



HAL
open science

Les outils numériques et rénovation, réhabilitation, reconversion de bâtiments existants : comment utiliser ces outils au travers d'un cas d'étude ?

Marie Pottier

► To cite this version:

Marie Pottier. Les outils numériques et rénovation, réhabilitation, reconversion de bâtiments existants : comment utiliser ces outils au travers d'un cas d'étude ?. Architecture, aménagement de l'espace. 2016. dumas-01764838

HAL Id: dumas-01764838

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01764838>

Submitted on 12 Apr 2018

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.

Copyright

Mémoire de séminaire : conditions de consultation

Ce document est protégé par le droit d'auteur (art. L. 112-1 du Code de la propriété intellectuelle).

L'auteur du document accorde les droits d'usages suivant :

	OUI	NON
Consultation sur place	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impression	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diffusion Intranet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diffusion Internet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exposition	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Publication non commerciale	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



MÉMOIRE MASTER 2015-16

MARIE POTTIER

**LES OUTILS NUMÉRIQUES &
RENOVATION , RÉHABILITATION, RECONVERSION
DE BÂTIMENTS EXISTANTS**

Comment utiliser ces outils, au travers d'un cas d'étude

Enseignants référents : Sandra Marques & Jean-Pierre Goulette

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, je tiens à remercier Madame Sandra Marques et Monsieur Jean-Pierre Goulette, mes tuteurs de mémoire, qui ont su me guider, et me conseiller durant toute la durée de ce travail, ainsi que de leur patience pour répondre à mes questions et la relecture du mémoire.

De même, je remercie Monsieur Bernard Ferriès pour son implication et l'enseignement théorique qu'il délivre dans le cadre du séminaire BIM et Architecture numérique.

Je souhaite particulièrement remercier, Monsieur Pierre Navarra et Emmanuel Sorin de l'agence SONA architecture, sans qui ce mémoire n'aurait pu aboutir, merci pour leur disponibilité et leur contribution en partageant leur expérience de la réhabilitation en BIM. Ainsi qu'à leurs collaborateurs : LiberD, le cabinet d'architecture Elnet & Dolowy et Qualitym pour l'autorisation de publication de leur document de travail.



LIBER-D



enet dolowy
architecture



Table des matières

1 Introduction.....	1
2 Le développement durable.....	5
2.1 Origine du développement durable.....	6
2.2 Les piliers du développement durable.....	9
2.3 Les réglementations thermiques en France.....	11
3 Les bâtiments existants.....	15
3.1 Le parc résidentiel.....	17
3.2 Le parc tertiaire.....	23
3.3 Le patrimoine industriel.....	26
3.4 Les enjeux.....	27
3.5 Et l'architecte ?.....	29
3.6 Conclusion.....	30
4 Les outils.....	33
4.1 La maquette numérique BIM.....	34
4.2 Les logiciels.....	38
4.3 Le scanner 3D.....	43
4.4 Le scanner 3D ZEBEDEE.....	48
4.5 Les bibliothèques d'objets.....	50
5 Études de cas.....	53
5.1 Le château d'Auvours.....	54
5.2 Le projet de réhabilitation.....	56
5.3 L'emploi des outils numériques par l'agence SONA.....	60
6 Conclusion & Perspectives.....	75

1 | Introduction

Pour ce mémoire, J'ai porté un intérêt sur un sujet d'actualité mais pour autant assez peu documenté.

Des controverses sont présentes dans le débat, qui consiste à savoir si le BIM est adapté à la rénovation, réhabilitation et reconversion du bâti existant.

En effet, le contexte actuel, où l'avancée des outils numériques et le patrimoine bâti existant se côtoient, nous sommes en droit de nous questionner sur les relations que les deux peuvent entretenir. Nous tenterons de répondre à la problématique suivante : "Comment et pourquoi les outils numériques s'adaptent-ils lors de la rénovation, réhabilitation ou reconversion de bâtiments existants ? "

Pour ce faire, nous allons dans un premier temps, retracer l'histoire et les objectifs du développement durable, et voir en quoi cette notion a-t-elle influencé la question de l'amélioration du parc immobilier existant.

Dans une seconde partie, nous aborderons, l'état du parc immobilier existant de manière un peu plus statistiques et les enjeux qui y sont liés, tant pour notre planète que pour l'architecte.

La troisième partie de ce mémoire sera consacré à la présentation et à la définition de certains de ces outils numériques.

Enfin, pour répondre à la problématique de départ, nous étudions un cas de réhabilitation en cours. Bien que le projet ne soit pas terminé (les travaux débuteront à l'été 2016), il sera intéressant de voir comment les outils numériques ont été utilisé dans ce cas de figure.

On entend beaucoup parler de rénovation, réhabilitation ou de reconversion, mais quand et comment utilise-t-on l'un ou l'autre de ces termes et à quoi font-ils référence exactement ?

Si l'on interroge, différents acteurs de la construction, chacun aura sa définition et son domaine d'application.

Afin de dégager une notion commune pour ce mémoire, nous allons analyser des définitions extraites du *Littré*, du *dicocitation-LeMonde*, du *CNRTL* et du *dictolatin*.

RENOVATION :

- A.** Reconstitution de quelque chose dans son état initial par remplacement d'éléments.
- B.** Fait de renaître, de reparaître.
- C.** Transformation, amélioration.
- D.** Remise en état, remise à neuf.

Étymologie :
composé du préfixe
RE : à nouveau
et de
NOVATION du latin NOVARE :
innover, introduire quelque chose
de nouveau

Le terme rénovation, lorsqu'il est utilisé pour de la "rénovation urbaine" est employé (sûrement à des fins politiquement correctes), pour la démolition/reconstruction de quartiers entiers, dit "insalubres".

Quant à la "rénovation énergétique", elle est définie par l'ensemble des travaux du bâtiment visant à baisser la consommation énergétique des habitants ou des utilisateurs.

Nous allons donc définir, la rénovation comme le fait de : Remettre à neuf, des installations ou des bâtiments, en y apportant quelques choses de nouveau, une extension par exemple.

REHABILITATION

Étymologie :
composé du préfixe
RE : à nouveau
et de
habilitare du latin habilitare :
habilitier, rendre apte

Définition: Terme de jurisprudence. Action de réhabiliter : rétablissement dans le premier état. Rétablir quelqu'un ou quelque chose dans un état, dans des droits.

A. (en droit). Rétablissement dans les droits et prérogatives dont on est déchu.

B. Fait de rétablir (quelqu'un, quelque chose) dans l'estime, dans la considération perdue.

C. (en architecture) Opération d'urbanisme consistant dans le nettoyage et la remise en état d'un quartier ou d'un immeuble ancien.

La différence entre rénovation et réhabilitation est très subtile, nous emploierons donc la définition issue du "Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations des maîtres d'œuvre privés" , qui définit l'opération de réhabilitation ainsi :

« la réhabilitation correspond à une remise en état profonde d'un ouvrage ancien (par exemple : modification importante des volumes ou des façades, redistribution importante des espaces...) » (p47)

RECONVERSION :

Étymologie :
composé du préfixe
RE : à nouveau
et de
convertir du latin convertere :
tourner complètement, changer
complètement, faire passer d'un
état dans un autre.

Définition: Action de convertir de nouveau

A. Changement d'activité, de profession, supposant une formation différente et une adaptation à ces changements.

La reconversion est donc un changement de fonction, d'usage d'un bâtiment.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 | Le Développement Durable

La définition de « développement durable » est tirée du rapport Brundtland* (1987 p43) qui introduit pour la première fois l'expression de « *sustainable development* », qui en français sera traduite par développement durable :

“Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs”.

*Le rapport Brundtland est le nom communément donné à une publication, officiellement intitulée « Notre avenir à tous » (Our Common Future), rédigée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies.

2.1 | Origine du développement durable

Avant d'aborder les principes et les piliers du développement durable, il convient de retracer l'origine et l'évolution de cette notion.

La révolution industrielle du XIXe siècle a pendant longtemps véhiculé l'idée que le progrès technique assurerait une croissance continue et indéfinie, cependant au cours du XXe siècle une prise de conscience se fait petit à petit, en relation avec les effets négatifs de l'industrialisation sur les milieux naturels, faune, flore, milieux aquatiques, mais également que dans cette croissance le facteur humain n'était pas considéré.

Dans les années 1968 « Le Club de Rome », un groupe de réflexion réunissant scientifiques, humanistes, universitaires, et homme d'affaires, se penche sur la question de la "croissance perpétuelle" et de ses limites. Leur réflexion considère que la population et la croissance industrielle suivent par nature une croissance exponentielle et que les ressources naturelles sont limitées et donc que si rien n'est fait, notre système est voué à "l'effondrement". Les chercheurs constitueront une équipe au MIT et publient le texte de référence « Halte à la croissance ? ». Ce rapport sera le point de départ des débats de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement de Stockholm, en 1972, et qui introduira le concept d'éco-développement.

Figure 31. — Comportement du modèle global

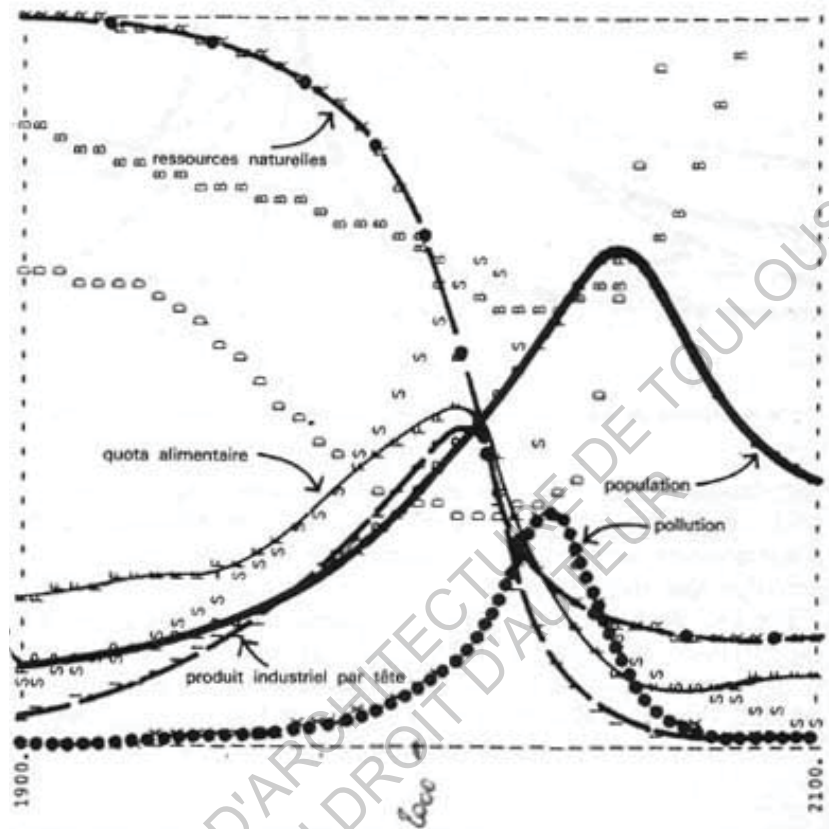


Figure 1: Extrait du rapport Meadows dit du « Club de Rome » 1972

« La seule conclusion forte est que la croissance matérielle perpétuelle conduira tôt ou tard à un "effondrement" du monde qui nous entoure, et que, même en étant très optimiste sur les capacités technologiques à venir, l'aptitude à recycler ou à économiser les matières premières que nous consommons, le contrôle de la pollution, ou encore le niveau des ressources naturelles, l'effondrement se produit avant 2100.

Par "effondrement" il ne faut pas entendre la fin de l'humanité, mais la diminution brutale de la population accompagnée d'une dégradation significative des conditions de vie (baisse importante du produit industriel par tête, du quota alimentaire par tête, etc) »

Jean-Marc JANCOVICI - Qu'y a-t-il donc dans le "Rapport du Club de Rome"- (Nov 2009)

En clair, le développement économique est alors présenté comme incompatible avec la protection de la planète à long terme. En parallèle, les premiers ministères de l'environnement sont créés, notamment en France en 1971.

En 1973 le premier choc pétrolier marqua la fin des Trente Glorieuses et sera suivi d'un second en 1979. Ces chocs pétroliers ont mis en avant, que la croissance économique dépendante des énergies fossiles ne pouvait se poursuivre, le pétrole comme les autres ressources terrestres étant en quantités limitées et non renouvelables.

Les années 80 quant à elles permettent au public de prendre conscience de l'existence des pollutions et des dérèglements de la planète, tels que le " trou " dans la couche d'ozone, l'effet de serre, la déforestation, etc.

Le sommet « Planète Terre » de Rio au Brésil en 1992, réunis 182 pays pour débattre de l'avenir de la planète. Le développement durable prendra alors sa définition actuelle et un programme d'action : l'agenda 21 qui en dressera les objectifs. Le développement durable concilie trois piliers : le progrès économique, la justice sociale et la préservation de l'environnement.

Depuis cette date, s'ensuivront de nombreux sommets où les États et les acteurs économiques et sociaux, s'efforceront de mettre en œuvre le développement durable.

2.2 | Les piliers du développement durable

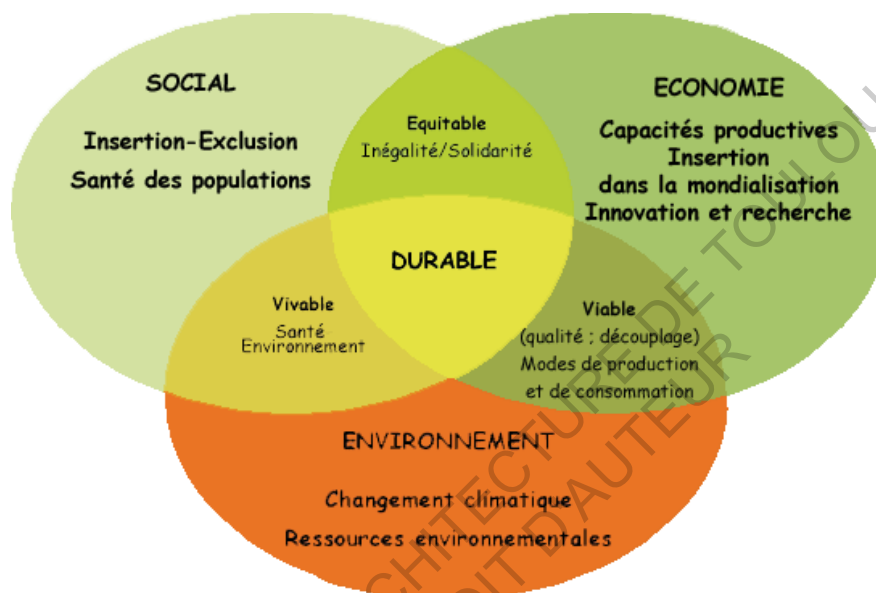


Figure 2 : Les trois piliers du développement durable - source : ministère de l'écologie et du développement durable

* cf : www.developpement-durable.gouv.fr

Les piliers du développement durable se déclinent en trois parties*

➔ Pilier environnemental

il s'agit de préserver, améliorer et valoriser les ressources naturelles sur le long terme, en maintenant les grands équilibres écologiques et en limitant des impacts environnementaux. Les principaux enjeux environnementaux sont *:

- Économiser et préserver les ressources naturelles
- Protéger la biodiversité
- Éviter les émissions de CO2 pour lutter contre le changement climatique

➔ Pilier social

Il s'agit de satisfaire les besoins essentiels de l'humanité, en réduisant les inégalités entre les individus. La société doit assurer le bien-être de tous ses citoyens et de permettre à tout à chacun, d'accéder à un logement, la santé, au travail, à l'éducation, etc. Les principaux enjeux sociaux sont :

- Lutter contre l'exclusion, la pauvreté et les discriminations
- Favoriser la solidarité
- réduire les inégalités et respecter les cultures

➔ Pilier économique

Il vise des objectifs de croissance et d'efficacité économique respectueux des milieux naturels d'où proviennent les ressources afin de favoriser une création de richesses pour tous. Il s'agit de concilier la viabilité d'un projet avec des principes éthiques, tels que la protection de l'environnement et la préservation du lien social. Les enjeux d'une économie responsable sont souvent liés aux autres piliers :

- Développer des pratiques commerciales innovantes, alternatives et éthiques
- Intégrer le coût social et environnemental dans le prix des produits
- Chercher à développer le tissu économique local

2.3 | Les réglementations thermiques en France

C'est à la suite des chocs pétroliers de 1973 et de 1979, qu'une réelle prise de conscience est faite sur la nécessité d'économiser l'énergie. La France adopte dès 1974 une première réglementation thermique (RT), afin de réduire la facture énergétique. À l'époque elle impose quelques centimètres d'isolant sur les parois ! Cette réglementation prise en raison de la hausse des prix du pétrole, évoluera plusieurs fois par la suite, afin de diminuer les niveaux de consommation des bâtiments en énergie.

