

RÉUTILISATION DES PALES D'ÉOLIENNES



DEMEY CAROLE / GALEANO LAURA

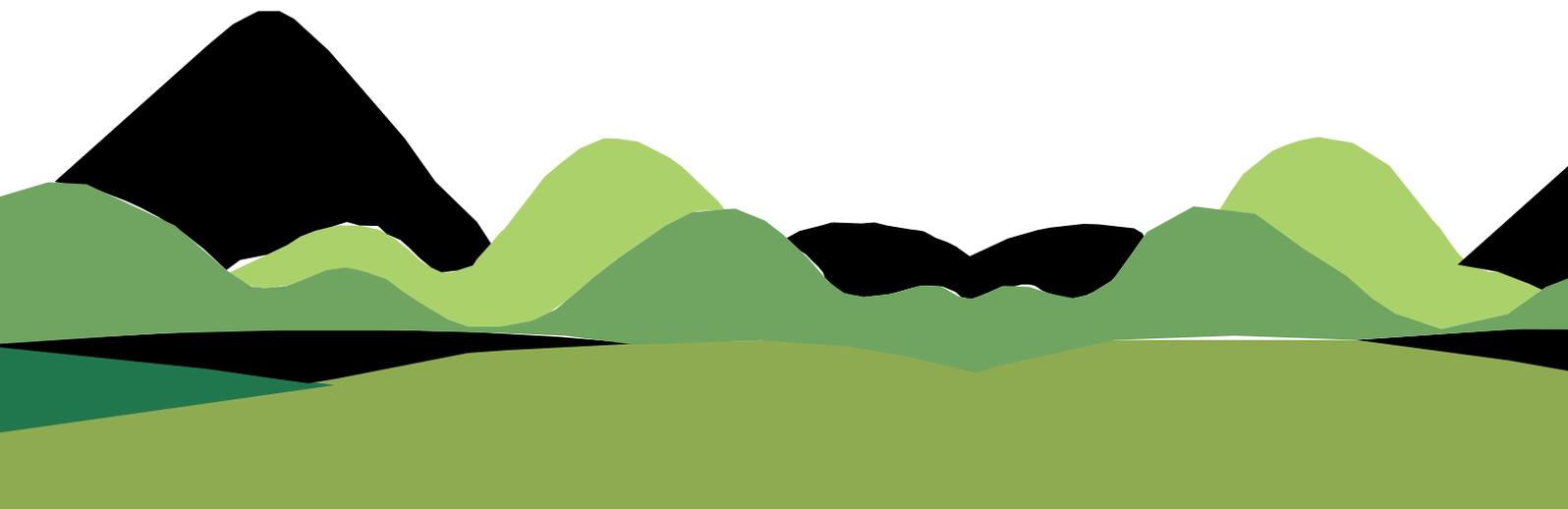
DESIGN & TERRITOIRES / LOCAL & GLOBAL

BC 1.1 - 2021 - 2022

E
NS/
AG

**MASTER
DESIGN
RÉSILIENCE
HABITER**





DEMEY CAROLE / GALEANO LAURA

Master DESIGN, parcours "DESIGN, RESILIENCE, HABITER"

-

Année pédagogique 2021 - 2022

Bloc de compétences BC 1.1

DESIGN & TERRITOIRES

Local & Global

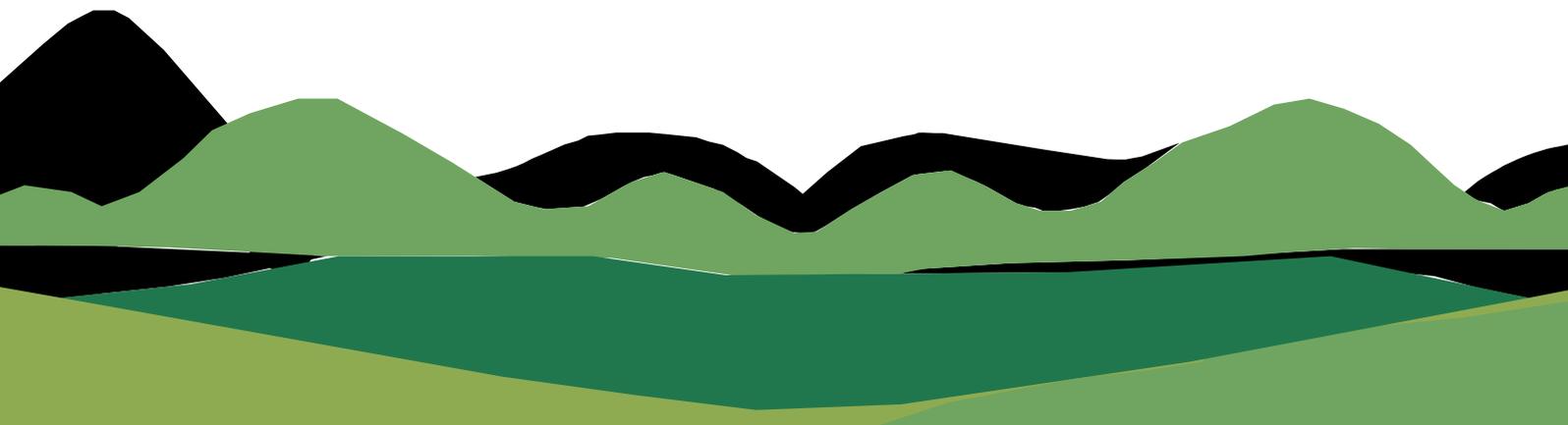
-

Projet en partenariat avec Green Alpes

-

Sujet : Le réemploi des pales d'éolienne, création
d'une filière française

"Les déchets du monde d'avant seront les ressources du
monde d'après"



SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

page 6-7

LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

page 8-11

L'ÉOLIENNE

page 12-13

LES PALES D'ÉOLIENNES

page 14-15

RECYCLAGE

page 16-17

CE QUI EST MIS EN ŒUVRE AUJOURD'HUI

page 18-19

PROBLÉMATIQUE

page 20-21

INTRODUCTION 2

page 22-23

DÉMONTAGE / DÉCONSTRUCTION

page 24

DÉCOUPAGE

page 25

TRANSPORT

page 26-27

STOCKAGE ET TRAÇABILITÉ

page 28-29

CATALOGUE D'UTILISATION DE LA NOUVELLE RESSOURCE

page 30-31

EXEMPLE D'UTILISATION DE LA NOUVELLE RESSOURCE

page 32

PREMIÈRE ÉCHELLE 1X STRUC- TURES

ARBORIFORMES

page 33

DEUXIÈME ÉCHELLE 2X STRUC- TURES PORTEUSES

page 34



TROISIÈME ÉCHELLE 3X TINY HOUSE

page 35

QUATRIÈME ÉCHELLE 4X ELEMENTS DE
CONSTRUCTION
PETITE ET MOYENNE ÉCHELLE

page 36

DÉVELOPPEMENT DE LA DEUXIÈME ÉCHELLE
- STRUCTURES PORTEUSES
POUR CENTRES SPORTIFS

page 38-39

SHIGERU-BAN - TOITURE EN CARTON

page 40

SIMON VELEZ - ACIER
VEGETAL

page 41

ASSEMBLAGES - RENFORCEMENT
STRUCTURAUX

page 42-43

LE CONCEPT DU PROJET

page 44-45

RÉFÉRENCES

page 46-47



INTRODUCTION

Le projet développé ce semestre dans le cadre du cours de master «design, résilience et habiter», se concentre sur une question d'actualité : le recyclage des pales d'éoliennes. Suite à nos recherches, nous reconnaissons qu'il s'agit d'un problème nouveau qui trouve son origine dans le démantèlement des parcs éoliens installés depuis environ 25 ans en France et dans toute l'Europe. Après ce laps de temps, leur productivité est réduite. Les éoliennes sont donc remplacées par d'autres plus puissantes en favorisant la durabilité et de pérennité de ces nouvelles machines.

La problématique première des pales d'éoliennes est due à la grandeur des pièces. Aussi, les matériaux qui les composent ne sont pas entièrement recyclables. Nous nous rendons compte aujourd'hui qu'en raison de leur taille et de la quantité de matière non recyclable, la question de recyclage et la difficulté du démantèlement des parcs éoliens en cours de rénovation est une question



urgente. Bien que certaines entreprises hors de l'Europe aient «pris en charge» la situation sans but écologique, avec des alternatives telles que l'enfouissement de ces objets. Une loi est en cours d'élaboration en Europe pour interdire ce type de pratique, car elle ne constitue pas une alternative écologique au concept initial de l'énergie éolienne, qui promet d'être une énergie respectueuse de l'environnement.

Nous pouvons

remarquer que ces pratiques d'enfouissement sont aussi utilisées pour les énergies fossiles et fissiles, ce qui crée plus de dégâts écologiques.

C'est pourquoi, tout au long de ce document et des recherches que nous avons menées, nous développerons un plan divisé en six grandes étapes, à partir desquelles nous comprendrons le problème à différentes échelles, en passant par la contextualisation des

énergies renouvelables, le fonctionnement d'une éolienne, la façon de recyclage des pales actuellement traité, afin de nous placer dans l'état de l'art du sujet. Par conséquent, nous identifierons les alternatives qui nous intéressent le plus en termes d'actions des différentes entreprises et groupes intéressés par le sujet.

Ainsi, en terminant en deux parties principales, nous expliquerons notre approche et les conclusions obtenues d'un point de vue de la conception, en particulier dans le domaine de l'architecture et de la conception d'espaces.

Dans un dernier temps, nous finirons par une ouverture conduisant à notre problématique : Les pales d'éoliennes comme un système modulaire pour la construction d'espaces à grande, moyenne et petite échelle. Permettant de rallonger le cycle de vie des pales, et analyser leurs caractéristiques de fonctionnalité et de résistance pour une réutilisation dans la construction.



LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Les énergies renouvelables répondent à la nécessité d'effectuer une transition énergétique et écologique comparée aux méthodes dites traditionnelles/ épuisables de collecte d'énergie (pétrole, charbon, chimie...). Les énergies renouvelables utilisent la force de l'eau, du soleil, du vent pour ainsi créer de l'énergie électrique ou thermique. Ce sont ici, des ressources inépuisables comparées aux énergies fossiles. C'est en prévision de ces épuisements potentiels des ressources fossiles et l'envie de réduire le gaz à effet de serre que les énergies renouvelables se développent.

Les énergies renouvelables sont prometteuses et favorisées selon les années. Des objectifs ambitieux prévoient que d'ici 2030, la part d'énergie dans la consommation finale brute d'énergie sera d'au moins 33% en France.

“Les énergies renouvelables représentent 11,7 % de la consommation d'énergie primaire et 17,2 % de la consommation finale brute d'énergie en France en 2019.”

Rapport Chiffres clés des énergies renouvelables, Édition 2020 JUILLET 2020

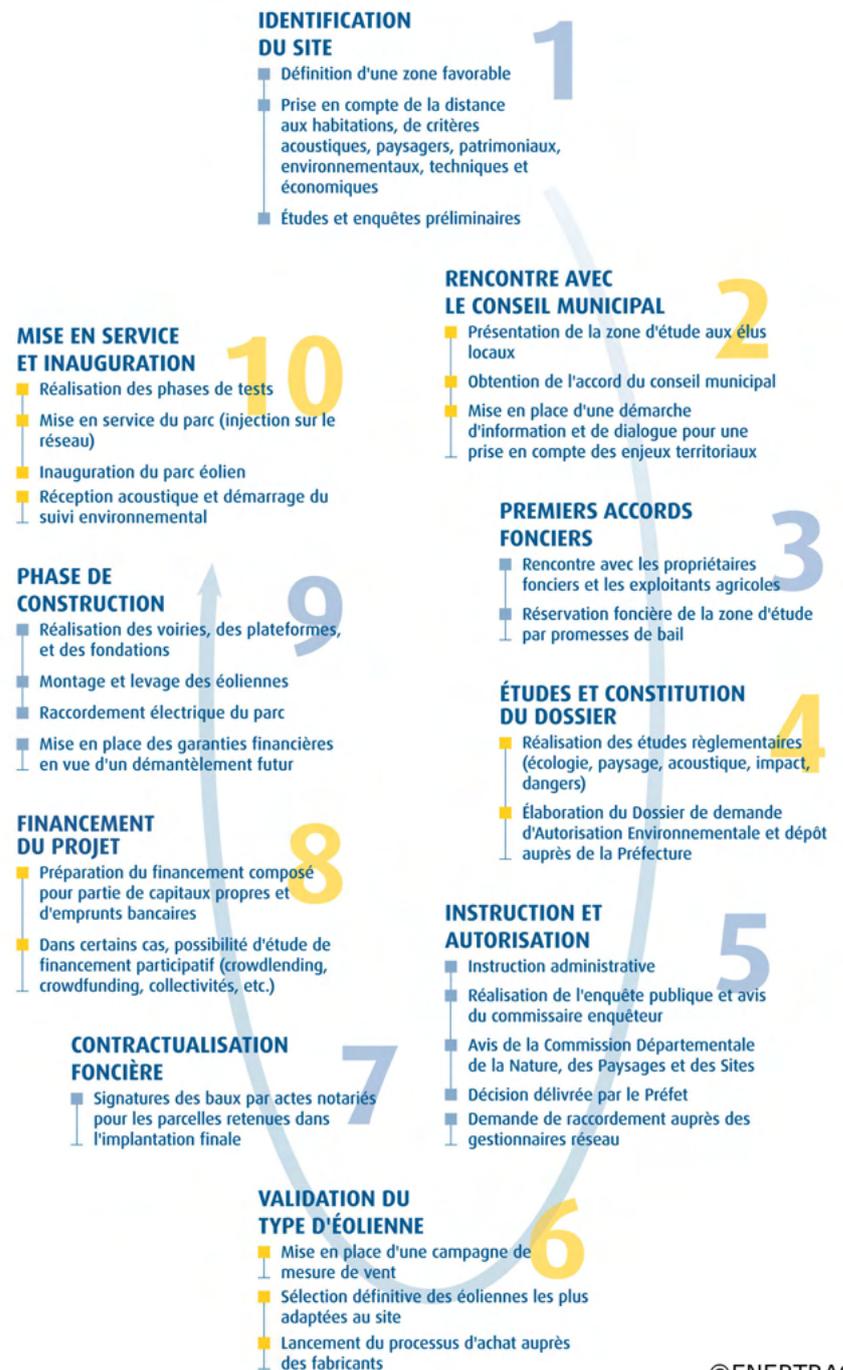
<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-35995-chiffres-cles-enr-2020.pdf>

L'énergie éolienne est une

énergie intermittente et mécanique qui est produite par la force et la vitesse du vent, compte tenu du fait qu'il s'agit d'une énergie diffuse et non contrôlable. La variation de la puissance de production varie selon les saisons, le lieu d'implantation, la force du vent. On pourrait dire que cette énergie n'est pas totalement autosuffisante, car elle dépend des conditions météorologiques. C'est pourquoi des parcs éoliens sont construits dans tout le pays, et dans les endroits venteux, pour éviter l'effet d'intermittence.

