



HAL
open science

Proposition d'une méthode générique d'estimation de parcs de bâtiments de bureaux pour la simulation énergétique

Victor Marty-Jourjon, Thomas Berthou, Bruno Duplessis, Pascal Stabat

► **To cite this version:**

Victor Marty-Jourjon, Thomas Berthou, Bruno Duplessis, Pascal Stabat. Proposition d'une méthode générique d'estimation de parcs de bâtiments de bureaux pour la simulation énergétique. IBPSA France, May 2018, Bordeaux, France. hal-01981407

HAL Id: hal-01981407

<https://hal.science/hal-01981407>

Submitted on 15 Jan 2019

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.

Proposition d'une méthode générique d'estimation de parcs de bâtiments de bureaux pour la simulation énergétique.

Victor Marty-Jourjon*, Thomas Berthou, Bruno Duplessis, Pascal Stabat

**Mines ParisTech, PSL Research University,
Centre d'Efficacité énergétique des Systèmes (CES)
60 boulevard Saint Michel, 75272 Paris Cedex 06,
[*victor.marty-jourjon@mines-paristech.fr](mailto:victor.marty-jourjon@mines-paristech.fr)**

RESUME.

L'étude de stratégies énergétiques multi-échelles (quartier, ville, région) nécessite de nouvelles méthodes de simulation de parcs de bâtiments, basées sur l'utilisation de grandes bases de données, à large échelle et à maille fine. Ainsi, cet article se propose d'exploiter la base de données SIRENE®, récemment mise en accès libre, pour modéliser des surfaces de parcs de bâtiments de bureaux. Cette méthode fait notamment appel à des clefs de répartition pour affecter des surfaces de bureaux selon les catégories d'activités économiques et les effectifs de salariés. Des éléments de validation, apportés aux échelles locale (ville) et nationale montrent une bonne adéquation entre le modèle d'Estimation de Parc de Bâtiments de Bureaux (EPBB) et des données de référence.

MOTS-CLÉS : base de données, bâtiments de bureaux, parc

ABSTRACT.

Study of multi-scale (district, city, region) energy strategies requires new methods for building stock simulation built on databases characterized by a large scope and a local decomposition. Thus, in this paper, the recently released database SIRENE® is used to model office building surface stocks. Distributive keys are defined to allocate office surfaces according to the number of employees and the categories of business. Comparisons with other studies at city and national scale reveal a good fit between the Office building Stock Estimation model (OBSE) and the benchmark data.

KEYWORDS : data-driven model, office buildings, stock

1. INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment résidentiel-tertiaire est responsable en France de 22% des émissions de CO₂ (ADEME 2013). La diminution de ces émissions est aujourd'hui indispensable pour faire face au changement climatique et répondre aux objectifs de l'Accord de Paris.

Afin d'affiner les stratégies de diminution des émissions de CO₂, de nombreux travaux portent sur le développement de modèles *bottom-up* de simulation de consommation d'énergie, basés sur l'utilisation de grandes bases de données, à large échelle et à maille fine (« data driven model » : DDM) (Buffat et al. 2017; Berthou et al. 2015). Ce type de modèle peut être utilisé à différentes échelles. A large échelle (région, pays), les DDM peuvent servir à modéliser des parcs de bâtiments représentatifs et appuyer la prise de décisions en matière de politiques énergétiques (Mata,

Kalagasidis, and Johnsson 2013; Tuominen et al. 2014). A l'échelle locale, le quartier fait l'objet de nombreuses études : cette échelle est suffisamment grande pour prendre en considération le tissu urbain et suffisamment petite pour mener à bien des projets concrets (Fonseca and Schlueter 2015). Ainsi, des DDM peuvent accompagner ces projets dans la mise en place de stratégies de gestion de l'énergie : réduction des consommations, production décentralisée, flexibilité de la demande (Fonseca et al. 2016; Braulio-Gonzalo et al. 2016; Robinson et al. 2009; Riederer et al. 2015).