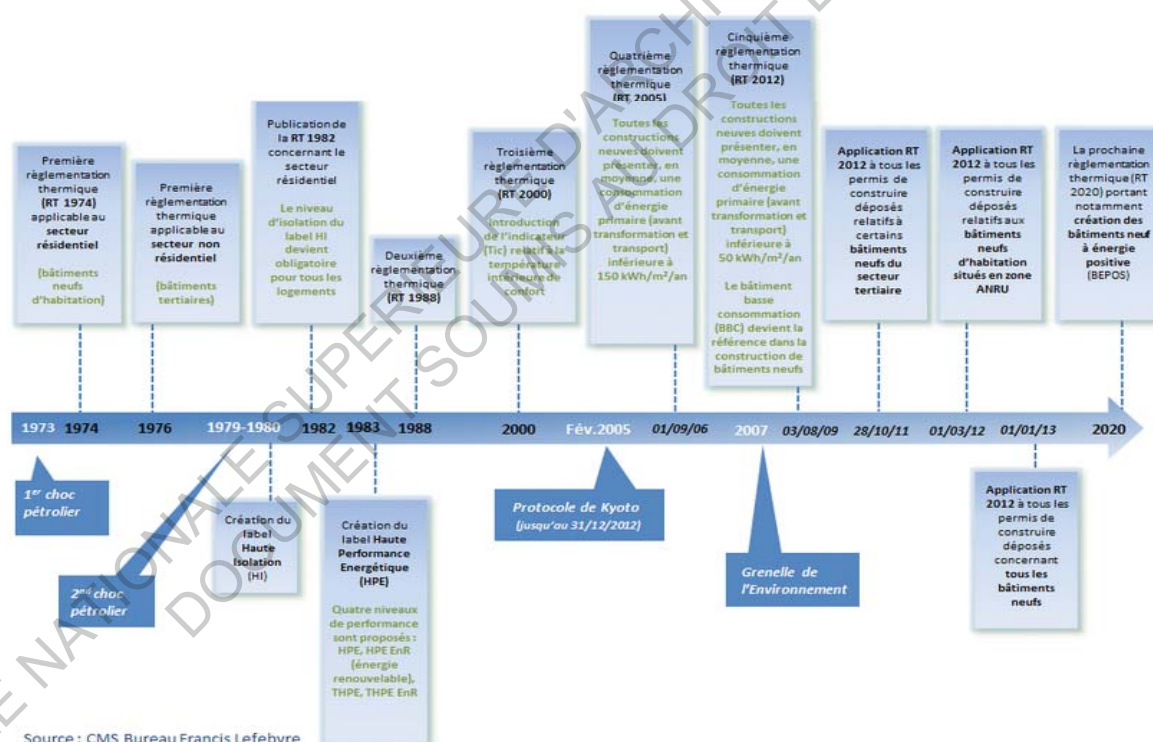
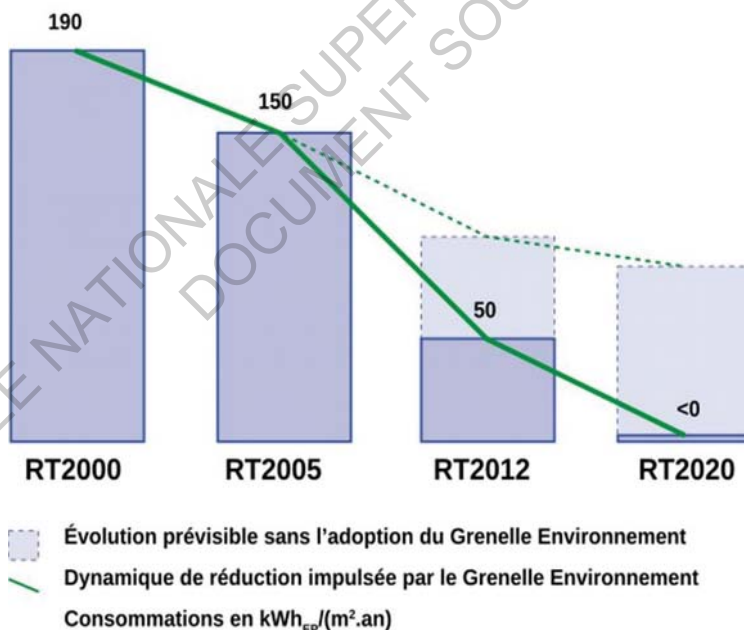


Figure 3: Chronologie des réglementations thermique en France - source : CMS

Selon la Loi Grenelle 1 dans l'article 4 : les objectifs de la RT 2012, sont donc de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 kWhEP/(m².an), en limitant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire et la ventilation.

Les réglementations thermiques successives ont permis de réduire la consommation énergétique des bâtiments neufs. La réglementation thermique actuelle RT2012, a généralisé la construction de Bâtiments Basse Consommation depuis le 1er janvier 2013 en France.

La prochaine réglementation thermique prévue en 2020, devrait quant à elle, aller encore plus loin en matière de performance énergétique, en généralisant la construction des Bâtiments à Énergie Positive (BEPOS), comme l'indique la figure 4 ci-dessous, à l'horizon 2020, les constructions neuves ne devraient plus être consommateur d'énergie mais producteur.



Les futurs objectifs, sont comme l'indique le diagramme ci-contre, non plus d'atteindre un minimum de consommation énergétique, mais bel et bien d'envisager un seuil inférieur à 0, ce qui implique que les bâtiments seraient producteurs d'énergie et non consommateurs.

Figure 4: Evolution des contraintes des RT de consommation en énergie - source :e-rt2012

De plus, il est désormais question d'intégrer, la notion de "cycle de vie des bâtiments", afin d'évaluer la performance globale d'un bâtiment et d'initier des choix constructifs qui tendent à minimiser l'impact environnemental des constructions.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 | Les Bâtiments Existants

Comme nous venons de le voir, les RT2012, et la future RT2020, ne s'appliquent que sur les constructions neuves.

Alors que le secteur du bâtiment représente à lui seul près de 44% des consommations d'énergies finales* et contribue à quasiment 24% des émissions de Gaz à effet de serre.

La rénovation des bâtiments existants devient donc un enjeu majeur, pour lutter contre le réchauffement climatique.

Derrière l'expression "bâtiments existants", nous considérons ici tous les bâtiments construits avant 1975, date de la première réglementation thermique en France.

*L'énergie primaire est l'énergie « potentielle » contenue dans les ressources naturelles avant toute transformation. Comme le bois, le gaz, le pétrole, etc.

L'énergie finale est l'énergie consommée et facturée à chaque bâtiment, en tenant compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible.

Il faut ajouter à cette dernière les pertes d'énergie liées à l'extraction, la distribution, le stockage.

Le coefficient de conversion de l'énergie finale en énergie primaire est de 2,58 pour l'électricité et 1 pour les autres énergies.

Le secteur des bâtiments est le plus “gros consommateur” en termes d’énergie finale, et a ce titre la France s’est fixé des objectifs.

La loi du 3 août 2009* relative à la mise en œuvre du Grenelle de l’environnement donne des orientations quant aux bâtiments existants :

*cf :La_première_loi_du_Grenelle.pdf

→ Réduire la consommation d’énergie dans les bâtiments anciens de 38% d’ici à 2020.

→ Définir un programme ambitieux de rénovation thermique des bâtiments : 400 000 rénovations complètes par an à partir de 2013, et avec des échéances réduites pour les bâtiments publics.

→ Lancer un plan particulier pour les 800 000 logements sociaux dont la consommation annuelle d’énergie est supérieure à 230 kWh d’énergie primaire par m².

Afin de mieux comprendre les enjeux définis par le Grenelle de l’environnement nous allons étudier la composition du secteur du bâtiment. En effet le secteur se divise lui-même en deux catégories : le résidentiel et le tertiaire.

Les acteurs s’accordent à reconnaître un manque de connaissance de l’état du parc des bâtiments existants et des bâtiments tertiaires en particulier, même si l’on dispose pour les logements d’un certain nombre d’éléments, comme les performances thermiques globales ou une classification par âge et type de logement, on dispose de peu de données précises de la performance énergétique selon leur typologie, dates et modes de construction, et de leur état, au regard aux travaux d’amélioration entrepris par les propriétaires.

3.1 | Le parc résidentiel

Pour une lecture simplifiée des différentes données trouvées en matière de statistique du parc immobilier, nous aborderons ici sous le terme de logements, les résidences principales*, (hors résidences secondaires, logements vacants, locaux d'hébergements).

*« Une résidence principale est un logement occupé de façon habituelle et à titre principal par au moins une personne [...] Une résidence secondaire est une résidence habituelle utilisée pour les weekends, les loisirs ou les vacances. Un logement occasionnel est une résidence habituelle utilisée une partie de l'année, le plus souvent pour des raisons professionnelles ou des raisons d'études [...] Un logement vacant est un logement inoccupé, qu'il soit disponible ou non à la vente ou à la location. Les locaux d'hébergement sont des structures collectives qui, contrairement aux logements ordinaires, offrent à leurs occupants, en plus du service de logement, leur vocation première, l'accès à des services collectifs ou l'hébergement médicalisé avec assistance permanente pour effectuer les gestes quotidiens. »
 Commissariat général au développement durable – Service de l'observation et des statistiques _
 RéférenceS 2012

Les logements constituent une part importante du parc existant, puisqu'il représente à lui seul les 3/4 du secteur.

Selon les estimations annuelles du parc de logements, menée par l'Insee-SoeS, le secteur résidentiel compte quasiment 29 millions de logements en 2015.

Le graphique ci-dessous (figure 5) datant de 2012, nous montre que sur les 28 millions de résidences principales, les logements bâtis avant toute réglementation thermique (1975), sont majoritaires et représentent 55% du parc immobilier, et qu'ils comptent pour 64 % de la consommation d'énergie.

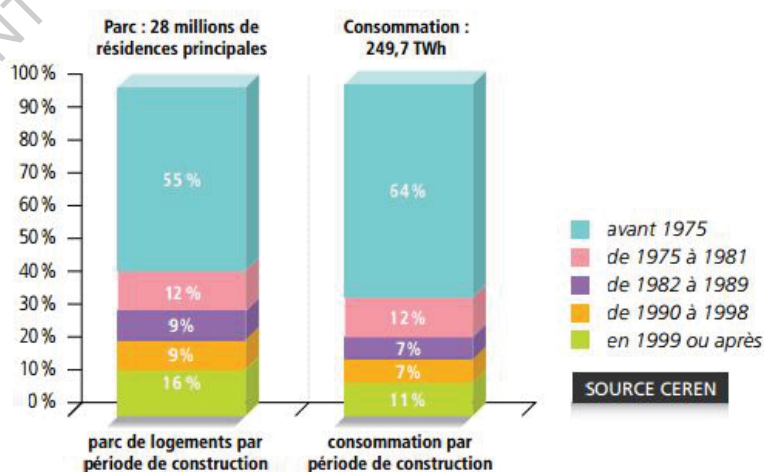


Figure 5: Répartition du parc de logement et consommation d'énergie en (TWh) par période de construction - source :ADEME les chiffres clés du bâtiment,éd.2013

Le parc de logements est lui-même scindé en deux, d'une part les logements individuels (maisons) et d'autre part les logements collectifs (appartements).

➔ Le logement individuel

Sur les 28 millions de logements, le logement individuel représente 57 % du parc immobilier, et dont 51 % ont été construits avant 1975*.

La lecture du graphique ci-dessous nous montre qu'en termes de consommation énergétique les maisons individuelles, construites avant 1975 sont plus énergivores, et que le chauffage est la source majeure de cette consommation.

*source : publication-données-CEREN-2015.pdf

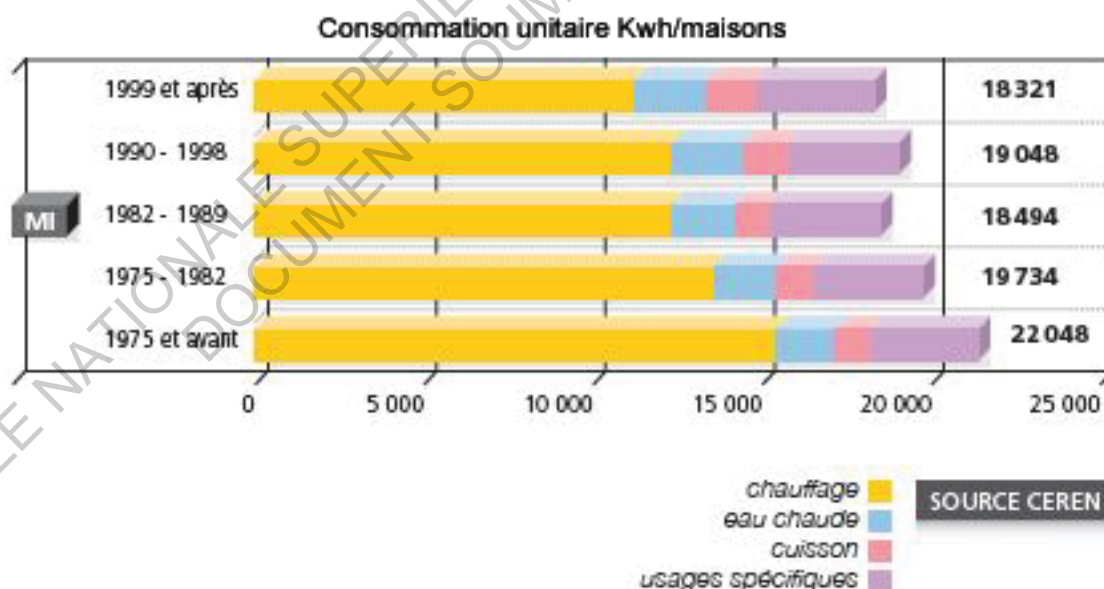


Figure 6: Consommation unitaire par Kwh / maison individuelle – source ADEME : les chiffres clés du bâtiment, éd 2015

➔ Les logements collectifs

En 2013, les logements collectifs représentent 43 % du parc immobilier, et dont 58 % ont été construit avant 1975*.

source : publication-données-CEREN -2015.pdf

De même que pour les maisons individuelles, les immeubles collectifs, corroborent l'idée que les constructions antérieures à 1975, sont plus consommatrices d'énergie

