

SIG et déchets

Première implémentation du plan régional de gestion des déchets dans un environnement SIG, et ses applications dans un système de publication Open Source

Valerio Baiocchi ¹ 2, Simona Mascia ², Ennio Tanga ¹, Alfonso Vitti ³, Paolo Zatelli ³, Fabio Zottele ³

Résumé

La gestion des déchets, à la lumière des règlements les plus récents, passe par la planification et l'organisation d'une procédure assez complexe qui va de la collecte sélective à la localisation des déchetteries, en passant par la définition d'instruments pour superviser et gérer l'évolution de la procédure elle-même. La localisation des usines de traitement des déchets en constitue un aspect essentiel, pour des raisons écologiques et sociales évidentes. En particulier, selon le nouveau règlement, les décharges devront d'ici peu être remplacées par des actions coordonnées de collecte et de recyclage, et seuls les déchets ultimes pourront être enterrés dans des endroits appropriés. Ceci devrait éviter l'apparition dans l'avenir de situations difficilement contrôlables, comme les décharges légales de grande ampleur. Les événements récents ont mis en lumière comment les citoyens, qui acceptent déjà à contre-cœur l'installation d'une décharge sur le territoire de leur commune, se font encore plus difficile à celle de la présence

d'un incinérateur. C'est pourquoi l'administration romaine a décidé d'utiliser le plus grand nombre de critères objectifs pour l'exclusion a priori des sites inappropriés et pour la désignation ultérieure, grâce à des analyses environnementales, de zones reconverties pour l'implantation des usines de traitement des déchets. Nous sommes partis d'une application ponctuelle, selon les termes de la loi régionale en vigueur, doublée des dispositions du plan extraordinaire. Ceci nous a demandé l'intégration de diverses données comme le format, l'origine et les contenus, avec, à la clef, l'étude des intersections de topologies très complexes. Parmi les perspectives, celle de réaliser un site web citoyen, sur lequel l'habitant pourra trouver des informations en toute transparence ; pour cette raison, nous avons voulu étudier la possibilité de réaliser un tel projet dans un contexte de SIG Web.

Introduction

La saturation des décharges actuelles (et opérationnelles) constitue un problème de première impor-

tance. Pour cette raison, et pour la nécessaire mise en conformité aux nouvelles réglementations, il faut absolument trouver de nouveaux sites pour le traitement et la valorisation des déchets.

La réglementation complexe dispose de réduire, jusqu'à élimination totale, le stockage en décharge au bénéfice de procédures de collectes sélectives destinées au recyclage, seule la partie résiduelle se trouvant convertie en énergie. Tout cela doit s'organiser dans un environnement idéal, de sorte à réduire les effets sur le territoire, et minimiser les mouvements de population engendrés soit par la proximité des équipements en temps normal, soit par des mesures d'urgence en cas d'incident. La mission de l'administration départementale * passe, entre autres, par la mise en évidence de zones inadéquates à l'installation de nouveaux équipements.

Les définitions de la région du Latium sont rassemblées dans le « plan extraordinaire », comprennent vingt facteurs divers qui prennent en compte toute une panoplie d'effets. L'état actuel du projet

¹ Administration départementale de Rome – service de la gestion des déchets – Via Tirburtina 691.

Mél : e.tanga@provincia.roma.it. Tél : + 39 06 676 633 39

² Université de Rome « La sapienza » – Département de géodésie et géomatique. Via Eudossiana, 18 ; 00100 Roma.

Mél : valerio.baiocchi@uniroma1.it

³ Diplôme d'ingénierie civile et environnementale – Faculté d'ingénierie, université de Trente. Via Mesiano, 77 ; 38050 Trente.

Mél : paolo.zatelli@ing.unitn.it. Tél : + 39 0461 88 2618.