La production d'énergie éolienne et la construction de parcs éoliens sont les principaux promoteurs du tourisme industriel. L'énergie éolienne est une activité très rentable pour les investisseurs, car si elle représente un investissement initial important, ses bénéfices à moyen terme dépassent toutes les attentes financières et économiques. Pour ce faire, les prévisions montreraient qu'une éolienne pourrait augmenter de 37 % d'ici 2024, l'investissement est donc florissant ces dernières années. Aussi, en 2017 les éoliennes produisent 17% de plus qu'en 2010. Ceci est dû à l'augmentation de la vitesse des vents mais aussi à la technologie des matériaux utilisés.

«Nous prévoyons que la tendance à l'augmentation de la vitesse du vent se poursuivra pendant 10 ans, mais nous montrons également que, comme elle est causée par les oscillations atmosphère-océan, elle s'inversera peut-être à nouveau une décennie plus tard», a déclaré M. Zheng.

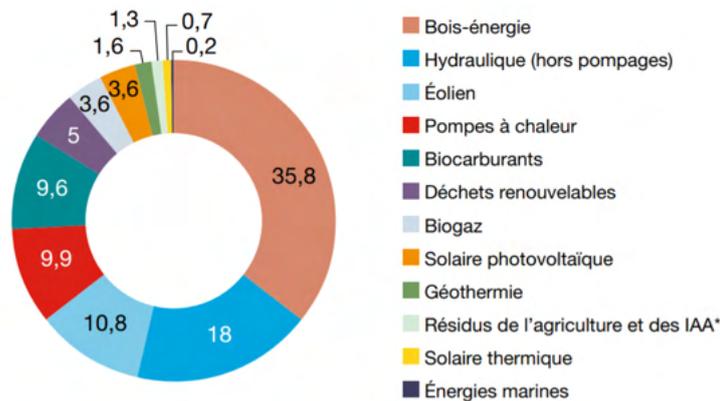


©ENERTRAG

PRODUCTION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR FILIÈRE EN 2019

TOTAL : 320 TWh

En %



* IAA : industries agroalimentaires.

Source : calculs SDES

Ce qu'il faut retenir de l'énergie éolienne. En France, l'énergie du vent ne peut fonctionner seule. Des compléments de production d'énergie, renouvelable ou fossile, sont nécessaires pour répondre au besoin des français.

Il faut savoir qu'aucun matériau pour la construction des éoliennes n'est produit en France et que son recyclage et ou son enfouissement est réalisé à l'étranger.

Cela en fait une solution plus coûteuse, si l'on considère également que 56 % des entreprises qui construisent et exploitent l'énergie éolienne sont des entreprises étrangères.

En revanche, beaucoup d'entreprises françaises investissent pour posséder des parc éoliens, vu leur rentabilité à long terme.

Les énergies renouvelables représentent 11,7 % de la consommation d'énergie primaire* et 17,2 % de la consommation finale brute d'énergie* en France en 2019.

Ces parts sont en augmentation régulière depuis une dizaine d'années. La croissance importante de la production primaire d'énergies renouvelables depuis 2005 (+ 72 %) est principalement due à l'essor des biocarburants, des pompes à chaleur et de la filière éolienne.

**consommation d'énergie primaire: ensemble des consommations d'énergie de l'économie non transformée après extraction, et marginalement sous forme de dérivés non énergétiques (goudrons, bitume, lubrifiants...) (Source INSEE)*

**consommation finale brute d'énergie : Somme de la consommation finale d'énergie, des pertes de réseau et de l'électricité et/ou chaleur consommées par la branche énergie pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur. (Source INSEE)*

La production de l'ensemble des énergies primaires produite en France, s'élève à 320 Twh en 2019. Elle reste cependant inférieure à la consommation primaire d'énergie renouvelable à cause du solde importateur des échanges extérieurs de bois et de biocarburants. En effet, le bois est une énergie utilisée principalement pour le chauffage représente une production de 35.8%. L'énergie éolienne représente 10.8% de la production primaire d'énergie renouvelable.

L'éolienne est donc une énergie florissante depuis les années 2000. En 2019, la production brute s'élève à 34,6 TWh, en hausse de 21 % par rapport à 2018. Cela peut être dû à de meilleures conditions météorologiques, et aussi à l'augmentation des parcs éoliens.

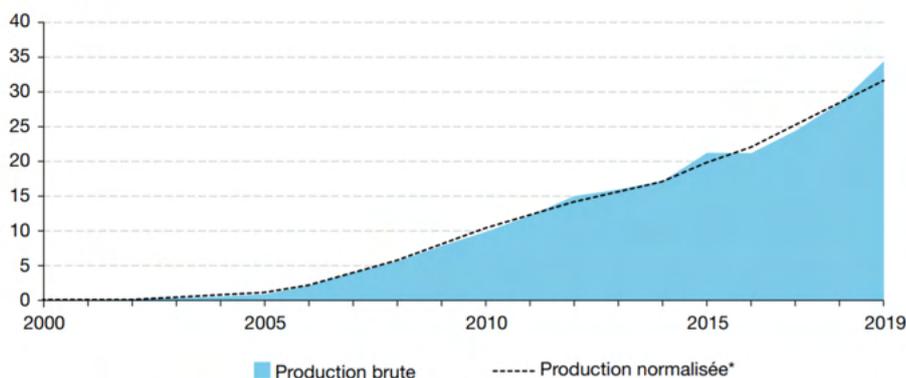
En 2017, les dépenses d'investissement dans les énergies renouvelables s'élèvent à 7,9 Md€. Elles recouvrent l'ensemble des dépenses d'achat des équipements (fabriqués en France et importés) ainsi que les coûts de distribution, d'installation et d'études préalables. Plus de 80 % des investissements relèvent des filières de l'éolien terrestre (28 %), des pompes à chaleur (24 %), du photovoltaïque (16 %) et du bois-énergie (13 %).

Rapport Chiffres clés des énergies renouvelables, Édition 2020 JUILLET 2020
<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-35995-chiffres-cles-enr-2020.pdf>

Éolien

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE

En TWh



* Voir Définitions et méthodes.

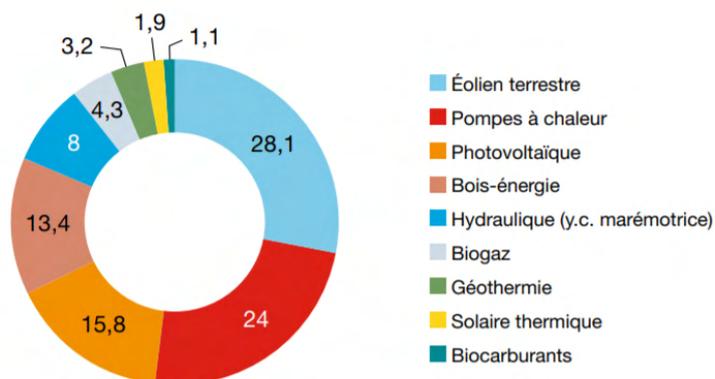
Source : SDES, enquête sur la production d'électricité

Dépenses d'investissement dans les énergies renouvelables

DÉPENSES D'INVESTISSEMENT DANS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION EN 2017

TOTAL : 7 950 M€

En %



Note : estimation provisoire des dépenses d'investissement de 2017.

Champ : dépenses d'investissement des entreprises, des ménages et des administrations.

Sources : SDES, Compte satellite de l'environnement ; Ademe, Marchés et emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de la récupération (2019)

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Les éoliennes ont une durée de vie estimée à 20 à 25 ans. Leur fabrication nécessite la pétrochimie. Elles sont assemblées sur le site. En fin de vie, elles sont démantelées, séparées et envoyées dans des lieux de traitements différents.

Certains matériaux tels que l'acier, le béton de la structure sont recyclés, mais d'autres plus contraignants ne peuvent pas être recyclés. C'est le cas des pales d'éoliennes qui sont composées de plusieurs matériaux synthétiques, tels que des fibres de carbone, de verre et de la résine epoxy.

«Le démantèlement des plus anciens parcs éoliens vient de commencer, la filière du recyclage des éoliennes est en cours de développement et devrait monter en puissance dans les prochaines années afin d'être en mesure d'envisager du 100% recyclable.»

<https://www.projeteolien-chaourcois.fr/page/sur-le-cycle-de-vie-et-le-demantelement>

La fabrication des éoliennes nécessite plusieurs usines spécifiques généralement implantées à l'étranger. Chaque composant est fabriqué avec des matériaux neufs et en composites pour les pales. Les différents composants sont ensuite acheminés sur le lieu de l'implantation.

Création des fondations (d'un diamètre de 100 mètres de diamètre). Ensuite, l'assemblage des éléments est calculé à 3 semaines.

La durée de vie d'une éolienne est calculée de 20 à 25 ans. Les composants sont contraints aux conditions météorologiques, à des flexions, prise au vent... Pour ce faire, la nécessité du changement des parcs éoliens avec des machines neuves apporte une plus grande puissance de production et donc un meilleur rendement.

Les éoliennes sont ensuite démantelées, séparées et découpées. Elles vont être acheminées par camion pour passer à l'étape suivante. La grandeur des éléments amène une difficulté supplémentaire et coûteuse pour les entreprises de démantèlement.

Le mât étant en acier, des composants électroniques et une partie des pales de l'éolienne sont recyclés (souvent fondu) pour ensuite être réutilisés dans une autre industrie.

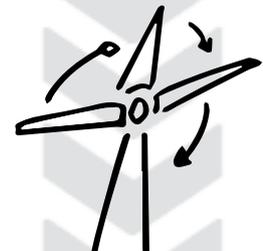
Le traitement des pales d'éoliennes est un sujet difficile en France. En effet, la quasi-totalité des pales est envoyée dans d'autres pays d'Europe ou aux États-Unis pour prendre place dans des cimetières de pales. Elles sont enfouies en attendant leur dégradation.



Fabrication
Pétrochimie



montage
(3 semaines)



Fonctionnement
20-25 ans



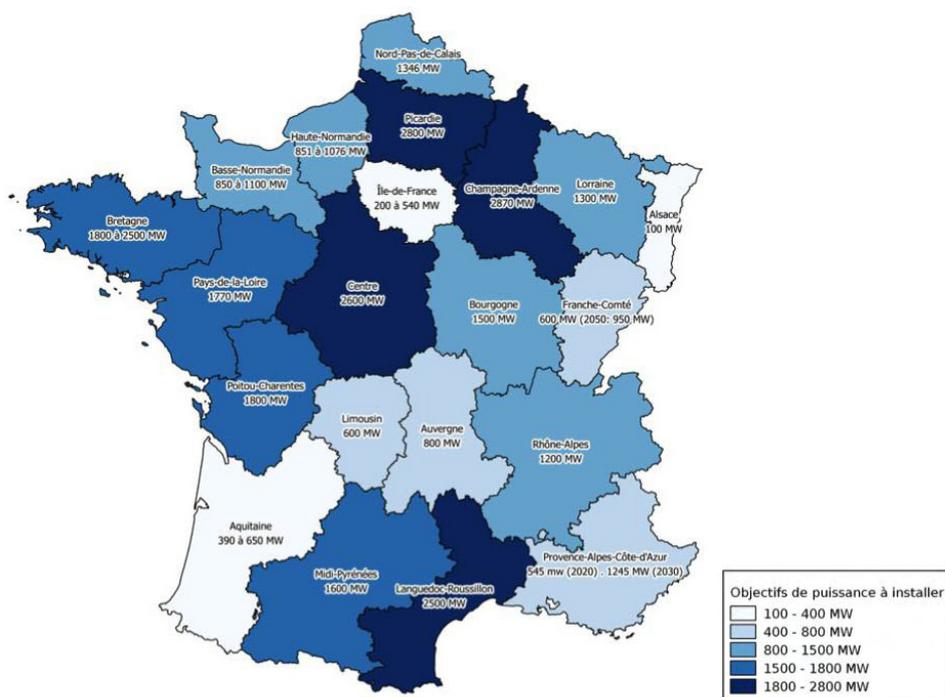
Démantèlement

recyclage de quelques composants



enfouissement
des pales

**Objectifs de puissance à l'horizon 2020
établis par les schémas régionaux éoliens**



En 2019, le parc éolien français a produit 34,1 TWh, soit 6,3 % de la production d'électricité nationale. Cela représente une augmentation de 21,2 % par rapport à l'année précédente.

Les installations des parcs éoliens onshore sont favorisés dans des régions spécifiques et venteuses. En effet, la production d'énergie provenant d'une éolienne est fortement variable au cours du temps. Une éolienne ne délivre pas sa puissance maximale seulement lorsqu'il y a de bonnes conditions climatiques : (Vent trop lent, les pales ne sont pas entraînées, vent trop rapide, il faut réduire la vitesse de rotation des pales.

En 2019, 3 régions totalisent près de 60 % de la production d'électricité d'origine éolienne nationale. Il s'agit du Grand-Est (7,67 TWh), des Hauts de France (8,95 TWh) et de l'Occitanie (3,75 TWh).

Pour augmenter la production d'une éolienne, plusieurs moyens sont mis en jeu.

La girouette tourne la partie supérieure où se trouve le rotor, pour que les pales se situent face au vent et donc avoir la possibilité de capter un maximum d'énergie cinétique.

Aussi, dans la nacelle, se trouve une roue dentée appelée démultiplicateur augmente la rotation du générateur. Pour ce faire, lorsque le rotor a une vitesse de rotation de 15 tr/mn, Grâce au démultiplicateur, le générateur va alors tourner à 1800 tr/mn.

LES PALES D'ÉOLIENNE

Les pales des éoliennes sont l'un des éléments les plus importants dans la production d'énergie éolienne, non seulement parce qu'elles constituent un pourcentage élevé de l'identité des éoliennes, mais aussi parce qu'elles sont chargées de transmettre l'énergie produite par le mouvement du vent qu'elles reçoivent.

C'est pourquoi ces éléments ont un design si particulier, car ce grand travail d'ingénierie, transmet dans son image le concept d'aérodynamisme, un design qui lui permet d'être résistant aux diverses conditions du climat et qui est également léger pour qu'elles se déplacent avec le vent et qu'elles ne soit pas une charge exagérée en raison de sa taille.