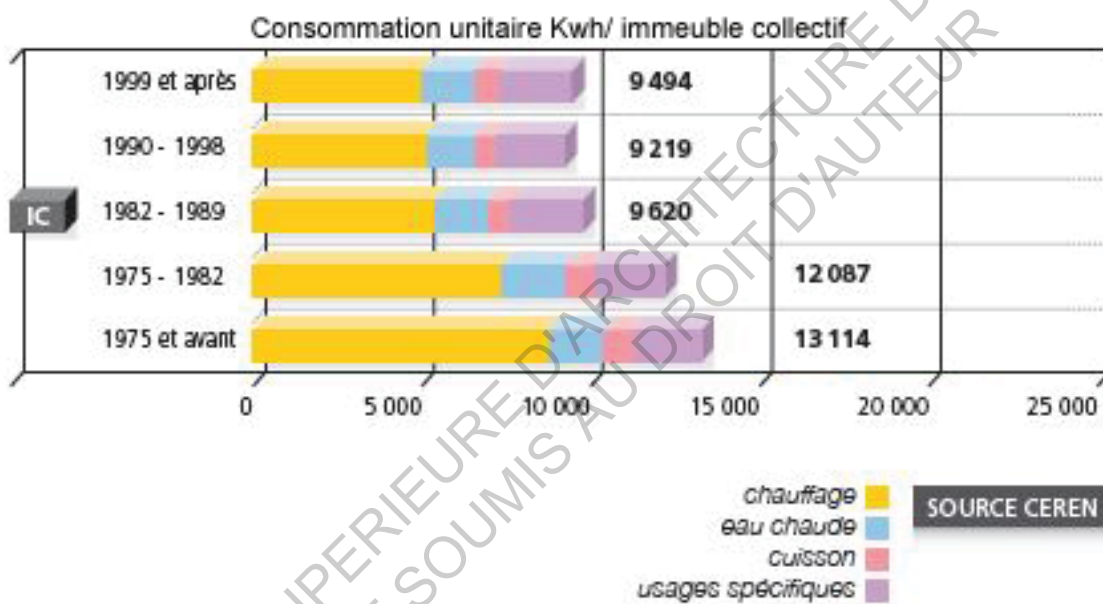


Figure 7: Consommation unitaire par Kwh / Immeuble collectif – source ADEME : les chiffres clés du bâtiment, éd 2013

*ADEME les chiffres clés du bâtiment

« La disparité des consommations unitaires est à prendre avec précaution, car elles reposent sur des facteurs de superficie, de zone climatique et de qualité d'isolation qui diffèrent selon le type d'habitation. »*

TYPE de logement	DATE de construction	Nombre de logements (milliers)	Surface en Millions de m ²	Consommations toutes énergies, tous usages (TWh d'énergie finale)				
				Totales	dont Gaz	dont Électricité	dont Fuel	dont Autres
Appartements	Avant 1975	7 035	466	90.7	47.2	24.2	6.0	13.4
	1975-1998	3 263	213	34.0	12.4	15.5	1.5	4.7
	1999 et après	1 864	124	17.6	6.4	9.2	0.2	1.8
	TOTAL	12 162	803	142.3	65.9	48.9	7.6	19.9
Maisons	Avant 1975	8 098	869	171.2	51.1	45.1	34.5	40.4
	1975-1998	5 014	578	96.3	18.0	37.8	11.2	29.3
	1999 et après	2 785	324	51.1	11.1	22.5	2.5	15.1
	TOTAL	15 897	1 771	318.6	80.1	105.4	48.2	84.8

Figure 8: Consommations finales des résidences principales en 2013 selon la date de construction

source : publication-données-CEREN -2015.pdf

Le tableau ci-dessus montre l'influence de la date de construction des logements sur le niveau de consommation d'énergie et à la fois sur la répartition par type d'énergie.

Depuis 1973, les consommations unitaires moyennes de chauffage par superficie ont baissé de 58 %. Cette diminution est sûrement liée aux travaux d'améliorations dans l'habitat existant, aux réglementations thermiques dans le neuf mais aussi grâce à un comportement plus économe des foyers.

Ainsi, la consommation unitaire moyenne totale est passée de 352 kWh/m² en 1973 à 186 kWh/m² en 2011 (soit environ – 1,2% par an).*

*ADEME- les chiffres clés du bâtiment

Toutefois, sur cette même période, la consommation unitaire moyenne d'électricité spécifique a plus que doublé passant de 13 kWh/m² en 1973, à 30 kWh/m² en 2011, l'explication vient du fait que les ménages sont de plus en plus équipés d'appareils électroménagers, hi-fi, bureautique mais surtout par la climatisation.

*Le diagnostic de performance énergétique est l'un des diagnostics techniques fournis lors de la location ou de la vente d'un logement, avec les diagnostics amiante, termites, plomb, électricité, gaz. Il fournit une estimation de la performance énergétique du logement.

Le service de l'observation et des statistiques du commissariat général au développement durable, a mené une étude associant enquête et diagnostic de performance énergétique* (DPE) qui a permis de fournir un état des lieux des résidences principales et de leurs performances énergétiques.

Leur analyse montre qu'en 2012, plus de la moitié (53,6 %) du parc des logements en France métropolitaine consomme entre 151 et 330 kWhEP/m²/an d'énergie (étiquette énergétique D ou E), contre seulement 14 % qui bénéficient d'étiquettes plus performantes (A, B ou C).

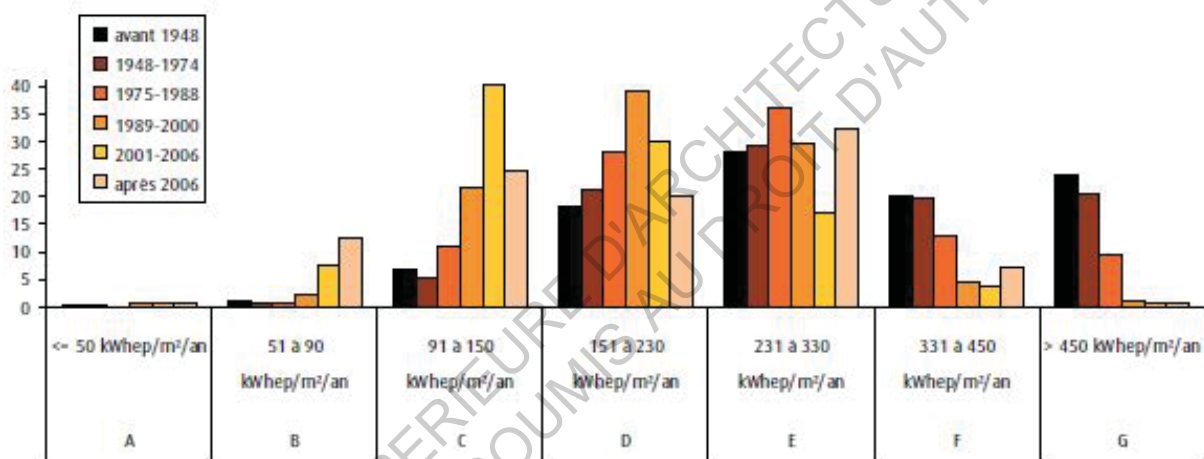


Figure 9: Répartition des étiquettes « énergie » selon la période de construction -source : Source : Chiffres et statistiques, n° 534

Lecture du graphique:

18,3 % des logements construits avant 1948 ont une étiquette « énergie » D

21,2 % pour ceux de 1948 à 1974

28,1 % de 1975 à 1988,

39,2 % de 1989 à 2000

29,9 % de 2001 à 2005

et 20,0 % après 2005.

Ces éléments nuancent un peu l'idée que plus un logement est ancien plus il est énergivore, mais notons que le DPE prend en compte la date de construction du logement, sachant que celui-ci peut avoir depuis été réhabilité ou rénové et donc offrir une meilleure performance thermique.

En matière d'émissions de gaz à effet de serre, un tiers des logements sont classifiés étiquettes A, B ou C, et 40 % en D ou E. La date de construction du logement, mais surtout l'énergie de chauffage utilisé sont déterminantes.

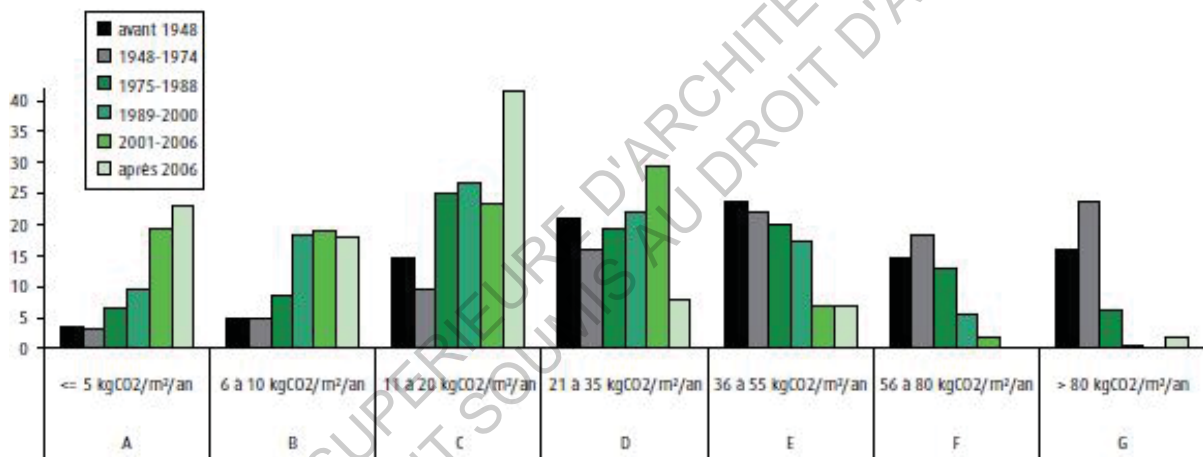


Figure 10: Répartition des étiquettes « GES » selon la période de construction -source : Source : Chiffres et statistiques, n° 534

Les émissions de Gaz à effet de serre (GES), quant à elles suivent le cycle des réglementations. Ceci est particulièrement dû à l'usage progressif de l'électricité qui émet peu ou pas de CO₂, à l'inverse du fioul, du gaz et des autres combustibles fossiles.

3.2 | Le parc tertiaire

Le terme de “tertiaire” couvre un ensemble très différent de bâtiments ou d’usages.

Entre dans cette catégorie des locaux comme les commerces, bureaux, l’enseignement, hôtellerie, bâtiments culturels et sportif, infrastructure de transport. Malheureusement nous avons constaté un manque de documentation en matière de consommation d’énergie et année de construction, du secteur tertiaire.

Cependant le Centre d’études et de recherches économiques sur l’énergie (CEREN) , a mené un suivi, du parc et des consommations d’énergie dans le secteur tertiaire, qui permet de connaître quelques indicateurs.

*« Les enquêtes du CEREN ciblent les établissements du secteur tertiaire dont les consommations relèvent essentiellement d’une problématique « bâtiment ». Leurs consommations d’énergie prépondérantes proviennent donc des usages de chauffage, de climatisation, ou d’éclairage. Il en résulte que la variable retenue pour chiffrer l’importance du parc tertiaire est la surface chauffée, et non la surface totale des bâtiments.»

En 2011 ils ont estimé la surface chauffée*, à un peu plus 900 millions de m².

Trois secteurs représentent les deux tiers de la surface totale du parc tertiaire datant d’avant 1975 :

Les commerces, l’enseignement et les bâtiments de bureaux.

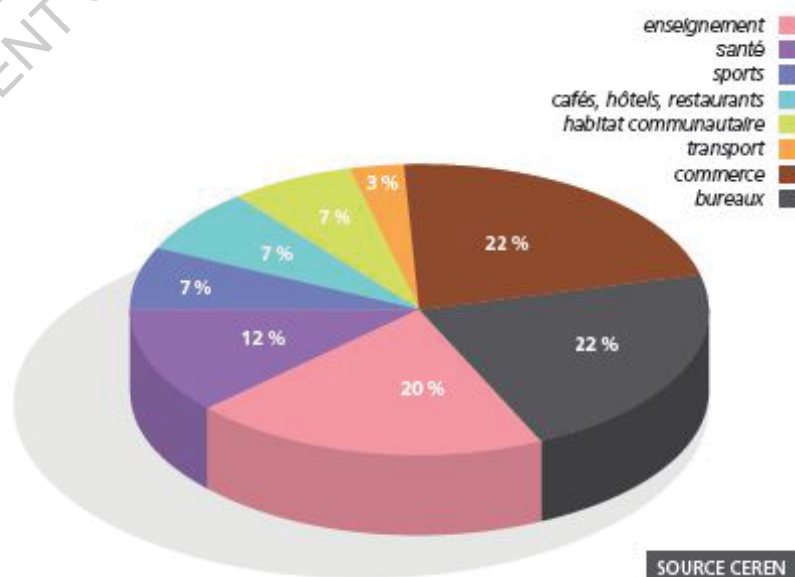


Figure 11: Répartition par branche des surfaces² chauffées dans le secteur tertiaire -source: ADEME les chiffres clés du bâtiment, éd. 2013

Afin d'établir une relation entre la consommation d'énergie et l'ancienneté des bâtiments, les données suivantes sont exprimées en consommation moyenne unitaire m^2/an , et non en consommation d'énergie finale.

En 2002 l'association Négawatt, a réalisé une estimation des surfaces chauffées des bâtiments du tertiaire construits avant 1975*

*La 1^{ère} réglementation thermique du secteur tertiaire date de 1976

	Avant 1975	Après 1975
Surface (en Millions de m^2) ^a	600	200
Consommation de chauffage (kWh/an/ m^2) ^b	209	155
Consommation d'ECS (kWh/an/ m^2) ^b	19	40
Totaux consommation (kWh/an/ m^2)	228	195

Source :

a - Estimation à partir de plusieurs sources (Insee, Ceren)

b - Estimation à partir de données de l'Observatoire de l'énergie

Figure 12: Estimation des surfaces chauffé avant 1975 - source Négawatt: Mesure nW Renov v1.02

L'ADEME*, publie les données suivantes pour 2011

*Agence de l'environnement et de la maîtrise en énergie

	2011
Surface (en Millions de m^2)	931
Consommation de chauffage et d'ECS (kWh/an/ m^2)	118
Consommation autre usage (kWh/an/ m^2)	86
Total des consommations (kWh/an/ m^2)	204

On constate une baisse de la consommation unitaire de l'ensemble des branches du tertiaire depuis plusieurs années.

Cependant, cette baisse est compensée par l'accroissement de la consommation énergétique totale qui passe de 174 TWh en 1990 à 224 TWh en 2013.

Cette augmentation est due notamment à l'amélioration du confort, aux nouveaux besoins à forte consommation (climatisation...).

Mais notons le point positif, que de manière générale dans le tertiaire, la croissance de la consommation est plus faible que la croissance du parc.

À l'occasion de la COP21, les ministères de l'écologie et du logement ont publié en janvier 2016 le projet de décret relatif à l'obligation des travaux de rénovation énergétique des bâtiments tertiaires existants.

Mais les problèmes posés par ces trois types de bâtiments sont très différents, tout comme leurs consommations. Il existe aussi une grande hétérogénéité dans les bâtiments de commerce, ce qui n'est pas le cas dans les bâtiments de bureaux.

« Le taux de rénovation de ce parc est estimé à environ 2,4 % par an, avec des disparités quant au degré de rénovation réalisé », indique Jean-Claude Migette directeur du pôle bâtiments efficacité énergétique chez Coda Stratégies.

3.3| Le patrimoine industriel

Notre société a été profondément marquée par les deux grandes “révolutions industrielles”, au cours du 19^e et 20^e siècles. La puissance industrielle a bouleversé les relations sociales et a façonné le paysage, l’architecture de notre territoire. La fin du 20^e siècle et le début 21^e sont le symbole de l’ère de la désindustrialisation.

*« Aucun siècle n’a jamais produit autant d’éléments pour notre histoire ; et aucun siècle ne les a aussi rapidement détruits »**

*Communiqué de presse du 26 juin 1985 du Ministère de la Culture.

Certaines régions très industrialisées comme le Nord-Pas de Calais ont été particulièrement affectés par ces usines. Les sites industriels à l’abandon ont laissé de nombreux stigmates tant au niveau urbain que rural.

Le terme de friche est employé dès lors, qu’un terrain bâti ou non a accueilli dans le passé une activité industrielle, artisanale ou de services (travail des métaux, peinture, stations-service...) et dont l’activité a cessé.

Il est difficile d’établir une estimation du nombre de friches industrielles, le dernier rapport en la matière remonté aux années 80, décennie durant laquelle le sujet de la reconversion des friches était au cœur du débat. Toutefois, selon le rapport de Jean-Pierre Lacaze, “Les Grandes Fiches industrielles”, du ministère de l’Équipement et du D.A.T.A.R.* les friches industrielles représentaient en France en 1986, près de 20.000 hectares. On peut imaginer que ce chiffre n’a eu de cesse d’augmenter en 30 ans.