* Peu ou prou équivalente à notre administration préfectorale.

se concentre sur l'identification des exclusions et des adéquations, ceci constituant la toute première phase du projet ; par la suite, les périmètres non exclus (zones « blanches ») verront leur adéquation classée en fonction de leurs caractéristiques.

Caractéristiques cartographiques et SIG

Les couvertures cartographiques mises en œuvre dans le système proviennent de sources diverses, ce qui a rendu nécessaire l'adoption d'un référentiel unique sur lequel représenter ces données.

Comme les conversions de coordonnées, en particulier de système de projection et d'ellipsoïde, représentent des opérations critiques dans un logiciel SIG (Baicocchi et al, 2004), il a été décidé de choisir comme système géodésique celui utilisé dans le plus grand nombre de cas, de sorte à minimiser les erreurs de calcul et préserver autant que faire se pouvait l'intégrité des données. Nous avons donc choisi le système Gauss-Boaga type fuseau ouest ; les cartographies réalisées dans d'autres systèmes (principalement UTM-ED50 fuseau 33) ont été converties au moyen de l'outil Universal translator du logiciel MapInfo.

La base de données a été intégrée actuellement à l'environnement MapInfo, principalement parce qu'il s'agissait du logiciel le plus utilisé au sein de l'administration départementale romaine, mais également en raison de son ergonomie et de sa capacité à manipuler aisément des données dans des formats et des projections divers. Les revers de ce logiciel tiennent principalement dans sa gestion sous-optimale du géoréférencement des fichiers raster et d'une gestion passablement complexe de l'impression de ces mêmes fichiers.

Le logiciel convertit automatiquement la plupart des formats de fichiers SIG et CAO au travers

du module Universal translator, qui permet en outre une conversion à la volée des systèmes de projection ; en pratique, la fenêtre de visualisation adopte le système géodésique de la première couche qui s'y trouve représentée, les ajouts étant automatiquement convertis. Si cette fonction se révèle très utile pour l'utilisateur néophyte, elle doit faire l'objet d'une évaluation en ce qui concerne la précision des équations de passage utilisées. Une étude récente portant sur quelques zones du territoire italien, dont une partie du Latium (Baicocchi et al, 2004) ont permis de borner l'erreur de conversion produite par la version précédente de MapInfo à huit mètres, un résultat tout à fait compatible avec la précision déca- ou icosamétrique des données utilisées ici.

Description de l'implémentation de certains facteurs

Certaines thématiques ont été introduites dans le système sans engendrer pour autant de modifications majeures dans les données originelles, fournies par différents partenaires. D'autres, en revanche, ont nécessité un travail méticuleux

soit durant la phase d'élaboration, soit durant celle de leur ajout dans la base. En conséquence, parmi les divers aspects pris en compte, nous n'illustrerons que ceux que nous avons retenu les plus propres à mettre en évidence la complexité et le travail d'interprétation qui, dans tous les cas, s'est révélé indispensable.

Zones inondables et à risque hydrogéologique

Le territoire du département de Rome tombe sous la responsabilité de trois agences de bassin : celle du Tibre, de la Liri Garigliano Volturno et des bassins régionaux du Latium. Celles-ci possèdent une histoire et des réalités bien différentes, et ont développé leurs plans d'action selon des schémas liés aux exigences de leurs territoires respectifs. La réglementation dispose de tenir compte des indications des agences, notamment des délimitations des zones présentant un risque d'effondrement ou d'inondation.