Pour un meilleur rendement, la conception de ces éléments, tant au niveau de la forme que des matériaux, est tout à fait particulière. En parlant de la conception de la forme, nous devons tenir compte de la taille allant jusqu'à 65 mètres de long et des épaisseurs différentes selon la section étudiée. En termes d'assemblage, il y a une poutre métallique centrale, qui est chargée d'unir les pales pour former le rotor, qui à son tour

doit être assez léger, sans perdre de sa force. Les matériaux utilisés ont les caractéristiques suivantes : la rigidité, la flexibilité et la légèreté.

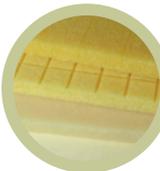
C'est ce que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de matériau composite, et c'est pourquoi cette partie de l'éolienne est la plus compliquée à recycler, car elle est un mélange de plusieurs matériaux et peintures de toute sorte (ci-contre). Tout ceci rend difficile la séparation des matériaux par des procédés mécaniques.

Des entreprises ont réfléchi sur la possibilité de créer des pales en matériaux recyclables, en prenant le problème à la source.



PU PEINTURE

Un contrôle par ultrason est effectué pour identifier tout air ou toute porosité, vérifiant que le matériau est complètement compact. Un aspect esthétique et l'absence de défauts graphique pour vérifier que la poutre est parfaitement collée aux couilles et au dos. Les adhésifs sont appliqués et durcis pour appliquer la colle.



CORE INFUSION

La première étape de pose consiste à appliquer le produit de manière conventionnelle. Selon le souhait, une couche de peau (une couche relativement fine de surface) peut être appliquée et ensuite durcie afin d'améliorer la finition de la surface. Ensuite, des renforts structurels secs pour la peau existante sont posés dans un ordre.

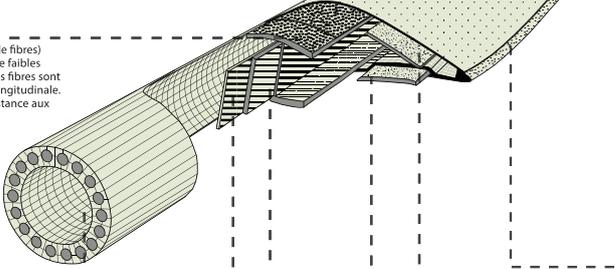


FIBRE DE VERRE

La composition de chaque fibre ou fil par des milliers de ces micro-filaments donne à la fibre de carbone des propriétés similaires à celles de l'acier. Il atteint même une résistance aux chocs supérieure à celle de l'acier, en raison de sa grande dureté. Malgré cela, c'est un matériau léger, comparable au bois ou au plastique.

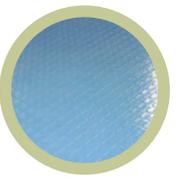
FIBRE DE ARAMIDES

La fibre aramide est fibrillaire (sous forme de fibres) dans sa structure, ce qui donne les meilleures propriétés de flexion et de compression. Les fibres sont assez robustes et résistantes à la traction longitudinale. En outre, elles présentent une excellente résistance aux impacts balistiques.



SPRINT PEINTURE

Ces revêtements sont généralement à base de polyester ou en polyuréthane, avec des additifs (charges stabilisantes UV) pour assurer la résistance aux intempéries et à la base ongles couches de finition, similaires à des feuilles de finition, contiennent des paraffines et durcissent plus rapidement au contact de l'air. Ils sont utilisés pour les séparations.



PREMIÈRE PEINTURE

Couverture élastomérique après que la poutre a subi l'épaisseur de renforcement. Le revêtement est équipé de deux couches de spray de peinture. Une inspection est effectuée au moyen d'une vidéo qui permet de vérifier les petits défauts que pourraient présenter la partie structurale de la poutre.



RÉSINE ÉPOXY

La résine époxy qui est un film qui sert à protéger la lame. Les essais ont été effectués et elle donne notamment la couleur blanche qui identifie les pales. Ce processus nécessite beaucoup de travail, jusqu'à 7 personnes en raison de la taille et de la forme irrégulière de la poutre.



LES ADHÉSIFS

Les adhésifs sont utilisés pour coller les panneaux composites entre eux. Les adhésifs utilisés sont composés de résines époxy et de durcisseurs dans les systèmes à deux parties qui collent. Ils sont généralement à base d'époxy, de polyester ou de polyuréthane.



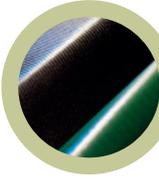
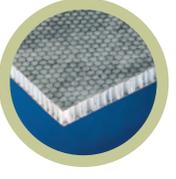
POUTRE DE MONTAGE

Les poutres métalliques ont la particularité de leur résistance à la traction. Les poutres métalliques qui sont utilisées sont conçues avec l'acier. Elles sont de sectionnement de 6 à 8 mm. Pour assurer la géométrie de la poutre, des bords sont soutenus.



PREPREG CORE

Ce matériau est obtenu en utilisant la surface de la fibre pour créer une série de canaux soigneusement positionnés pour faciliter le dépôt de la résine. En conséquence, le besoin d'un filet ou d'un tapis de distribution sacrificiel (comme c'est le cas avec d'autres systèmes de résine) est complètement éliminé, de même que le besoin d'une couche de pellicule et d'un film de séparation.



PRÉIMPRÉGNÉ

L'avantage par rapport à l'application d'une résine dans un renfort est qu'il n'y a pas de perte de résine à l'impact. La présence de ce produit pré-impregné augmente considérablement la viscosité de la résine et rend donc très difficile l'impregnation dans un tissu sec. Le fil de la pré-impregnation pré-dimentionne et permet le maintien de la résine.

FIBRE DU CARBONE

La composition de chaque fibre ou fil par des milliers de ces micro-filaments donne à la fibre de carbone des propriétés similaires à celles de l'acier. Il atteint même une résistance aux chocs supérieure à celle de l'acier, en raison de sa grande dureté.



BOIS Balsa

Le balsa est une essence de bois légère et facile à travailler. Lorsqu'elle est coupée perpendiculairement au sens du fil, présente une résistance extrêmement élevée et un excellent rapport poids/puissance. Sa résistance est optimale pour les produits légers. Il est aussi réputé pour sa performance dans les conditions de température, ce qui est idéal pour les applications aéronautiques.



LE RECYCLAGE DES PALES

Les pales d'éoliennes venant de l'Europe, sont envoyées, après démantèlement, aux Etats-Unis pour être enfouies. "Des milliers de pales d'éoliennes partent à l'enfouissement 30 pieds sous terre dans l'Iowa, le Wyoming ou le Dakota du Sud."

Il faut savoir, que les premiers parcs éoliens arrivent en fin de vie, et qu'en 2030, il y aura 60 000 pales à enfouir. Pour ce faire, des filières de recyclages ont été développées pour réduire cet impact environnemental.

En revanche, nous pouvons comparer l'impact de l'enfouissement de ces pales en matériau composite, comparé aux déchets radioactifs venant des énergies fossiles, et plus particulièrement des centrales nucléaires. (qui est la première source d'énergie utilisée aujourd'hui en France.)

Contrairement aux restrictions interdisant l'enfouissement des pales d'éoliennes sur le sol européen, les déchets nucléaires sont enterrés ou stockés en France, à diffé-



rents sites. Les déchets sont enterrés à 500m de profondeur.

L'inventaire national de l'Andra rend public l'état des stocks, la provenance et la localisation de l'ensemble des matières et déchets radioactifs présents en France.

La dernière édition, publiée ce jeudi, fait état de 1,54 millions de mètres cubes de déchets radioactifs existants sur le territoire fin 2016. Soit 85.000 m³ de déchets supplémentaires par rapport au dernier inven-

taire, portant sur les données.

Plus de 950 sites de stockage et d'entreposage [en attente d'une solution de stockage] sont ainsi répertoriés sur la carte en France métropolitaine. Autrement dit, les 19 centrales nucléaires françaises ne sont pas les seuls à générer des déchets radioactifs et à en stocker. Certes, l'industrie électronucléaire française a produit une grande part des 1,54 millions de m³ de déchets radioactifs répertoriés fin

2016.

<https://www.20minutes.fr/planete/2306931-20180712-nucleaire-o-stocks-154-million-metres-cubes-dechets-radioactifs-recenses-france>



MISE EN OEUVRE AUJOURD'HUI



Architecture : <https://paris-malaquais.archi.fr/etudes/f/2020-pfe-jerome-pitance-vers-le-reemploi-des-pales-deoliennes-en-architecture-transitions/>
 Mobilier : <https://www.superuse-studios.com/projects/wikado/>



Des agences de création (des Pays-Bas dans ce cas) se sont déjà penchées sur la question du recyclage des pales d'éolienne.

Cette problématique est mondiale et concerne chacun d'entre nous. À petite échelle, nous devons, nous consomm-acteur, se documenter sur la question de recyclage.

Nous créons nos déchets. Or, celui des pales d'éoliennes a été créé il y a plus de 20 ans, car les premiers parcs éoliens commencent à être démantelés.

Au lieu d'envoyer les pales aux Etats-Unis, les conserver et les réutilisées est une des solutions dite « écologique ». En effet, le cycle de vie des pales est alors doublé de par son réemploi.

Voici des solutions de mobilier urbain. L'interaction et l'usage au public permettent aussi de sensibiliser, dès le plus jeune âge, des possibilités du réemploi des pales. Tout en apportant l'aspect lu-

dique (par le jeu), par la couleur (banc) ou par l'aspect fonctionnel (garage à vélos) les pales deviennent alors tout autre objet, qui peut être dissimulé et ne pas être reconnu.

En revanche, cette solution est assez restreinte, car plus de 60 000 pales d'éoliennes devront trouver une seconde vie en 2030. La fabrication de 120 000 garages à vélos risque d'être conséquente face à la demande. Où les implanter, combien par pays, quels besoins ?

Des solutions de réemplois à plus grande échelle doivent être réfléchies pour dissimuler plus facilement ces pales, et ainsi ne pas investir la totalité de la planète avec des pales d'éoliennes recyclées (pourquoi pas au final ?)....

Le projet des poutres porteuses des édifices est l'une des solutions à grande échelle plutôt exploitable face aux constructions nouvelles fleurissantes.

PROBLÉMATIQUE

Réutilisation des pales d'éoliennes : création d'un catalogue d'utilisation d'une nouvelle ressource.

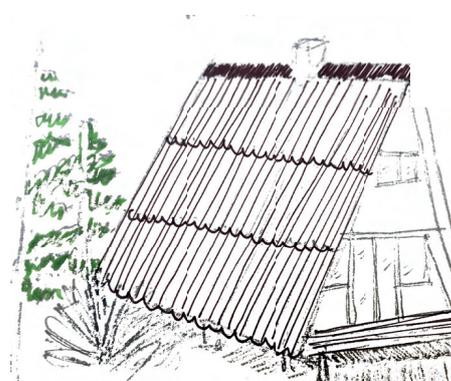
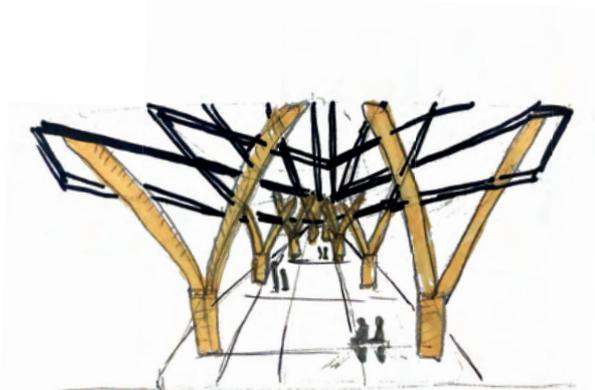
Tout au long de notre processus de recherche, nous avons réalisé que notre intérêt s'est toujours porté sur l'approfondissement du thème de la réutilisation, en tenant compte du fait que ce concept diffère du réemploi et du recyclage. L'utilisation d'une ressource et sa modification pour créer une nouvelle ressource.

Comment à partir d'un processus de traitement des déchets, nous pouvons créer une filière qui est en charge du processus depuis l'étape de désassemblage, jusqu'au développement d'un catalogue, qui indique l'utilisation de ce nouveau matériau de la construction. En partant de standard de tailles (4) appropriées à certaines caractéristiques, physiques et structurelles, ce catalogue va répertorier la possibilité d'utilisation à différentes échelles.

Nous voulons donner un sens et augmenter le cycle de vie des matériaux et des futurs

déchets, en gardant à l'esprit que «les déchets d'aujourd'hui sont les ressources de demain». C'est pourquoi notre proposition et notre accent sont centrés sur l'analyse de chaque étape de cette nouvelle ressource, en divisant cette étude en deux grands groupes.

Tout d'abord, comprendre chaque étape du processus de démantèlement du parc d'éoliennes, c'est-à-dire le démontage des pales, pas référencé comme des déchets, mais comme du matériel essentiel pour les projets futurs et tout le soin que cela implique. Puis la segmentation sur place pour éviter les frais de transport inutiles. Étant donné que cet aspect du transport est si important et nécessite tant de logistique, il est important de réduire cet impact. Enfin, le matériel arrive dans un lieu de stockage et un inventaire est réalisé, où s'exerce un système de traçabilité, afin de classer les pièces par taille, caractéristiques et fonctionnalités.





Dans un deuxième temps, la proposition est plus axée sur la suggestion de l'utilisation de la nouvelle ressource, c'est pourquoi cette étape est la création d'un catalogue, qui permet d'identifier chaque pièce qui a été le résultat de la segmentation.

Dans la première étape, que nous appellerons 1x, c'est-à-dire la première mesure, nous avons la référence des structures arboricoles, chargées de couvrir de grandes surfaces avec peu de support au sol.

La deuxième mesure 2x correspond aux structures porteuses de grandes envergures, les lieux de sport ou de divertissements.

Troisième mesure 3x, l'innovante Tiny House, pour son concept minimaliste et pratique qui répond à la philosophie de recyclage.

Enfin, la dernière mesure 4x peuvent être utilisées comme éléments de finition de la construction, des tuiles ou autres pièces, notamment pour ses propriétés isolantes caractéristiques des matériaux composites.

