



SCAN'16 Toulouse

Séminaire de Conception Architecturale Numérique

Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet

Sous la direction de Jean-Pierre Goulette et Bernard Ferries

PUN - Editions Universitaires de Lorraine.

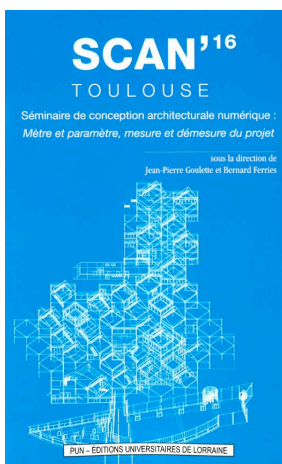
ISBN: 978-2-8143-0289-1

Titre de la publication :

L'élaboration et l'exploitation d'un atlas des gisements de rénovation énergétique - Vers un outil fédérateur

Auteurs :

M. Belmaaziz, J. Autran, G. Cadoni



Cette publication (présentée dans ce document en version auteur acceptée), est parue dans les actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique SCAN'16 – Toulouse - *Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet*, 07-09 septembre 2016, Toulouse

Tout usage du contenu de cette publication doit mentionner la référence de l'ouvrage, du titre et de(s) auteur(s).

L'élaboration et l'exploitation d'un atlas des gisements de rénovation énergétique

Vers un outil fédérateur

M. Belmaaziz, J. Autran, G. Cadoni

Unité de recherche project[s], ENSA Marseille, France

mohamed.belmaaziz@marseille.archi.fr, jacques.autran@marseille.archi.fr, gianluca.cadoni@gmail.com

RÉSUMÉ : La massification de la rénovation énergétique du bâti résidentiel existant nécessite de traiter la complexité des critères définissant le parc de logement tout en articulant les différentes échelles d'intervention. L'objectif du projet présenté dans le cadre de cet article est de réaliser un atlas géo-référencé des gisements de rénovation qui sera intégré dans les futures Plateformes Territoriales de Rénovation Énergétique de l'Habitat. Ces plateformes fédératrices proposeront aux acteurs publics, comme privés, des fonctions de lecture sociale, financière et énergétique du territoire. La démarche adoptée se base sur la préfiguration d'un atlas conformément au partage et à la mutualisation des informations associées aux bâtiments résidentiels et à leur contexte.

MOTS-CLÉS : atlas géo-référencé, gisement de rénovation énergétique, approche multiscalair, SIG.

ABSTRACT : In order to massify energy improvement of residential existing buildings, it's important to take into account the complex criteria defining the housing stock and considered various intervention scales. The objective of this research project, presented in this paper consists to achieve a georeferencing atlas able to identify the potential energy saving of upgrade houses. This atlas, planned to be integrated into the future territorial platforms of energy renovation, will offer to public or private actors, a social, financial and energy knowledge of the territory. The approach used is based of pooling and sharing informations of residential buildings in their urban context.

KEYWORDS : georeferenced atlas, potential of energy renovation, multi-scale approach, GIS.

1. Introduction : objectifs et problématique du projet

Le projet présenté a pour objectif l'élaboration de méthodes et outils destinés à la réalisation d'un atlas des gisements d'économie d'énergie, en vue de son intégration aux futures Plateformes Territoriales de Rénovation Énergétique de l'Habitat (PTREH)¹. Celles-ci proposeront aux acteurs publics (Espaces Info Energie, communes, ...) comme privés (entreprises, propriétaires, locataires, ...) des outils en ligne de lecture sociale, financière et énergétique du territoire, en complément d'autres instruments (outils financiers, cartographie d'opérations en cours, cartographie des entreprises, ...).

L'étendue des territoires considérés en vue de la massification (amplification) de la rénovation énergétique se heurte à la fois à la question de la production des connaissances nécessaires pour réaliser un diagnostic pertinent et à l'articulation des différentes échelles d'intervention. Dans quelle mesure, en évitant un inventaire bâtiment par bâtiment, peut-on envisager la réalisation d'une cartographie permettant d'identifier les gisements d'économies d'énergie et en conséquence de travaux de rénovation?

