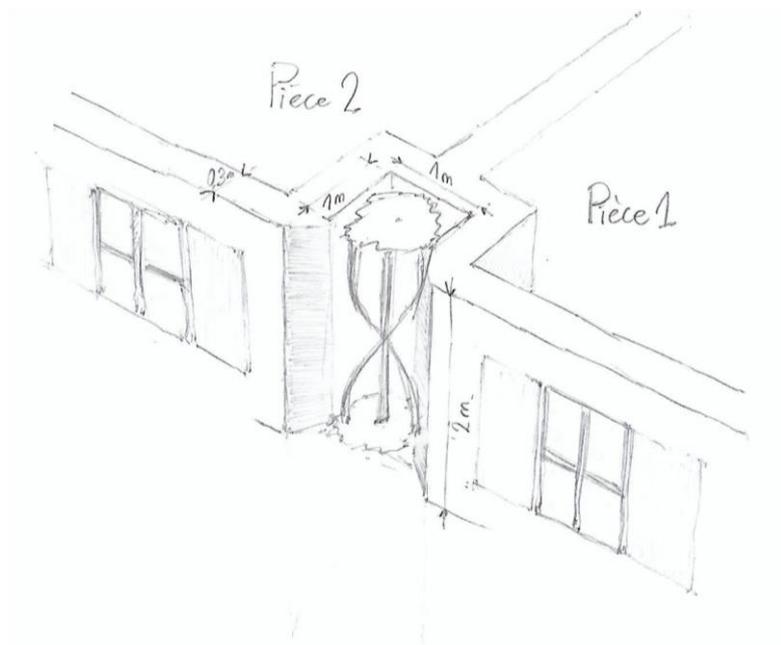


CHANGEMENT CLIMATIQUE : IL EST ENCORE TEMPS !



ÉOL'UT

Projet pour le Prix de l'Ingénierie du Futur

Derouineau Etienne (urbanisme) · **Michard Arthur** (urbanisme) · **Zarosinski Eliot** (urbanisme) · **Lefevre Fabien** (mécanique)



CONTEXTE

Transition écologique
Label E+C-RE 2020

LE VENT

Ressource naturelle
Potentiel énergétique
Inexploité en ville

UN DISPOSITIF

Intégré au bâti
Respectueux de son environnement
Modèle transposable

UNE SOLUTION

Face aux enjeux climatiques
Face aux contraintes de la ville (PLU)
Pour les BPOS

Le croisement des différents moyens de lutte contre le dérèglement climatique (reforestation, habitudes de consommation, mobilité douce, recyclage, énergies renouvelables, etc.) et des postes d'émissions de gaz à effet de serre (bâtiment, transport, industrie, etc.) a donné naissance à Éol'UT. Éol'UT est une éolienne intégrée au bâti en milieu urbain qui convertit l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet pour le Prix de l'Ingénierie du Futur, il a fallu réfléchir à un projet d'ingénierie novateur pour répondre à l'urgence climatique.

Au regard de la situation, et avec les problématiques environnementales et énergétiques au cœur des préoccupations, le choix du projet s'est naturellement porté sur la production d'énergie et les enjeux qui lui sont liés. En France aujourd'hui, la part d'énergie renouvelable (EnR) ne représente seulement qu'un faible cinquième du mix de production d'électricité. Avec le soleil et le vent comme principales ressources (pour l'éolien et le solaire), le potentiel énergétique des EnR est extraordinaire. Quand bien même leurs avantages semblent évidents, l'éolien et le solaire soulèvent toutefois des enjeux qui contraignent leur développement. Ces derniers font effectivement l'objet de nombreuses études d'impact sur la faune et son environnement. Les documents d'urbanisme viennent également freiner, voire empêcher le développement de ces projets en milieu urbain.

C'est finalement dans cette logique que ce dispositif permettant de produire de l'électricité à l'échelle du bâti a été réfléchi, en intégrant notamment les contraintes des différents documents d'urbanisme (réglementaires, visuelles, etc.).

CONTEXTE

Le contexte dans lequel la société évolue aujourd'hui est complexe et global. A l'échelle mondiale, les pays se doivent d'adopter des politiques vertes ambitieuses pour atteindre les objectifs fixés de neutralité carbone à l'horizon 2050.