INTRODUCTION

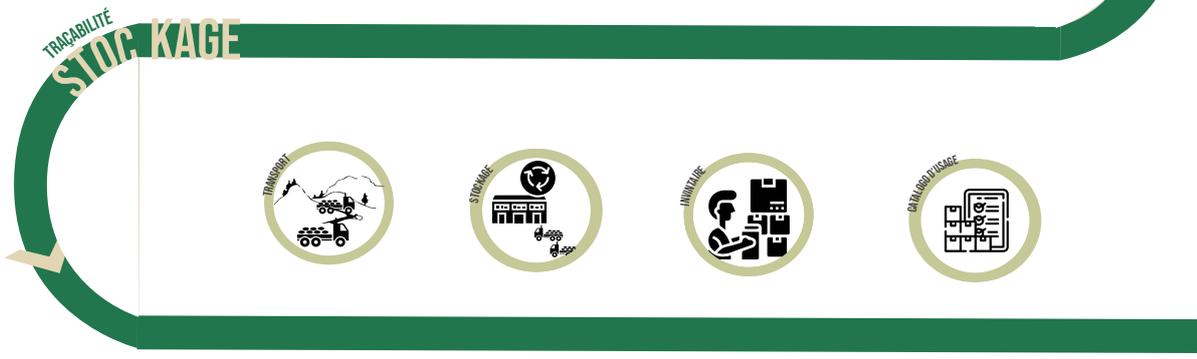
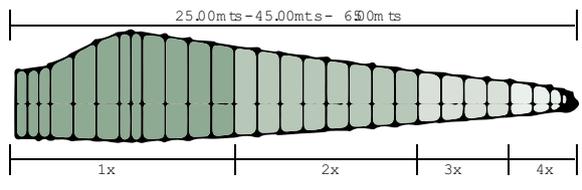
Afin de répondre au thème qui nous préoccupe à cette occasion, le réemploi des pales d'éolienne, et surtout la création d'une filière française. Notre cheminement à ce niveau part de la conclusion et de l'approche de la problématique de la phase exploratoire, la création d'un catalogue d'utilisation d'une nouvelle ressource. Mais comme nous pouvons le voir, il y a plusieurs points à partir desquels nous pouvons l'analyser.

Tout d'abord, il est important d'expliquer que notre projet est divisé en deux étapes complémentaires. La première est étudiée le deuxième cycle de vie de la pale d'éolienne, quelles sont les étapes qui se succèdent pour qu'au final nous puissions avoir ce que nous appelons à cette occasion une nouvelle ressource. La seconde : comment, à partir de ce nouveau matériau, nous pouvons générer une certaine quantité de solutions à

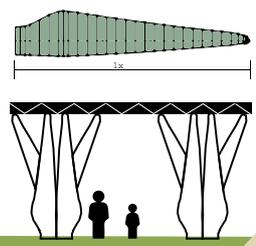
différentes échelles, qui donnent une seconde chance, ou même plus, à la pale d'éolienne.

Dans cette optique, nous avons décidé de donner à ce projet une réponse en deux temps. Un catalogue d'utilisation qui peut être développé sur papier, mais surtout sous la forme d'un site web, sachant que c'est par l'internet que l'on donne de la visibilité à la vente de matériaux de construction recyclés.

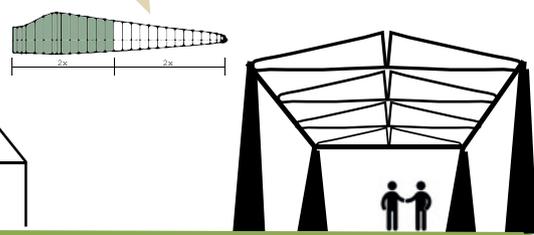
D'autre part, le développement à plus grande échelle de la conception d'une grande structure porteuse avec les pales des éoliennes, pour la construction de centres sportifs. De cette manière, pour donner un exemple précis en architecture de la réutilisation possible de ce que nous appelons à cette occasion une nouvelle ressource.



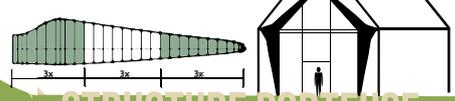
COUVERTURE GRANDES SUPERFICES
STRUCTURE ARBORIFORME



GRANDE ÉCHELLE
STRUCTURE PORTEUSE

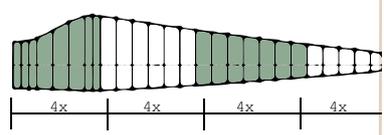


MOYENNE ÉCHELLE
STRUCTURE PORTEUSE



MOYENNE ÉCHELLE

PETITE TAILLE
MATÉRIAUX CONSTRUCTION



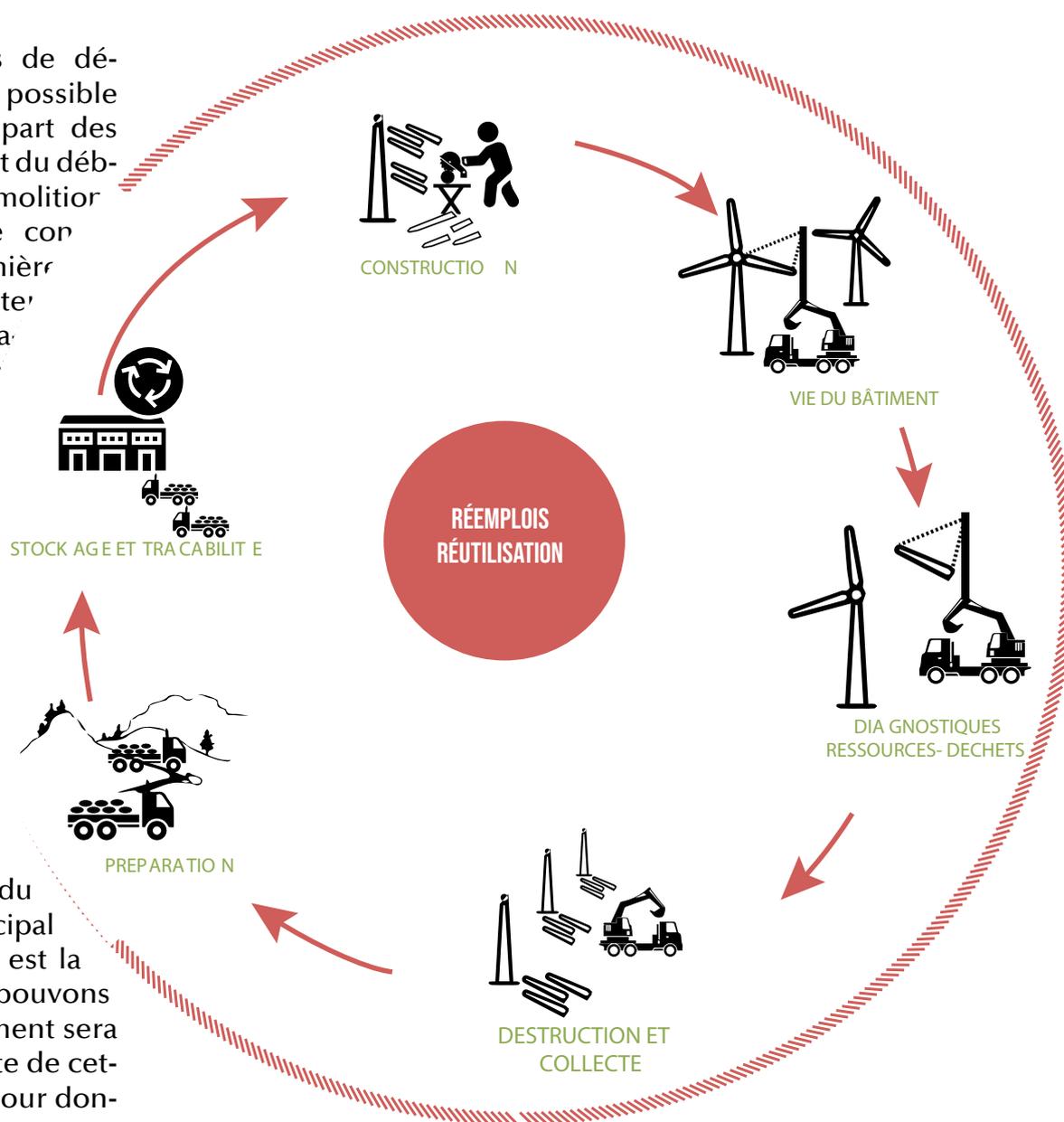
DÉMONTAGE / DÉCONSTRUCTION

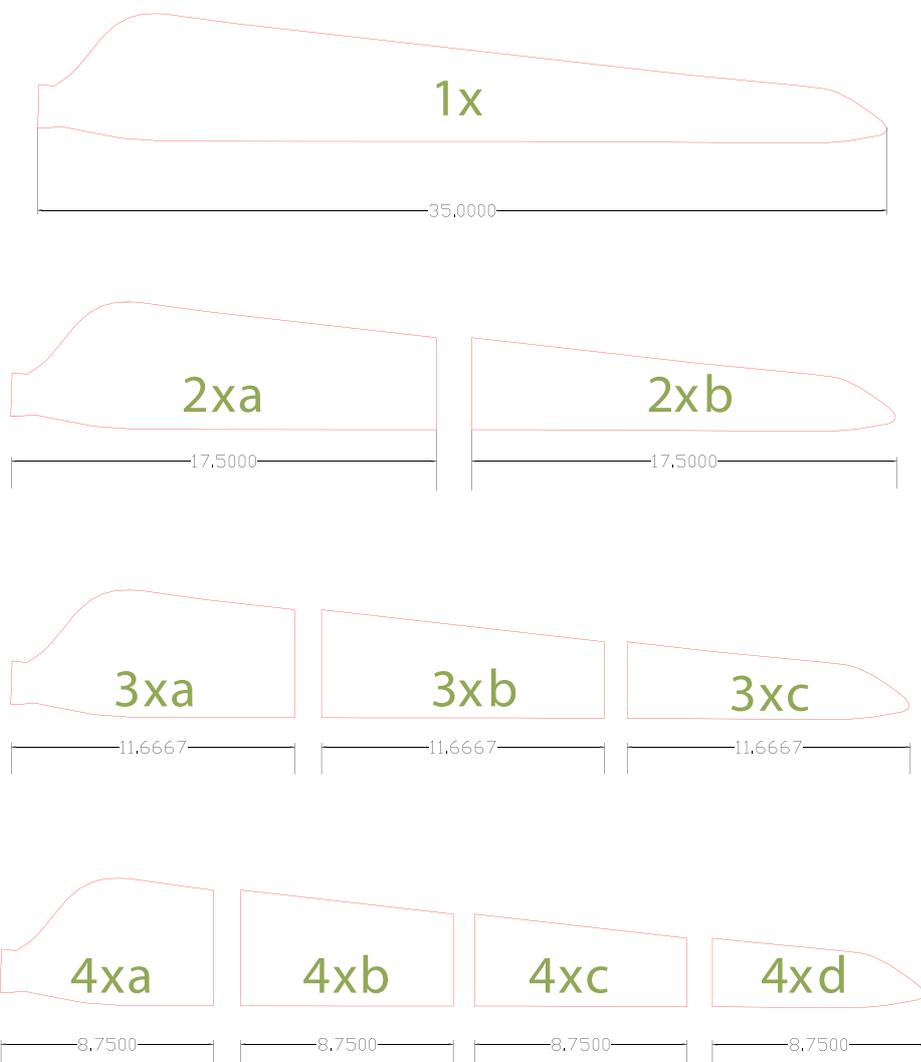
Dans une première approche de la proposition, nous analysons le début du second cycle de vie des pales à partir du moment où elles sont démontées de l'éolienne. Bien que ce soit un processus presque évident, il existe une étape parallèle, qui est la déconstruction.

Grâce au processus de déconstruction, il est possible de récupérer la plupart des matériaux au moment du déblaiement ou de la démolition. Nous utiliserons ce concept dans notre première phase pour démonter soigneusement les pales des éoliennes afin de leur donner une seconde vie.

Cela nous permettra d'entrer sur le marché des matériaux de construction, afin de donner une seconde vie aux pales d'éoliennes et d'éviter qu'elles ne deviennent des déchets.

En tenant compte du fait que le coût principal de la reconstruction est la main d'œuvre, nous pouvons dire que l'investissement sera récupéré avec la vente de cette nouvelle source, pour donner aux pales d'éoliennes une meilleure perception du public et à son tour des impacts positifs que peut générer l'énergie éolienne.





DÉCOUPAGE:

L'une des étapes les plus importantes de la production du deuxième cycle de vie des pales d'éoliennes est la découpe. Cet aspect est fondamental pour l'élaboration de notre proposition, qui se décline en quatre échelles (1x, 2x, 3x, 4x) qui répondent au développement de projets futurs et, à leur tour, nous permettent de rendre les processus de transports plus efficaces. C'est pourquoi la découpe est effectuée sur place, ce qui permet de réduire les déchets et les coûts.

Cela dit, il nous fallait trouver un premier jeu de pales pour tester notre modèle de coupe. Cette fois, nous allons travailler avec des pales de 35 mètres de long qui proviennent d'éoliennes produisant 1,4MW des années 2000. Si

l'on considère que le cycle de vie et de production d'une éolienne est d'environ 20 ans, on se rend compte que ces pales sont celles dont le recyclage est actuellement le plus urgent.

Ainsi, la première échelle est la lame sans aucune coupe avec une longueur de 35m, elle servira à couvrir de grandes surfaces, en gardant l'ensemble de l'élément avec un poids approximatif de 5800kg. A partir de là, nous avons des sections de 17,50m, 11,66m et 8,75m.

Sur la base de ces informations et à l'aide de différents logiciels tels que rhino et au-

tocad, nous avons pu connaître d'autres caractéristiques telles que la surface en m² et le volume. Les pales étant un élément conçu pour l'aérodynamisme, elles ont une forme très particulière. De cette façon et de manière approximative, le calcul a été fait avec des opérations mathématiques de produit croisé, ayant deux de ces variables, pour trouver le poids de chaque section. Cela nous aide à déterminer les caractéristiques plus spécifiques de chacune des pièces, afin de pouvoir les mettre dans le catalogue, les transporter de manière plus conventionnelle et efficace et enfin, avoir une idée de ce que peut-être leur utilisation en architecture.

TRANSPORT

L'un des plus grands défis de ce projet réside dans le transport. Comme nous le savons, le transport des pales d'éoliennes est l'un des points les plus difficiles et les plus coûteux, car, en raison de leurs grandes dimensions, il est impossible de les transporter de manière conventionnelle, ce qui signifie que les véhicules utilisés à cette fin sont spéciaux et conçus industriellement pour cette tâche. Le transport des pales est réalisé par des entreprises des transporteurs spécialisés, avec des remorques solides et de grandes tailles pour recevoir les pales et les acheminer correctement à destination.

Le système se compose d'un chariot Jeep à 2 essieux avec un dispositif de rotation libre et une unité traînante à 4 essieux. L'assemblage de la pale d'éolienne est réalisé selon le principe plug-and-play. À l'aide d'un dispositif de levage spécial, le pied de l'aile est confortablement ramassé du sol.