*D.A.T.A.R : La Délégation interministérielle à l’aménagement du territoire et à l’attractivité régionale, est une ancienne administration française chargée de préparer les orientations et de mettre en œuvre la politique nationale d’aménagement et de développement du territoire

Nombre de ces friches, faute d'entretien se dégradent, et sont finalement démolies. Pourtant leur qualité architecturale, leur valeur patrimoniale ou leur potentiel méritent qu'elles soient préservées.

Combien de friches sont à la recherche de nouveaux usages ? Combien de communes sont à la recherche d'idée pour redynamiser leur territoire ?

La reconversion d'une friche industrielle peut être un facteur de développement local, pourtant tous les sites ne pourront pas devenir des musées, des sites touristiques ou des logements. On ne peut pas tout détruire, mais on ne peut pas non plus tout "muséifier".

3.4 | Les enjeux

Devant la pénurie de logements sur nos territoires, la réponse évidente est la construction de logements neufs. Cependant, en raison de la pression et de la raréfaction foncière, il faut trouver d'autres alternatives.

On peut aisément agir sur les bâtiments existants par une densification en hauteur, mais également agir sur la rénovation, la réhabilitation ou la reconversion des bâtiments.

Agir sur le bâti existant a des impacts multiples, cette notion introduit des enjeux tout aussi important sur le plan culturel, économique et social que sur le plan environnemental. Les bâtis existants caractérisent notre patrimoine, c'est un témoin de l'histoire, comme un élément constitutif de l'identité de nos territoires.

L'alternative à la démolition est une action en faveur de la sauvegarde et la valorisation du patrimoine bâti de nos régions.

C'est aussi un enjeu en matière de dynamisme local, réhabiliter un corps ferme ou une friche industrielle en milieu rural peut permettre de conserver ou créer plusieurs logements et ainsi maintenir une population sur un territoire, mais également de revitaliser le secteur de l'emploi et des savoirs faire locaux dans le domaine du bâtiment.

Comme nous venons de le voir la réhabilitation des bâtiments existants représente un fort enjeu en matière de consommation d'énergie et d'émissions de GES.

C'est un secteur où l'action est prioritaire compte tenu de son caractère très énergivore.

Non seulement c'est un secteur énergivore mais en plus il faut aussi prendre en considération la vulnérabilité énergétique des ménages, le commissariat général au développement durable révèle que « 14,6 % des ménages sont en situation de vulnérabilité énergétique pour leur logement et 10,2 % pour leurs déplacements. » c'est-à-dire qu'ils éprouvent des difficultés à payer leurs factures, ou à devoir faire le choix de ne pas se chauffer et ou de ne pas se déplacer.

3.5 | Et l'architecte ?

Pour l'architecte l'enjeu est de taille en effet, avec un parc immobilier existant qui se doit d'être rénové, aussi considérable, la profession à de l'avenir dans ce secteur !

Plus sérieusement, c'est un engagement, voir un devoir en tant qu'architecte, que de privilégier "la modernisation" et/ou "le recyclage" des bâtiments comme une alternative à l'acte de construire.

Les architectes de par leur formation ont les compétences pour œuvrer en faveur de la performance énergétique et des économies de charges qui en découlent.

Mais l'architecte permet également de proposer une véritable réhabilitation des logements, et d'améliorer non seulement les performances énergétiques mais aussi le confort, la qualité du cadre de vie et la valorisation du patrimoine.

La réhabilitation ne consiste pas seulement, à ajouter de l'isolant ou à changer de chaudière, mais à mener une vraie réflexion, à réintroduire de l'architecture, de la lumière, des espaces, d'anticiper sur des besoins futurs dans le logement.

La réhabilitation ou la reconversion du bâti existant peut receler des caractéristiques spécifiques, uniques qui associées aux contraintes programmatiques, rend le travail d'autant plus complexe, mais cela pousse à trouver des solutions ingénieuses et rend la pratique plus riche.

3.6 | Conclusion

Comme nous venons de le voir agir ou continuer d'agir sur les performances énergétiques des bâtiments existants est primordial pour notre avenir et celui de notre planète.

Bien qu'une construction neuve ait des performances un peu meilleures qu'une rénovation, il ne faut pas omettre ce qu'on appelle « l'énergie grise »*.

Même s'il est difficile de calculer l'énergie grise d'un bâtiment, il semble évident que de démolir celui-ci et de le reconstruire à neuf, demandera de nombreuses années pour compenser cette énergie grise consommée et ajoutera bien plus de dépense énergétique et environnementale, qu'une réhabilitation.

La ville de demain n'est plus une ville « nouvelle », cet espace bétonné en perpétuelle expansion, il est primordial de densifier le tissu, en s'appuyant sur le bâti existant plutôt que de continuer à consommer aveuglément le territoire.

Avec la « révolution numérique », nous disposons de moyens technologiques pour bâtir cette architecture 2.0.

* « l'énergie grise est la quantité d'énergie nécessaire lors du cycle de vie d'un matériau ou d'un produit: la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'entretien puis pour finir le recyclage »
source : wikipedia

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

4 | Les Outils

Chaque projet de rénovation, réhabilitation ou reconversion est unique, et avec un contexte spécifique. Il n'y a donc pas de solutions standard à la modernisation des bâtiments.

De plus, les travaux réalisés dans un bâtiment existant n'ont rarement qu'un seul objectif, ils peuvent être de l'ordre de l'amélioration des performances énergétiques, de la mise aux normes, d'une extension, d'un changement d'usage. De ce fait les techniques employées, seront différentes.

Cependant il y a un tronc commun à toute intervention, sur le bâti existant, qui est de réaliser des plans et des diagnostics. Les bâtiments "anciens" (avant 1975), n'ont souvent pas de plans numérisés, voire même pour certains bâtiments, pas de plan papier non plus.

Dans ce chapitre nous dresserons un panel non exhaustif, des outils numériques dont dispose l'architecte.

4.1 | La maquette numérique BIM

La maquette numérique BIM est une représentation virtuelle tridimensionnelle d'un objet ou d'un bâtiment, mais pas seulement, cette maquette contient des caractéristiques physiques et fonctionnelles. Pour certain elle est considérée comme "sa carte vitale" _bien que dans une carte vitale toutes les informations nous concernant ne sont pas mentionnées !

Il s'agit plus d'une base de données susceptible de contenir toutes les informations techniques d'un bâtiment ; comme la structure, les surfaces, la composition des murs, et qui peut aller jusqu'au modèle de lampe utilisé dans une salle de bain.

La "construction" de cette maquette se fait par le biais de logiciels type CAO. Il existe une multitude de logiciels dont chacun à ses propres fonctions, mais en règle générale les outils pour la modélisation de la maquette, sont des murs, des toits, des dalles, des objets, etc.

Le gain de temps lié à une modélisation 3D, est dû à la gestion simultanée de tous les plans. Par exemple, dans le plan RDC, l'emplacement d'une fenêtre est déterminé à un point x,y et z admettons qu'il soit nécessaire de la déplacer de 1 m, la modification sera automatiquement effective dans l'élévation correspondante.

Un autre intérêt de la maquette numérique est que l'on peut extraire des informations précises comme des mètres, des quantitatifs d'isolants ou toutes autres informations utiles, en phase de conception jusqu'à la phase de maintenance.

Cependant, Il y a un enjeu fort dans la modélisation de la maquette, car un des objectifs, est la transmission de la maquette contenant les informations du bâtiment, aux autres acteurs de la construction (ex :bureaux d'études, ingénieurs, etc.) donc, la modélisation doit être très rigoureuse, afin de ne pas répercuter une erreur.

Par exemple on ne peut pas utiliser l'outil dalle pour représenter un mur, car en matière d'information, de chiffrage, alors que le bâtiment comporte admettons 10 murs et 3 dalles, avec une erreur de modélisation impliquerait que le bâtiment compte 9 murs et 4 dalles.

Pour bien comprendre ce qu'est une maquette numérique BIM, il est nécessaire de cerner certaines notions comme les "Niveaux du BIM" et des "Level of Detail ou Level of Development (LOD).

➔ Niveaux du BIM :

Les niveaux du BIM se rapportent à l'état de la maquette en elle-même, et son stade dans le travail collaboratif.

Ce sont comme des degrés de maturité de celle-ci. Comme le montre la figure 10 ci-dessous, il y a 4 niveaux de BIM qui vont de 0 à 3.









Niveau 0 dessin 2 D		Niveau 1 : 2D, 2,5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
							
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2,5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
Travail isolé				Travail collaboratif			

Figure 13: Représentation des niveaux du BIM – source : <https://www.hexabim.com>

Niveau 0 :

On ne pas encore parler e BIM, la représentation est sur papier ou en numérique 2D.

Niveau 1 :

La représentation du bâtiment se fait en 3D, mais il n'y a aucun échange de la maquette, le travail reste isolé des autres corps de métier.

Niveau 2 :

La représentation du bâtiment se fait en 3D, c'est le premier niveau ou on voit des échanges de la maquette numérique. On peut parler ici de collaboratif dans le sens ou ce niveau inclut la manipulation de la maquette numérique par plusieurs intervenants.

Le site Objectif BIM définit clairement la subtilité de ce niveau : Chacun produit une maquette numérique 3D dans son coin (architecte, ingénieurs, MEP, [...]) les différents modèles progressent de concert et sont échangés en utilisant un format de fichier IFC. Cet échange va permettre de combiner tous les modèles en un seul modèle unique ou fédéré. C'est avec ce modèle unique que seront effectuées les détections de conflits par exemple.

Niveau 3 :

Ce niveau, qui a l'heure actuelle est plutôt une ambition, est caractérisé par le fait qu'il n'y est qu'une seule et même maquette numérique sur laquelle chacun intervient. Elle est stockée sur un serveur ou sur des plateformes collaboratives type CLOUD.

➔ LOD - Level Of Detail :

Dans la maquette numérique, il existe plusieurs LOD _ de l'acronyme anglais *level of detail* _ ou en français des niveaux de détail. Ce niveau de détail permet de définir les objets et informations attendus lors de la modélisation et de la collaboration BIM.

Les LOD se déclinent en 5 niveaux de LOD100, LOD200, LOD300, LOD400, et le LOD500. Ces niveaux peuvent s'apparenter aux phases déjà connues que sont les plans : d'esquisse, APS ,APD, EXE et du DOE. C'est-à-dire qu'à chaque phase du projet les informations contenues dans la maquette sont différentes, quel que soient les corps de métier et collaborateur de la maquette BIM.

LOD100 : Le bâtiment est défini par des volumes, des surfaces _la représentation est symbolique

LOD200 : Le bâtiment a un niveau de définition sommaire, la représentation des éléments est une forme générique, c'est une phase où l'on pourra avoir une première approche des quantités des dimensions, etc.

LOD300 : Les éléments constituant le bâtiment ont une représentation détaillée, permettant d'obtenir des dimensions et un quantitatif exact, afin de générer des plans d'exécution.

LOD400 : ce niveau est une représentation réaliste, avec les détails d'assemblage et identique à la mise en œuvre.

LOD500 : Le dernier niveau intègre des informations liées à la maintenance du bâtiment.

Prenons l'exemple d'une chaise de bureau :

- **LOD 100** : la chaise n'est pas mentionnée
- **LOD 200** : la chaise est représentée par un objet type.
- **LOD 300** : les caractéristiques de la chaise sont spécifiées : forme, dimensions.
- **LOD 400** : le modèle de la chaise a été choisi, et ses caractéristiques sont précises.
- **LOD 500** : La chaise est utilisée, on connaît sa date d'achat, le fabricant et on pourra par la suite estimer à quelle date la changer.

4.2 | Les logiciels

Les logiciels de modélisation :

Pour toute construction d'une maquette numérique, il faut un logiciel de modélisation BIM. Selon les corps de métier il y en a des différents, c'est ce que l'on appelle des logiciels métiers. En architecture les principaux sont : Allplan, Revit et Archicad.

Lors de la conception d'un projet en BIM, la notion fondamentale est l'interopérabilité, qui selon Mediaconstruct est : « la capacité d'un système ou d'un produit à travailler avec d'autres systèmes ou produits sans un effort particulier de la part de l'utilisateur ». Autrement dit c'est la possibilité d'échanger des fichiers de sources différentes, sans perdre trop d'informations. Ce qui est primordial pour le BIM, dont la collaboration est un des piliers.

En effet tous les intervenants d'un projet, travaillent avec leur logiciel métier, et dans une démarche BIM, doit avoir la possibilité de récupérer directement les données du modèle 3D, créé par un autre logiciel. Pour ce faire un format d'échange a été développé par BuildingSmart : le format IFC (Industry Foundation Classes). Ils permettent de décrire des objets (murs, fenêtres, espaces, poteaux...), leurs caractéristiques et la relation entre eux. On parle de « classes d'objets ».

Bien que des efforts soient faits pour améliorer l'interopérabilité, le BIM a encore de la marge de progression.

Comme nous avons pu le constater lors d'un exercice au 1^{er} semestre 2015, au sein du séminaire Bim et Architectures Numériques.

L'objectif de l'exercice était la conception d'un espace détente, situé dans les locaux du Quai des Savoirs de Toulouse. C'est un travail que nous avons réalisé en groupe de 5 étudiants, à l'image d'un projet avec plusieurs intervenants. Le projet comprenait une structure gonflable modélisée avec le logiciel Rhinocéros et Grasshopper, la modélisation de la pièce recevant cette structure a été faite avec Archicad, et nous avons utilisé 3D studio Max pour créer une animation de la pièce avec les différentes configurations du projet.

Cela a été un véritable casse-tête pour échanger les fichiers, particulièrement entre Rhino et Archicad ou le format IFC n'existe pas encore en export chez Rhino !* Après avoir testé plusieurs formats d'exportation, nous avons fini par faire un export au format STL (Stéréolithographie).

*Avec la version 20 Archicad lit et écrit le format natif de Rhino (3dm) il sera dorénavant possible d'importer un fichier Rhino / Grasshopper, et de le modifier

Cependant, impossible non plus de l'importer tel quel dans Archicad, la seule option trouvée a été d'ouvrir le fichier STL avec Archicad et non de l'importer, la conséquence est qu'à chaque modification du fichier Rhino, il fallait copier /coller tout le projet dans le nouveau fichier contenant l'import de la structure.

Des solutions ont été trouvées, cependant la démarche a été longue et complexe, d'où l'intérêt d'avoir un format d'import/export commun à chaque logiciel de conception 3D.

➔ Les visionneuses IFC :

Une maquette numérique contient énormément d'informations, et n'est pas générée par les mêmes personnes (architecte, ingénieur, etc.) chacun "apporte sa pierre à l'édifice", par l'ajout d'informations, pour construire ensemble la maquette numérique. Les visionneuses ou viewer IFC permettent ainsi de visualiser la maquette numérique, mais aussi d'analyser et de contrôler le contenu du fichier IFC livré.

Ces logiciels permettent donc de consulter le contenu de la maquette sans disposer de l'application source.

Chaque corps de métier peut visualiser, outre ses propres informations, des informations qu'il n'a pas modélisées, mais dont il a besoin pour comprendre le contexte et l'environnement du projet, mais également des informations qui sont pour lui sans intérêt. Il est donc possible dans une visionneuse de filtrer les informations pour mettre en évidence celles qui concernent chaque acteur sans qu'il soit noyé par toutes les autres.

La visionneuse est l'outil de base d'utilisations de la maquette numérique. Il existe de nombreux visualisateurs dont beaucoup sont gratuits. Citons par exemple : Solibri, Nemetschek IFC, Tekla Bimsight ou encore BIM Vision.