L'article présente la démarche de recherche engagée dans le cadre de ce projet, qui a pour objectif de créer un outil permettant d'avoir une lecture allant de l'échelle d'un ensemble territorial à celle du bâtiment et de son enveloppe.

2. Approches de la rénovation énergétique à l'échelle de grands territoires

Les approches visant à promouvoir la rénovation énergétique des logements sont nombreuses. Elles servent souvent d'outil de communication et de sensibilisation (exemple de la thermographie infrarouge aérienne) ou à réaliser un diagnostic détaillé à l'échelle du territoire (utili-

¹ Ce projet associe à l'unité de recherche project[s], l'Agence Locale de l'Energie et

sation de bases de données existantes, études de terrain, études sur la base de typologies).

Nombreux sont les travaux concernant la recherche des gisements de rénovation énergétique par des approches basées sur des logiciels SIG et des méthodes d'analyse typologique. La question des performances énergétiques de bâtiments types a été développée au niveau national (RAGE, 2012) et au niveau européen avec le projet TABULA (Tabula, 2010) qui a pour objectif de créer une nomenclature des bâtiments résidentiels (comportement thermique, matériaux, âge du bâti, ...).

En France plusieurs études locales se sont attachées à caractériser le comportement énergétique d'un parc de logements (APUR, 2007), (A'urba, 2011), (IAU, 2010), (Rochard *et al*, 2015). Ces travaux de recherche, autant que d'autres, montrent le potentiel mais aussi les limites de la méthode d'analyse du bâti par typologie: le problème le plus complexe à résoudre concerne la contextualisation du bâti. Plus précisément, il est difficile de mettre en place à l'échelle des grands territoires une procédure "automatique" permettant d'évaluer les effets du contexte sur le diagnostic énergétique. Ainsi (Monteil, 2011) et (Vicentini, 2013) intègrent des questions de mitoyenneté. La question des apports solaires tenant compte du contexte urbain reste posée².

D'autres études (A'urba, 2011) ont tenté de limiter le temps de saisie des données, mais cette approche plus rapide, entraîne une perte de qualité du diagnostic.

La méthode par typologies permettrait de qualifier rapidement un grand nombre d'édifices. Grâce aux logiciels SIG elle permettrait également d'obtenir des cartographies géolocalisées multiscalaires, mais aussi de croiser d'autres types de données pour développer d'autres critères socio-économiques liés à la précarité énergétique (Giraud, A & de Pins-Loze, 2012).

3. Quelle lecture des édifices résidentiels ?

Appréhender les consommations énergétiques des bâtiments anciens suppose la connaissance de différents paramètres liés à l'anatomie de leurs enveloppes (matériaux qui les composent), à la forme des édifices, au contexte d'implantation ainsi qu'aux usages et aux équipements.

² A. Monteil étudie la sensibilité de différents paramètres liés au contexte urbain par différents tests en ayant recours à la simulation thermique dynamique (STD).

L'estimation d'un diagnostic énergétique du parc résidentiel existant renvoie à l'échelle d'analyse considérée (édifices, quartier, ville), à la disponibilité et à la fiabilité des données nécessaires à la modélisation et à la possibilité de produire des données manquantes.

Dans l'optique de l'élaboration d'un atlas qui vise une lecture énergétique des édifices d'un grand territoire, il est nécessaire de caractériser le bâti résidentiel selon sa performance thermique. Étant donné la difficulté à recueillir des données ou l'absence de données suffisamment précises sur les équipements techniques et les usages, il est envisageable, à l'échelle du bâti, d'établir un diagnostic basé uniquement sur un bilan thermique de l'enveloppe de l'édifice inséré dans son contexte. Cela permettrait d'associer à chaque entité bâtie un bilan thermique type. Puis, partant de la caractérisation thermique des enveloppes des édifices contextualisés, cette démarche permettrait d'identifier les gisements énergétiques susceptibles d'être exploités.