La largeur de la semi-remor-

que elle-même est normalement de 3 400 mm. Après extension, la largeur de la partie arrière de la semi-remorque sera d'environ 4 000 mm. Cette conception spéciale est utilisée pour rester stable pendant le transport de la pale de l'éolienne.

Pour faire face au transport plus long des éoliennes, le rotor de l'adaptateur de pale éolienne sur le dessus est également proposé avec une solution extensible. Il sera utilisé pour équilibrer la pale du vent et la semi-remorque elle-même.

Le RBTS offre également de nombreux avantages concernant les courses à vide. Il peut être raccourci à un ensemble tracteur-remorque de 16,5 mètres de long, d'une largeur de 2,55 mètres, de moins de quatre mètres de haut et d'un poids inférieur à 40 tonnes. Cela signifie qu'aucun permis spécial n'est requis pour une course à vide.

Compte tenu des informations ci-dessus, nous pouvons constater que les conditions

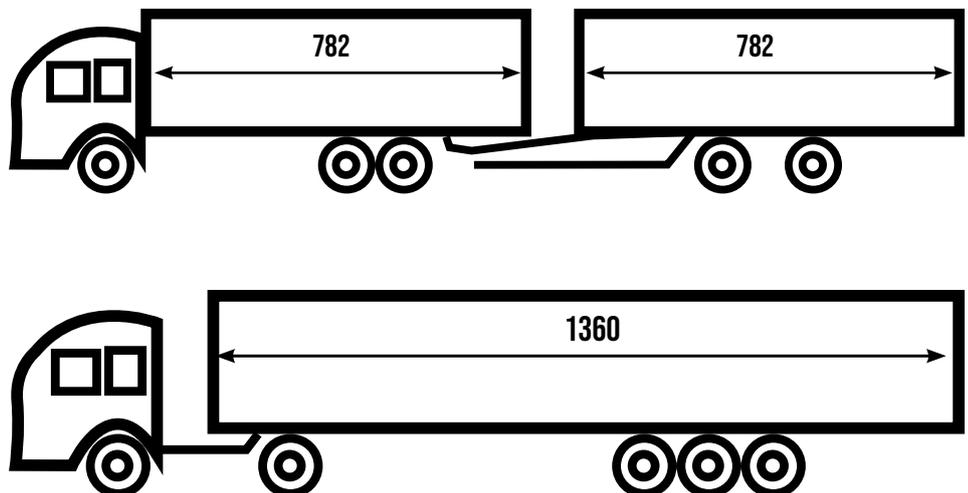
de transport d'éléments entiers exigent un grand effort spécialisé pour ce type d'éléments. Bien que dans notre proposition, l'idée est de commercialiser certains éléments entiers en commençant par les pelles de 35 mètres de long. Dans ce cas, nous devons évidemment continuer à utiliser ces moyens de transport.

Mais une grande partie de notre objectif (plus de 50 %) consiste également à couper les pales de manière à ce qu'elles puissent être transportées dans des camions plus conventionnels, ce qui entraîne une réduction des coûts et rend le processus plus efficace. D'autre part, que cet élément n'est plus perçu comme un matériau étranger à la construction et que lorsqu'on pense à son utilisation dans les projets de construction, sa gestion est plus viable.

Ainsi, à partir de notre deuxième escale, il existe la possibilité de transporter cette nouvelle ressource d'une manière plus conventionnelle, qui ne nécessite pas de permis spéciaux pour pouvoir circuler sur la route. Cela signifie que les prix de vente, qui incluent les frais de transport, peuvent être réduits d'un certain montant. De cette façon, on rend le marché plus accessible, en faisant concurrence au prix des matériaux de construction recyclés.

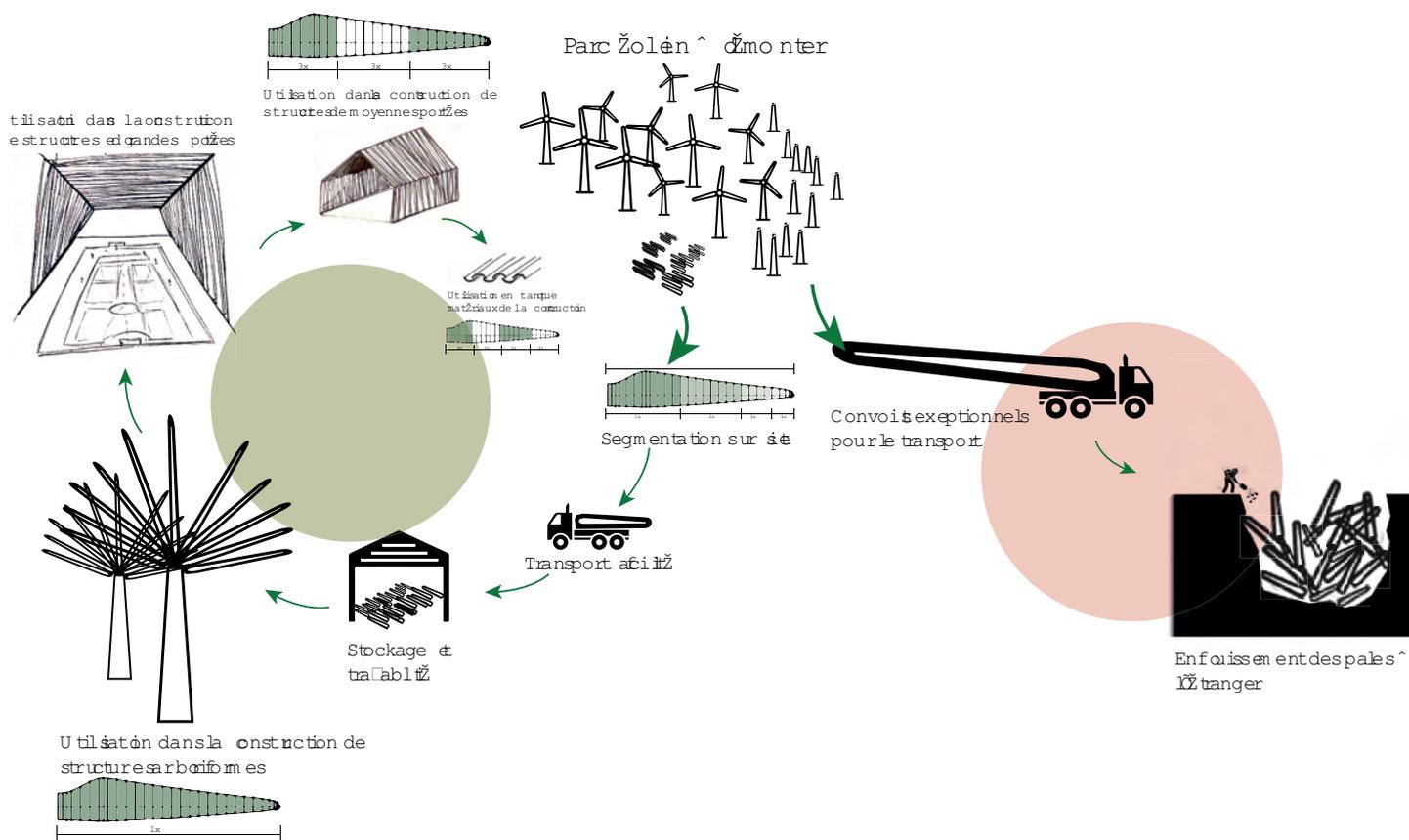


Camion géant semi-remorque pour pale d'éolienne avec chevalet transport



STOCKAGE ET TRAÇABILITÉ





Après avoir découpé tous les morceaux, selon nos différents échelles standards pour la commercialisation, il est important d'avoir un endroit où le stockage de cette nouvelle ressource peut être développé.

C'est également ici que commence le processus de traçabilité, qui consiste à organiser tous les éléments selon leurs caractéristiques physiques (mesures, poids, résistance, utilisabilité, etc.).

En réutilisant les mêmes procédés de stockage et de réutilisation, dans différents secteurs, du bois, nous allons procéder de manière similaire

pour les pales d'éoliennes qui arrivent déjà segmentées.

La traçabilité permet de savoir la provenance de chacune des pales, et ainsi de pouvoir les réutiliser sous différentes formes en étant conscient de leur utilisation préalable. Cela permet de réfléchir sur les caractéristiques des pales et de leur future utilisation.

Aussi, un diagnostic de la ressource de chaque matériau est nécessaire.

Au même titre que les scieries, qui conditionnent et préparent la matière bois, des entreprises spécialisées ou avec une activité diversifiée, prennent en charge ces étapes pour les pales d'éoliennes,

afin d'obtenir plus facilement la traçabilité et pouvoir les réutiliser dans des conditions favorables.

Grâce à cette étape de traçabilité, avec laquelle nous avons un contrôle précis de chacune des pièces, non seulement de leurs caractéristiques physiques, mais aussi de leur histoire, des cas comme, par exemple, le parc éolien dont elles ont été démantelées ou l'année de fabrication. Cela se traduit par notre Catalogue d'utilisation, dans lequel vous pouvez trouver rapidement, en fonction des besoins de chaque projet, la pièce adéquate pour répondre à un besoin architectural spécifique.

CATALOGUE D'UTILISATION DE LA NOUVELLE RESSOURCE

Cela devient sans aucun doute l'une de nos principales solutions. C'est la conclusion d'un long cheminement, à partir duquel nous avons compris le pourquoi des pales d'éoliennes, mais surtout, comment nous pouvons générer un second cycle de vie à partir de leur démantèlement.

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'idée est de réutiliser les pales des éoliennes. Pour cela, nous pensons que l'un des domaines dans lesquels ils pourraient être acceptés est celui de l'architecture, plus précisément celui de la construction.

Et faire une enquête sur la façon dont est générée aujourd'hui la vente de matériaux recyclés qui sont récupérés à partir des processus de DÉCONSTRUCTION d'un bâtiment ou d'un site de construction. Comme le verre, les éléments structurels métalliques, le béton, etc. Nous

avons réalisé qu'il existe un domaine où tout cela est commercialisé sur Internet.

À ce stade de l'histoire, il est clair que le commerce sur Internet a un très bel avenir, y compris dans la commercialisation des éléments de construction. Par conséquent, notre catalogue se présente principalement comme un site web comparable à des sites tels que Cycle up, Refunc, Repart, Opalis, Slavo, Batidon, etc. Mais dans ce cas, elle est entièrement axée sur la réutilisation des pales d'éoliennes. Changement de finalité, puisqu'il cesse de servir d'élément de production d'énergie éolienne pour devenir une nouvelle ressource dans la construction.

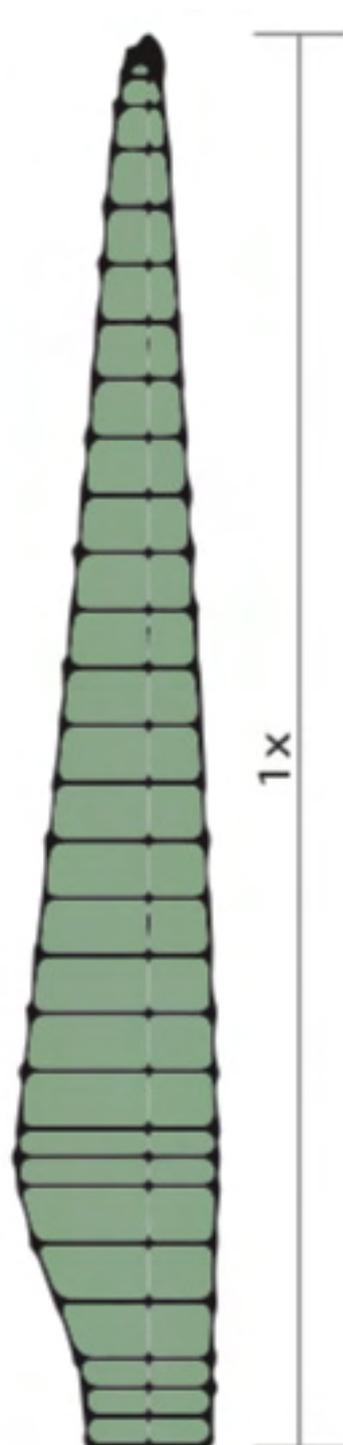
En outre, il est important de disposer d'une version papier, qui peut être distribuée lors d'événements où la transition écologique ou les nouveaux modes d'utilisation des déchets qui sont actuellement produits sont pris en compte du point de vue architecturale.

<https://cataloguereemploisnouvellesressource/cdlg.fr>

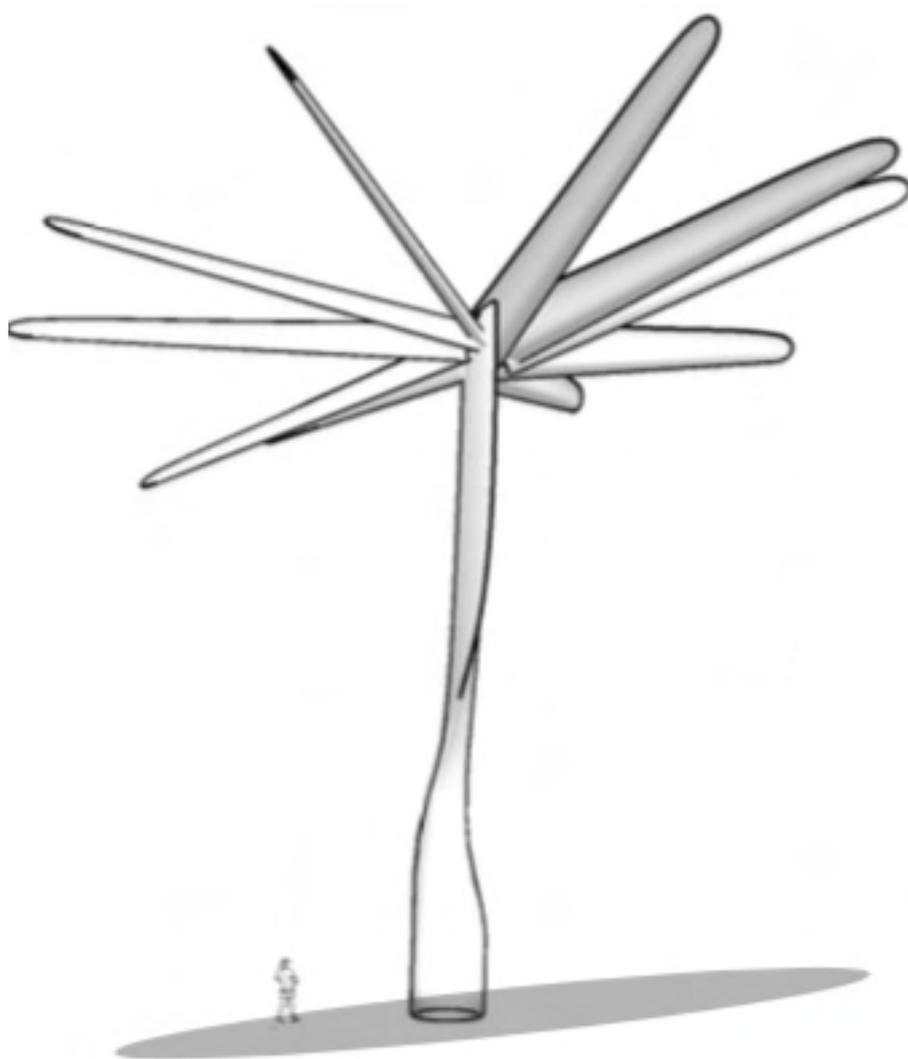
EXEMPLE D'UTILISATION DE LA NOUVELLE RESSOURCE

Après des recherches poussées qui nous ont amenées à ce point, nous avons identifié les éléments avec lesquels nous allons travailler et aussi, comment ils peuvent être mis en vente dans le domaine de la construction. Il est également important, dans le cadre de ce projet, de donner un exemple précis en matière d'architecture, afin de donner aux intéressés une idée des options dont ils disposent avec cette nouvelle ressource qu'ils acquièrent.