En 2020, la Réglementation Thermique 2012 se substituera à la Réglementation Environnementale 2020. La RE 2020 s'inscrit dans un cadre plus large que la RT 2012 : celui de la lutte contre le réchauffement climatique, dont les objectifs ont été énoncés lors de la COP 21. Aussi vient-elle en continuité de l'expérimentation E+C- lancée en 2016, « énergie positive et réduction carbone », qui vise à généraliser les bâtiments à énergie positive et à déployer des bâtiments à faible empreinte carbone (celle-ci étant désormais calculée sur l'intégralité du cycle de vie du bâtiment, de sa conception à sa démolition).

RE 2020 Bâtiment à
Énergie Positive
& **Réduction Carbone**

Le label E+C- et la RE2020 sont entre autres de véritables points clefs de mise en mouvement des acteurs de l'immobilier sur les sujets du changement climatique.

LE VENT

Le vent, en tant que ressource inexploitée en milieu urbain et en tant que source unique pour le fonctionnement d'Éol'UT est à étudier avec précaution avant l'implantation du dispositif. Restreignant l'étude au cas de la France, la *Figure 1* permet de définir les villes où l'emplacement d'Éol'UT serait plus stratégique.

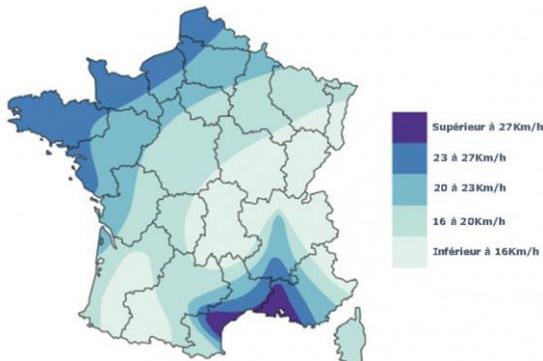


Figure 1 : Carte des vents moyens en France
www.meteoblue.com

Toutefois, il ne faut pas s'arrêter à une moyenne des vents élevée, il faut également retenir des régions où les vents sont réguliers. Des graphiques de *Meteoblue* avec un échantillonnage plus précis permettent de retenir principalement la Bretagne ou la Normandie et de laisser de côté la région PACA.

Une fois les villes les plus appropriées sélectionnées, le choix des rues est également important pour la rentabilité de l'éolienne. En effet, installer le dispositif dans les rues où le vent souffle majoritairement dans l'axe de la rue tout au long de l'année est plus profitable. Cela peut être observé par des roses des vents donnant l'orientation moyenne du vent.

Il ne va pas sans dire que les rues ont tout de même pour effet de rediriger le vent dans l'axe de la chaussée. Mais les couloirs d'immeuble ont également l'effet fortement bénéfique de produire un effet *Venturi*, d'accélération du vent, d'autant plus important que les bâtiments sont hauts, que la végétation sur la chaussée est faible ou encore qu'il existe un phénomène d'entonnoir en bout de rue comme par exemple la présence d'une place.

LES ÉOLIENNES

En ce qui concerne le choix d'éolienne, la décision s'est rapidement portée sur les VAWT (éoliennes à axe vertical) qui sont nettement plus adaptées au milieu urbain de par leur forme et leur nuisance sonore plus faible que les éoliennes à axe horizontal (qui forment néanmoins la grande majorité du parc éolien mondial).

D'autre part, les modèles principaux pour les VAWT sont les éoliennes Darrieus (*figure 2*) et Savonius. Les Savonius démarrent avec des vents très faibles et ont un couple élevé (et c'est d'ailleurs pour cela qu'elles sont généralement utilisées dans les anémomètres) mais ont cependant un coefficient de rendement très faible. Quant à lui, le modèle Darrieus a un rendement nettement supérieur et peut s'autoréguler en cas de vents forts ce qui évite toute détérioration du dispositif.



Figure 2 : Modèle d'éolienne Darrieus

C'est pourquoi, pour des raisons de rentabilité et de solidité, le modèle Darrieus a indubitablement orienté notre choix pour le dispositif Éol'UT. De plus, les formes diverses d'hélices des modèles Darrieus peuvent faire partie intégrante de l'esthétique et de l'architecture de la ville, contrairement à l'aspect grossier du modèle Savonius.

Enfin, il existe des modèles verticaux qui mélangent les caractéristiques des deux types Darrieus et Savonius pour optimiser le rendement. Malheureusement, cela est au désavantage d'autres critères tels que le poids du dispositif qu'il nous est primordial de contrôler afin d'éviter une surcharge du bâtiment.