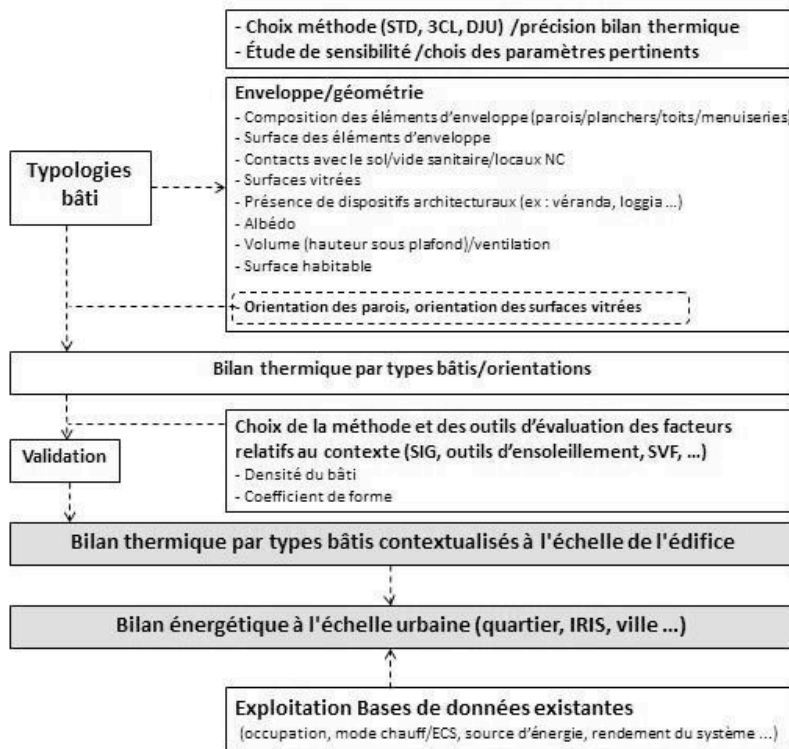


Figure 1. Démarche envisagée pour la caractérisation énergétique du bâti résidentiel

A l'image des approches typologiques adoptées lors de différents travaux menés dans ce domaine, notre proposition devra elle aussi s'appuyer sur une caractérisation du bâti par typologie. Celle-ci devra tenir compte de l'époque de construction qui traduit des spécificités architecturales liées à la forme et aux éléments d'enveloppe des édifices (parois, vitrages, ...). L'orientation du bâti étant une variable à prendre en compte en vue d'un diagnostic affiné, un bilan thermique type par orientation devra dans un premier temps être évalué pour chaque édifice type. Il sera nécessaire dans un deuxième temps de corriger ces bilans préliminaires estimés par des critères liés au contexte urbain tels que la mitoyenneté (coefficient de forme) et les effets de masques affectant les apports solaires.

Étant donné que ces critères de correction interrogent la forme urbaine, ils doivent être déterminés en utilisant des outils adaptés à l'échelle urbaine (outils d'enseillement, sky view factor, nomenclature LCZ, ...). Un travail itératif faisant intervenir la simulation fine des édifices types devra permettre de valider ces critères et les intégrer dans les bilans.

Par cette démarche (Figure 1), les bilans affinés permettront d'alimenter l'atlas en géolocalisant les performances des édifices. Dans le même ordre d'idées, il serait possible d'avoir une lecture énergétique globale à l'échelle urbaine en croisant des données de consommation, d'occupation, ... etc avec celles relatives aux enveloppes des édifices.

4. Les sources d'informations exploitables grâce à l'emploi des SIG

Les SIG sont aujourd'hui des outils incontournables pour réaliser l'analyse et la gestion des territoires à différentes échelles. Leur usage suscite une démarche d'élaboration et d'analyse qui va dans le sens du partage et de la mutualisation des bases de données produites (référentiel géographique, catalogage de l'information, ...). De multiples bases de données spatiales sont largement disponibles au sein des infrastructures de données géographiques (IDG) interopérables.

