

POLYTECH TOURS

01/07/2022



RAPPORT DE STAGE ATELIER HIRONDELLE

MELAINE PITON | ADAGE

MODALITÉS



Entreprise : Atelier Hironnelle

Où ? Mortefontaine (60)

Quand? 11 avril au 1er juillet 2022



L'étudiant : Melaine PITON

Promotion: GAE4 ADAGE | 2021-2022

Tutrice : Séraphine Grellier

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de ma mission et qui m'ont aidé à la rédaction de ce rapport.

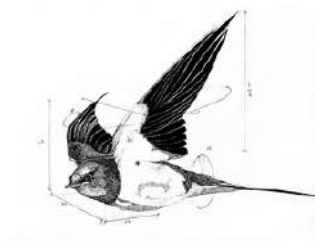
Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à Vincent Gaillard, un entrepreneur dont le parcours et l'envie n'ont rien à envier à personne. Merci Vincent pour ta confiance, ton professionnalisme et ta pédagogie. Merci pour cette belle inspiration.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Séraphine Grellier pour avoir accepté d'être la tutrice de mon stage. Sa curiosité et son enthousiasme pour mon stage à l'Atelier Hirondelle m'ont beaucoup plu.

Enfin, un merci appuyé à mes collègues, Manon, Jeanne, Guillaume, Fabien... qui m'ont si bien intégré dans l'entreprise, à tel point que j'avais l'impression d'en faire partie depuis des années !

SOMMAIRE

Modalités	2
Remerciements	3
Sommaire	4
1. entreprise et secteur d'activité	5
1.1 - une agence tournée vers l'habitat résilient	5
1.2 - marché, barrières et concurrence	8
1.3 - équipe et Cadre de travail	10
2. mon expérience dans l'entreprise	11
2.1 - mission #001 : Maisons flottantes	11
2.2 - mission #002 : capteur à air chaud	17
2.3 - mission #003 : Jardin français	30
2.4 - mission #004 : Projet Philippe Schiepan	33
3. Retour réflexif sur mon expérience	35
4. Annexes	37
5. Références	46



1. ENTREPRISE ET SECTEUR D'ACTIVITÉ

1.1 - UNE AGENCE TOURNÉE VERS L'HABITAT RÉSILIENT

L'Atelier Hironnelle est une start-up spécialisée dans la création de micro-habitat autonome. Son activité principale est la construction de micro-habitats allant de la cabane dans les arbres à la maison flottante en passant par les tiny-house. Leur petite taille donne une grande liberté sur les emplacements de construction; une. Cette liberté se traduit également par les choix technologiques effectués à l'échelle de l'habitat, en particulier ceux tournés vers la sobriété énergétique, la production de NégaWatts et les low-techs.

En s'implantant sur le marché de l'habitat, l'Atelier Hironnelle a pour ambition de faire le premier pas vers une nouvelle manière de construire et de mutualiser les ressources principales de l'habitat (eau et énergie). La population grandissante rend la tâche de plus en plus complexe au point qu'il est aujourd'hui très difficile pour les infrastructures publiques de fournir la demande. L'Atelier Hironnelle cherche à mettre en lumière ce renversement de la pensée à travers des moyens innovants qui répondent aux enjeux de notre société et aux actions que notre confort de vie engendre; Une alternative que les ingénieurs et les scientifiques embrassent de plus en plus car elle propose une direction plus logique, plus sobre et plus résiliente pour l'avenir de l'industrie du bâtiment. L'Atelier hironnelle cible le marché du micro-habitat et de l'habitation mobile. Ce type de logement n'a rien de nouveau, car il existe depuis bien longtemps avec les camping-cars et les mobil-home. Cependant

ces infrastructures, bien que très pratiques par leur souplesse, mettent souvent de côté le confort de vie. C'est d'ailleurs dans ce type de logements qu'une grande partie de la population Américaine vit, n'ayant pas les moyens financiers que requiert une habitation classique. C'est de là que sont nés les tiny-house : des maisons d'une vingtaine de mètres carré sur remorque, alliant la souplesse d'un camping-car au confort de vie d'un studio. L'apparition de ces micro-habitats en Europe n'est que très récente et les quelques start-up qui fleurissent se comptent sur les doigts d'une main.

L'Atelier Hironnelle, c'est donc la volonté de maîtriser le processus de conception et de construction, de A à Z. Un moyen de garantir les moyens mis en oeuvre, et le caractère bio-sourcé des démarches de constructions.

