

TOIT & BOIS

Laura Jaunet
Architecte ADE / Master DRAQ
École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie

Pierric Flandrin
Architecte ADE / DPEA Recherches en architecture
École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris la Villette

Prix EpE - Metronews 2014
Climat - énergie : quelle action pour votre commune ?

INTRODUCTION

Le 21^{ème} siècle voit un moment de changement, de basculement d'un paradigme à l'autre. Encore au 20^{ème} siècle, nous pensions notre rapport au monde avec l'idée du progrès, de la technè¹, de la technique comme moyen pour dépasser notre condition physique ; l'utilisation massive du pétrole nous a permis d'augmenter notre vitesse quotidienne de manière exponentielle, le recours au charbon, puis à d'autres énergies nous ont apporté un confort certain avec la mise en place de système de chauffage, l'utilisation de réfrigérateur,...

Ce début du 21^{ème} siècle voit apparaître un constat simple : une certaine qualité de vie couplée à un accroissement de la population mondiale a un impact sur le monde dans lequel nous habitons. Les pouvoirs publics se posent la question de comment devrions-nous vivre demain dans un monde aux ressources limitées : ce sont des organisations à la fois à l'échelle nationale et à l'échelle mondiale, comme le protocole de Kyoto, les Grenelles de l'environnement, les sommets de la Terre. En effet, que peut une nation comme la France face à un problème mondial ?

Cette thématique de l'énergie, du développement durable, des gaz à effet de serre etc. pose question à la société entière, et les architectes font de ces questions un enjeu majeur. Fait est de constater que, en France, depuis les années 2000, la prise en compte du développement durable s'est imposée en peu de temps comme une donnée essentielle de la commande architecturale ; pas un concours ne présente pas un critère sur les préoccupations environnementales. Se pose alors une question : la thématique environnementale doit-elle être un objectif à atteindre, comme une case que l'on pourrait cocher dans un listing, ou bien doit-elle être un vecteur d'expérimentation et d'innovation, une manière de penser l'architecture, son rapport à l'espace et à l'environnement ? C'est dans cette seconde posture que nous nous reconnaissons ; elle est d'ailleurs adoptée par l'ensemble de la profession, pour preuve le programme Ignis Mutat Res² qui questionne comment la thématique de l'énergie va transformer l'architecture et les paysages.

Pour revenir sur la question de l'échelle, il est d'usage d'admettre que ces problèmes doivent se poser à l'échelle planétaire ; que peut alors proposer une ville par rapport à ces thématiques, et plus particulièrement à la question des gaz à effet de serre ? Il nous semble que ce sont les villes le premier échelon local, et c'est en travaillant à partir de ces territoires que les acteurs de demain pourront proposer des systèmes en lien avec ces territoires. Il nous faut pas se mentir et imaginer un système applicable partout dans le monde ; ce sont les territoires, portés par les mairies, qui peuvent être les acteurs pionniers dans ces domaines, dans cette logique d'expérimentations, de débats, d'ouverture de ces questions à des personnes spécialisées qui, ensemble, pourront

¹ La technè, du grec τέχνη, désigne la « fabrication matérielle », l'action efficace, chez les Grecs de l'Antiquité. Elle s'oppose chez Aristote à la praxis, qui est la sphère de l'action proprement dite.

² Programme de recherche interdisciplinaire Ignis Mutat Res « Penser l'architecture, la ville et les paysages au prisme de l'énergie » lancé par le Bureau de la Recherche Architecturale Urbaine et Paysagère (SDESRA / Ministère de la Culture) lancé en 2011

innover et mettre en place les villes de demain.

C'est pourquoi nous vous proposons un ensemble de mesures qui portent sur l'objectif de réduire l'émission de gaz à effet de serre, plus particulièrement sur le CO₂, et cette question doit être un enjeu de penser l'architecture, la ville et le territoire d'une nouvelle manière. Nous vous proposons un exposé en 3 parties, avec une présentation sommaire des problèmes que nous pointons, notre méthode et les moyens à mettre en œuvre pour les résoudre. Notre projet de transformation propose un temps court et un temps long, un premier temps de 2014 à 2019 et un second temps de 2019 à 2024.

Nous proposons de prendre en exemple la ville de Rouen, chef lieu de la région Haute-Normandie comme support de notre démonstration. Nous développerons notre projet par rapport à la ville de Rouen, pour la valoriser, sachant qu'un contexte est essentiel pour penser l'architecture ; la démarche que nous proposons est transposable dans les autres villes, étant soumises à leurs niveaux aux mêmes problématiques.