L'état de l'art réalisé a permis de confirmer l'intérêt d'utiliser un SIG en vue de la réalisation d'un diagnostic "massif". L'examen des sources numériques de données exploitables à cette échelle est nécessaire. Cer-

taines des bases de données peuvent être choisies comme sources principales d'informations, les autres constituant des sources secondaires. Elles sont de qualité variable selon leur échelle, complétude, degré de généralisation et fréquence de mise à jour³. Elles peuvent être disponibles sur l'ensemble du territoire national, ou présenter une couverture plus locale (ex. couverture en photo aérienne infra-rouge, base de données urbaines, ...). Elles peuvent être protégées par le secret statistique (bases du recensement INSEE) ou n'être disponibles qu'à titre onéreux. L'ensemble de ces éléments a un impact sur l'objectif visant la répliquabilité des méthodes et outils qui seront proposés au terme du travail de recherche exposé.

Bien que très riches, de plus en plus détaillées, de qualité croissante et de plus en plus accessibles, ces sources de données ne couvrent pas totalement les besoins exposés précédemment pour l'élaboration d'un diagnostic crédible. La réalisation d'observations de terrain, directes (in-situ) ou indirectes (ex-situ, via des outils de navigation tels que Google StreetView©, Bing Bird's eye©, ...) permettra de recueillir des informations manquantes et de corriger des informations erronées.

La caractérisation des édifices et de leur contexte nécessaire à la production des indicateurs et leur qualité (précision, actualité, ...) permettra de statuer sur la nécessité et les conditions d'utilisation de certaines des informations d'une base de données. De ce fait, le diagnostic réalisé ne pourra être considéré que comme une estimation dont il faudra fournir une évaluation du degré de crédibilité.

5. Élaboration de l'atlas : préfiguration

Un travail de préfiguration a été conduit en vue d'une première expérimentation portant sur le processus de réalisation de l'atlas (Figures 2, 3 et 4). L'usage des données disponibles, le recueil de données complémentaires, les outils proposés par le SIG QGIS et ses fonctionnalités additionnelles ont été examinés, ainsi que les possibilités de produire des données pour des applications spécialisées externes et d'en importer les résultats. L'instrument ainsi réalisée avait également pour objectif, en illustrant la démarche d'élaboration et d'exploitation de l'atlas, de consti-

³ Ainsi, dans la base de données MAJICIII, la datation des bâtiments d'une parcelle est portée par celle-ci; les dates du plus ancien et du plus récent sont renseignées. La qualité des données peut être estimée grâce au catalogue accompagnant chaque ressource.

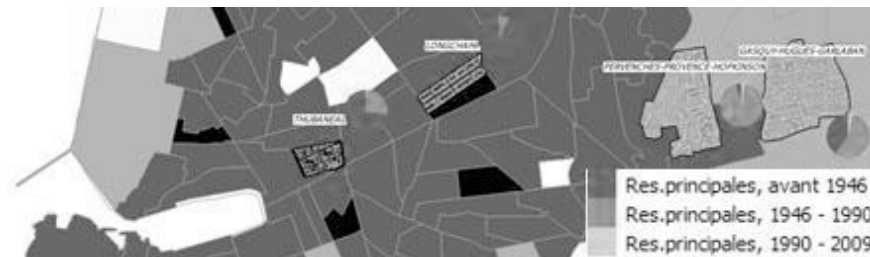
tuer une première plateforme d'échange et de discussion entre les différents partenaires du projet. Cette démarche sera poursuivie dans le cadre de cette recherche.

Le processus de réalisation de l'atlas a été organisé en plusieurs tâches distinctes:

- (0) réunir les ressources numériques utiles comme fond cartographique, pour réaliser la "maquette numérique" fédératrice⁴,
- (1) éliminer les édifices qui ne feront pas l'objet du diagnostic,
- (2) choisir les zones "à enjeu prioritaire" qui vont faire l'objet du diagnostic lors d'une analyse partielle du territoire,
- (3) caractériser l'enveloppe des édifices résidentiels,
- (4) produire le bilan-type grâce à la typologie utilisée,
- (5) réaliser le diagnostic final intégrant l'ensemble des corrections tenant compte de l'insertion de l'édifice dans son contexte (mitoyenneté, orientation des façades, masques, ...).