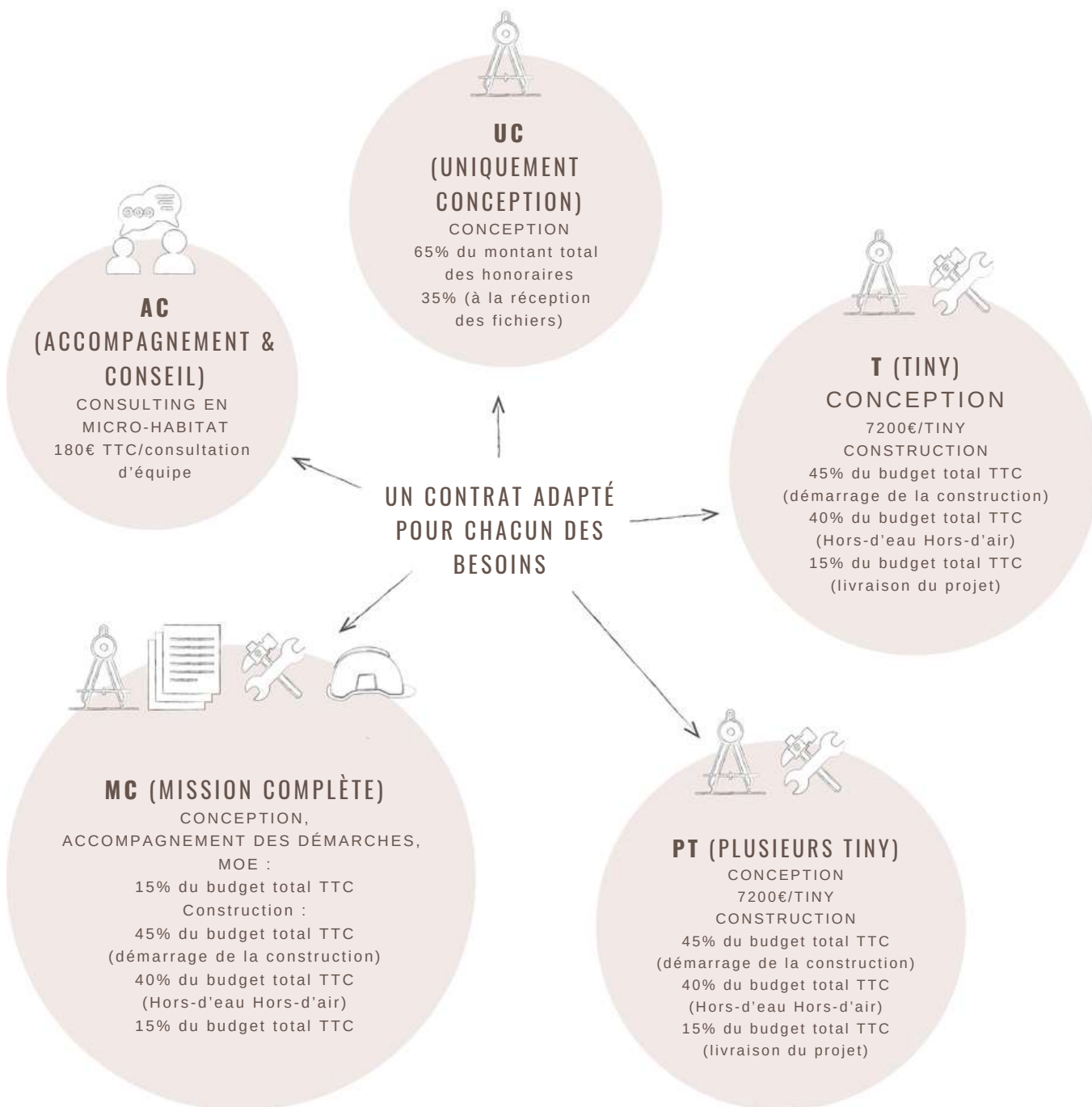
En somme, l'Atelier Hironnelle est un condensé à la fois d'un cabinet de recherche, d'un studio d'architecture, d'un bureau d'étude, et d'un atelier de construction

POURQUOI CHOISIR UN HABITAT MOBILE ?

De manière générale, les peuples ont toujours migré, poussés par des raisons sociales ou politiques. Le changement climatique vient aujourd'hui s'ajouter aux facteurs de migration : on parle de "réfugiés écologiques" ou encore de "migrants climatiques". Quand on observe les chiffres donnés par l'Institut pour la sécurité environnementale et humaine, ce sont des centaines de millions de personnes qui vivront d'ici 2050 dans des zones côtières peu élevées et particulièrement vulnérables aux inondations amplifiées par la montée des eaux et le dérèglement climatique. Les travaux de l'Atelier Hirondelle trouvent alors leur place dans ce contexte, et proposent des politiques d'adaptation durable et résilientes pour imaginer le monde de demain : les Tiny-houses. Dans la majorité des constructions actuelles, la création de ces petites maisons se fait en gardant en tête l'utilisation du réseau électrique et l'infrastructure hydraulique publique. Si cela n'est pas possible, des alternatives telles que des toilettes sèches, des stockages d'eau et des poêles à bois sont mis en place. Seulement, très peu de Tiny-houses offrent des moyens pour garantir l'autonomie énergétique et hydraulique de l'habitat, tout en gardant un confort habituel. L'ajout de systèmes autonomes représente ainsi un avantage concurrentiel considérable dans ce marché naissant.