GAZ À EFFET DE SERRE : PROVENANCES ET ENJEUX

Depuis le choc pétrolier de 1974, le monde a pris conscience du caractère fini des ressources de la planète et de l'enjeu de sa préservation. L'augmentation des gaz à effet de serre contribue fortement à son changement climatique et son réchauffement.

Le gaz à effet de serre le plus émis est le dioxyde de carbone (CO₂) qui représente 72 %, contre les 18 % de méthane et 9 % d'oxyde d'azote. Il faut noter que l'ensemble bâtiment englobe 23 % de l'émission et le transport 35 %.

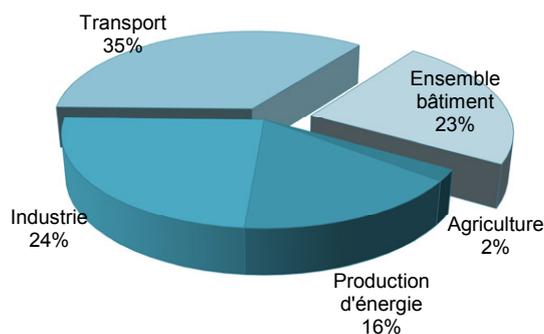


Figure 1 : Provenance des gaz à effet de serre par secteur d'activité³

Nous proposons de développer en détail un dispositif nouveau pour réduire la part du bâtiment dans la partie suivante. Pour le secteur de la production d'énergie, la tendance est de réduire le recours à des énergies fossiles pour tendre vers l'utilisation d'énergies renouvelables. D'un point de vue carbone, le renouvelable est très intéressant, même si cela reste un investissement très important. La question est de savoir comment disposer ces énergies nouvelles sur le territoire ? Pour cela, les smart grids

³ Données chiffrées CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

nous semblent une solution très intéressante ; elles permettront de faire de l'habitant un véritable acteur du système de l'énergie et de lui faire sentir son appartenance à un territoire énergétique.

Pour le secteur du transport, il existe de nombreuses pistes d'action : mutualisation des transports privés (co-voiturage), développement de la voiture électrique, densification des tissus existants⁴.

PROJET

Le projet que nous proposons de mettre en œuvre part d'une critique de la politique de la ville en état ; de manière réductrice, on peut dire, les acteurs de la ville utilisent les systèmes dont ils disposent, sans toutefois les remettre en cause. Nous avons la conviction que l'architecture ne peut se penser qu'en lien avec son contexte, son territoire, et nous proposons de mettre en place un système pour penser une architecture qui fasse territoire.

Quel meilleur système que celui qui utiliserait une ressource locale, disponible en grandes quantités, une matière peu chère à transformer, capteur de CO₂ ? Nous pensons bien entendu au bois. Car, si la France ne possède pas de gaz, ni de pétrole, elle possède cette ressource en grande quantité. Troisième forêt européenne, première forêt feuillue, elle occupe 30 % de notre territoire et génère 450 000 emplois. Et pourtant, cette ressource est inexploitée : la filière bois et ameublement affichait un solde négatif de plus de 6 milliards d'euros en 2008. C'est le deuxième poste de déficit commercial français après celui de l'énergie. C'est une ressource en constante augmentation : depuis 1950, notre massif a augmenté de moitié. La forêt conquiert la surface d'un département tous les dix ans. Le potentiel forestier est immense.



La forêt en chiffres⁵ :

- 30 % de la superficie du territoire national métropolitain
- 37 % avec les territoires et départements d'outre-mer
- 250 000 km² de forêts
- 450 000 emplois dans le secteur bois
- 3 500 000 de propriétaires privés
- 2ème solde négatif en 2008 avec 6 milliards d'euros
- Le Japon et la Finlande utilisent 5 fois plus le bois

L'avantage du bois : il emmagasine les atomes de CO₂ présents dans l'atmosphère : il fait partie des « puits de carbone ». Pour utiliser ce potentiel de captage, il faut mettre en place un système global, allant de la gestion de la ressource à son utilisation dans la construction, l'ameublement et l'énergie, afin de réduire les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique.

⁴ Programme de recherche « Build In My Back Yard » sur la densification des tissus pavillonnaires

⁵ PUECH Jean, « Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois », rapport remis à Nicolas Sarkozy, président de la république, le 6 avril 2009. Disponible sur internet

Aujourd'hui, seuls 60 % de l'accroissement naturel des forêts est utilisé. Cela veut dire que nous pouvons utiliser encore 40 % sans toucher à notre patrimoine forestier. La capacité de captage est immense : pour preuve, le gouvernement Fillon a décidé d'augmenter la part du bois dans la maison individuelle de 10 à 12 %. Cette augmentation de seulement 2 % dans le pavillon individuel permet à la France de répondre à plus de 20 % sur ces engagements pris à Kyoto sur les gaz à effet de serre. Une ressource avec un grand potentiel, disponible en quantité sur notre territoire, peu cher à transformer. De plus c'est un matériau renouvelable dont la production demande peu d'énergie. Il y a un enjeu à mettre en place une chaîne d'utilisation de cette matière pour emprisonner le CO₂ dans nos meubles, constructions,...