Certaines visionneuses intègrent, outre la consultation des données stockées, des fonctions comme :

- la création de coupes, de vues éclatées
- la détection de collisions, de conflits
- la conformité à des normes, à des règles
- la simulation de l'éclairage naturel
- la gestion des modifications et commentaires associés.
- faire des quantitatifs

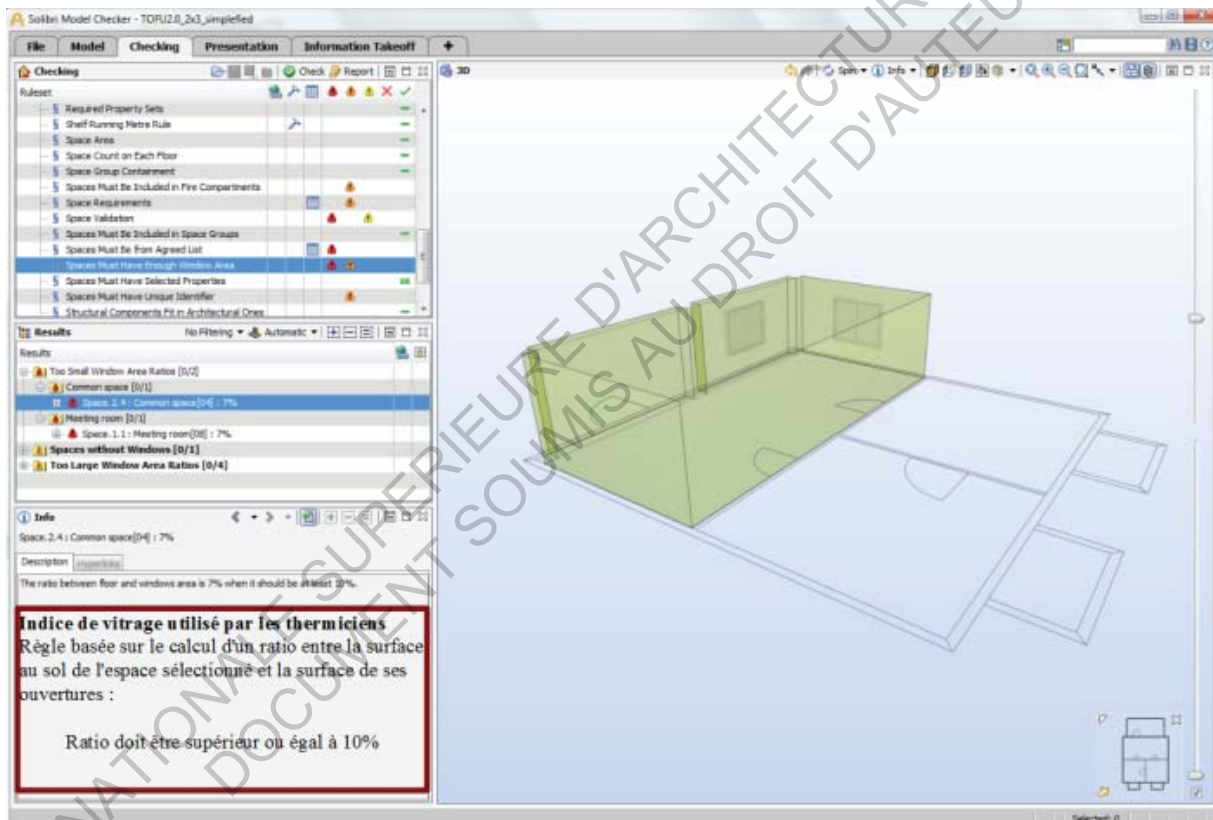


Figure 14: Exemple de vérification des règles sur la relation entre Ouvertures et Espaces sur Solibri
source : http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13_060_13-1-4.html

Les logiciels de simulation :

Pour mener à bien des projets d'architecture et notamment en rénovation, réhabilitation ou reconversion d'un bâtiment existant, il peut être nécessaire d'avoir recours à des logiciels de calcul énergétique.

L'ADEME classe les principaux outils de calcul en énergétique ou thermique des bâtiments en quatre familles :

- Les logiciels de détermination des performances : (DPE neuf et existant)
- Les logiciels de calcul réglementaire
- Les logiciels de bilan thermique
- Les logiciels de simulation thermique dynamique (STD)

Ici nous nous attacherons plutôt à la quatrième famille, soit à des logiciels de simulation thermiques ou énergétique.

Le principe du calcul de simulation thermique dynamique d'un bâtiment consiste à étudier sur une année entière ou sur une période définie d'au moins quelques jours, le comportement thermique d'un bâtiment.

Des paramètres peuvent être choisis, par exemple le calcul peut prendre en compte, soit uniquement l'enveloppe du bâtiment, soit avec des systèmes techniques.

La STD permet de prendre en compte tous les paramètres influant sur le bilan thermique: inertie du bâtiment, transmission à travers les parois, gain ou pertes par ventilation, etc mais aussi d'y inclure des scénarios d'occupation des locaux.

L'objectif étant d'identifier et de quantifier l'impact des différents éléments énergétiques et de valider ou non les concepts et solutions techniques retenues.

*Source :
<http://www.energiepositive.info/fr/prestations/simulation-thermique-dyn.html>

« Une STD est nécessaire en phase de conception d'un projet de construction, afin de valider les objectifs de faible consommation. Elle l'est aussi dans l'existant quand il s'agit d'établir une stratégie de rénovation. Dans ce dernier cas, on réalise une série de STD pour tester différentes solutions techniques à tout niveau (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement...). On peut trouver l'optimum entre performances et retour sur investissement, et établir une stratégie de rénovation énergétique permettant d'atteindre la performance énergétique avec un temps de retour minimal. »*

4.3 | Le scanner 3D



Figure 15: Exemple de scanner laser en situation – Source : Cabinet VINCENEUX et RIVIERE

Le scanner laser 3D est un outil qui balaye l'espace (intérieur ou extérieur) afin de mesurer des coordonnées tridimensionnelles d'un bâtiment ou d'un objet, à l'aide d'un faisceau laser de millions de points. Un nuage de points est ainsi généré, et peut ensuite être traité avec des logiciels spécifiques en vue d'une modélisation 3D.

Le processus de numérisation se déroule en 3 étapes :

Étape 1 :

La prise de nuages de points d'un bâtiment existant, consiste à positionner le scanner 3D pièce après pièce, avec un cheminement continu et précis. Le scanner laser 3D balaye l'espace à 360° pour mesurer des coordonnées x,y et z et prend simultanément des photos.

Grâce à des cibles, des sphères blanches ou de carré noir judicieusement positionnées dans l'espace, le scanner reconnaît le cheminement.



Figure 16: Exemple de cible – source : flash informatique

La précision du relevé 3D est de l'ordre du millimètre. La durée est de quelques dixièmes de seconde par prise de vues. Ces vues sont enregistrées directement sur une carte SD, sur l'ordinateur intégré au scanner 3D ou sur l'ordinateur connecté.

Les données récupérées sont des fichiers de nuages de points dont chacun possède des coordonnées spatiales en x, y et z. Le nuage de points suit fidèlement la forme des objets qui ont été scannés et permet de réaliser des modèles précis de la réalité. Ils peuvent aussi donner d'autres informations comme la couleur ou le niveau de gris.

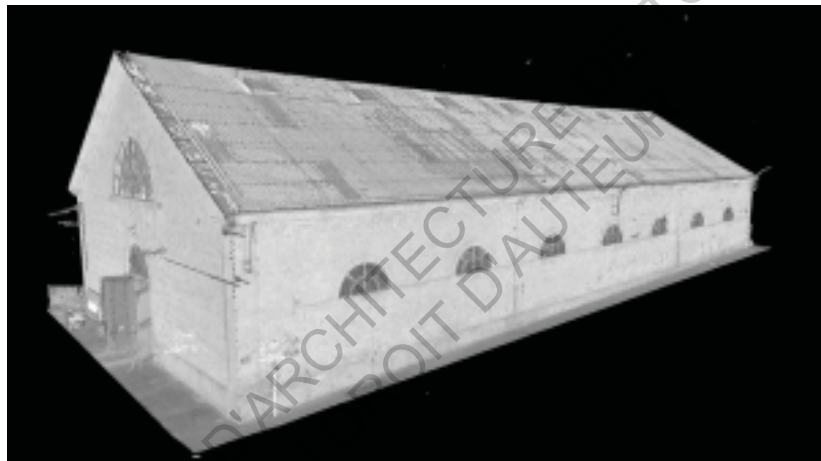


Figure 17: Nuage de points extérieur issue d'un scanner 3D - source : <http://www.life3d.fr/>



Figure 18: Nuage de points intérieur issue d'un scanner 3D - source : <http://www.life3d.fr/>

Étape 2 :

À partir des prises de vues réalisées, la deuxième étape consiste à réaliser un fichier 3D complet propre, et exploitable de l'objet. Plusieurs opérations peuvent être à réaliser comme la suppression d'éléments parasites à l'ensemble des prises de vue, le remplissage de trous ou encore l'amélioration de la qualité du maillage.

Par exemple, en site occupé, il faut enlever depuis le nuage de point tous les objets, chaises, mobilier, afin d'obtenir un fichier exempt de tout superflus, et uniquement du bâtiment.

Ces opérations sont primordiales pour ensuite exporter le fichier dans un logiciel d'architecture et construire la maquette numérique.

Étape 3 :

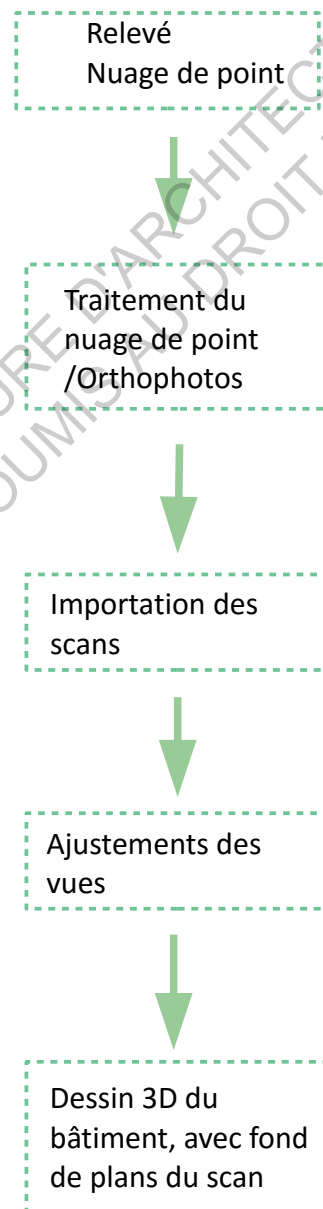
L'alliance du nuage de points avec la maquette BIM. Cette étape consiste à modéliser entièrement l'objet manuellement depuis un logiciel CAO. À partir d'une coupe ou d'un plan généré avec le nuage de points, tel un fond de plan, on "redessine" le modèle en 3D avec les fonctions et les outils paramétriques du logiciel de CAO (ex : murs, dalles, poteaux) qui dès lors intègre les informations nécessaires pour exploiter une maquette numérique.

Les avantages du relevé au scanner sont nombreux, en effet le relevé est une technique qui représente un gain de temps considérable en comparaison à un relevé manuel au télémètre, de plus il est d'une grande précision, mais surtout il permet de ne pas avoir d'oubli de cotes, dans la mesure ou il est possible de reprendre, des mesures depuis le nuage de points.

À cette étape il ne constitue pas à proprement parler d'une maquette numérique 3D. On utilise ces fichiers comme un squelette en trois dimensions, pour construire la modélisation 3D, à partir desquels il est notamment possible d'effectuer des mesures.

Cette technique représente d'autres avantages et notamment en termes d'organisation de travail, il est désormais plus facile de travailler à distance. Avec un relevé de bâtiment classique, il était quasiment obligatoire de revenir sur le site plusieurs fois, pour compléter le relevé, dorénavant la précision du relevé au scanner 3D, permet de ne plus être à proximité du site. On peut tout à fait imaginer travailler depuis Toulouse, sur un projet situé en Normandie. Cette notion de localisation est très importante et offre de nouvelles perspectives de travail.

Synthèse du processus :



4.4 | Le scanner 3D ZEBEDEE



Figure 19: Scanner 3D mobile ZEB1 - Source: geoslam.com

Encore plus révolutionnaire que le scanner 3D vu précédemment, le scanner 3D mobile Développer par CSIRO et commercialiser par 3D Laser Mapping, ZEBEDEE ou ZEB1 utilise la technologie robotique appelé "Simultaneous Localisation and Mapping"(SLAM) que l'on pourrait traduire en français par Localisation et Cartographie Simultanées.

Le système de Zebedee comprend un scanner laser monté sur un mécanisme à ressort simple, qui produit une rotation et qui convertit les mesures laser 2D en 3D de toutes les vues.

Contrairement au scanner 3D énoncé précédemment, celui-ci est "mobile", tandis que la personne en charge du relevé, marche dans le site ciblé, un bâtiment par exemple (mais aussi bien en extérieur),le scanner balaye en permanence l'environnement, pendant qu'un ordinateur enregistre les données du capteur.

Le scanner enregistre plus de 40.000 points de mesure par seconde, avec une précision de +/- 0,1 %
Pour avoir un ordre d'idées, il faut 15 minutes pour scanner une surface de 370m².

Ce type de scanner est très intéressant d'une part par sa rapidité, sa portabilité, mais également, du fait qu'il puisse scanner des endroits difficiles d'accès, il peut scanner partout où l'homme peut aller, une cage d'escalier ou des pièces exiguës par exemple, contrairement à système de scanner sur trépied.

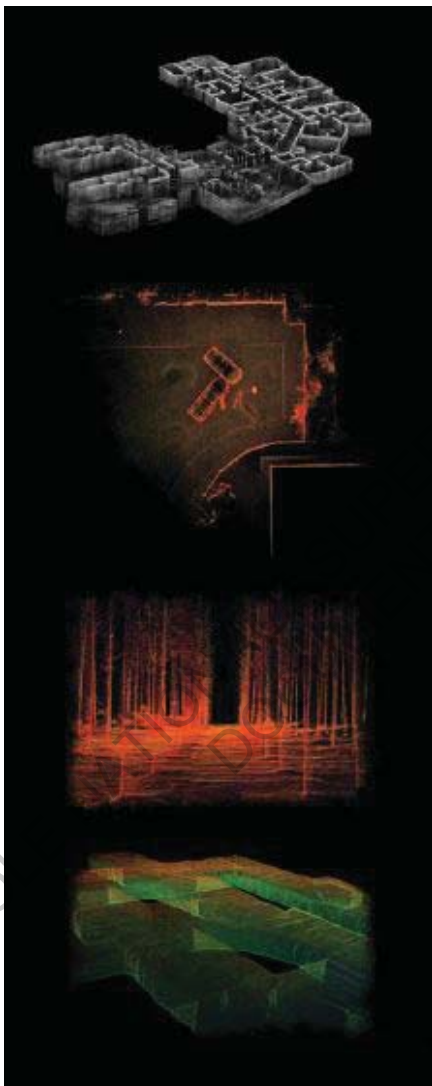


Figure 20 : Nuage de points réalisé avec ZEB
source : Brochure GeoSLAM mars 2015

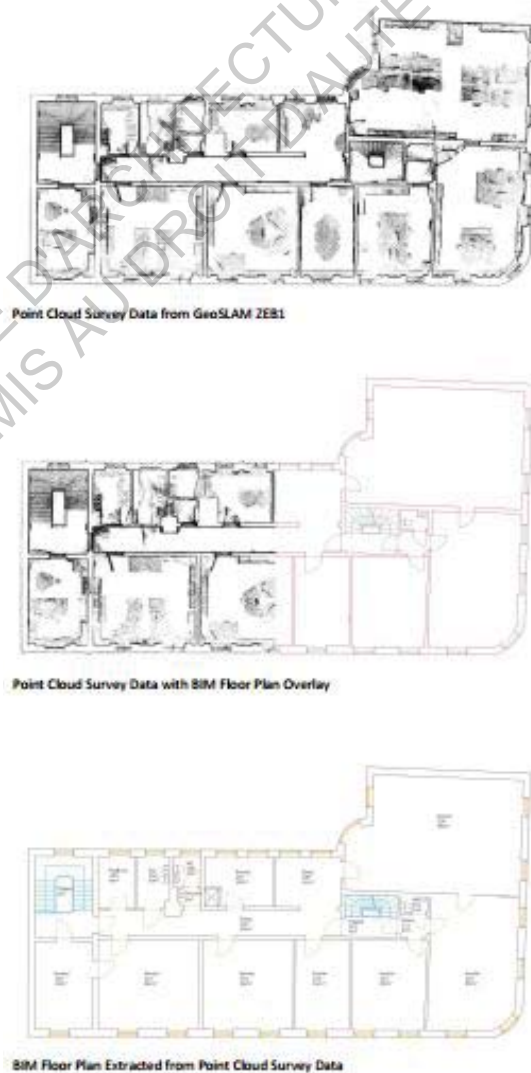


Figure 21: modélisation Bim depuis un nuage de point ZEB1
source : GeoSLAM

4.5 | Les bibliothèques d'objets

Afin de parfaire la maquette numérique, et la rendre la plus réaliste, des bibliothèques d'objets (fenêtres, mobiliers, accessoires, sanitaires, etc.) sont disponibles avec les logiciels, néanmoins ils ne sont pas toujours suffisants. Il existe donc des plates-formes de téléchargement pour les bibliothèques d'objets (sous tous les formats). Comme le souligne à juste titre le forum Objectif BIM « les fabricants ont vite compris que s'ils offraient leurs produits sous forme d'objets BIM à télécharger gratuitement, ils augmenteraient leurs chances de les voir sélectionnés dès la phase initiale. La plupart des grandes marques proposent maintenant leur catalogue dans les formats les plus utilisés en BIM. Les fabricants ont tout intérêt à ce que ces objets soient de très bonne qualité. »

Les bibliothèques d'objets en BIM sont de plus en plus nombreuses, et s'affinent au jour le jour, mais largement conçues par des fabricants internationaux, nous sommes en droit de nous questionner sur la "fabrication française" et de sa représentativité.