Par conséquent, nous développons 4 idées de solutions possibles qui peuvent être généralisées avec ce matériau, en tenant compte non seulement de son comportement physique et structurel, mais aussi de la manière dont nous pouvons relier le nouveau design à l'histoire que le matériau raconte. Car ce matériau porte en lui une histoire très particulière, puisqu'il a fait partie de la production d'une énergie verte. Les exemples qui sont mis à disposition cherchent à raconter une histoire similaire.



PREMIÈRE ECHELLE 1X - STRUCTURES ARBORIFORMES



Les structures arboriformes sont issues de la recherche d'efficacité des structures basées sur la géométrie des troncs d'arbres. Elle est basée sur la transmission verticale des charges, qui sont transmises au sol. Les principaux éléments sont les barres et les nœuds. Cela permet de couvrir de grandes surfaces avec des plans très libres.

Par rapport à nos intérêts, dans cette première échelle, nous pouvons observer l'élément complet, nous pouvons encore observer sa traînée et ses caractéristiques aérodynamiques. De même, elles continuent d'être un point de repère dans le paysage, tout comme les éoliennes.

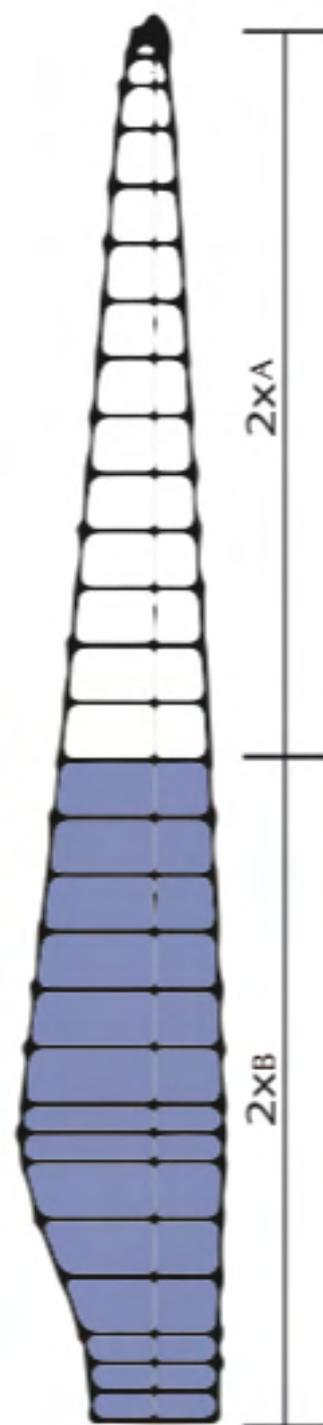
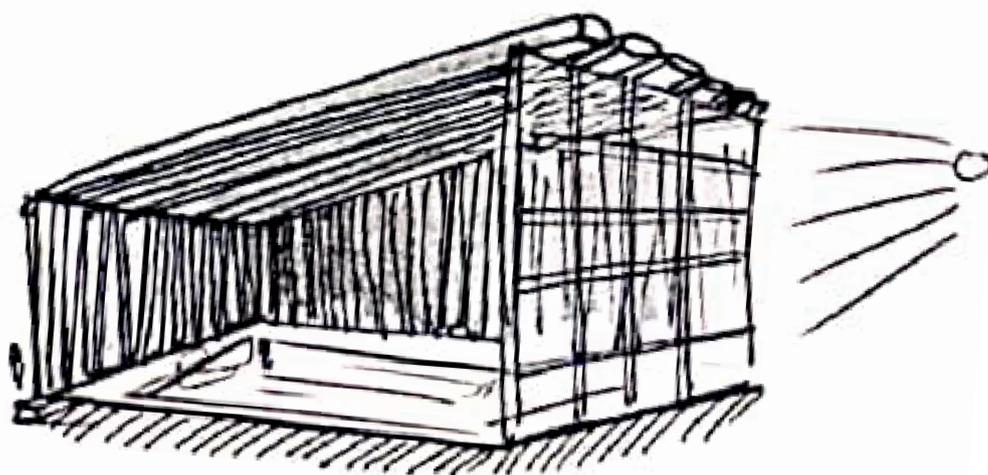
DEUXIÈME ÉCHELLE 2X - STRUCTURES PORTEUSES

Grâce à des éléments structuraux fonctionnant comme des profilés et ayant une longue section transversale, il est possible d'utiliser jusqu'à 25 mètres de portée pour couvrir des espaces. Les matériaux les plus populaires dans ce cas sous forme de particules sont le métal et le bois, ce dernier se distinguant par sa légèreté.

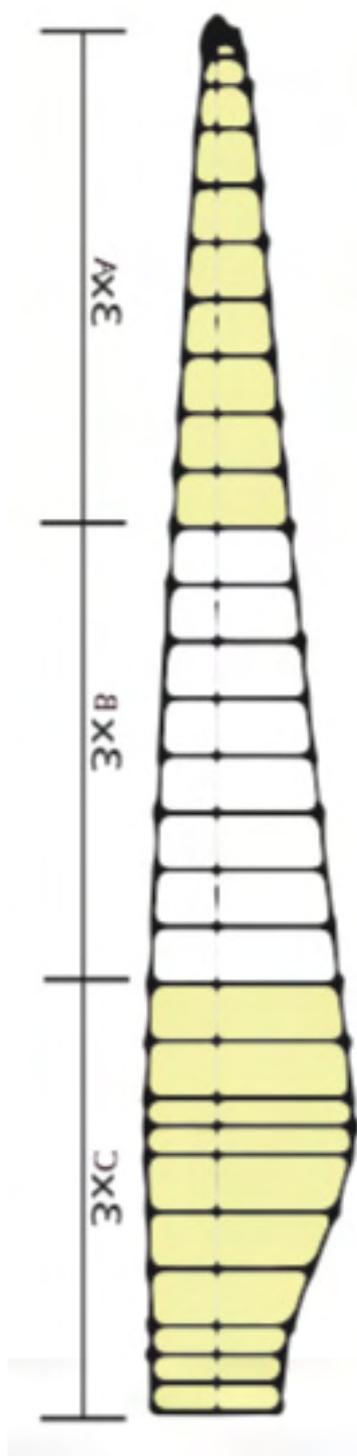
À cette échelle, nous constatons que la pale quitte sa fonction car ici elle subit ré-

llement une intervention et une autre vie commence. En fonction des avantages structurels qu'ils peuvent offrir. Notre approche est comment à partir de cela, de grandes surfaces peuvent être couvertes et des structures d'une échelle urbaine peuvent être générées.

Cet aspect est très intéressant dans notre proposition, c'est pourquoi nous allons le développer en profondeur par la suite.

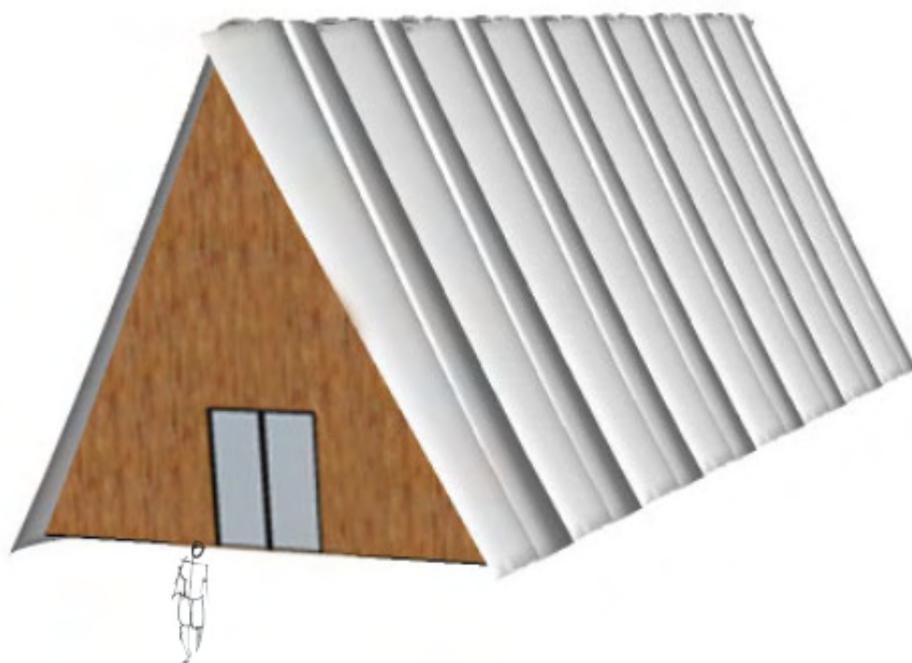


TROISIÈME ÉCHELLE 3X - TINY HOUSE



Tiny House est un terme anglais qui signifie petite maison. Elle représente une simplicité de vie dans moins de mètre carré, avec juste l'essentiel, et au plus près de la nature dont la surface varie entre 10 et 45 m², la moyenne étant généralement de 15 à 20 m². Le recyclage des pales pourrait permettre de créer des éléments structurels de ces maisons. À cette échelle, il y a plusieurs éléments intéressants à noter.

Cependant, la comparaison entre une petite maison et une pale d'éolienne en termes de taille peut être un peu déconcertante. Ce qui est intéressant, cependant, ce sont les concepts de conception sur lesquels les deux sont basés. Par exemple, la légèreté, la simplicité, le minimalisme des éléments, la fonctionnalité. Dans ce cas, l'échelle 3x peut aider à étoffer la structure de ce type de construction.

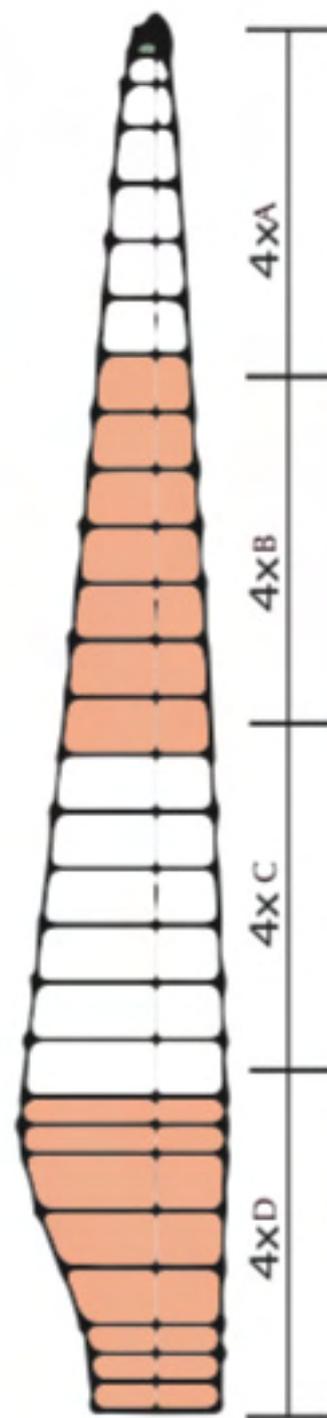


QUATRIÈME ÉCHELLE 4X- ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION DE PETITE ET MOYENNE TAILLE

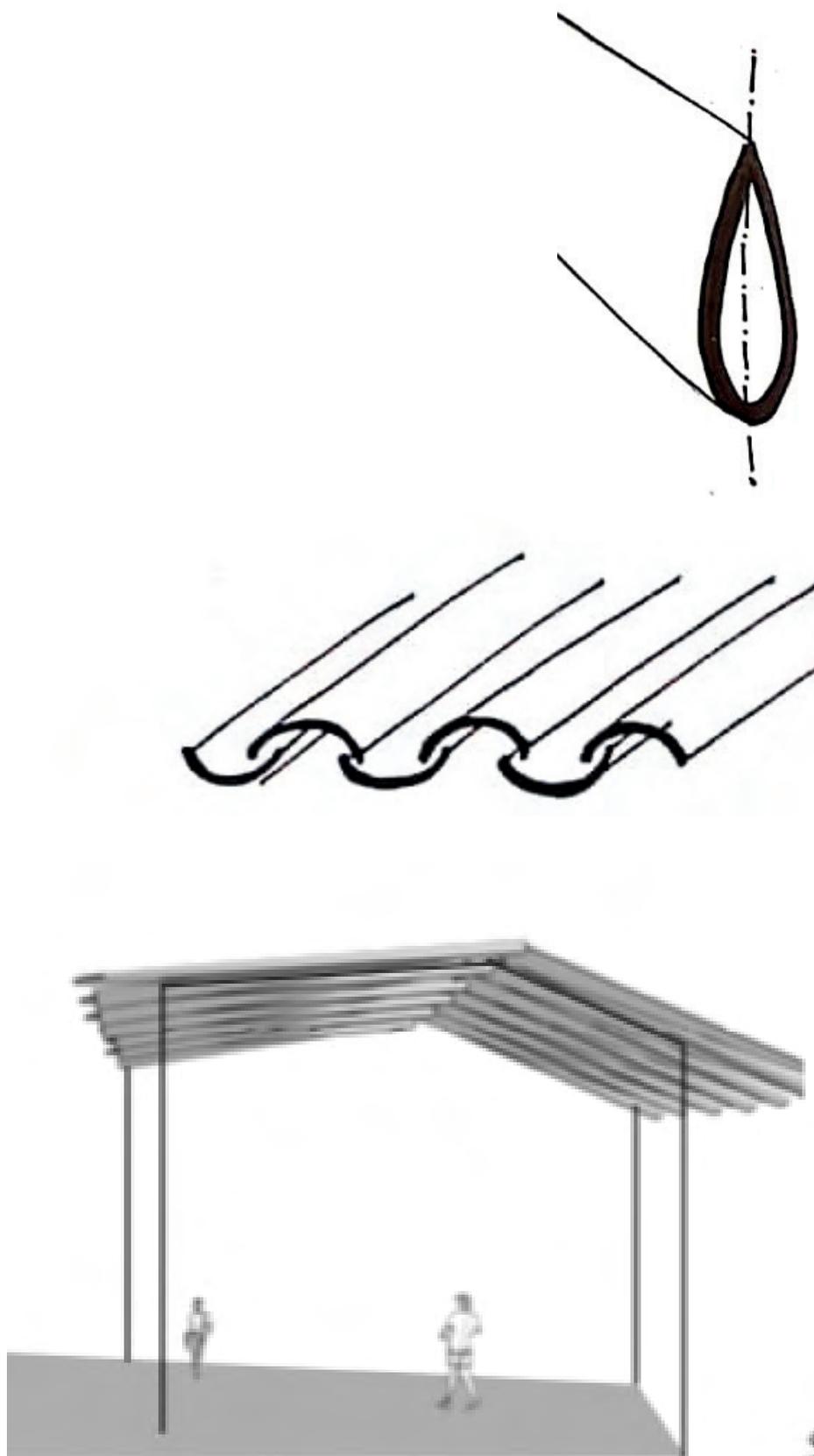
À cette dernière échelle, l'intérêt est de le convertir en matériaux de construction, tels que les matériaux des tuiles doivent être imperméables et en même temps résistant. Il est recommandé que ce matériau terre soit très léger et aussi, comme il est en contact permanent avec l'environnement, qu'il régule sa température selon la saison et qu'il protège l'intérieur des bruits extérieurs.