Quand nous expliquions que les enjeux liés aux gaz à effet de serre doivent être un enjeu pour les architectes d'innover, nous proposons la mise en place d'une chaîne d'utilisation de la ressource bois. De la même manière que le béton a été le matériau de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, le bois est porteur d'un potentiel d'expérimentations et d'innovation pour ce début de siècle, et pas seulement en terme d'architecture. C'est également un enjeu national, celui de la constitution d'une filière française bois, capable de répondre aux exigences des habitants, de produire des constructions de qualité, répondant aux critères thermiques, acoustiques, à la création d'un cadre de vie lié au matériau bois.

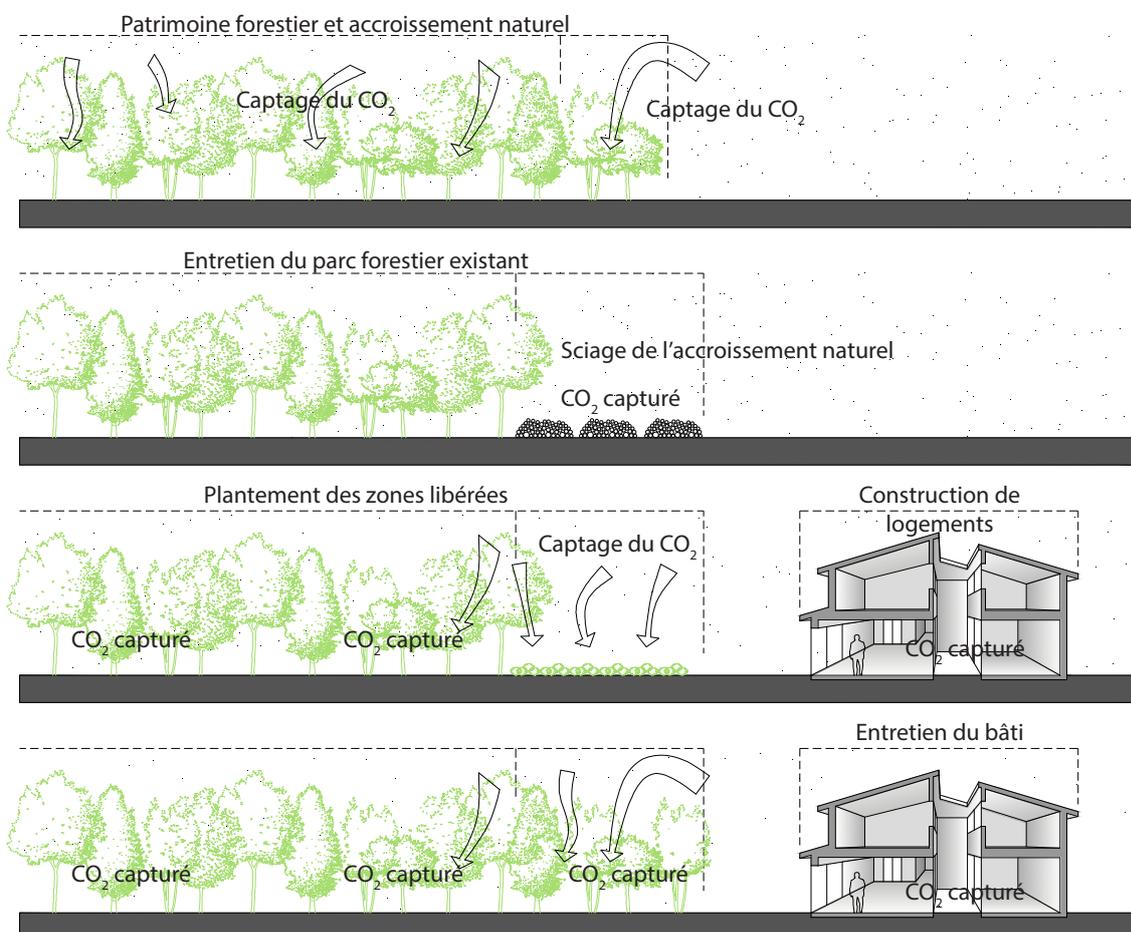


Figure 2 : Chaîne de production de la gestion de la ressource à l'entretien du cadre bâti