Les textes prévoient, entre autres, d'exclure systématiquement les zones situées à l'intérieur du périmètre des crues bicentennales ; l'autorité du Liri Garigliano Volturno, elle, n'a identifiée que

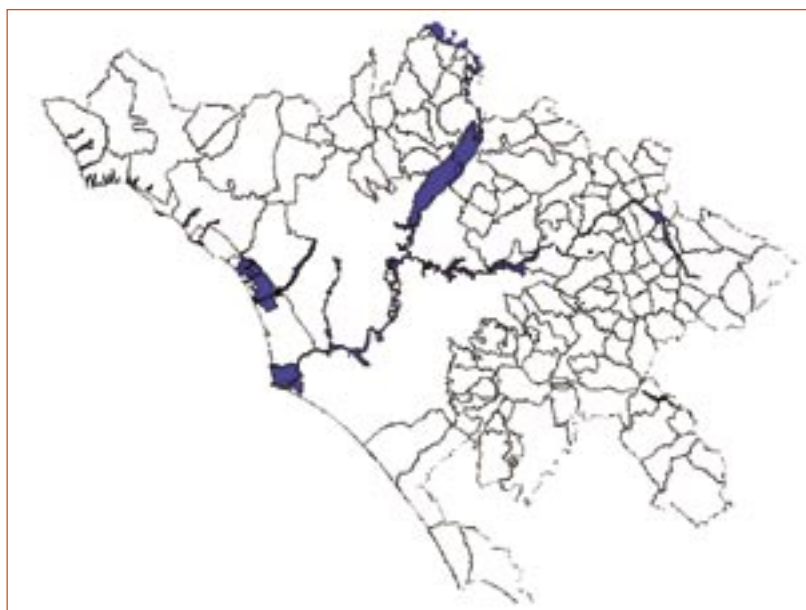


Fig. 1 – Zones inondables

les contours des crues tricentennales : il a donc fallu inventer une méthodologie pour homogénéiser des données originellement disparates. En outre, les autorités ont utilisé des logiques de classification particulières, certaines se contentant d'affubler les zones d'un simple caractère A, B..., les autres distinguant les diverses catégories de risques en les regroupant sous des index type R1, R2... P1, P2... Nous avons donc été obligés de trouver selon quels critères les zonages avaient été exécutés, et de redessiner une nouvelle découpe possible/exclu selon les critères réglementaires déjà cités.

Distance des zones urbaines

Cette problématique intéresse une grande partie du département de Rome et – ce qui n'est pas pour faciliter les choses – les dispositions réglementaires à ce sujet paraissent notamment complexes. Celles-ci sont très détaillées

route, un centre habité se définit comme l'ensemble des édifices délimité, le long des voies d'accès, par la signalisation appropriée ; en revanche, l'Istat considère que par ensemble d'édifices on entend un regroupement continu, interrompu seulement par des rues, des places, des jardins ou autres lieux similaires.

La délimitation des zones urbaines selon le Code de la route n'est pas disponible ; elle pourrait être réalisée en agrégeant toutes les cartographies communales, mais un tel travail (déjà en cours dans d'autres services de l'administration départementale) sort du cadre du présent projet. Nous avons donc décidé d'utiliser les périmètres fournis par l'Istat : quoique leur mise à jour laisse à désirer, ils n'en représentent pas moins des données officielles, un critère qui ne peut que jouer en leur faveur. Malheureusement, les données vectorielles fournies ne comportaient que le nombre total d'habitants par polygone, et

moins. Par défaut, nous avons donc estimé à au moins 2 le nombre d'habitants par bâtiment, ce qui nous a conduit à appliquer le niveau haut aux zones de plus de cinquante habitants, et le niveau bas pour les autres.

Les zones de protection à respecter dépendent du type d'installation, les plus importantes correspondant aux décharges et aux incinérateurs. Nous avons choisi d'appliquer ces distances majorées de manière à pouvoir isoler des zones convenant à tout type d'installation (figure 2).

