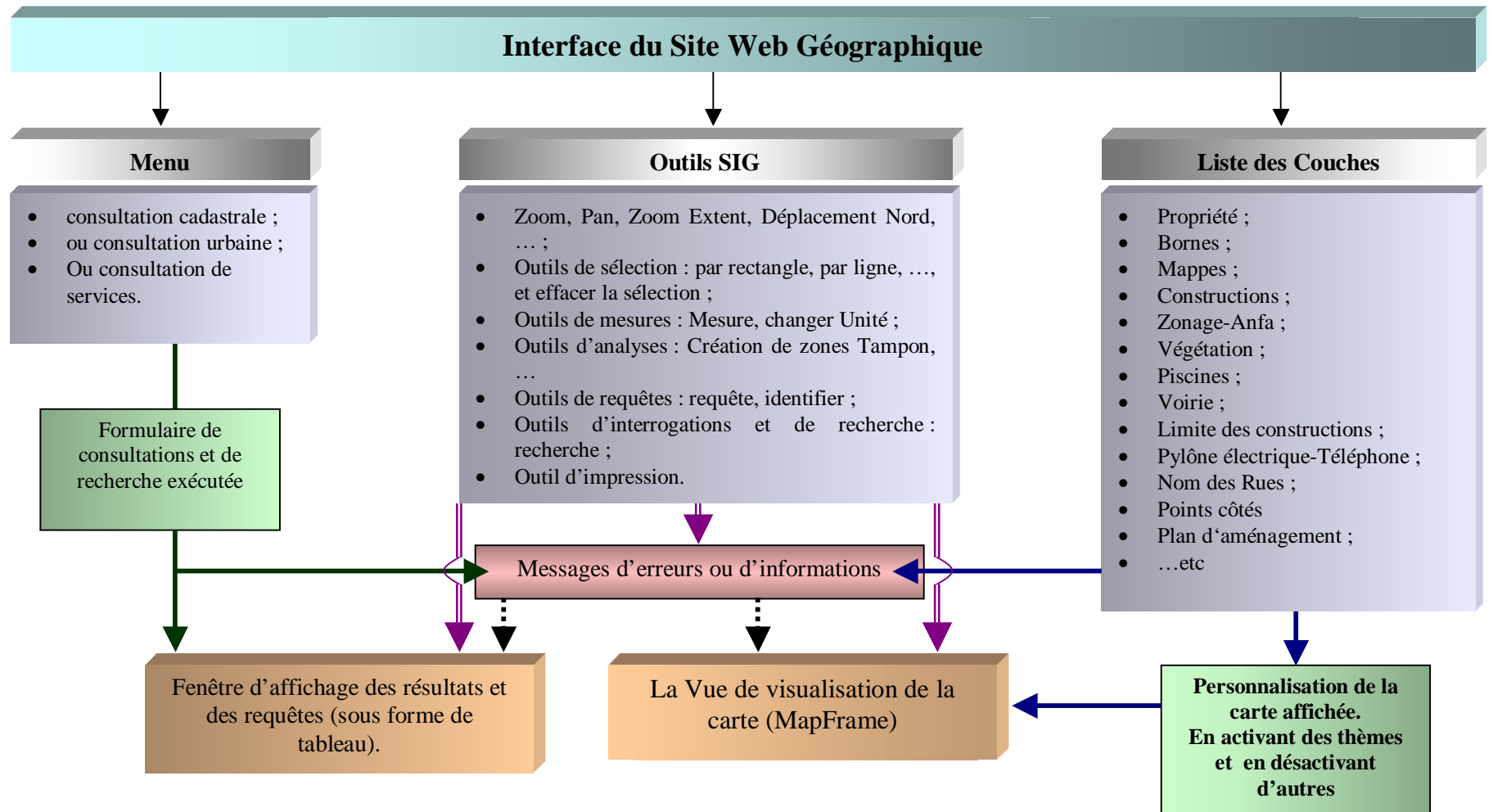


Figure 4. Schémas de l'interface de diffusion du SIGMU via Internet (Elfatih et Mjouel , 2002).