Les données montrent également une part importante des gaz à effet de serre émis par les déplacements modulaires et les transports de marchandises. Plus d'un tiers des émissions sont générés par les transports ; il faut réduire cette proportion de moitié d'ici 2020. Le principe du système étant d'arriver rapidement à un état d'équilibre entre ce que l'homme produit en CO₂ (transport, utilisation d'énergie fossile,...) et les dispositifs que nous mettons en œuvre pour capturer ces gaz.

$$\begin{aligned} \text{Émission de carbone}_{(2014)} - \text{Captage bois}_{(2014)} &= \text{POSITIF} \\ \text{Émission de carbone}_{(2019)} - \text{Captage bois}_{(2019)} &= \text{NEUTRE} \\ \text{Émission de carbone}_{(\text{post } 2020)} - \text{Captage bois}_{(\text{post } 2020)} &= \text{NÉGATIF} \end{aligned}$$

Pour arriver à cet objectif, il faut penser les transports en terme de mutualisation. Dans la mobilité modulaire, il faut proscrire l'utilisation de la personne allant chaque matin au travail seule dans sa voiture. Les mairies doivent avoir une politique incitative, en autorisant par exemple l'utilisation des voies de bus ou de taxi aux personnes qui font du covoiturage, en proposant une offre de transport en commun de qualité et peu chère.

Pour les transports de marchandises, il faut revenir à des modes de transports ayant moins d'impact sur l'environnement : le recours au train et à la péniche. La législation doit favoriser le transport de grandes quantités de marchandises et devrait regarder ce qu'il se passe chez nos voisins européens ; par exemple, les routiers transportant du bois sont limités à 40 tonnes en France et à 60 tonnes dans les autres pays européens.

PROJET : MISE EN ŒUVRE DANS LA COMMUNE DE ROUEN

La ville de Rouen de 100 000 habitants compte 5 000 hab/m² (en comparaison à la densité de 21 000 hab. /m² de Paris), soit une ville peu dense, avec des habitations en centre-ville peu performantes au niveau thermique et donc consommatrices d'énergie.

L'habitat ancien correspond au bâti d'avant 1948 ; à cette époque, la question énergétique ne se posait pas, il fallait produire en masse des logements de qualité.

Notre projet est simple : mettre en œuvre des constructions en bois pour stocker le carbone et le retrouver prisonnier dans nos constructions. Mais où construire en bois, et comment ?

Nous avons mentionné le projet Bimby qui cherche à densifier les tissus pavillonnaires. Nous souhaiterions mettre en œuvre cette logique pour requalifier ce que nous avons et ce qui est à notre portée de main : les villes.

Le développement du logement en ville est une opportunité :

- Les infrastructures sont déjà présentes et en fonctionnement
- Les réseaux divers sont à disposition pour s'y raccorder
- Le logement est compact permet une meilleure capacité thermique
- Les équipements sont à proximité et ne nécessitent donc pas d'être créés
- La revente de nouveaux logements permet de financer la rénovation du parc existant

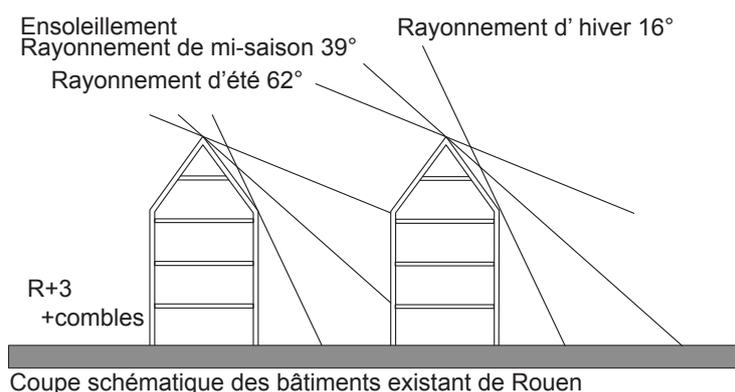
La surélévation :

Nous proposons d'intervenir sur le centre-ville et l'habitat ancien par la surélévation des immeubles avec un étage construit en bois, conforme dès maintenant à la réglementation thermique de 2020.

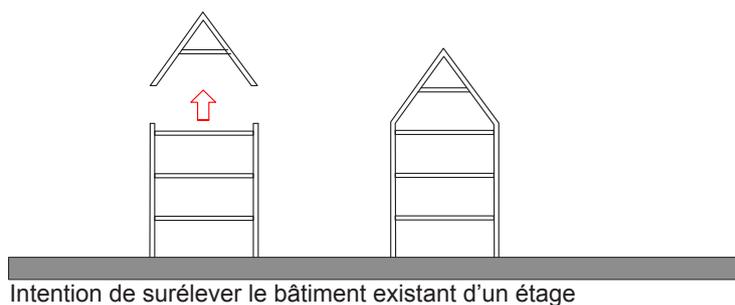
La construction en bois devrait être industrialisée pour permettre une qualité de la mise en œuvre permettant des performances thermiques très importantes. Le bois est en effet un matériau isolant. La construction des panneaux en usine permettra de garantir la mise en œuvre et de réduire les coûts et les temps de construction, en particulier avec la légèreté de l'ossature (le bois est 5 fois moins lourd que le béton). De plus, il ne restera plus que la pose sur place, ce qui impactera peu le voisinage et nous pouvons tout à fait envisager la mise en œuvre en site habité.