Éloignement par rapport aux routes

La réglementation fixe des distances minimales à respecter par rapport aux différents types de routes :

Infrastructure	Distance
Autoroute	60 m
Route à grande circulation	40 m
Route à moyenne circulation	30 m
Route vicinale	20 m

Les distances se mesurent depuis l'accotement de la chaussée, ou bien de l'extension maximale de la bande aménagée (véhiculaire ou piétonne). Comme nous n'avons évidemment pas pu obtenir des informations surfaciques sur les chaussées, nous avons dû recourir à une cartographie vectorielle, où les routes sont représentées par des polygones médiateurs, puis faire des hypothèses sur la largeur minimale des emprises compte-tenu de la catégorie des routes, à l'aide de conseil d'experts. Ceci fait, pour discrétiser le problème et calculer les buffers nous avons estimé la largeur d'une voie, multiplié celle-ci dans le cas des autoroutes, du périphérique* et des routes nationales, en y incluant également les bandes d'arrêt d'urgence ; nous avons estimé que les routes départementales n'avaient



Fig. 2 – Buffers correspondant aux distances minimales des centres habités.

et, par endroits, contradictoires, notamment en raison des deux définitions concomitantes des zones urbaines : celle du code de la route d'une part, et celle de l'Istat [l'équivalent de l'Insee] d'autre part. Selon le Code de la

non le nombre de bâtiments, qui représente cependant le critère réglementaire. La réglementation prévoit en effet deux niveaux, l'un pour les zones bâties contenant plus de 25 habitations, et l'autre pour les zones en contenant

* Traduit ici le mot GRA pour Grande raccordo anulare.

pas toutes d'accotement, raison pour laquelle nous nous sommes contentés de compter la largeur des voies. Nous avons donc été conduits à assigner une largeur de 23 m pour les autoroutes et le périphérique, de 10,5 m pour les routes nationales et de 6 m pour les autres voies. Ce qui donne, de la médiatrice, des distances à respecter de 71,5 m, 45,25 m et 23 m, respectivement.

Tentative de synthèse et prospective

L'implémentation des divers facteurs a demandé un travail difficile de transformation, interprétation et, dans certains cas, de schématisation des données disponibles. La polyvalence et les possibilités offertes par l'environnement SIG ont cependant permis, çà et là, de récupérer sous forme cartographique des données préexistantes dans des formats vectoriels voire alphanumériques. La figure 4.1 montre l'état actuel du projet (juin 2005). Cette sémiologie a été retenue pour la version cartographique papier, les zones intéressantes, ici rayées, sont représentées « en dessous » des zones d'exclusions, remplies, pour la simple raison que l'exclusion l'emporte sur l'attention.

On peut constater que les « zones blanches » sont assez facilement identifiables sur la planche cartographique, ce qui n'empêche pas le SIG de demeurer l'un des moyens les plus efficaces d'approfondir l'analyse dans les zones potentiellement intéressantes : l'utilisateur peut interroger les polygones et en connaître les caractéristiques, activer ou désactiver les différentes couches qui se superposent.

En vue de la diffusion vers les diverses administrations, dont les communes, la publication du projet dans un environnement de type Web paraît une évolution logique. Parmi les nombreux logiciels qui sont capables d'une telle publication, les administrations italiennes sont particulièrement intéressées par l'Open Source, d'une part parce qu'il



Fig. 3 – Zones d'exclusion à respecter le long des routes.

permet une meilleure transparence dans la gestion des données, d'autre part parce qu'il bénéficie d'encouragements de la part du ministère de la recherche.

Expériences de diffusion Internet sur logiciel libre

Un des objectifs du projet est de rendre le système exploitable par des tiers ; il est important que des

utilisateurs publics, privés, des entreprises divers ou de simples particuliers intéressés, sans aucune connaissance technique préalable, puissent accéder à l'information d'une manière simple et rapide. D'autre part, la mutualisation pose cependant le problème de savoir combien et quelles données rendre disponible selon le profil de l'utilisateur. Gérer les informations, tout en tenant compte des principes de l'e-gouvernement, permet de créer un portail complet et constitue une tâche intéressante. L'enjeu est double : d'une part, les données doivent être organisées