À titre d'exemple, sur une des grosses plate-formes de téléchargement d'objet *Bimobject*, nous avons fait une recherche simple pour des tables de bureaux, sur les résultats, 7 marques sont proposées, pas une n'est française ! Il est dommage de constater que "nos fabricants" soient si peu introniser.

L'utilisation des bibliothèques d'objets, soulève bien d'autres questions éthique. Il est évident que d'avoir recours aux bibliothèques d'objets (BO), lors de la conception d'un projet est plus facile que de modéliser cet objet soi-même, comme pour des fenêtres.

Toutefois cette pratique ne peut-elle pas nous orienter vers une certaine uniformisation ?

Prenons encore une fois un exemple, celui de l'aménagement d'une place publique, en utilisant les BO, pour le mobilier urbain, ne risquons-nous pas de tous avoir les mêmes places. Le rôle de l'architecte doit aller plus loin, si l'agence Rotor de Bruxelles avait utilisé la BO, jamais le banc ci-dessous n'aurait vu le jour :



Figure 22: Banc public à partir de matériaux de récupération – source : Agence Rotor

L'architecte a deux possibilités soit utiliser du mobilier de bibliothèques existantes, soit de passer du temps à la modélisation d'un bureau ou d'une table qui sera fabriquée localement par un artisan.

Les deux solutions sont légitimes, tout est une question de dosage, d'envergure de projet, et d'éthique. Il faut donc faire attention à ne pas se laisser guider par les logiciels et leurs facilités et rester le concepteur.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

5 | Études De Cas

Afin de parfaire mes connaissances sur le BIM, j'ai rencontré au mois de février 2016 à Nantes, Pierre Navarra de l'agence SONA architecture. Cette rencontre portait sur la pratique du BIM dans leur agence.

L'agence SONA est née en 2013, de l'association de d'Emmanuel Sorin & Pierre Navarra

« Depuis sa création l'agence SONA est engagée dans le développement de la maquette numérique »

L'échelle de l'agence leur a permis de très vite, se former et d'adopter une pratique du Bim, sans qu'il y ait de gros impacts dans leur activité de tous les jours.

L'étude de cas qui suit découle de cet échange.

5.1 | Le château d'Auvours

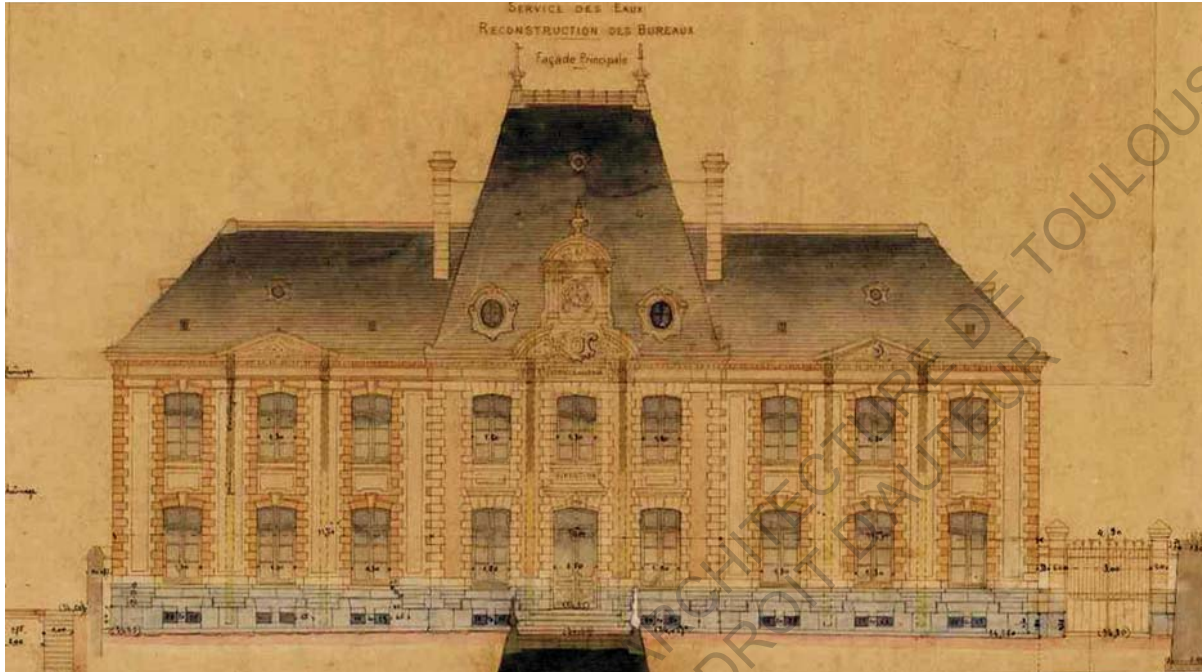


Figure 23: Château d'Auvours - Élévation 1908 - source : Archives municipales Nantes

En 1854, la Ville voulait assurer un service de distribution d'eau à domicile. Elle négocie alors une concession de 60 ans avec la Compagnie générale des eaux (CGE). Le site d'Auvours, jusque-là des pépinières, est choisi pour son altitude qui suffisamment haute permet un acheminement par gravité. Le réservoir est construit de 1855 à 1856.

En 1895, la concession est abrégée de 20 ans en raison de litiges avec la CGE concernant l'insalubrité de l'eau. La municipalité crée les « Services des eaux » qui entre en service en 1895.

Le château est désaffecté en 1905, en raison d'un manque de cubage et la création d'un autre site de pompage.

L'actuel bâtiment fut projeté en 1908, long de 32 × 12 m, sur 4 niveaux, avec un escalier majestueux, afin d'y accueillir les bureaux du service des eaux, les travaux s'achèvent en 1910, comme en témoigne la date gravée sur le fronton arrière.

Le bâtiment dispose déjà de planchers et d'un escalier en béton armé. Il bénéficie pour l'époque d'équipements moderne : chauffage central, éclairage électrique, ligne de téléphone, de mobilier en chêne.

Les quatre niveaux du bâtiment accueillent les fonctions suivantes :

- Au RDC, se trouvaient les comptables, les receveurs collecteurs et le Service Travaux.
- Au 1^{er} : la direction et les bureaux d'études pour l'eau et l'assainissement.
- Au 2^e : sous les toits, l'horloge électrique (innovation pour l'époque), des archives et un logement de 4 pièces pour le garçon de bureau.
- Le sous-sol fut aménagé en 1912 avec des magasins dans le couloir central et une voie ferrée de 40 cm pour faire circuler des wagonnets de manutention. Un monte-charge fut construit plus tard dans la cour derrière le bâtiment permettant de remonter les charges des sous-sols.

En 1994, les services de l'eau quittent les lieux, après 84 ans, pour un immeuble moderne. Entre les années 1990 et 2013, le Château et son extension abritaient des associations, des ateliers municipaux, et un ecopoint.

En 2015 Qualytim pérennise l'histoire du château d'Auvours, en lançant le projet de sa réhabilitation, en bureaux et logements, et sera baptisé dès lors "Hôtel Viarme", en référence à la place adjacente du même nom.

5.2 | Le projet de réhabilitation



Figure 24 : Vue d'ensemble du projet – source: <http://www.enet-dolowy-architecture.com/auvours>

Localisation : rue d'Auvours , Nantes centre

Date de livraison : 2017

Maîtrise d'ouvrage : QUALYTIM

Maîtrise d'œuvre : ENET-DOLOWY
(mandataire) SONA (co-traitant)

Scanning 3D : Liber-D

Programme : Bureaux et logements – du
studio au T4

Surface de plancher : 1350m² sur 4 niveaux

Coût : 1,9M HT

BIM : Niveau 1 – LOD 300

Le projet de réhabilitation du château d'Auvours, fait partie d'un projet plus ambitieux, dont les composants sont les suivantes :

- La construction de 99 logements neuf par Kaufman and Braod
- La construction d'une crèche associative
- La réhabilitation du « château d'Auvours » par Qalytim
- Le maintien et l'aménagement de l'écopoint par la direction des déchets
- l'aménagement de la rue du Bourget par le pôle Nantes ouest

« Le projet architectural imaginé par le cabinet nantais Enet & Dolowy préserve l'authenticité du patrimoine bâti en proposant une réfection dans les règles de l'art, une mise en lumière de la façade et de ses éléments remarquables (mascarons, corniches, horloge, inscriptions...), la création de verrières, d'espaces extérieurs paysagés »



Figure 25 : Image de synthèse du projet - source : Qalytim



Figure 26: éléments remarquables - source: www.fromyourcity.com



Figure 27: Plan masse, perspectives extérieur et intérieur de vente
source: <http://auvours.epsilon3d.fr/residence/>

5.3 | L'emploi des outils numériques par l'agence SONA

La collaboration entre Emmanuel SORIN Architecte DPLG et Pierre NAVARRA Ingénieur, est né de leur rencontre, au sein de l'agence d'architecture ENET-DOLOWY entre 2006 et 2010, tous deux salariés.

« Ils ont créé l'agence Sona en 2014 avec la forte conviction que la savante alliance entre la technicité et la créativité offre l'opportunité d'imaginer sans restriction des bâtiments durables. »*

*www.sonaarchitecture.com

SONA, Architecture & BIM

« Le métier d'architecte est en pleine mutation. Les outils informatiques et les normes de construction sont parfois des freins à la créativité.

Sona s'est formé avec la conviction qu'adopter de nouvelles méthodes de réflexion en introduisant dès le début du projet les outils des ingénieurs permet de faire des projets plus aboutis.

Le BIM est une bonne opportunité à saisir pour réunir maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs et entrepreneurs. En utilisant des outils similaires, les différents acteurs du projet communiquent davantage et comprennent mieux les enjeux des projets en phase de conception puis en phase de chantier. »*

*www.sonaarchitecture.com

Contrairement à un projet de construction neuve, les projets de rénovation intègrent d'autres complexités, il s'agit de s'adapter à l'existant et donc à des contraintes, techniques, budgétaires ou réglementaires.

Pour ce faire, les phases d'un projet en réhabilitation, sont un peu différentes de celles pour un projet de construction neuve.

En effet Il faut ajouter au projet, des phases comme le diagnostic, l'état des lieux, les démolitions, etc.

Les missions de l'agence SONA :

- Relevé - Scanning 3D
- Modélisation de la maquette BIM :
Existant / Projet / état démolit
- **BIM : Niveau 1 - LOD300**
- Dossier PRO/DCE – phasage

« Nous avons été sollicités pour faire la mission PRO. Un pc avait déjà été déposé et les plans pré-commercialisés. Lorsque nous avons vu les aménagements prévus sous les combles, nous avons proposé à la MOA de faire un scanning 3D pour essayer de garantir le plus possible les surfaces pré-commercialisées. Ils ne connaissaient pas le BIM, mais ils ont accepté notre demande de relevé 3D lorsque nous avons amené les arguments de surface. »

PHASE 1 : État des lieux & acquisition des données

outils : scanner 3D Faro

logiciel : Scène

SONA s'est intéressé de près au relevé 3D et à son intégration dans Revit car « il nous semblait essentiel de l'intégrer dans notre processus pour les projets de réhabilitation ».

SONA s'est rapproché de la société Liber-D, basée sur Sainte-Luce (44), qui réalise des scanning 3D pour l'industrie, des architectes, des bureaux d'ingénierie, des experts, des assurances, etc.

« C'est une jeune société innovante et qui maîtrise très bien son sujet. Leur disponibilité a été un atout majeur. ».

Pour effectuer le relevé du château d'Auvours, l'agence SONA a travaillé en partenariat avec la société LIBER-D. Celle-ci a réalisé le relevé 3D, mais également le traitement des données comme le bouchage des trous.



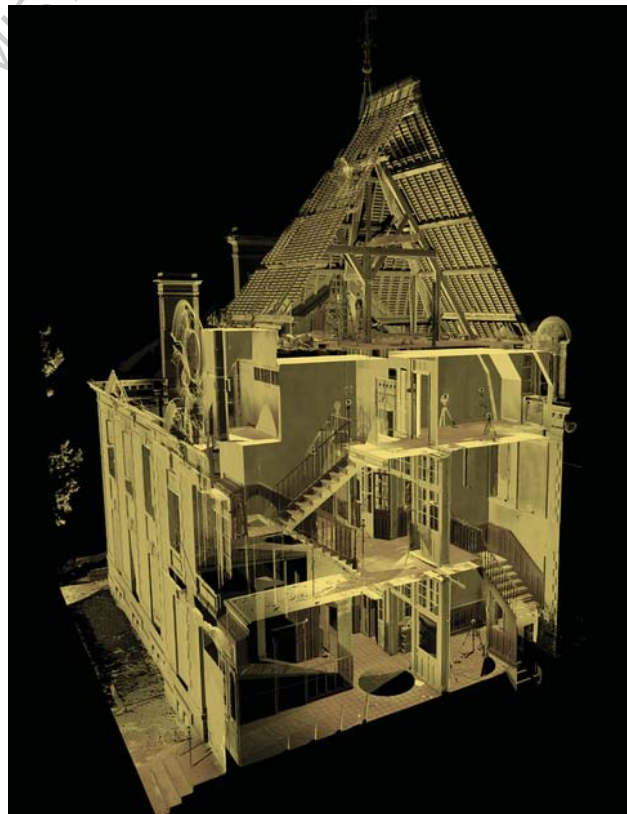
Figure 28: Relevé 3D extérieur par Liber D – Source : SONA

Pour effectuer le relevé il aura fallu 6 heures de scanning, et 4 heures de post- traitement, pour un bâtiment de 4 niveaux représentant en surface 1350 m².

c'est un véritable gain de temps en comparaison avec un relevé plus "traditionnel" au télémètre, qui lui aurait nécessité plusieurs jours.

De plus avec un relevé au télémètre il peut y avoir des difficultés de prise de mesure notamment en extérieur avec la lumière du jour, ou pour des hauteurs importantes. Le relevé 3D limite considérablement les erreurs.

Réalisé un relevé 3D, permet de garder sur notre ordinateur une trace des éléments scannés. On n'a pas de relevé à refaire limitant ainsi les déplacements. Un relevé 3D est plus précis qu'une photo. On peut tout mesurer ce qui est bien pratique. »



Selon SONA , le seul bémol peut-être le poids des fichiers qui peut être très lourd. Pour le projet d'Auvours 3Go mais nous avons récupéré par exemple pour le projet "Rambouillet" une campagne de scan de plus de 100Go.