La disponibilité des données d'entrée s'avère déterminante pour les DDM, cela d'une part pour éviter au maximum de faire appel à des enquêtes de terrains supplémentaires dans le cas d'études locales et d'autre part pour pouvoir utiliser les modèles de manière générique et à large échelle dans le cas d'études régionales ou nationales. En France, les principaux producteurs de données susceptibles d'être utilisées dans ce type de modèle sont l'INSEE¹ et l'IGN². Notamment, les bases de données BD_TOPO (IGN 2017) et recensement de population (RGP) (INSEE 2014) permettent de modéliser des parcs de bâtiments résidentiels (Berthou et al. 2015). Cependant dans le cas du secteur tertiaire l'exercice s'avère plus difficile, car il y a moins de données disponibles. L'une des premières étapes pour l'estimation des consommations d'énergie de ce secteur consiste à établir un modèle de parc, en distinguant la surface réservée aux différents usages tertiaires. Le secteur du tertiaire regroupe un grand nombre d'activités présentant des usages énergétiques, des modes constructifs et des profils de consommation singuliers. Cette étude se concentre sur les activités de bureaux, qui d'après (CEREN 2015), représentent en France, environ 8% de la consommation en énergie du secteur du bâtiment (résidentiel + tertiaire).

Il est présenté dans cette publication, une méthode générique de modélisation de parcs de bâtiments de bureaux à l'aide des bases de données de description des territoires en libre accès. Dans un premier temps, les données utilisées sont présentées. Ensuite la méthode de reconstitution générique de parcs d'établissements de bureaux est détaillée : il s'agit d'extraire, des informations disponibles, une évaluation de la surface de plancher des bâtiments de bureaux. Cette méthode fait notamment appel à des clefs de répartition de surface de bureaux selon l'activité économique. Pour finir, des éléments de validation sont apportés en comparant les surfaces de bureaux obtenues par la méthode développée avec d'autres estimations de la littérature.

2. METHODE GENERIQUE D'ESTIMATION DU PARC D'ETABLISSEMENTS DE BUREAUX

2.1. DONNEES SOURCES

La méthode générique proposée repose principalement sur la base de données SIRENE® (INSEE, n.d.). Diffusée en accès libre depuis 2017 par l'INSEE, cette base de données correspond aux besoins des DDM au sens où elle couvre une large échelle sur une maille fine. En effet, elle répertorie l'ensemble des établissements et entreprises actifs du pays, localisés à l'adresse. Environ 10 millions d'établissements sont représentés. De nombreuses données économiques et juridiques sont disponibles, et notamment les tranches d'effectifs de chaque établissement (Tableau 1)³. Cette

¹ INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

² IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

³ Les effectifs de salariés et d'établissements SIRENE®, agrégés à l'échelle de la commune, ont été comparés aux données CLAP (INSEE 2016) . La comparaison fait apparaître que ces effectifs sont quasiment identiques dans chacune de ces bases de données (5% d'erreur en moyenne sur les 20 arrondissements de Paris, 3% d'écart type).

information correspond majoritairement à l'année n-2, les données utilisées ayant été téléchargées en 2017, elles seront millésimées à l'année 2015.

Ainsi, cette base de données permet d'obtenir sur un territoire donné, une liste d'établissements caractérisés par leur effectif de salariés et l'activité exercée selon la classification NAF A732. Ce type de données est particulièrement adapté aux DDM de type Smart-E (Berthou et al. 2015), qui prennent en entrée une liste d'établissements caractérisés par plusieurs attributs dont le nombre d'occupants et la surface utile. En ajoutant à cela des données techniques sur les bâtiments et les systèmes, ainsi que des données d'emplois du temps, des courbes de consommation d'énergie pourront être estimées par des modèles simplifiés de systèmes et de bâtiments.

Tranche d'effectif	Effectif retenu⁴
1 à 2 salariés	1,5
3 à 5 salariés	4
6 à 9 salariés	7,5
10 à 19 salariés	14,5
20 à 49 salariés	34,5
50 à 99 salariés	74,5
100 à 199 salariés	149,5
200 à 299 salariés	249,5
Au de-là	Effectif à la centaine près

Tableau 1 : Tranches d'effectifs proposés dans la base de données SIRENE® et effectifs retenus dans le modèle.