La surélévation du bâtiment en ossature bois, issue de la filière sèche (contrairement au béton, filière humide nécessitant une grande quantité d'eau sur le chantier) permettra un chantier propre et économique en eau.

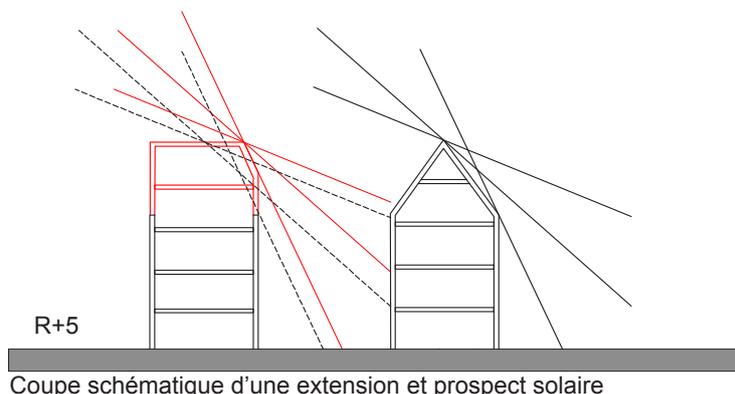
Le recours à des entreprises locales et à une matière locale sera de plus un atout pour la relance du secteur de la construction qui a connu un grand ralentissement avec la crise. En parallèle, il faudra gérer l'entretien de la ressource bois.



La typologie bâtie de la ville de Rouen est diversifiée (maçonné pierres, briques, pans de bois), nous prenons un exemple de bâtiment maçonné. Nous nous appuyons sur un bâtiment de 3 étages plus combles. Le prospect solaire permet d'observer l'ensoleillement sur les façades et la rue au cours de l'année.



Nous proposons d'ajouter un étage supplémentaire, pour cela la toiture existante est enlevée. Le bois de charpente pourra être réutilisé à des fins de chauffage s'il n'est pas traité ou peint, ou, par exemple, à des fins d'ameublement.



La partie rouge représente la construction neuve à ossature bois. Ce nouvel élément architectural pourra être conçu par rapport à son environnement urbain, son orientation au vent et solaire. En effet, il faudra conserver un maximum d'ensoleillement des façades voisines et de l'espace public.

Figure 3: Schéma du processus de l'extension vertical du bâtiment existant

La construction de cet étage en bois sera l'occasion d'installer sur les toitures des panneaux solaires, qui serviront à produire de l'eau chaude sanitaire directement consommé par les habitants, soit des panneaux photovoltaïques pour produire de l'énergie utilisée par les habitants ou redirigée vers d'autres secteurs pour l'industrie ou autre. Il faut utiliser ces surfaces exposées au soleil et non utilisées. Ce serait alors l'occasion pour ERDF de tester certains dispositifs comme une smart grid à une micro-échelle pour expérimenter des dispositifs avant de les mettre en œuvre à une autre échelle.

Le dernier étage en construction bois sera neuf donc construit pour être durable dans le temps. Outre les qualités isolantes du matériau bois, ce dernier est performant structurellement. Cependant, il doit être protégé de l'humidité :

- Etant disposé au dernier étage il se trouve isolé du sol et ainsi des remontées capillaire de l'eau.
- La couverture sera en débord de la paroi en bois.
- La paroi sera perspirante à l'aide de matériaux adéquats, afin de libérer la vapeur d'eau produite dans l'habitation.

De plus, le bois étant une matière légère, l'intérieur du logement devra avoir des éléments construits (murs, cloisons) à partir de matériau ayant une inertie afin de conserver l'énergie entrant dans le logement le jour et restituer en l'énergie stockée la nuit.



Figure 4: Exemple d'une surélévation en ossature bois d'un immeuble à Paris, Maître d'oeuvres : Edouard Boucher, Eric Pouget & Associés

Nous expliquions que la question du CO₂ doit être une porte d'entrée pour réfléchir à de nouvelles manières d'expérimenter. La sur-élévation d'un étage est une occasion ; il existe aujourd'hui peu de terrains disponibles dans les centres villes. La construction d'un nouvel étage va permettre de sortir un certain nombre de logements dans une zone où tout existe déjà : transports en commun, commerces, etc. De même que pour le projet Bimby, cela va permettre de mettre en valeur ce que nous avons déjà mis en place, tout en construisant des logements contemporains, capteurs de carbone, qui relancerons la machine économique.