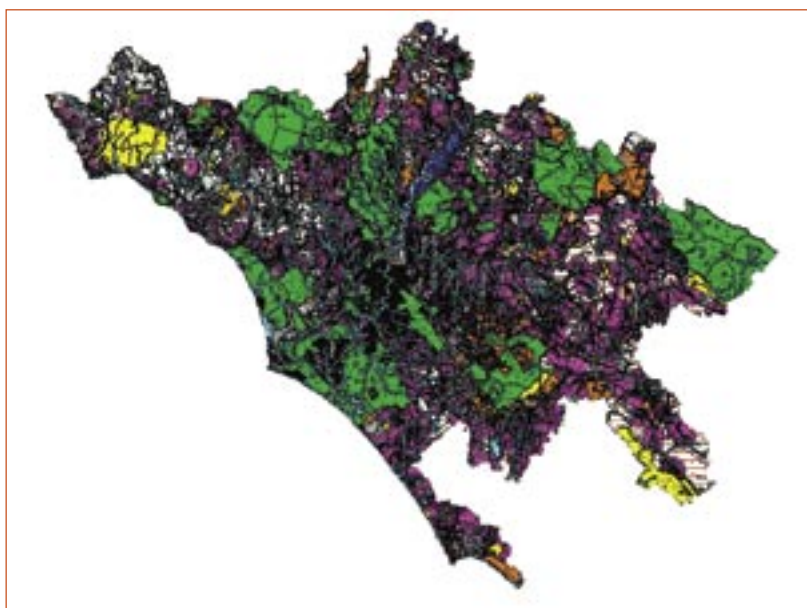


Fig. 4 – Vision d'ensemble des différentes thématiques réalisées actuellement, et mise en évidence des " zones blanches ". Aplat : facteurs d'exclusion ; hachures : zones potentiellement intéressantes.

en vue de leur diffusion sur le réseau ; d'autre part, les utilisateurs doivent pouvoir accéder à l'information d'une manière intuitive, en utilisant les logiciels les plus répandus.

Nous nous sommes donc de suite orientés vers l'utilisation de protocoles standard, lesquels garantissent à la fois une interopérabilité maximale, et une meilleure cohérence des données. Une attention toute particulière a été accordée à l'indépendance totale par rapport au type de navigateur employé par l'utilisateur. Malheureusement, les logiciels actuels de publication ne semblent pas à la fois garantir une bonne gestion du système et satisfaire les desiderata des utilisateurs.

Il existe donc beaucoup de logiciels pour réaliser un environnement de diffusion, depuis les serveurs Web jusqu'aux bases de données. Chaque solution présente ses propres avantages

et inconvénients, ainsi qu'un coût d'acquisition. De ce point de vue, les logiciels libres et/ou gratuits se démarquent de leurs concurrents commerciaux. La philosophie « Libre/Ouvert », outre qu'elle propose des produits à licence nulle, permet également de cerner complètement le fonctionnement du programme. Avoir à disposition le code source permet de se joindre au processus d'évolution de celui-ci, aussi bien pour corriger rapidement des bugs éventuels que pour développer des fonctions manquantes, ce qui permet de participer au processus d'amélioration de la qualité du logiciel. Les logiciels libres s'appuient en général sur des normes internationales (du type de celles de l'Open GIS consortium), ce qui en améliore grandement l'interopérabilité. Les solutions commerciales, distribuées comme des boîtes noires, gèrent les données au travers de formats et de procédures propriétaires, inaccessibles à l'utilisateur. Le choix de mettre en œuvre des formats et des procédures standards et ouvertes autorise en outre le fonctionnement de systèmes hybrides libre/propriétaire.

Le prototype développé se fonde uniquement sur les logiciels libres. La partie serveur tourne le logiciel « classique » Apache, le

triqués et des attributs associés se fait grâce à des interrogations rédigées en langage SQL. Geos met à disposition une extension supplémentaire des capacités de gestion des données en fournissant des requêtes topologiques. Les procédures d'interrogation et de contrôle d'intégrité des données sont rendues plus efficaces, et gérées directement au niveau de la base de données. La fonction de publication sur Internet est réalisée par le programme MapServer qui s'interface naturellement aussi bien avec Apache qu'avec PostgreSQL et ses cartouches spatiales. Les langages PHP et JavaScript permettent la production et la publication de contenus dynamiques.