2.2. IDENTIFICATION DES SALARIES DE BUREAUX

Les effectifs de salariés, calculés selon la méthode précédemment décrite, considèrent l'ensemble des postes salariés d'une commune sans distinction. La première étape de la méthode consiste à séparer les salariés travaillant dans des bureaux des autres à l'aide de clés de répartition.

Cette distinction peut être faite en effectuant un tri binaire sur les activités NAF, où seules les activités considérées comme liées à du travail de bureau sont retenues (APUR 2015; ARENE 2009). Cette approche peut impliquer des erreurs car la majorité des activités tertiaires ne sont ni à 100%, ni à 0% des activités de bureau. Pour nuancer cette approche, des coefficients correspondant aux pourcentages d'actifs travaillant dans des bureaux sont estimés pour chaque catégorie d'activité (au sens des codes NAF A38, Tableau 3). Ces clés de répartition sont calculées via la table individu de l'enquête emplois du temps (INSEE 2010). Cette enquête, réalisée sur plus de 18000 individus, renseigne entre autres sur les domaines d'activité et la « classification d'emplois » (Tableau 2) des salariés. Sont considérés comme employés de bureaux, les individus correspondant aux classes : 4 à 10. Les individus correspondant aux classes 1 et 2, sont supposés ne pas travailler dans des bureaux. Les techniciens (classe 3) n'étant pas aisément assimilables à une de ces deux catégories, ils ne sont pas pris en compte dans ce calcul. Les codes d'activité disponibles dans cette base de données sont liés aux codes NAF A38 par une matrice de passage. Cela permet donc, à l'échelle nationale, d'estimer, pour chaque activité au sens NAF A38, le pourcentage de salariés travaillant dans des bureaux. Les clés de répartition obtenues sont présentées en Tableau 2.

Finalement, les ratios de salariés travaillant dans des bureaux sont appliqués aux effectifs de chaque établissement. Les établissements correspondant à des activités d'hébergement,

⁴ Pour chaque tranche disponible, la valeur médiane est retenue

d'enseignement et de médical (code NAF A38 : iz,pz,qa,qb) sont exclus du calcul des établissements de bureaux.

1	Manœuvre ou ouvrier(ère) spécialisé(e)
2	Ouvrier(ère) qualifié(e) ou hautement qualifié(e), technicien(ne) d'atelier
3	Technicien(ne)
4	Personnel de catégorie B ou assimilé
5	Agent de maîtrise, maîtrise administrative ou commerciale, VRP (non cadre)
6	Personnel de catégorie A ou assimilé
7	Ingénieur, cadre (à l'exception des directeurs généraux ou de ses adjoints directs)
8	Personnel de catégorie C ou D ou assimilé
9	Employé(e) de bureau, employé(e) de commerce, personnel de services
10	Directeur général, adjoint direct

Tableau 2 : Attribut 'Classification dans l'emploi' de la table individu de l'enquête emplois du temps de l'INSEE(INSEE 2010).

Codes NAF	Activités	% des postes de bureau	Codes NAF	Activités	% des postes de bureau
az	Agriculture, sylviculture et pêche	18	lz	Activités immobilières	97
bz	Industries extractives	37	ma	Act. juri., compta., gest., arch., ingé.	93
C	Industrie manufacturière : (ca, cb, cc, cd, ce, cf, cg, ch, ci, cj, ck, cl, cm)	48	mb	Recherche-développement scientifique	93
dz	Prdn & distr. élec. gaz vap. & air cond.	61	mc	Autres act. spécial., scientif. et tech.	93
ez	Gestion eau, déchets & dépollution	61	nz	Act. de svices administratifs & soutien	83
fz	Construction	31	oz	Administration publique	95
gz	Commerce ; répar. automobile & motorcycle	79	pz	Enseignement	-
hz	Transports et entreposage	65	qa	Activités pour la santé humaine	-
iz	Hébergement et restauration	-	qb	Héb. méd.-soc. & soc. & ac. soc. ss héb.	-
ja	Édition, audiovisuel et diffusion	98	rz	Arts, spectacles & activités récréatives	81
jb	Télécommunications	98	sz	Autres activités de services	78
jc	Act. informatique & svices d'information	98	tz	Act. ménages: empl., prod. pr us. propre	78
kz	Activités financières et d'assurance	97	uz	Activités extra-territoriales	78

Tableau 3 : Estimations des parts de salariés de bureaux pour chaque activité NAF A38.