La rénovation :

De plus, la revente de ces logements en plein centre-ville vont permettre d'apporter une enveloppe financière qui va servir aux habitants présents dans les logements moins performants thermiquement. Nous proposons que la revente permette la rénovation de l'existant : isolation thermique par l'extérieur, remise en état de certains logements, mise en place d'ascenseurs... La liste de travaux à faire est longue, d'autant plus que les personnes habitants les centre villes sont une population qui vieillit, qui a besoin de nouvelles choses pour vivre et qui ont envie de rester dans le logement qu'ils considèrent comme «chez eux».

En parallèle des performances énergétiques, il serait intéressant de réfléchir à ce que l'argent de la revente peut apporter : dans des immeubles à la population vieillissante, proposer des logements à une jeune famille est intéressant. De plus, l'apport financier peut permettre d'aménager des locaux en commun pour cette population : cuisine et espace communs, pour leur apporter une aide relative leur permettant de rester chez eux.

Une dimension à prendre en compte suivant la possibilité financière et technique serait de penser à la mutualisation des équipements énergétiques ; on peut imaginer la mise en place d'un pilotage automatique du réseau à l'échelle de l'immeuble intégrant d'une part l'apport en énergie par des énergies renouvelables et les consommations en temps réels.

Des études sont réalisées sur les spécificités thermiques des bâtiments anciens par le nouveau Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), ces études nous permettent d'agir rapidement sur les faiblesses des logements urbains construits dans l'après-guerre, sans avoir à tout détruire pour tout reconstruire.

L'étage supplémentaire viendra isoler la partie supérieure de l'immeuble, il sera important d'intervenir sur les façades en les isolant de l'intérieur dans le cas d'un immeuble ayant un intérêt patrimonial ou par l'extérieur afin d'avoir une meilleure efficacité. L'objectif est d'obtenir un bâtiment étanche à l'air et isolé thermiquement (voire acoustiquement) tout en gardant les parois perspirantes. Les interventions devront, en effet, laisser la vapeur d'eau circuler entre l'intérieur et l'extérieur, d'autant plus pour le bois utilisé pour l'étage neuf.

La rénovation permettra aussi d'établir un diagnostic du bâti existant. Le diagnostic permet d'identifier les pathologies structurelles de l'édifice. Ainsi l'intervention de rénovation pourra, par exemple, consolider les planchers ou les refaire en apportant ainsi une isolation acoustique indispensable au confort des habitants.

En rénovant le bâtiment existant nous permettons d'offrir du logement ce rapprochant des normes thermiques en vigueur pour les bâtiments neufs et à faible impact sur l'environnement. La rénovation, en effet, permet une très faible consommation d'énergie grise lors de la construction. Les matériaux de gros œuvre seront en majeure partie gardés (façades porteuses) et l'apport de nouveaux matériaux, tel que le bois, sont très intéressants d'un point de vue énergie grise. Ainsi le processus que nous proposons de mettre en place, ajout d'un étage bois et rénovation du bâti existant aura un rendement faible en termes d'énergie de production, d'acheminement et de mise en œuvre. Cette énergie grise fera bientôt partie des prescriptions pour la construction.



Figure 5 : Chaîne de production : de la gestion de la ressource à l'entretien du cadre bâti, à Rouen



Figure 6 : Chaîne de production : de la gestion de la ressource à l'entretien du cadre bâti, à Rouen



Figure 7 : Chaîne de production de la gestion de la ressource à l'entretien du cadre bâti

LE RÔLE DE LA MAIRIE

Quel rôle peuvent jouer les mairies dans ce dispositif ?

Tout d'abord, la mairie doit être le garant de la qualité et de la cohérence de ce projet. Bien que cette proposition se veuille innovante, il ne s'agit pas de poser des architectures en opposition de l'identité des villes ; c'est pour cela qu'il faudra que les mairies soient garantes de la continuité des formes architecturales proposées. De plus, il faudra que les mairies modifient les plans d'urbanismes pour permettre ces surélévations lorsque cela est possible. Bien que la construction en bois rende possible ce dispositif techniquement, tous les immeubles ne peuvent pas être surélevés. Il faudra faire attention aux masques projetés sur les immeubles alentours, faire attention aux prospects, etc.