UN DISPOSITIF

Comme évoqué précédemment, l'objectif est de profiter du vent complètement inexploité en ville. De nombreuses startups ont déjà réfléchi à ces problématiques mais se sont heurtées aux contraintes du PLU entre autre. Cependant, Éol'UT outrepassé ces problématiques en s'intégrant directement dans l'enveloppe du bâtiment. Effectivement, l'éolienne Darrius viendrait se loger dans les façades du bâtiment et ainsi éviterait toute pollution visuelle (figure 3 et 4).

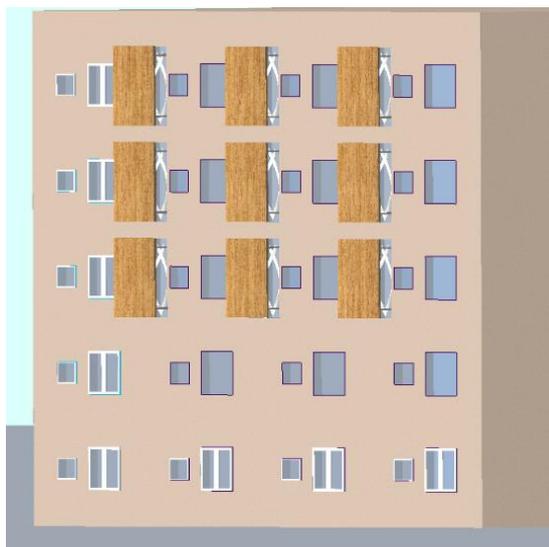


Figure 3 : Éol'UT implanté dans l'enveloppe du bâtiment

Incrustée dans l'enveloppe du bâtiment, pour des constructions nouvelles, l'éolienne serait cachée par un jeu de volets (figure 4) qui permettrait en même temps d'orienter l'entrée du vent dans le dispositif et de l'amplifier (effet venturi local). Ces volets ont ici été modélisés en bois mais le *design* est à adapter en fonction du lieu d'implantation pour faciliter l'insertion d'Éol'UT dans le paysage urbain.

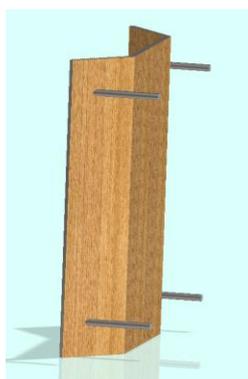


Figure 4 : Volet cachant l'éolienne

Le dispositif n'a volontairement été fixé qu'à partir du 3ème étage, à plusieurs mètres du sol, pour profiter d'un meilleur gisement. Les dimensions retenues pour l'éolienne sont les suivantes : 2 mètres de hauteur pour 0,8 mètres de diamètre. Pour obtenir ces valeurs, la hauteur moyenne d'un étage et l'épaisseur des voiles ont été prises en compte.

Concernant l'étude technique du dispositif, les nuisances sonores et mécaniques qu'Éol'UT est susceptible d'engendrer sont évidemment un point sensible. Dans l'optique d'un futur développement, il a donc été envisagé d'intégrer dans la percée un système d'isolation phonique et un système antivibratoire. A ce stade du projet, ces composantes n'ont néanmoins pas été approfondies.