Figure 2. IRIS "PERVENCHES-PROVENCE-HOPKINSON", Marseille - XII^e
(L'utilisation de l'extension Qgis2threejs permet de produire une maquette 3D, 3D d'une portion de territoire choisie par l'utilisateur)



⁴ Le terme de "maquette numérique" est ici utilisé pour désigner l'ensemble des édifices, représentés en 2D, qui porteront l'ensemble des informations constitutives de l'atlas.

Figure 3. Marseille, les 4 IRIS choisi⁵ (densité résidentielle, part des périodes de construction)

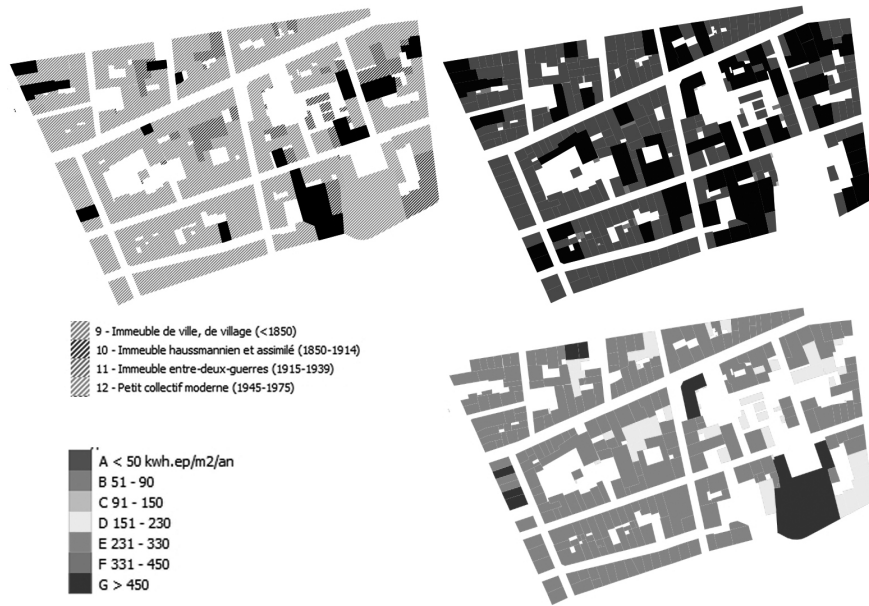


Figure 4. L'IRIS "THUBANEAU", Marseille - Ier (typologie des édifices, capacité du bâti, bilan-type)

Cette première réalisation sera poursuivie sur la base des éléments décrits ci-dessus.

6. Réalisation et exploitation de l'atlas

Le projet proposé vise à mettre au point les outils permettant de réaliser un atlas des gisements de rénovation énergétique. Ceux-ci auront été expérimentés et validés avec les acteurs impliqués sur des portions de territoires représentatives. Compte-tenu de l'étendue des territoires

⁵ Nous avons choisi les 4 zones non pas sur des critères d'enjeu, mais par souci de raisonner sur un échantillon représentatif de différentes typologies architecturales (individuel/collectif, immeubles urbains/périphérie, ...) et urbaines (densité, végétalisation, ...). Ces zones sont délimitées par le contour d'IRIS, qui permettent de les qualifier (répartition des périodes de constructions, part de l'individuel et du collectif, densité résidentielle (Base-ic-logement-2012, INSEE))

considérés et de l'objectif de répliquabilité à l'échelon national, elles seront diffusées aux acteurs territoriaux qui auront la charge de réaliser l'atlas considéré.

La couverture de l'ensemble du territoire pourra être réalisée progressivement, par plusieurs acteurs, au gré de la détermination de zones à enjeu prioritaire. L'usage d'un SIG permet cette co-production de données, le partage et l'assemblage des zones couvertes, leur enrichissement.