La modification des plans d'urbanisme doit être un engagement fort de la ville quant aux considérations écologiques. La mairie aura une fonction de conseil auprès des acteurs : les habitants qui souhaiteraient s'investir dans ce projet, les entreprises, maîtrise d'œuvre, architectes, désireux d'y concourir, lien avec la production d'énergie, ERDF, etc. La mairie pourra proposer une politique incitative de densification du centre-ville en proposant des aides ou des réductions d'impôts par rapport à la mise en place d'énergie renouvelable couplée à une smart grid, entre autre (cf. figures 8 et 9.)

La question des transports doit être pensée à partir du logement post-carbone. On peut imaginer un avenir où la voiture électrique va se développer. L'ampleur du phénomène⁶ va modifier l'équilibrage du réseau électrique, les véhicules étant des recharges mobiles dont on aura du mal à prévoir les besoins. Pour éviter des sous-tensions ou sur-tensions, la mairie devra inciter fortement les habitants à s'inscrire dans une démarche de mutualisation des équipements énergétiques.

⁶ Deux millions de véhicules électriques sont attendus d'ici 10 ans

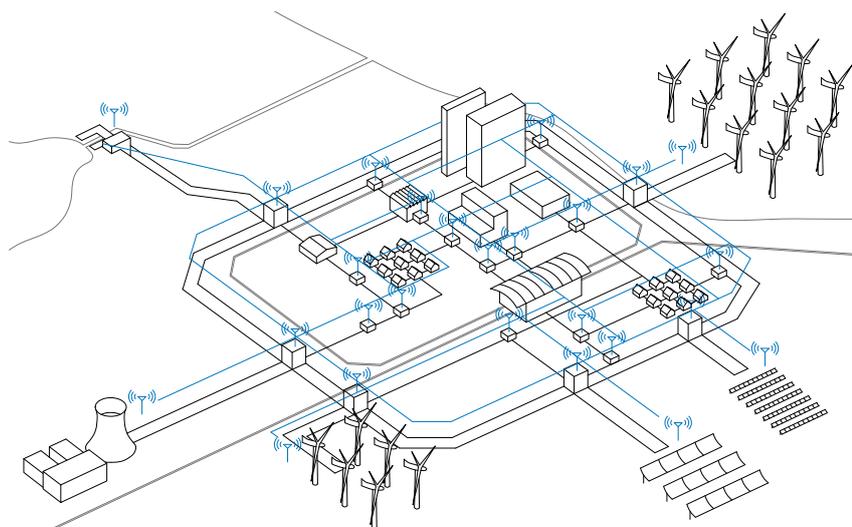


Figure 8 : Chaîne de production et de consommation d'une «smart city» en Allemagne

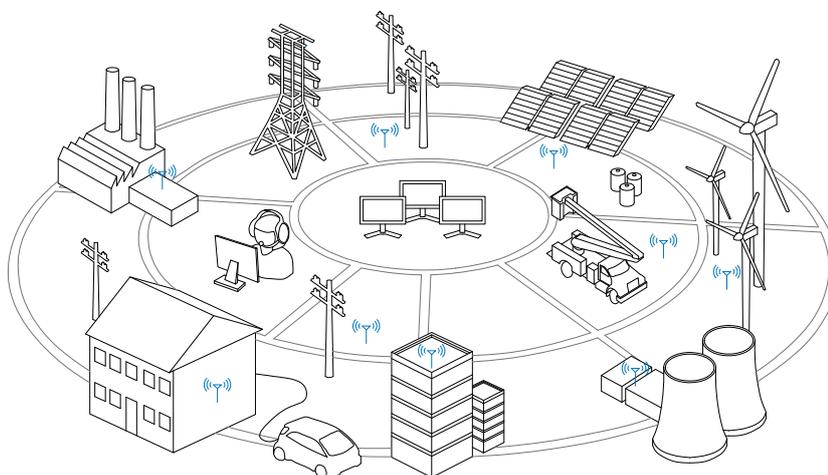


Figure 9 : La réorganisation de la ville autour des « Smart Energy Grid »

IMAGE DE LA VILLE POST-CARBONE

Ces interventions sur la ville permettront de lui donner une nouvelle image, celle d'une ville qui se transforme pour faire face aux enjeux émergents : réchauffement climatique, augmentation de la population, densification des villes, raréfaction d'une énergie peu chère. La plupart des images que l'on donne de la ville post-carbone ne tiennent pas compte du fait que les villes existent déjà : souvent, une très grande intelligence est mise dans la création de «villes écologiques» mais elles sont créées ex-nihilo, comme des villes nouvelles.

Selon nous, la ville post-carbone sera intelligente, au sens où le système de production et de consommation de l'énergie ne se fera plus d'une production centralisée à une consommation diffus, mais où les énergies renouvelables seront portées par le territoire et où le réseau deviendra intelligent, c'est-à-dire capable de communiquer en temps réel sa production et ses besoins.