2.3. ATTRIBUTION DES SURFACES UTILES.

(ARENE 2009) fournit, sur la base d'un recensement sur l'Ile-de-France, des ratios de nombres de salariés par m² de surface utile, selon la taille des établissements. A partir de cette étude les effectifs des établissements de bureaux sont convertis en m² de surfaces utiles selon les ratios affichés en Tableau 4.

Effectifs	Nombre de m ² par salarié
<45	22
[45,217]	23
> 217	32

Tableau 4 : Ratios de nombres de salariés par m² de surface chauffée selon la tranche d'effectif des établissements (d'après (ARENE 2009)).

3. ELEMENTS DE VALIDATION.

3.1. COMPARAISON DES SURFACES DE BUREAUX ESTIMEES A L'ECHELLE DE LA VILLE

(APUR 2017) propose pour chaque arrondissement de Paris, des estimations des surfaces, correspondant aux bureaux de plus de 1000 m². Cette étude a été réalisée en croisant les bases de données MAJIC⁵ et SIRENE®. En plus de cela, des vérifications sont « faites par tous moyens possibles : Google street, pages jaunes et recherches internet ». En Figure 1, ces données sont comparées avec les surfaces de bureaux (de plus de 1000 m²) calculées par le modèle d'Estimation de Parcs de Bâtiment de Bureaux (EPBB) présenté ci-dessus, (les activités iz,pz,qa,qb et les activités d'administration publique «oz» sont exclues pour cette comparaison). Pour la majorité des arrondissements, les ordres de grandeur sont respectés. On note cependant des divergences importantes sur 4 des 20 arrondissements ou les estimations EPBB affichent une différence de plus de 50% par rapport à l'APUR (excepté ces 4 arrondissements, la différence moyenne est de 23%). De plus, on observe que pour 17 arrondissements sur 20, EPBB sous-estime les surfaces de bureaux par rapport à l'APUR. Une partie des erreurs pourrait venir d'une sous-estimation des ratios de nombre de m² par poste salarié. Aussi, le détail des activités retenues par l'APUR pour le calcul des surfaces de bureaux n'est pas connu.

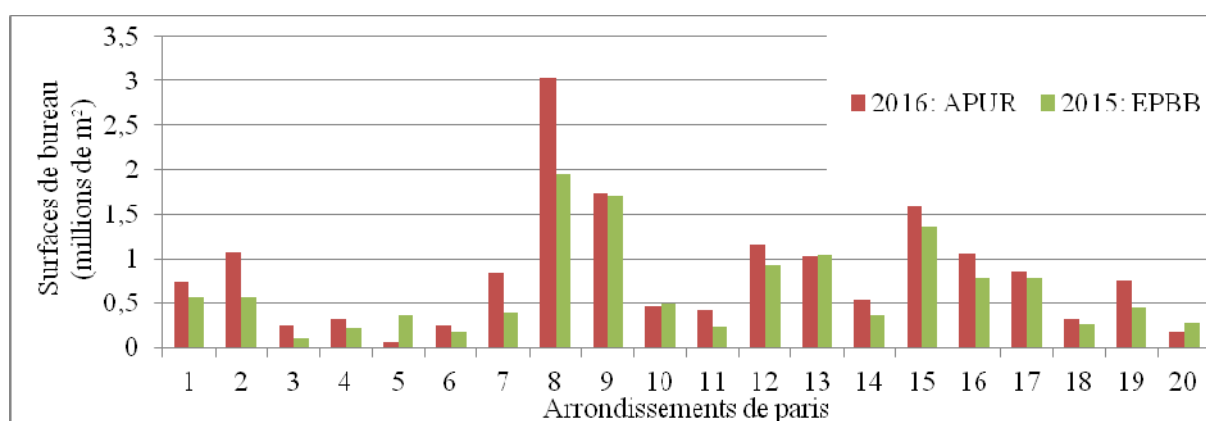


Figure 1 : Comparaison entre les surfaces de bureaux (de plus de 1000 m²) estimées par EPBB et (APUR 2017).