Figure 29: Coupe verticale dans le nuage de points - source: SONA

Dans le cadre d'un projet de réhabilitation du bâtiment, celui-ci est composé d'éléments comme des doublages ou des faux plafonds qui sont souvent destinés à être supprimés. Alors que l'intérêt pour l'architecte est de connaître la position précise des murs porteurs ou de la charpente, les rayons du scanner 3D sont arrêtés par ces doublages et ne détectent par conséquent pas tous les éléments structurels.

Pour modéliser un bâtiment existant, la méthode d'acquisition la plus exhaustive est sûrement celle du scanner 3D, mais quand est-il de ces éléments ? À quel moment le relevé doit-il être fait, avant ou après curage ?

« Ici le relevé a été fait avant curage ce qui est dommage car certains doutes subsistent. Mais il y a eu un sondage de fait par le BE gros-œuvre à la main. »

Le scan a été fait avant le curage, car nous en avons besoin pour modéliser le bâtiment existant et le projet associé. Vu que la pré-commercialisation avait déjà commencé, il nous fallait faire vite. Le mieux aurait été de refaire un scan après curage ou bien d'en faire un avant de commencer l'esquisse du projet.

« Il a été primordial de faire le relevé avec Liber D, pour définir des points importants du relevé, comme la cage d'escalier, qui détermine les hauteurs des planchers intérieurs.

De plus être sur place à cette étape permet, de repérer des points singuliers et "démolir" certaines parties afin d'obtenir des informations non vues, comme l'appui d'une poutre derrière un placoplâtre »

D'une manière générale pour des projets qui interviennent sur de l'existant, le scan peut être fait dès le début du projet ou après curage.

La solution la plus simple serait de faire réaliser le curage des éléments voués à être supprimés avant de procéder au relevé. Cependant, l'architecte a besoin de la maquette en amont du projet, pour réaliser ses esquisses et les estimations de coûts.

De plus, la démolition représente un poste important d'un chantier de réhabilitation, et ne peut être entreprise sans être chiffrée. Un relevé en amont du curage est donc indispensable.

Deux options sont donc envisageables, l'une consiste à faire un premier relevé avant curage pour réaliser une "pré-maquette", et une fois le curage effectué, réaliser un nouveau relevé, mais cette option multiplie le coût du relevé.

La seconde option, consiste à effectuer un curage partiel, sur des points spécifiques lors du scanning, la présence de l'architecte est donc indispensable pour effectuer le relevé, pour qu'il puisse juger ces points singuliers.

Les +

- un gain de temps
- un gain d'argent
- limite les erreurs de relevé

Les -

- fichier lourd

PHASE 2 : La modélisation

logiciel : Recap, Revit et Scène LT

1_Intégration du nuage de point dans Recap :

ReCap est un logiciel qui permet de manipuler les nuages de points. Ses fonctionnalités permettent de :

- naviguer de manière interactive dans les nuages de points
- importer un nuage de points de différents formats : .FLS, .PTS, .PTX, .LAS, .E57, etc.
- visualiser les points selon différents thèmes : couleur, élévation, emplacement.
- sélectionner des points pour les : supprimer, classer, masquer ou verrouiller.
- mesurer une distance (cf : figure 22c), des angles.
- exporter le nuage dans différents formats : RCP,PTS,E57

La version payante intègre d'autres fonction comme l'assemblage de scans entre eux et de les géo-référencer, ainsi que des outils tel que "l'auto-nettoyage", qui permet de retirer le bruit des données numérisées, comme les gens ou des voitures en mouvement.

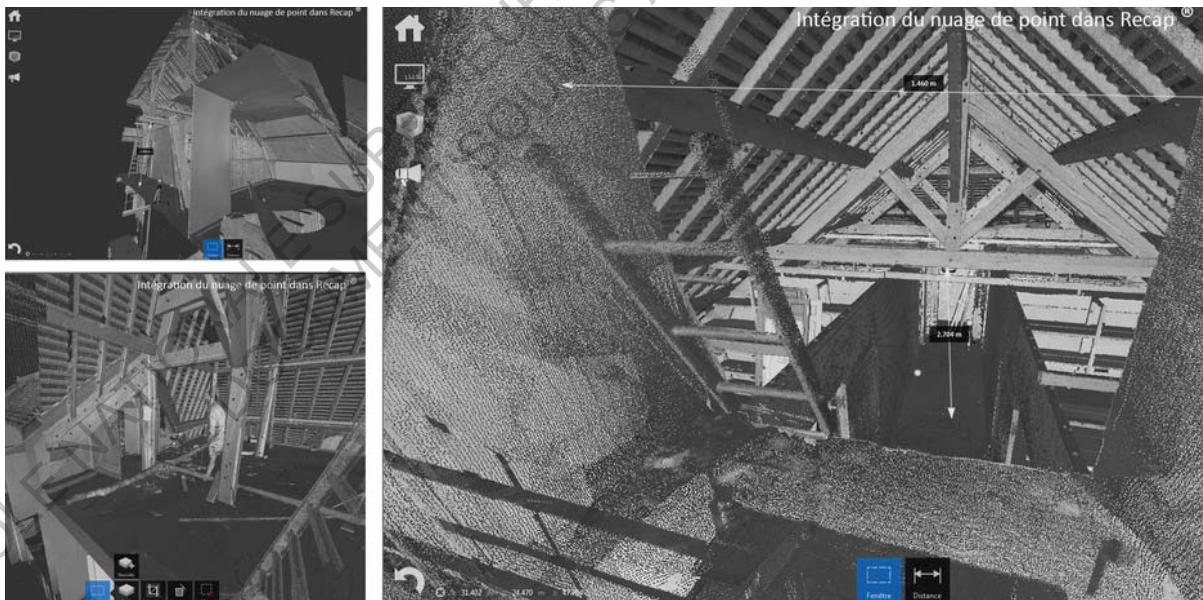


Figure 30: a,b et c: Intégration du nuage de points dans Recap- source : SONA

2_Insertion du nuage de points & modélisation dans Revit

Le nuage de points (NPD) a été importé dans Revit en RCP, afin de modéliser le bâtiment. Il est possible d'insérer soit le nuage de points dans son entier, où seulement une coupe de celui-ci, ce qui facilite le travail compte tenu du poids des fichiers.

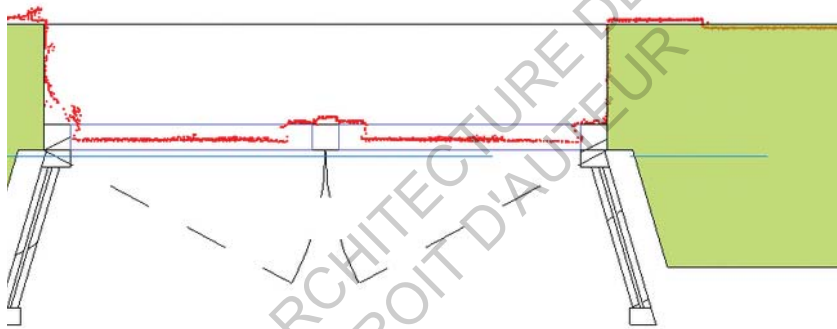


Figure 31: Exemple du nuage de points (en rouge) en fond de plan, source : SONA

Il convient de régler par les élévations le niveau 0, à partir de là, la modélisation commence, et se fait à l'aide des murs, il suffit de choisir le type de murs et de définir ses paramètres (Niveau bas/haut, épaisseur) puis de placer le mur à l'endroit correspondant sur la coupe du nuage.

La modélisation est assez longue, car il faut identifier tous les éléments du bâtiment (comme les niveaux, les escaliers, les murs et cloisons, les menuiseries) avec ses propres caractéristiques : emplacement, épaisseur, hauteur, jusqu'à modélisation complète du bâtiment.

« Pour ce projet le temps de modélisation a nécessité, à peu près 3 semaines (1 personne à temps plein). Mais c'était notre première modélisation à partir de NDP. Aujourd'hui, nous avons affiné notre technique. »

Toutefois, même si la tâche est longue, l'intérêt est de taille. En effet une des caractéristiques de la réhabilitation d'un bâtiment est que celui-ci a "vécu", donc sa forme peut être gauchie, certains murs ont pu se déformer avec le temps. Modéliser depuis un nuage de points permet de comprendre des éventuelles déformations, ou le degré des angles entre les murs par exemple.

Un autre point important d'un projet dans l'existant, est la présence, d'élément singulier ou unique. Dans le cas du château d'Auvours c'est l'escalier monumental, ma question a donc été de savoir, comment celui-ci a été modélisé.

"L'escalier monumental, s'il n'est pas modifié peut-être modéliser en famille de modèles génériques. Un composant in-situ s'exporterait mal en IFC. Ici, l'escalier a été modélisé avec l'outil escalier. "*

*Les composants IN-SITU sont des composants personnalisés créés dans le cadre d'un projet unique.

L'intérêt de la modélisation de l'existant est de connaître certains aspects du bâtiment et non d'en faire une réplique parfaite, dès lors modéliser l'escalier avec un objet de bibliothèque paramétrable, tout en respectant les proportions de largeur, hauteur de marche, girons, etc semblent évident.



Figure 32: Modélisation de l'état initial – perspective R+3 et comble, source SONA

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PHASE 3 : La maquette numérique & Le projet

La maquette numérique permet de créer une représentation du projet : le modèle. Grâce à celui-ci il est possible d'identifier rapidement le niveau de complexité.

La modélisation comporte deux composantes :

- l'analyse, c'est-à-dire l'étude du projet
- la conception

Lorsque l'on a modélisé l'existant on peut sur le modèle identifier rapidement et en amont les problématiques de poutres, de niveaux, et anticiper les aménagements.

Pour le château d'Auvours, l'enjeu était l'aménagement des combles, qui doit recevoir deux luxueux appartements de type T4. Le relevé et la modélisation de la charpente ont été un point déterminant, pour confirmer l'aménagement et les surfaces de vente.

En effet, les combles ont présenté des problématiques d'aménagement* et notamment, au niveau de l'accès entre la mezzanine et la "chambres parentale".

*(cf:figure 26 & 27)

Le bâtiment composé de trois corps, enregistre des hauteurs de plancher différente entre la partie centrale du bâtiment et les deux autres parties adjacentes.

« On a pu voir grâce au scan, qu'à cause de la charpente, on ne passerait pas entre la mezzanine et la chambre. Du coup, la dalle est décaissée. »

Le scan et la modélisation rigoureuse ont permis de mettre en avant cette problématique, de trouver les solutions à mettre en place, d'optimiser les espaces et l'estimation des coûts.

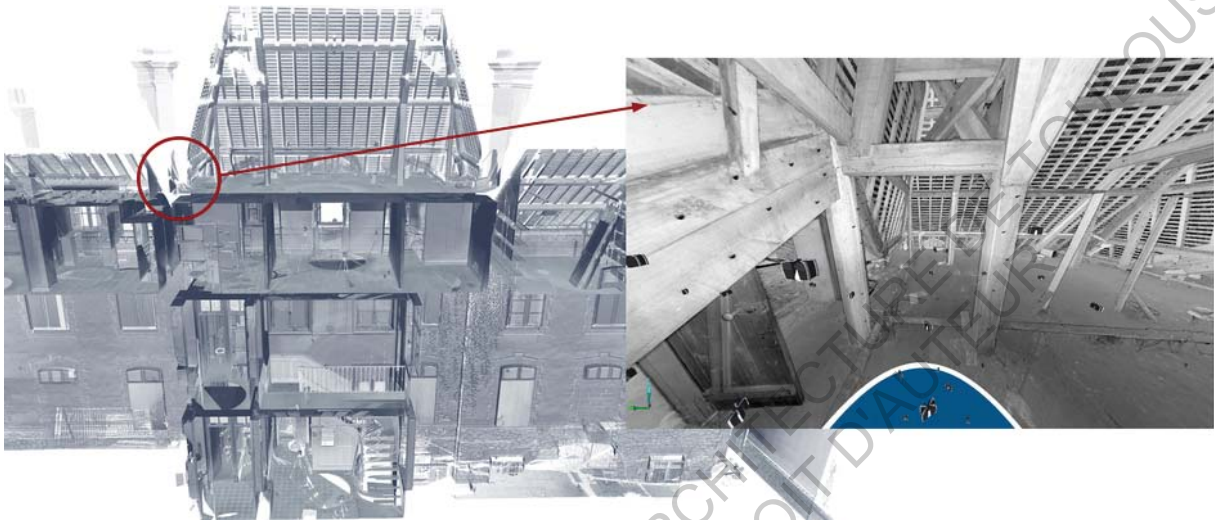


Figure 33: Problématique des combles – Source SONA

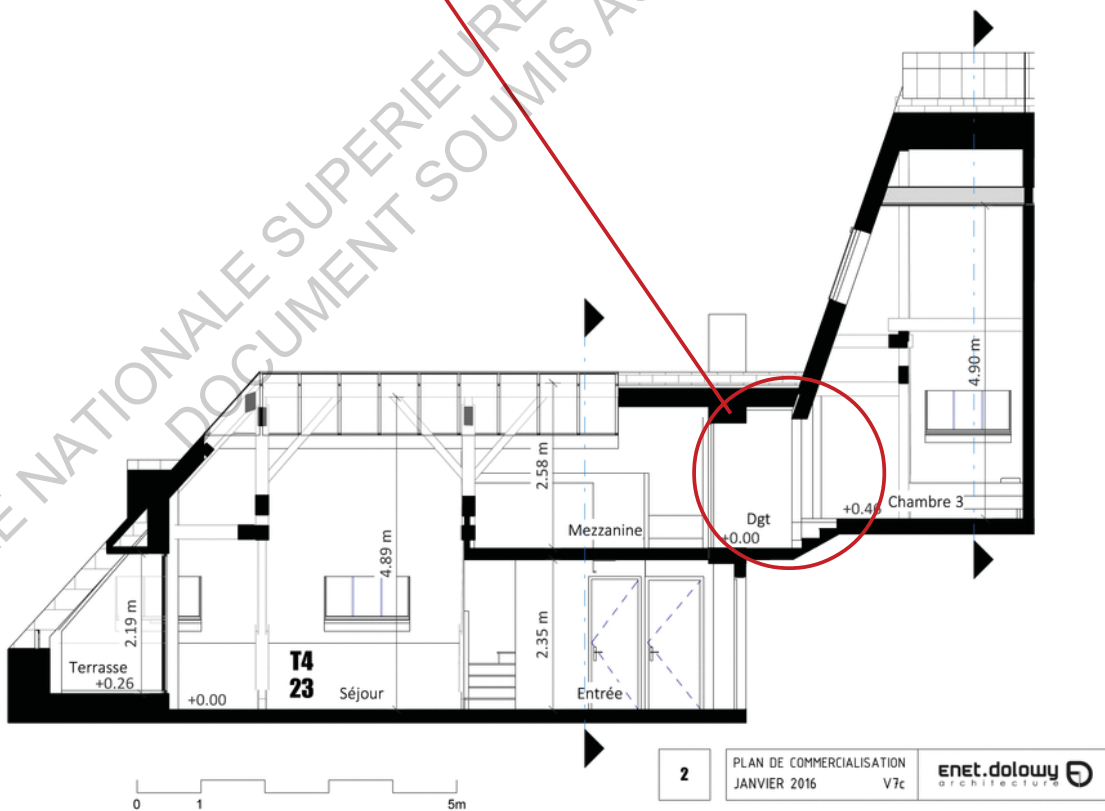


Figure 34: Plan de vente / Coupe longitudinale R+3 - Source Qualytim

PHASE 4 : Planification

Comme nous l'avons vu précédemment en réhabilitation certaines parties sont vouées à être démolies, à ce stade avoir réalisé une maquette numérique, est un vrai gain de temps.