Au stade actuel, le système permet la superposition des facteurs d'exclusion les uns aux autres, de sorte à obtenir une représentation générale des zones qui constituent des emplacements possibles pour les équipements. L'interactivité permet de rendre visible ou de masquer les différentes couches, chaque couche collectant plusieurs données attributaires stockées dans des tables du SGBD. Pour chaque niveau d'information, l'utilisateur peut exécuter des requêtes en cliquant sur un point de la carte, requêtes qui lui donnent accès aux contenus sémantiques. L'utilisateur bénéficie en outre des fonctions traditionnelles de déplacement/zoom qui améliorent l'ergonomie. Quant au fond, sa transparence est réglable (ainsi que son affichage, et son type, par défaut il s'agit de la carte technique). Il est prévu d'augmenter le nombre de couches et d'améliorer encore l'interactivité.

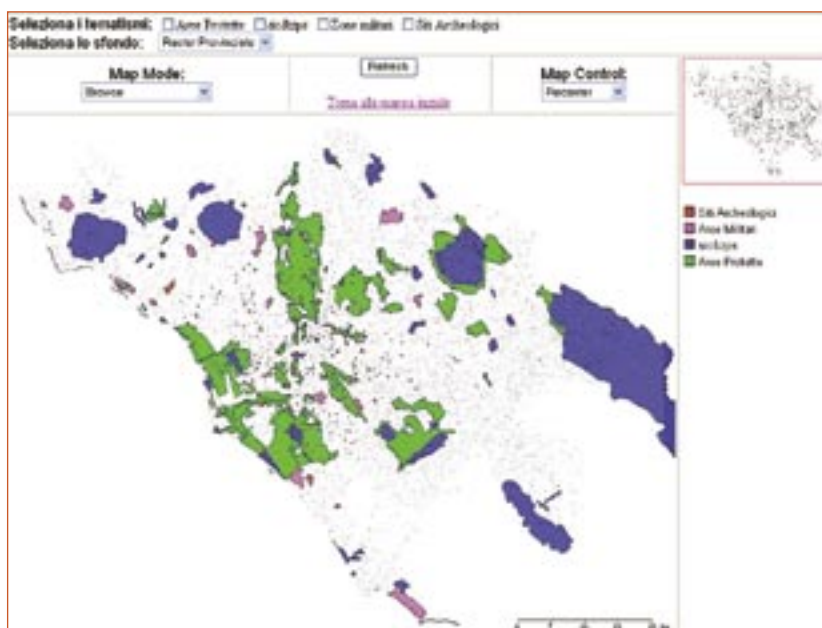


Fig. 5 – WebGIS totalement réalisé grâce à des logiciels libres.

et inconvénients, ainsi qu'un coût d'acquisition. De ce point de vue, les logiciels libres et/ou gratuits se démarquent de leurs concurrents commerciaux. La philosophie « Libre/Ouvert », outre qu'elle propose des produits à licence nulle, permet également de cerner complètement le fonctionnement du programme. Avoir à disposi-

server Web actuellement le plus répandu, en raison de ses qualités, de sa fiabilité et de sa robustesse. Avec le couple constitué de la base de données PostGres et de la cartouche spatiale PostGIS, on peut gérer soit les accès, soit la totalité des informations, géographiques ou sémantiques. L'extraction des entités géomé-

Bien que cet environnement de publication en soit encore au stade expérimental, nous avons déjà pu constater la stabilité et l'efficacité des interrogations, et donc de l'interopérabilité entre les différents logiciels. Parallèlement aux exigences relatives à la mise en réseau, nous examinons attentivement les

besoins des différents utilisateurs afin de leur rendre un service aussi personnalisé que possible. De ce point de vue, la marge de progrès est encore importante : nous recherchons une interopérabilité totale, à tous les niveaux. Par exemple, nous étudions la possibilité de mettre à disposition les données en téléchargement, ainsi que d'autoriser un certain nombre d'utilisateurs à mettre à jour les données en mode distant. Avec MapServer, tout ceci peut se faire sans problème depuis un simple client léger.