Dans ces villes, il faudra prendre en compte la gestion du stockage du carbone. Même si un jour, nous parvenons à inverser l'impact que nos modes de vie ont eu sur l'environnement, il ne faudra pas relâcher ses efforts et veiller à ces stocks de carbone que nous aurons constitué au fil du temps, et à la gestion de nos ressources.

OUVERTURES & PERSPECTIVES

Le projet que nous proposons tient en deux arguments : le stockage massif du carbone par le biais du bois et une nouvelle manière d'organiser le territoire urbain permettant la réactualisation de notre bâti ancien. Cela sera la première étape vers l'émergence de la ville du 21^{ème} siècle. Le projet touche directement les habitants de la ville et permet donc de sensibiliser la population à propos de l'impact de la construction du bâtiment sur le climat et l'énergie.

Nous voulons penser notre consommation d'énergie de manière globale. Il est indispensable de réfléchir au processus de fabrication autant que l'objet fini et son entretien dans le temps.

L'augmentation du carbone dans l'atmosphère est liée au recours massif des énergies fossiles. Leur raréfaction va résoudre le problème : le carbone présent sous terre sera dans l'air, maintenant, à nous de le capturer dans nos constructions. L'augmentation des énergies renouvelables posera la question de comment penser le territoire énergétique émergent. On observe ce territoire français fortement boisé depuis le ciel. Profitons de cette opportunité sous nos pieds afin de réduire les transports de la ressource en bois dont nous sommes déjà riches.

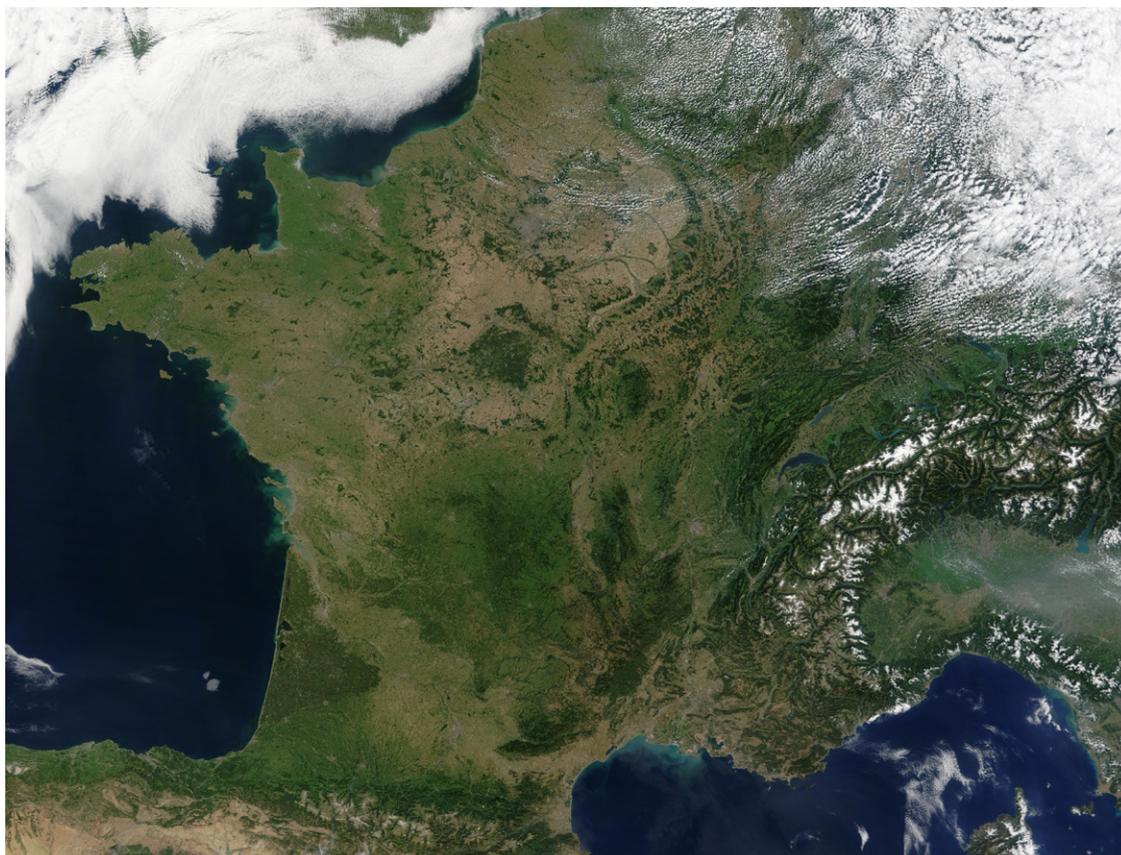


Figure 10 : Vue aérienne de la France, territoire boisé à 30%