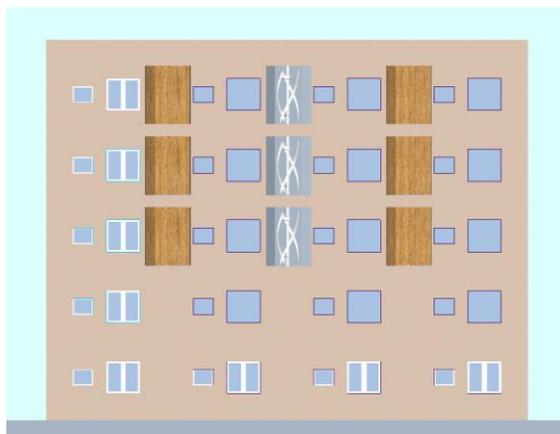
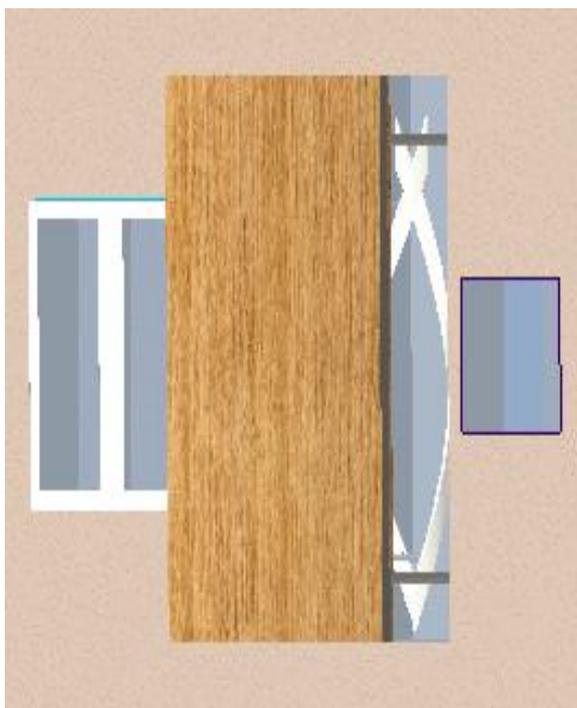


Figure 5 : Vue de face avec ou sans volets

Enfin, la maintenance du dispositif pourra se faire sur chaque éolienne installée dans le bâtiment. Le volet permettant de dissimuler l'éolienne depuis la rue, est constitué de panneaux centraux pivotants qui s'ouvrent à la manière des battants d'une fenêtre. Ouverts, ils créent un espace technique suffisant pour la maintenance du dispositif. Il faut savoir qu'une éolienne de type Darrius, comme celle choisie, a une durée de vie d'au moins 30 ans. Le recyclage de ces petites éoliennes est également maîtrisé.

UNE SOLUTION

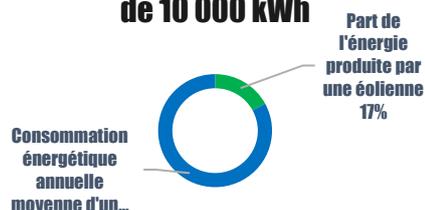
Éol'UT apparaît finalement comme une solution aux enjeux climatiques de l'époque. Intégré dans l'enveloppe du bâtiment, Éol'UT respecte les PLU et le paysage urbain, ce qui favorise son déploiement. Aussi s'inscrit-il logiquement dans les nouveaux projets de lois, labels et normes environnementales tels que la RE2020 et l'expérimentation « énergie positive et réduction carbone » (E+C-). Couplé à un dispositif photovoltaïque, il permettrait d'assurer la production d'électricité des bâtiments de demain et participerait ainsi au développement des bâtiments à énergie positive (BPOS), et plus largement à celui des territoires à énergie positive (TEGPOS).



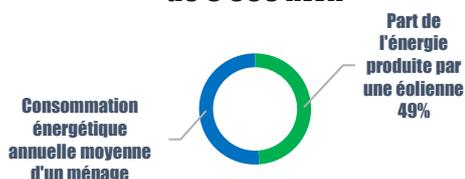
SCENARIOS

Une approche par scénario du projet permet d'observer clairement la part de production d'une éolienne sur la consommation énergétique annuelle moyenne d'un ménage (10 000 kWh). Le premier scénario présente Éol'UT s'il était développé aujourd'hui, tandis que le scénario 2 présente une vision du projet sur le long terme, en prenant compte des avancées techniques et technologiques à venir. Deux hypothèses ont été émises particulièrement, une première sur la consommation énergétique annuelle des ménages, qu'il est possible d'estimer réduite de moitié (5 000 kWh), et une seconde concernant le Cp (rendement) de l'éolienne, porté à 0,5, pour se rapprocher de sa valeur théorique (0,59).

Scénario 1 : Cp=0,35 et consommation annuelle moyenne de 10 000 kWh



Scénario 2 : Cp=0,50 et consommation annuelle moyenne de 5 000 kWh



En prenant compte des avancées technologiques et techniques actuelles, Éol'UT pourrait déjà participer à près d'un cinquième de la consommation annuelle moyenne d'un ménage, pour chaque éolienne intégrée au bâti. En portant cette fois-ci le projet sur le long terme, c'est à dire à échéance de plusieurs années, celui-ci participerait à hauteur de la moitié de la consommation annuelle d'un ménage.