Conclusion

En ce qui concerne les facteurs et les zones d'exclusion, nous pouvons revendiquer qu'environ 80 % d'entre-eux sont placés et correctement représentés dans la base de données. Il reste à y inclure quelques thématiques, parmi lesquelles certaines de compétences communales comme le POS, les zones protégées quand leur décret de classification aura été signé par l'autorité régionale, etc.

Pour les zones potentiellement intéressantes, dont celles ne présentant aucune exclusion, il faudra incorporer des thématiques supplémentaires ad hoc, par exemple les zones à haute valeur agricole, dédiées aux cultures AOC et les périmètres de protection relatifs à la qualité de l'eau des sources. Nous avons, à l'issue de cette première phase, noté que les zones blanches, donc éligibles, ne sont pas nombreuses, mais pourraient toutefois suffire aux besoins de l'administration départementale, si elle met en place un plan opportun. Il reste à établir une classification de ces zones en fonction des facteurs préférentiels.

L'environnement SIG utilisé, quoique purement commercial, s'est révélé tout à fait satisfaisant au vu des objectifs, et a même démontré une excellente polyvalence dans le traitement des données. La réalisation du système de publication Internet sur logiciels libres a ouvert des possibilités intéressantes qui, moyennant développement ultérieur, pourrait permettre

une réelle diffusion capillaire des informations, condition *sine qua non* de la réussite d'un tel projet qui suppose une collaboration entre de multiples acteurs.

Nous avons également édité une version cartographique au 1:100 000, sur laquelle les décideurs peuvent avoir une vision synoptique pour appuyer les analyses préliminaires. Nul doute que ce projet constituera un facteur majeur dans la prise de décision d'implantation des nouveaux équipements dans les « zones blanches » et constituera le socle du futur système de gestion des déchets départementaux.

Remerciements

Nous voudrions remercier tous les collègues et les partenaires qui nous ont fourni des données et des conseils avisés pour la réalisation de ce projet qui n'aurait pu voir le jour sans eux : faute de pouvoir nous hasarder à les nommer tous, un grand merci à chacun. ■

Bibliographie



Baiocchi V., Bortolotti C., Crespi M., Del Moro M.A., Pieri S., 2004. *Accurezza delle trasformazioni tra Datum e sistemi cartografici nazionali : implementazione nei software di maggiore utilizzo nelle applicazioni GIS.*

Baiocchi V., Brovelli M.A., Crespi M., Negretti M., Rossi L., 2004. *Trasformazioni tra Datum e sistemi cartografici in ambito nazionale : implementazione di un software in ambienti Windows® e Grass.*

Baiocchi V., 1999. *Studio di alcuni tematismi di rischio idrogeologico mediante tecniche GIS.* Thèse de doctorat en sciences géodésiques et topographiques. XIe cycle, Institut universitaire naval de Naples.

Regione Lazio, 2005. *Piano degli interventi di Emergenza nella Regione Lazio*, p. 74-83.

Sites Web



APAT	www.apat.it
Autorità di bacino fiume Tevere	www.abtevere.it
Convenzione di Ramsar	{fr, it}.wikipedia.org
Istituto geografico militare	www.igmi.org
Lexambiente	www.lexambiente.it
Mapinfo	www.mapinfo.com
Provincia di Roma	www.provinciaroma.it
Regione Lazio	www.regionelazio.it
Servizio sismico nazionale	www.serviziosismico.it
Zone Umide di Ramsar	ww.wetlands.org