D'autre part, en tirant parti des caractéristiques de matériaux tels que la fibre de verre, la fibre de carbone et même la résine époxy, qui deviennent de parfaits isolants thermiques et acoustiques.

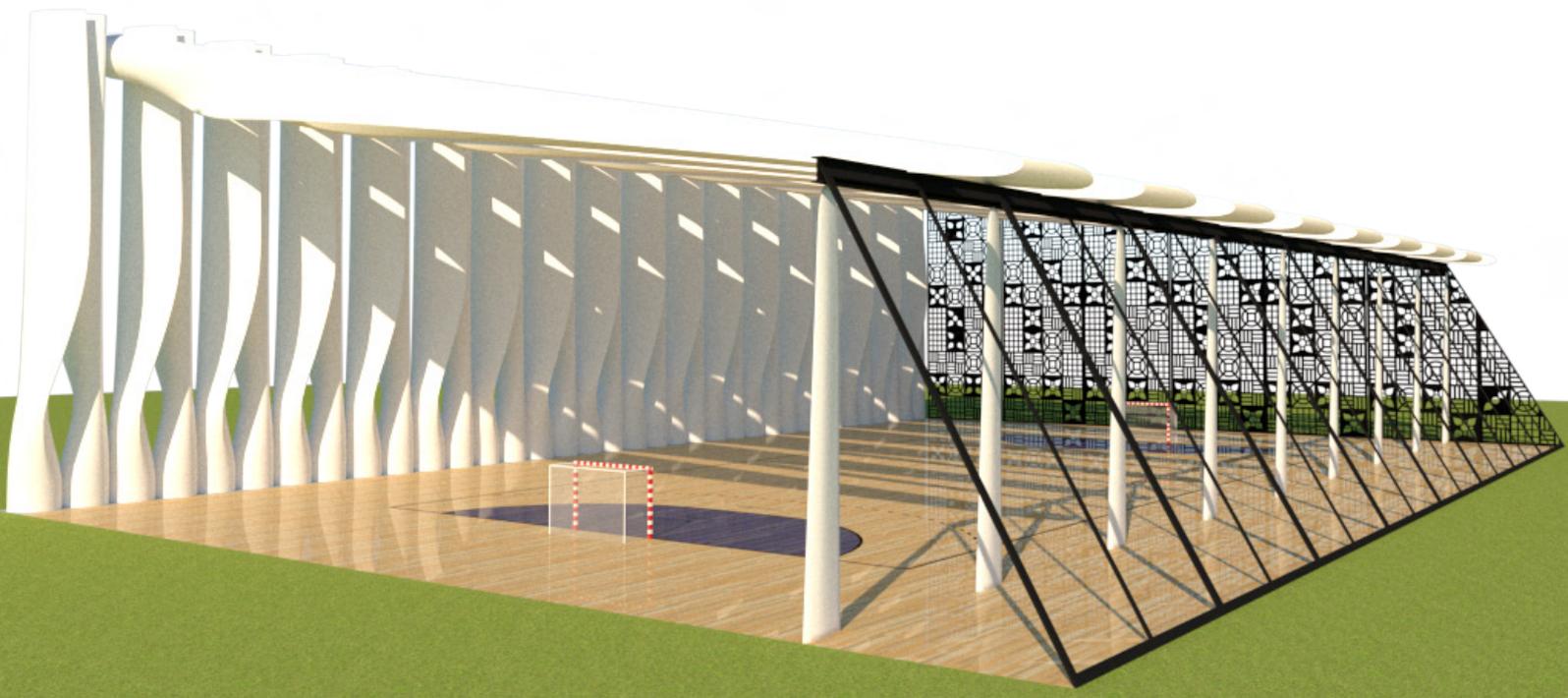
En conclusion, en ce qui concerne cette étape d'exemples précis en architecture, nous pouvons trouver de multiples



scénarios. Une dans laquelle la pale peut être achetée initialement à une certaine échelle pour un projet spécifique, par exemple plusieurs unités 3x, pour réaliser le toit d'une maison ou une seule unité de l'échelle 4x pour réaliser de nombreuses tuiles, c'est-à-dire que si l'échelle 4x a une mesure de 8,75 m et que chaque tuile a une longueur de 20 cm, nous pouvons obtenir environ 42 unités. Mais il existe aussi un autre scénario dans lequel la pale peut être achetée entière, après un certain temps, elle peut être transformée en colonne ou en poutre, puis en mur ou en fenêtre. Ainsi, ce n'est pas seulement un deuxième cycle de vie qui est généré, mais autant que le matériel et la créativité le permettent.

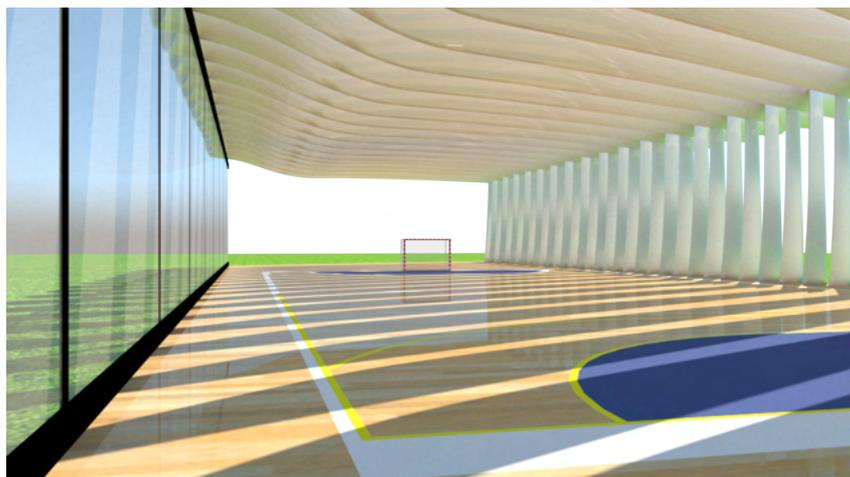
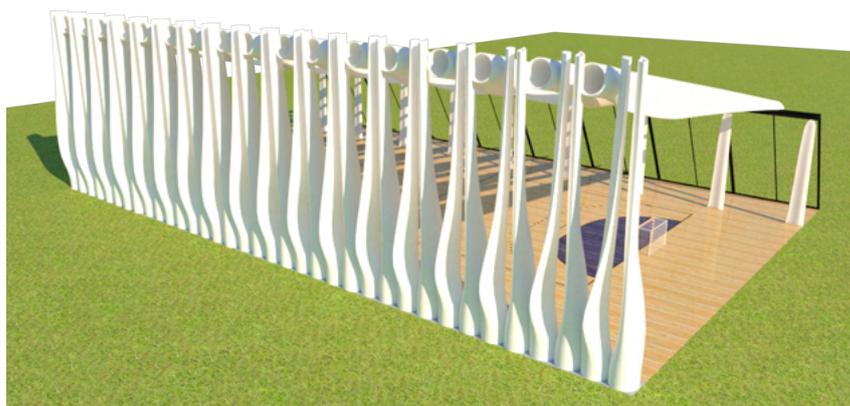


DÉVELOPPEMENT DE LA DEUXIÈME ÉCHELLE 2X - STRUCTURES PORTEUSES POUR CENTRES SPORTIFS



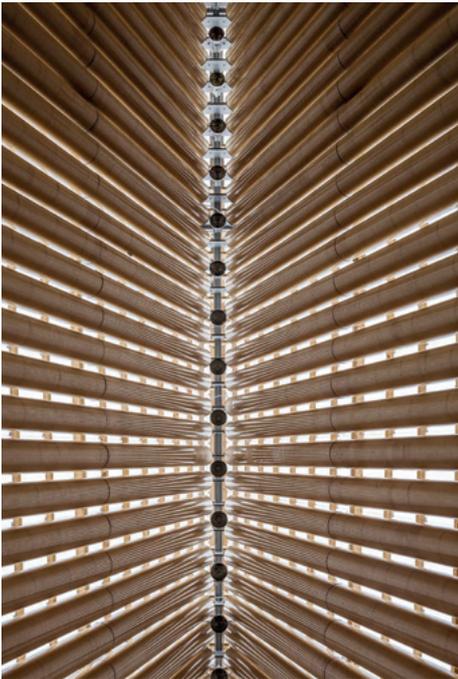
Comme il est évident tout au long de ce document, notre projet suscite un large intérêt pour l'architecture, étant donné que nous sommes au milieu d'une formation en design. Notre intérêt et la grande conclusion de cette deuxième étape est de "tester" le discours mentionné ci-dessus et de le prendre comme ressource pour une idée de conception d'un terrain de handball.

Évidemment, lorsque vous arrivez ici, de nombreuses questions techniques se posent, les mesures, la résistance, les surfaces et ainsi de suite. Avant tout, l'une de nos principales préoccupations concerne les assemblages et la force structurelle. C'est pourquoi nous nous appuyons sur les projets existants et les théories des architectes qui ont créé à leur manière une nouvelle ressource.





SHIGERU BAN- TOITURE EN CARTON



Shigeru Ban est un architecte japonais, lauréat du prix d'architecture Pritzker Il est connu, notamment, pour ses constructions à base de tubes de carton fort, destinées par exemple à monter des habitations temporaires pour réfugiés après des catastrophes naturelles. Il utilise les matériaux pauvres de façon innovante et réinterprète les codes architecturaux japonais avec une ligne directrice : sobriété et modernité, flexibilité, fluidité, liaison entre les espaces intérieurs et extérieurs sont les mots qui guident ses créations.



L'un de ses projets les plus emblématiques est la Paper House. Par sa structure porteuse en carton. Bon marché, léger, de taille variable, produit à partir du papier recyclé, le carton n'avait encore jamais été utilisé dans la construction.

Ce qui nous intéresse dans cette occasion de cette référence, c'est l'utilisation du carton renforcé, l'architecte utilise de grands tubes de carton recyclé, à cause de sa forme tubulaire il est vide à l'intérieur, puis pour le rendre plus résistant, il le renforce avec une structure en bois. C'est pourquoi le succès de ce matériau ne vient pas de lui-même, mais c'est la combinaison de ces deux éléments qui crée un élément hautement structurel.

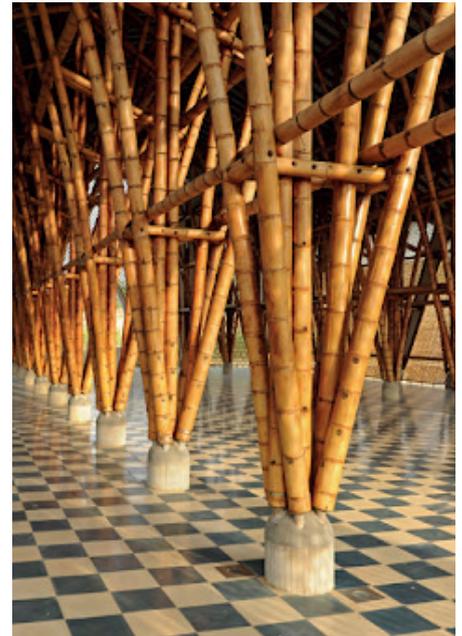


SIMÓN VELEZ - ACIER VEGETAL

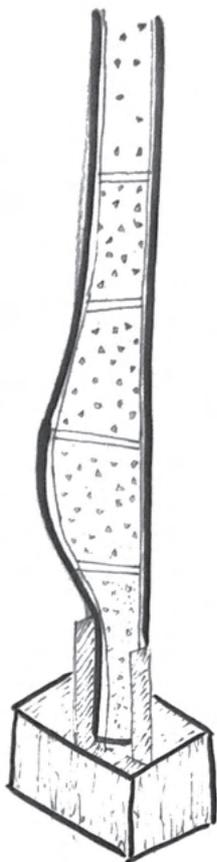
D'autre part, Simón Velez est un architecte colombien qui a participé à d'innombrables projets. Mais il a surtout fait connaître les multiples propriétés du bambou, qui est bien connu dans plusieurs pays. Il s'agit d'une représentation de la construction traditionnelle colombienne.

Il y a quelque temps encore, le bambou était connu pour être un matériau décoratif et de faible capacité structurelle. Mais Simon Velez a travaillé sur un concept qu'il a lui-même appelé "acier végétal". Comme on le sait, le bambou, tout comme les tubes en carton (ou les pales d'éoliennes), est un matériau naturel qui est vide à l'intérieur. Ensuite, pour améliorer sa résistance, il est rempli de béton, sans perdre sa flexibilité.