Des estimations des surfaces de bureaux pour une partie des arrondissements parisiens ont également été réalisées par L'Observatoire Régional de l'Immobilier d'Entreprise en Île-de-France (ORIE 2010). L'étude exploite des données issues de la taxe annuelle sur les bureaux perçue en Ile-de-France. Ces données ne concernent pas les bureaux d'une surface inférieure à 100 m². Pour estimer ces petites surfaces, l'étude fait appel aux données INSEE de postes salariés. Les résultats de ces estimations de surfaces de bureaux sont affichés en Figure 2, et comparés avec les résultats du modèle EPBB. L'étude (ORIE 2010) considère un ratio de 20 m² de surface utile par poste, contrairement aux données APUR, les parties communes ne sont pas considérées. Ce ratio de 20 m² de surface utile par poste est donc réutilisé dans le modèle EPBB afin de comparer le même type de surface. Ici encore, les activités d'administration publique « oz » ne sont pas prises en compte.

⁵ MAJIC (Mise À Jour des Informations Cadastreales) de la Direction Générale des Finances Publiques (DGFIP). Cette base de données qui renseigne sur les parcelles, les locaux et leurs propriétaires a ainsi une vocation fiscale : le calcul de la taxe foncière et l'envoi des avis d'imposition.

La comparaison montre des résultats proches (la différence varie de 1 à 27% selon les arrondissements, la moyenne est de 14%). Ainsi, la similarité entre les résultats du modèle EPBB basé sur des données d'effectifs de salariés, et l'estimation ORIE basée à 90% sur des données foncières, renforce la fiabilité de chacune des méthodes. Pour 9 arrondissements sur 12, le modèle EPBB surestime les surfaces de bureau par rapport à (ORIE 2010). Cela pourrait s'expliquer par le fait que 7 années séparent les deux estimations.

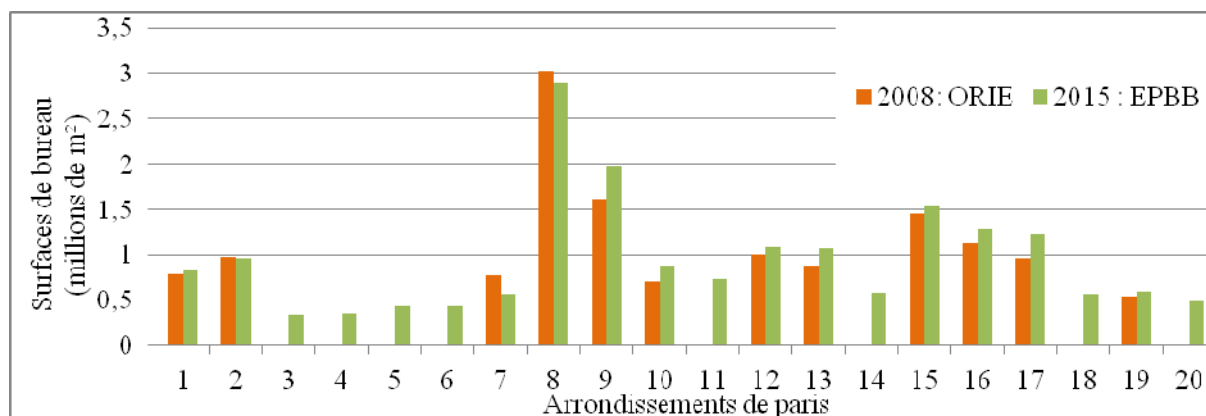


Figure 2 : Comparaison entre les surfaces de bureaux estimées par EPBB et (ORIE 2010) (EPBB est paramétré avec un ratio de m² de surface utile par poste fixé à 20), (seuls 12 arrondissements sont disponibles).