« La maquette numérique a permis d'identifier et de quantifiés tous les éléments existants, démolis et projetés. »

On a pu définir ce qui allait être démolé pour le projet, et faire un chiffrage de démolition.

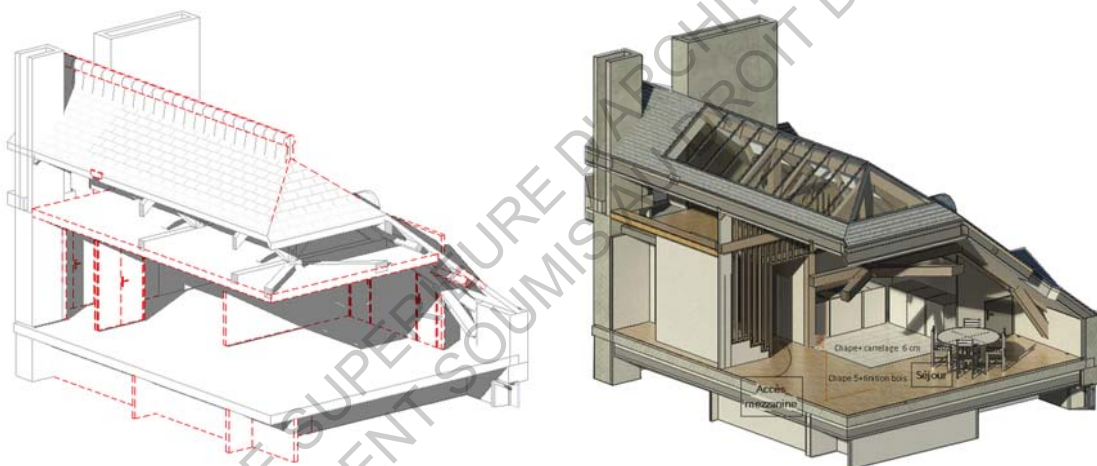


Figure 35: Identification graphique des éléments destinés à démolition - source : SONA

<Nomenclature des poutres démolies>		
A	B	C
Famille et type	Longueur	Nombre
Poutre - Bois de construction de dimensions courantes: 15x15	6061.7	8
Poutre - Bois de construction de dimensions courantes: 22x10	930.0	3
Poutre - Bois de construction de dimensions courantes: 30x10	777.0	3
14	7768.7	14

Figure 36: Tableau d'identification des éléments démolis - source : SONA

Pour rappel ce projet, est classé en BIM niveau 1, c'est-à-dire à un stade où il n'y a pas d'échange de la maquette numérique, le niveau collaboratif au sens BIM est quasi nul.

Ceci incombe au fait que l'agence SONA, soit intervenu seulement pour les missions PRO, mais également au fait que le BIM de manière générale soit encore peu "démocratisé" dans la profession.

Néanmoins l'utilisation d'outils numériques comme le scan ou la maquette numérique, est un investissement pour le futur, même si tous les intervenants d'un projet ne travaillent pas encore en BIM, les fichiers seront déjà numérisés, et exploitable dans l'avenir.

Le processus collaboratif est long à mettre en place, mais permet de faire des économies, par exemple pour ce projet, une animation commerciale a été réalisée, mais la maquette numérique est arrivée plus tard.

« S'ils avaient attendu un peu, la personne qui a fait le film aurait pu récupérer notre maquette et cela aurait coûté mon cher à la MOA. »

*Le BIM et l'architecture sont tout à fait compatibles surtout depuis que nous maîtrisons la technique du nuage de points. Il y a un réel intérêt à modéliser en BIM les bâtiments anciens car cela permet d'avoir une vue d'ensemble avec un surcoût en phase de diagnostic que l'on récupère facilement dans les phases de projet, la maquette 3D existante est un formidable outil d'aide au meilleur choix avec les maîtrises d'ouvrage ». **

* interview de SONA
dans le livret BIM 2015 de
l'UNSA

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

6 | Conclusion & Perspectives

Comme nous avons pu le constater si ce n'était pas déjà le cas, pour répondre aux objectifs du Grenelle de l'Environnement, le secteur du bâtiment existant est en première ligne puisqu'il représente la part la plus importante du parc immobilier, et des consommations énergétiques.

*Article le monde :Transition énergétique : ce qu'il reste à faire

75 % des logements de 2050 sont déjà construits !*

La réhabilitation de ces constructions est un enjeu majeur, non seulement pour des questions thermiques et environnementales, mais aussi pour des aspects de confort ou de lutte contre l'étalement urbain.

La reconquête des friches industrielles ou commerciales, la réhabilitation de bâtiments vacants, la reconversion de bâtiments de bureaux ou industriels en logements, sont des ressources que l'on ne peut pas négliger pour construire la ville de demain.

Réutiliser, recycler, est une logique contemporaine, une démarche qui s'appuie sur la durabilité. Il s'agit de donner une 2^e ou une 3^e vie à des architectures de caractère comme à des constructions plus banales.

Tout bâtiment est voué à évoluer, outre l'application des réglementations, il est important en effet d'assurer la pérennité du bâti, l'efficacité de ses systèmes, de limiter ses coûts de fonctionnement, d'intégrer de nouveaux usages, de préserver la valeur patrimoniale.

Pour ce faire les outils numériques constituent de véritable support, tant pour la conception, la coordination, la gestion de chantier, que pour la gestion du patrimoine.

L'étude de cas que nous avons fait du château d'Auvours, est un bon exemple, de réhabilitation et reconversion de bâtiment épaulé par les outils numériques, bien que le projet n'ait pas été très collaboratif, l'emploi de ces outils a permis, d'optimiser les espaces, d'améliorer l'appréhension du projet et la prise de décisions, une meilleure estimation des coûts, et de s'inscrire dans une démarche de numérisation de l'information, la maîtrise d'ouvrage ayant en sa possession la maquette numérique.

Dans tout projet un dossier des ouvrages exécutés (DOE) est remis au maître d'ouvrage, afin qu'il puisse être en possession des informations utiles pour sa future gestion (surfaces, inventaire des équipements, etc.)

Dans une démarche BIM, le DOE du projet (fournit au format IFC), simplifie pour le maître d'ouvrage l'extraction des données pour la gestion du bâtiment. Le DOE numérique est considéré par certain comme la « carte vitale » du bâtiment.

On peut aller plus loin dans cette idée de carte vitale, en effet, un groupe de travail du Plan Bâtiment Durable a publié un rapport intitulé : "Rénovation des logements : du diagnostic à l'usage". Le groupe a mené une réflexion sur des enjeux contemporains, qui consiste à prendre en compte la double transition que vit actuellement le bâtiment : la transition énergétique et la transition numérique. L'objectif étant de mettre en place un outil numérique afin de mutualiser les informations d'un bâtiment tout au long de sa vie.

« L'enjeu est donc multiple : réunir l'information, mais aussi l'entretenir, la partager et la rendre utile et utilisable par tous. »*

* cf :Rapport Construisons ensemble la carte vitale du logement

On peut imaginer que ce carnet de santé du bâtiment, contient une source, illimité de données, comme des plans d'archives, plan actuel, des diagnostics, des notices sur les équipements, etc. En bref toutes les informations utiles tant pour les ménages, que pour une future intervention sur le bâtiment par des professionnels.

Le numérique a un intérêt très fort dans la mutualisation des données, car il permet de minimiser les documents et plans papiers dont l'archivage est une cause de la perte de l'information et d'autre part il permet de compléter au fil du temps les nouvelles données.

De plus la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique, vise à insérer dans le code de la construction et de l'habitation, un article qui instaure un « carnet numérique de suivi et d'entretien du logement » avec une mise en application en 2025 pour les bâtiments existants.

« Le carnet comporte donc deux versants :

- l'un tourné vers les particuliers qui doivent pouvoir s'approprier, sans compétence technique particulière, les informations du carnet pour bien utiliser leur logement et ses équipements et systèmes techniques, réaliser les opérations d'entretien courant à leur charge, et être mis en situation de décider d'engager des travaux d'amélioration des performances énergétiques;
- l'autre tourné vers les professionnels qui doivent y trouver une information technique détaillée que leur compétence professionnelle leur permet d'exploiter, que ce soit pour des opérations d'entretien ou des travaux d'amélioration. »*

*Rapport carnet numérique de suivi et d'entretien du logement,

Tout au long de ce mémoire je pense avoir répondu à la problématique de départ qui consistait à savoir comment et pourquoi les outils numériques sont-ils adaptés à la réhabilitation, et il semble d'autant plus évident qu'ils sont adaptés à la réhabilitation, rénovation ou reconversion au regard des enjeux sociaux et de développement durable.

Les techniques d'aujourd'hui et notamment les outils numériques liés à l'architecture, que nous avons en notre possession sont de véritables passerelles entre le monde d'hier et celui de demain.

Les outils numériques comme toute nouvelle technologie, a des avantages et des inconvénients, en architecture comme ailleurs ce sont les usages que nous en faisons, qui déterminent son utilité et ses dangers potentiels. Les applications du métier d'architecte sont multiples, et chaque question posée, chaque contexte, chaque histoire est par définition unique et suscite par conséquent une réponse singulière, une méthode propre et adaptée.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Index des illustrations

Figure 1: Extrait du rapport Meadows dit du « Club de Rome »1972.....	7
Figure 2 : Les trois piliers du développement durable - source : ministère de l'écologie et du développement durable.....	9
Figure 3: Chronologie des réglementations thermique en France - source : CMS.....	11
Figure 4: Evolution des contraintes des RT de consommation en énergie - source :e-rt2012.....	12
Figure 5: Répartition du parc de logement et consommation d 'énergie en (TWh) par période de construction - source :ADEME les chiffres clés du bâtiment,éd.2013.....	17
Figure 6: Consommation unitaire par Kwh / maison individuelle – source ADEME : les chiffres clés du bâtiment, éd 2015.....	18
Figure 7: Consommation unitaire par Kwh / immeuble collectif – source ADEME : les chiffres clés du bâtiment, éd 2013.....	19
Figure 8: Consommations finales des résidences principales en 2013 selon la date de construction	20
Figure 9: Répartition des étiquettes « énergie » selon la période de construction -source : Source : Chiffres et statistiques, n° 534.....	21
Figure 10: Répartition des étiquettes « GES » selon la période de construction -source : Source : Chiffres et statistiques, n° 534.....	22
Figure 11: Répartition par branche des surfaces ² chauffés dans le secteur tertiaire -source: ADEME les chiffres clés du bâtiment, éd. 2013.....	23
Figure 12: Estimation des surfaces chauffé avant 1975 - source Négawatt: Mesure nW Renov v1.02.....	24
Figure 13: Représentation des niveaux du BIM – source : https://www.hexabim.com	36
Figure 14: Exemple de vérification des règles sur la relation entre Ouvertures et Espaces sur Solibri source : http://www.unit.eu/cours/bim/u13/co/u13_060_13-1-4.html	41
Figure 15: Exemple de scanner laser en situation – Source : Cabinet VINCENEUX et RIVIERE.....	43
Figure 16: Exemple de cible - source : flash informatique.....	44
Figure 17: Nuage de points extérieur issue d'un scanner 3D - source : http://www.life3d.fr/	45
Figure 18: Nuage de points intérieur issue d'un scanner 3D - source : http://www.life3d.fr/	45
Figure 19: Scanner 3D mobile ZEB1 - Source: geoslam.com	48
Figure 20 : Nuage de points réalisé avec ZEB.....	49
Figure 21: modélisation Bim depuis un nuage de point ZEB1.....	49
Figure 22: Banc public à partir de matériaux de récupération – source : Agence Rotor.....	51
Figure 23: Château d'Auvours - Élévation 1908 - source : Archives municipales Nantes.....	54

Figure 24 : Vue d'ensemble du projet – source: http://www.enet-dolowy-architecture.com/auvours	56
Figure 25 : Image de synthèse du projet - source : Qualytim	57
Figure 26: éléments remarquables - source: www.fromyourcity.com	58
Figure 27: Plan masse, perspectives extérieur et intérieur de vente source: http://auvours.epsilon3d.fr/residence/	59
Figure 28: Relevé 3D extérieur par Liber D – Source : SONA	62
Figure 29: Coupe verticale dans le nuage de points - source: SONA	63
Figure 30: a,b et c: Intégration du nuage de points dans Recap- source : SONA	66
Figure 31: Exemple du nuage de points (en rouge) en fond de plan, source : SONA	67
Figure 32: Modélisation de l'état initial – perspective R+3 et comble, source SONA	69
Figure 33: Problématique des combles – Source SONA	71
Figure 34: Plan de vente / Coupe longitudinale R+3 - Source Qualytim	71
Figure 35: Identification graphique des éléments destinés à démolition - source : SONA	72
Figure 36: Tableau d'identification des éléments démolis - source : SONA	72

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Bibliographie

Rapport :

- ADEME -*Les chiffres clés du bâtiment* – Édition 2013, 92p
- BREUIL, P (dir.), *Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations de maîtrise d'œuvre* – Ministère de l'aménagement du territoire, de l'équipement et des transports – Édition février 2008, 134 p.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem (Présidente), *Notre avenir à tous « Our Common Future »* – Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies – Oslo, 1987. 349 p.
- CAU, Emmanuel ;POUGET, André, *Plan développement durable, Rénovation des logements: du diagnostic a l'usage – inventons ensemble la carte vitale du logement*, octobre 2014,71 p.
- CEREN, *Publication_donnees_CEREN_2015.pdf* - août 2015, 39 p.
- Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques – *Parc et statut d'occupation*. Références 2012, 12 p.
- DELEMASURE, Béatrice, *La première loi du Grenelle* – Le journal du ministère de l'écologie, énergie, développement durable & mer, septembre 2009, 20 p.
- DOMINIQUE, François, Commissariat Général au développement durable – *Le parc des logements en France métropolitaine, en 2012*, Chiffres et statistiques, n°534 juillet 2014, 9p.
- LEGRAND, Vincent ; FINK, Meike – institut Négawatt, *La transition énergétique du secteur du bâtiment* – mai 2014, 86 p.
- COCHEZ, Nicolas ;DURIEUX, Éric ;LEVY, David, Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques, *Le point sur : Vulnérabilité énergétique*, n° 197 janvier 2015, 4 p.

Thèse, Mémoire :

- FAUCHER , Hélène, *Les enjeux de la conservation et de la réhabilitation du patrimoine industriel. Dimension juridique et prospective* – dossier DESS : disponible sur : <http://www.patrimoineindustriel-apic.com/N/i22.html> (consulté le 08/05/2016)

Webographie :

- AMOES, *Simulation thermique dynamique (STD) disponible sur :* <http://www.energiepositive.info/fr/prestations/simulation-thermique-dyn.html> (consulté le 01/09/2016)
- Forum Objectif Bim , *Objets BIM IFC à Télécharger Gratuitement*, Disponible sur : <http://www.objectif-bim.com/index.php/technologie-bim/objets-bim-gratuits/objet-ifc-composant-ifc-gratuit> (Consulté le 31/05/2012)
- JANCOVICI , Jean-Marc – *Qu'y a-t-il donc dans le "Rapport du Club de Rome"* - novembre 2009, disponible sur http://www.manicore.com/documentation/club_rome.html (consulté le 21/04/2016)
- PEREZ, Yannick ;RIOUS, Vincent, *Transition énergétique : ce qu'il reste à faire* – Le Monde.fr 19.07.2013, disponible sur : http://www.lemonde.fr/idees/article/2013/07/19/transition-energetique-ce-qu-il-reste-a-faire_3450056_3232.html#ivPT1ylRGO6WUIYk.99 (consulté le 01/09/2016)
- Qu'est ce que le DD – *Tour d'horizon des enjeux des 3 piliers du développement durable* – disponible sur [http://www.3-0.fr/doc-dd/qu-est-ce-que-le-dd/tour-d-horizon-des-enjeux-des-3-piliers-du-developpement-durable#Préserver l'environnement](http://www.3-0.fr/doc-dd/qu-est-ce-que-le-dd/tour-d-horizon-des-enjeux-des-3-piliers-du-developpement-durable#Préserver%20l%27environnement) (consulté le 21/04/2016)