Cela en fait un matériau composite, qui répond à la construction de nombreuses façons, qu'il s'agisse de fondations, de toitures ou même d'éléments décoratifs. Enfin, Simon Velez essaie de donner une identité à chacune de ses conceptions au matériau, il le montre et la structure fait partie de l'image finale, elle met en évidence la beauté du bambou et qui génère son architecture.



ASSEMBLAGES- RENFORCEMENT STRUCTURAUX

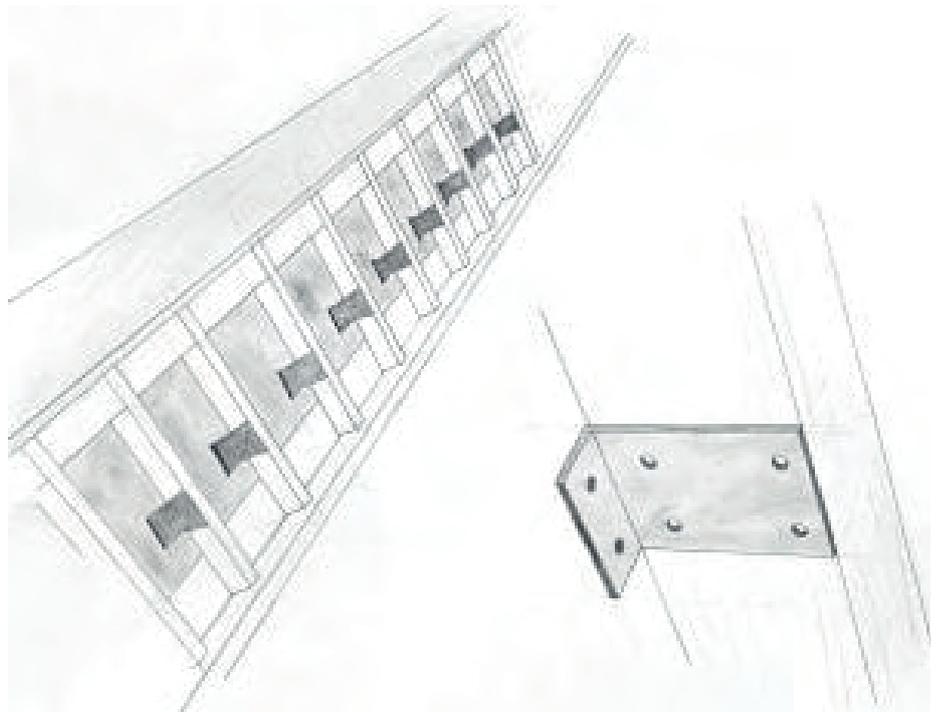
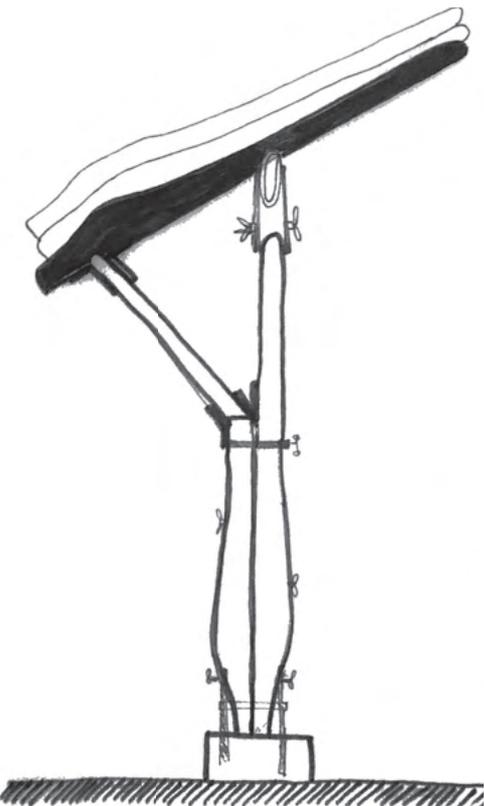


En tenant compte des deux références précédentes, nous avons voulu faire un parallèle, pour nous donner une idée de la façon dont notre matériau pourrait fonctionner par rapport aux deux matériaux composites mentionnés ci-dessus (carton + bois) (bambou + béton).

C'est pourquoi notre idée est que, dans les cas où la nouvelle ressource doit être utilisée comme une colonne ou un élément structural, elle peut être remplie de béton ou de bois. Il pourrait aussi s'agir de terre battue ? Comprendre que ce matériau composite est composé de fibres et de résines très résistantes, qui, combinées à d'autres, amélioreront ses conditions structu-

relles.

L'histoire des assemblages, en revanche, est un peu plus incertaine. Mais, dans notre proposition d'espace ou de design, nous sommes conscients qu'il est nécessaire de générer une petite matrice ou un modèle d'assemblage entre les pièces afin de rendre le processus des éléments plus efficace et efficient. Dans ce cas, il s'agit de plaques de métal, qui permettront d'assembler chacune des pièces. Cependant, elle sera différente selon la partie de la lame choisie. Notre idée est de proposer différentes options entre elles, afin de pouvoir générer à leur tour des pièces métalliques qui y répondent et forment un ensemble très solide.



LE CONCEPT DU PROJET



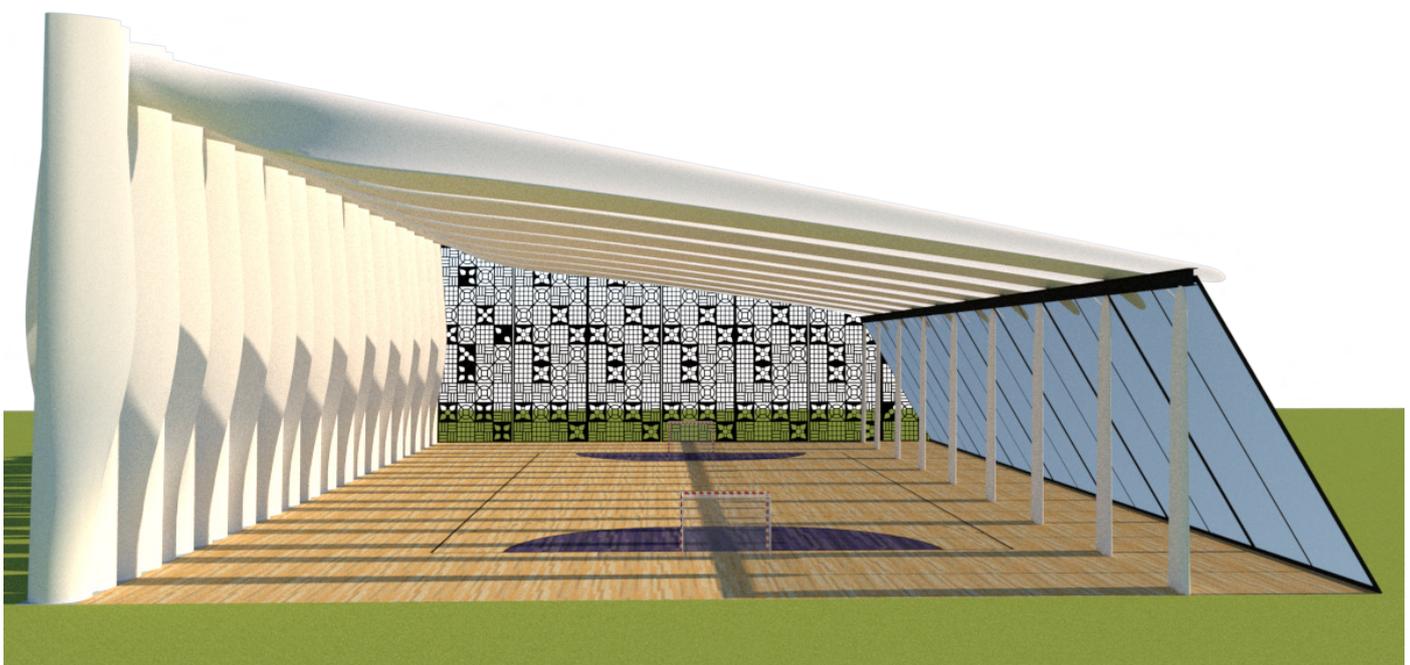
En guise de conclusion de ce projet et de cette solution possible pour le remplacement des pales d'éoliennes, la création d'une nouvelle filière française. Notre réponse est donnée en deux temps, le premier, le catalogue et le second en exemples de solutions en architecture.

Mais comme dit précédemment, l'intérêt ici est aussi de donner une réponse entre le design et l'architecture. C'est pourquoi nous avons développé un modèle de grande structure filiforme pour cou-

vrir les enceintes sportives, en l'occurrence un terrain de handball.

Un terrain de handball est un scénario de jeu d'équipe dont les dimensions sont de 22mts x 44mts. Il peut être utilisé comme espace d'entraînement ou de jeu. En tenant compte du fait qu'il s'agit d'un terrain de taille moyenne, nous avons pris la tâche de prendre les pièces que nous avons proposées précédemment et de générer un espace qui réponde à ce besoin.

En bref, c'est un espace créé sous le concept de la propreté, de la répétition et d'un grand impact visuel. C'est pourquoi dans les idées, il est donné qu'il existe plusieurs ensembles de pièces assemblées qui, avec un certain nombre de répétitions, créent un espace, le recouvrent et lui donnent une identité spécifique. Sans oublier les exigences physiques d'espace, d'orientation et surtout d'éclairage. Ce dernier étant un élément de plus qui fait partie de la conception.



RÉFÉRENCES

Rapport Chiffres clés des énergies renouvelables, Édition 2020 JUILLET 2020

<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-35995-chiffres-cles-enr-2020.pdf>

<https://www.projeteolien-chaourcois.fr/page/sur-le-cycle-de-vie-et-le-demantelement>

<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-35995-chiffres-cles-enr-2020.pdf>

<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/l-eolien-en-chiffres>

Reciclopedia: Entreprise espagnole: le recyclage viable des pales d'éoliennes

<https://www.edf.fr/reciclopedia-recyclage-pales-eoliennes>

Recyclage des éoliennes :

<https://www.renouvelle.be/fr/la-filiere-eolienne-prepare-le-recyclage-de-ses-materiaux-a-grande-echelle/>

Cycle de vie :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/impacts-environnementaux-eolien-francais-2015-rapport.pdf>

Video:

https://www.youtube.com/channel/UCjxeK_mixc2-AvWUSmqe1gg

Time lapse sur l'assemblage des éoliennes:

<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/energie-renouvelable-incroyable-construction-eolienne-time-lapse-91139/>

Concepts plastiques- Briques plastiques

<http://conceptosplasticos.com/conceptos-social.html>

Nucléaire

<https://www.20minutes.fr/planete/2306931-20180712-nucleaire-o-stockes-154-million-metres-cubes-dechets-radioactifs-recenses-france>



Référence réemplois

<https://www.superuse-studios.com/projects/wikado/>

<https://paris-malaquais.archi.fr/etudes/f/2020-pfe-jerome-pitance-vers-le-reemploi-des-pales-deoliennes-en-architecture-transitions/>

Rapport Chiffres clés des énergies renouvelables, Édition 2020JUILLET 2020

<https://trm24.fr/transport-exceptionnel-de-pales/>

<https://steermachinery.com/product/fr/camion-g--ant-semi-remorque-pour-p--le-d---olienne-avec-chevalet-transport---semi-remorque-surbaiss--e-transport-de-p--le-d---olienne---steer-remorque.html>

https://franceboisforet.fr/wp-content/uploads/2020/09/final_Brochure_le_bois_dans-la-construction.pdf

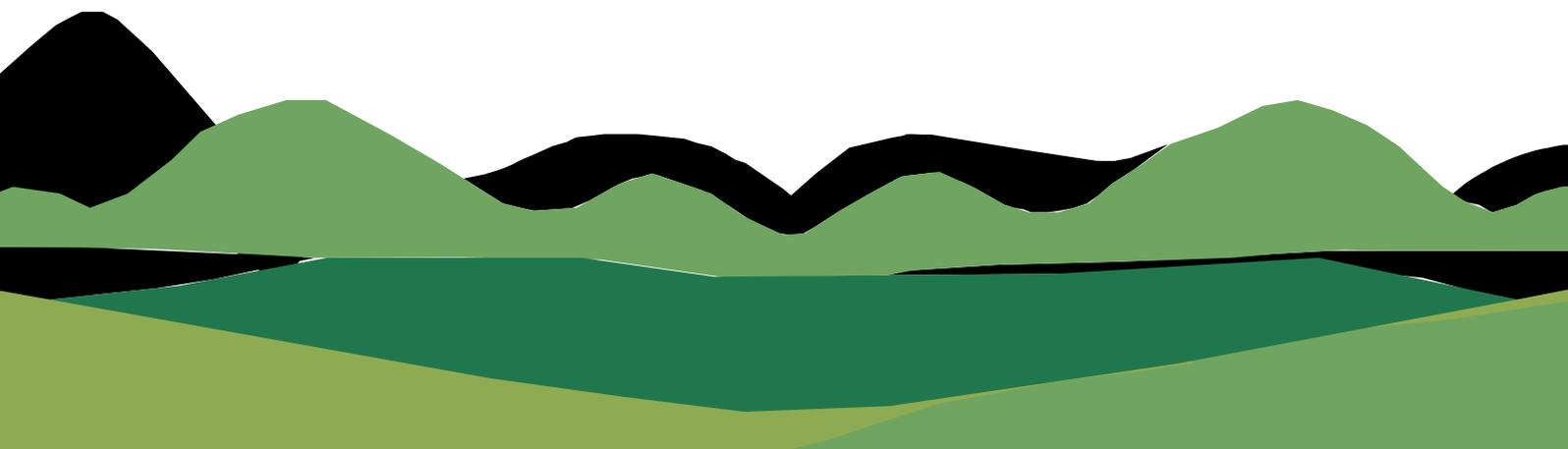
<https://www.epoxyresolutions.com/technologies/materiaux-composites-definitions/>

<http://www.semi-remorque.com/news/fr/Transport-de-pales-d-eolienne-a-vendre.html>

<https://steermachinery.com/product/fr/camion-g--ant-semi-remorque-pour-p--le-d---olienne-avec-chevalet-transport---semi-remorque-surbaiss--e-transport-de-p--le-d---olienne---steer-remorque.html>

<https://trm24.fr/transport-exceptionnel-de-pales/>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Shigeru_Ban#Principales réalisations](https://fr.wikipedia.org/wiki/Shigeru_Ban#Principales_r%C3%A9alisations)



LE RECYCLAGE DES PALES D'ÉOLIENNE

Projet en partenariat avec GreenAlp

DESIGN & TERRITOIRES / LOCAL & GLOBAL
BC 1.1 - 2021 - 2022



LA CASEMATE