3.2. COMPARAISON A L'ECHELLE NATIONALE.

(CEREN 2015) fournit, sur la base de recensements, des estimations à l'échelle nationale des surfaces chauffées de bureaux. L'estimation des surfaces de bureaux chauffées en France issue du CEREN est comparée à l'estimation résultant du modèle EPBB en Tableau 5. Le modèle EPBB donne un résultat inférieur à celui du CEREN de 4%.

CEREN : 2013	EPBB : 2015
214	206

Tableau 5 : Comparaison des estimations de surfaces de bureaux (millions de m²) (CEREN 2015) et EPBB.

Dans la note (ORIE 2010), des estimations des surfaces de bureaux à échelle nationale sont également proposées. Ces estimations s'appuient sur les nombres de salariés rémunérés par catégorie socioprofessionnelle (issus des DADS). En Tableau 6, les estimations ORIE, sont comparées aux résultats EPBB. Les estimations issues de ces deux méthodes concordent à cette échelle également.

ORIE (hypothèses ORIE r=19-25) : 2008	EPBB (hypothèses ORIE r=19-25) : 2015
165-197	163-214

Tableau 6 : Comparaison des estimations de surfaces de bureaux (millions de m²) (ORIE 2010), avec les estimations EPBB (EPBB est paramétré avec les hypothèses haute et basse (ORIE 2010) de ratio de m² de surfaces utiles par poste: r=19-25; la catégorie administration 'oz' n'est pas prise en compte).

4. CONCLUSION

La méthode proposée a l'avantage de pouvoir être appliquée rapidement sur n'importe quelle zone géographique en France, d'autant que les données utilisées sont gratuites, libres d'accès et mises à jour régulièrement. Les clefs de répartition des postes des bureaux selon les activités semblent pertinentes et validées à l'échelle de la commune et à l'échelle nationale. Par la suite des études comparatives

supplémentaires pourraient permettre d'étudier la pertinence du modèle sur des mailles différentes. Les ratios de m² de surfaces utiles par poste pourraient être affinés selon l'implantation géographique des bâtiments de bureaux. De même, les clefs de répartition pourront être affinées en prenant en compte une classification par activité plus détaillée.

Enfin, un croisement des données Sirene® avec la BD_TOPO est à l'étude dans le but d'affiner le modèle EPBB en comparant les surfaces estimées à partir des effectifs, à la géométrie des bâtiments issus de la BD_TOPO. Cela pourrait permettre de déceler d'éventuelles erreurs dans les effectifs déclarés, d'identifier les bâtiments à usage mixte et les bâtiments entièrement dédiés aux bureaux, ou encore d'étudier plus en détail les rapports entre effectifs de salariés et les surfaces de bureaux.

Le parc de bureaux ainsi obtenu peut ensuite être caractérisé du point de vue du bâti et des systèmes, notamment avec une approche typologique et l'utilisation de données statistiques et géographiques, ceci dans le but d'intégrer les bâtiments de bureaux dans une plateforme de simulation énergétique du parc bâti. Cette réflexion s'insère dans un travail plus large de description du territoire pour la modélisation de la demande en énergie. Les données publiées par l'INSEE issues du recensement de population sont déjà utilisées pour décrire les parcs de logements (Berthou et al. 2015). La base de données Sirene® sera aussi étudiée pour modéliser d'autres activités du secteur tertiaire, telles que l'enseignement ou l'hôtellerie.

5. REMERCIEMENT

Les auteurs remercient le fond européen «Actions Innovatrices Urbaines» du FEDER, pour son financement apporté dans le cadre du projet CoResponsibility in District Energy Efficiency & Sustainability (CoRDEES).