Les PTREH sont des outils en ligne qui seront mis à disposition des opérateurs de la rénovation énergétique. L'atlas proposé viendra prendre place dans ces plateformes, au même titre que d'autres modules qui les constitueront (simulation de bouquets de travaux, de coûts, financements, gisements d'entreprises, opérations en cours, bilan territorial, ...).

L'exploitation de l'atlas au sein des PTREH sera l'occasion de l'enrichir de données plus détaillées et de bilans plus riches, lors de la mise en œuvre d'opérations de rénovation. Doté des possibilités de consigner les interventions sur les édifices ou leur contexte environnant, il pourra devenir un outil de suivi et d'analyse de l'évolution du patrimoine résidentiel.

7. Conclusion

Nous avons présenté les grandes lignes et orientations d'un projet de recherche finalisée portant sur la réalisation d'un atlas des gisements de rénovation énergétique (ATRE) ayant pour vocation à être intégré aux futures plateformes de rénovation.

L'usage d'un SIG comme outil de gestion et d'analyse, l'exploitation de ressources de données spatiales, la caractérisation des édifices résidentiels et de leur contexte sont les éléments-clefs de la réalisation d'un diagnostic crédible à l'échelle des territoires.

L'ingénierie des connaissances est dominante dans notre approche : elle aborde la lecture, l'analyse, l'organisation, le partage, la pérennisation des connaissances territoriales, architecturales, techniques dans un environnement de travail complexe où différents acteurs de la rénovation pourraient concourir à la conception, à la production et à la maintenance des édifices résidentiels.

Sans être focalisée sur l'approche de la "ville interopérable" (Nouvel *et al.*, 2015), ce travail de recherche met en œuvre certaines de ses orientations : l'approche multi-scalaire, qui, du bâtiment et ses ouvrages au grand territoire, organise les analyses et actions des différents opérateurs

de la rénovation; le regroupement de ces différents acteurs autour d'un même objet fédérateur, l'édifice; l'usage d'une maquette virtuelle commune.

1. Bibliographie

- APUR, (2007). Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes. Rapport technique, Atelier Parisien d'Urbanisme, 48p.
- A'urba, (2011). Rénovation thermique du parc bâti résidentiel de la CUB Définition d'une méthodologie. Rapport technique, Agence d'urbanisme Bordeaux Aquitaine, 49p.
- Chiodo, R., & Papon, V. (2014). Méthodologie de caractérisation socio-énergétique du parc résidentiel. Rapport technique de l'ALEC Métropole Marseillaise, 40p.
- Giraud, A & de Pins-Loze, E., (2014). Caractérisation des ménages exposés à la précarité énergétique. *Insee Poitou-Charentes, décimal*, n° 321, 11p.
- IAU, (2010). Amélioration énergétique du parc résidentiel francilien: les enjeux socio-économiques. Rapport Technique, IAU Ile de France, 177p.
- Monteil, A. (2011). *Analyse de la sensibilité pour la modélisation du comportement thermique d'un quartier par approche typologique, lors de la phase de reconstruction*. Mémoire de master, 80p.
- Nouvel R., Kaden R., Bahu J-M., Kaempf J., Cipriano P., Lauster M., Benner J., Munoz E., Tournaire O., Casper E., (2015). *Genesis of the citygml energy ade*. CISBAT 2015, Lausanne, Switzerland, 931-936.
- RAGE. (2012). Analyse détaillé du parc résidentiel existant. Paris: Rapport technique du Ministère Développement Durable, 145p.
- Rochard, U., Shanthirabalan, S., Brejon, C., & Chateau Le Bras, M. (2015). Bâtiments résidentiels, Typologie du parc existant et solutions exemplaires. Rapport Technique, Pouget-Consultants, 121p.
- Team, P. (2010). Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks. Existent Experiences in European Countries and Common Approach First TABULA. Synthesis Report, Union Européenne, 160p.
- Vicentini, G. (2013). Procedura gis per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici residenziali e del potenziale solare, geotermico e di riduzione del fabbisogno. Rapport Technique, Province de Turin, 31p.