6. BIBLIOGRAPHIE

- ADEME. 2013. "Chiffres Clés Du Bâtiment." <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/chiffres-cles-batiment-edition-2013-8123.pdf>.
- APUR. 2015. "Le Parc de Bureaux Parisien et Son Potentiel Transformation."
- . 2017. "Recensement et Dynamiques Du Parc de Bureaux."
- ARENE. 2009. "Etude Sur Les Consommations D'énergie Dans Les Bureaux En Île-de-France."
- Berthou, Thomas, Bruno Duplessis, Philippe Rivière, Pascal Stabat, Damien Casetta, and Dominique Marchio. 2015. "SMART-E: A TOOL FOR ENERGY DEMAND SIMULATION AND OPTIMIZATION AT THE CITY SCALE," December. <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01462212>.
- Braulio-Gonzalo, Marta, María Dolores Bovea, María José Ruá, and Pablo Juan. 2016. "A Methodology for Predicting the Energy Performance and Indoor Thermal Comfort of Residential Stocks on the Neighbourhood and City Scales. A Case Study in Spain." *Journal of Cleaner Production* 139 (December). Elsevier: 646–65. <https://doi.org/10.1016/J.CLEPRO.2016.08.059>.
- Buffat, René, Andreas Froemelt, Niko Heeren, Martin Raubal, and Stefanie Hellweg. 2017. "Big Data GIS Analysis for Novel Approaches in Building Stock Modelling." *Applied Energy* 208 (December). Elsevier: 277–90. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2017.10.041>.
- CEREN. 2015. "Données Statistiques Du CEREN," 1–32.
- Fonseca, Jimeno A., Thuy-An Nguyen, Arno Schlueter, and Francois Marechal. 2016. "City Energy Analyst (CEA): Integrated Framework for Analysis and Optimization of Building Energy Systems in

- Neighborhoods and City Districts.” *Energy and Buildings* 113 (February). Elsevier: 202–26. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2015.11.055>.
- Fonseca, Jimeno A., and Arno Schlueter. 2015. “Integrated Model for Characterization of Spatiotemporal Building Energy Consumption Patterns in Neighborhoods and City Districts.” *Applied Energy* 142 (March). Elsevier: 247–65. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2014.12.068>.
- IGN. 2017. “BD TOPO®.” 2017. <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>.
- INSEE. n.d. “Base Sirene®.” <https://www.sirene.fr/sirene/public/static/contenu-base-sirene>.
- . 2010. “Enquête Emplois Du Temps.” <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2118074>.
- . 2014. “Fichiers Détail Du Recensement de La Population.” 2014. <https://www.insee.fr/fr/information/2867866>.
- . 2016. “Connaissance Locale de L’appareil Productif / Clap.” 2016. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1232>.
- Mata, Érika, Angela Sasic Kalagasidis, and Filip Johnsson. 2013. “A Modelling Strategy for Energy, Carbon, and Cost Assessments of Building Stocks.” *Energy and Buildings* 56 (January). Elsevier: 100–108. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.09.037>.
- ORIE. 2010. “Note n°24 - Le Parc de Bureaux Francilien En 2008 - Février 2010.” http://www.orie.asso.fr/sites/default/files/fichiers/note_methodologique_parc_orie_2017.pdf.
- Riederer, Peter, Vincent Partenay, Nicolas Perez, Christophe Nocito, Romain Trigance, and Thierry Guiot. 2015. “DEVELOPMENT OF A SIMULATION PLATFORM FOR THE EVALUATION OF DISTRICT ENERGY SYSTEM PERFORMANCES.” In *BS2015: 14th Conference of International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, India*. <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2015/p2976.pdf>.
- Robinson, Darren, F Haldi, J Kämpf, P. Leroux, D. Perez, A. Rasheed, and U Wilke. 2009. “CITYSIM: COMPREHENSIVE MICRO-SIMULATION OF RESOURCE FLOWS FOR SUSTAINABLE URBAN PLANNING.” In *11th International IBPSA Conference*. <https://pdfs.semanticscholar.org/0fb6/af269aef7d6c69123e5aa8d778aa98ddd834.pdf>.
- Tuominen, Pekka, Riikka Holopainen, Lari Eskola, Juha Jokisalo, and Miimu Airaksinen. 2014. “Calculation Method and Tool for Assessing Energy Consumption in the Building Stock.” *Building and Environment* 75 (May). Pergamon: 153–60. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.02.001>.