Les services de conception, de réalisation, de suivi et de maîtrise d'œuvre se divisent selon plusieurs offres. Cinq types de contrats sont utilisés :



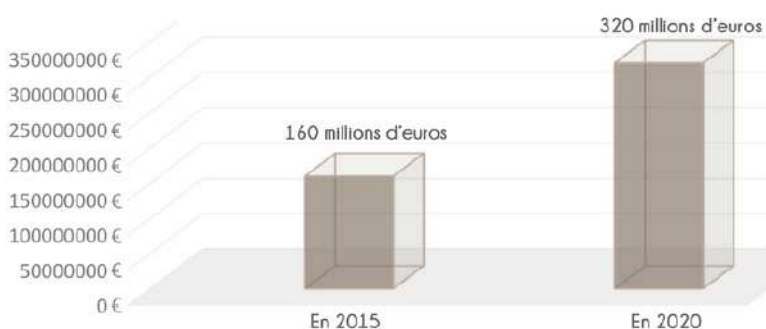
L'offre de l'Atelier Hironnelle vise ainsi à proposer une démarche intégrale et sur-mesure, allant des premières esquisses à la livraison du projet en passant par le suivi des démarches administratifs et la maîtrise d'œuvre. L'entreprise vient ainsi combler un besoin croissant pour l'accompagnement des projets de micro-habitat atypique.

1.2 - MARCHÉ, BARRIÈRES ET CONCURRENCE

Les Tiny Houses représentent un concept nouveau en Europe, et les législations sont encore assez floues sur le sujet. Même si cela ne constitue pas une barrière pour le moment, il s'agit d'anticiper l'adaptation des lois dans les années à venir. En guise de comparaison, l'exemple le plus parlant est celui des drones qui, après avoir atteint de grand public, a conduit à une révision des lois de l'aviation. Avant l'arrivée des drones les seuls objets volants étaient les avions, qui nécessitent une piste de décollage et une formation poussée ainsi qu'un diplôme de pilotage. Il est ainsi facile de suivre leurs déplacements et de respecter les zones de vols. Les drones vendus au grand public contournent cette nécessité car toute surface plate et ouverte peut servir de piste de décollage. Les consommateurs ne se privent donc pas de se servir de leur jardin comme terrain de jeu ; et les tensions débutent : ces derniers étant souvent équipés de caméras, ils portent atteinte à la vie privée du voisinage et posent des problèmes quant à la surveillance de zones non autorisées. La direction générale de l'aviation civile (DGAC) a donc dû prendre

des mesures sous la pression des municipalités et du trop grand nombre d'infractions de zones de vol commises. La première loi est adoptée en mai 2012 seulement 2 ans après l'arrivée des drones au secteur civil. C'en suit chaque année de nouvelles lois le plus souvent liées à des événements comme le survol non autorisé d'un stade lors d'un match de foot ou d'une centrale nucléaire. Depuis 2016 les législations s'assouplissent avec notamment l'ouverture de la première ligne de drones de livraisons. Il n'est donc pas impossible que les Tiny houses suivent un chemin similaire dans la législation liée au bâtiment : un durcissement des lois suivi d'un assouplissement puis d'un ajustement de ces dernières. Actuellement, la majorité des contraintes portent sur la fabrication de l'habitation. Dans le cas des tiny-house, elles doivent être homologuées pour le transport routier, et une certaine limite de taille et de poids est à respecter. Ceci n'est pas sans conséquences sur le choix des matériaux et sur l'aménagement intérieur : les Tiny House seront plutôt privilégiées par des couples que des familles nombreuses.

L'évolution du marché de l'hébergement insolite en France



Source : «En quoi l'hébergement touristique insolite est-il et sera une nouvelle forme de réponse face aux attentes de nouveaux consommateurs ?» MAINFRAY Laura, OLIVAN Pierre, DELAÏSSE Raphaële, AMBERT Cécile | Université de Toulouse, 2014-2015.

Il y a un intérêt croissant du public pour les «**Tiny House**», comme en atteste les courbes de fréquence de recherche associées aux mots-clefs «**Tiny House**» et «**micro-maison**», de 2004, à nos jours (annexe 1)

On distingue deux types de clientèle :

CLIENTS PARTICULIERS



Étudiants

Logement principal pour un étudiant, en location où à l'achat, bien plus économique qu'un logement étudiant classique. Parfait en périphérie d'un campus étudiant



Jeunes actifs

Logement principal pour un jeune actif célibataire, en location où à l'achat, bien plus économique qu'un logement classique. En zone péri-urbaine ou en zone rurale, un logement mobile est idéal pour les populations *free-lance*, *DigitalNomad*.



Couples

Logement principal en primo-accession (ou secondaire, de vacances) pour un couple, en location où à l'achat, bien plus économique qu'un logement classique.



Couples

Logement principal en primo-accession (ou secondaire, de vacances) pour un couple, en location où à l'achat, bien plus économique qu'un logement classique.



Retraités

Logement principal (ou secondaire, de vacances) pour une personne à la retraite, ou qui cherche à se rapprocher de la famille, en mettant une Tiny house sur un terrain familial



Châteaux

Idéal pour les châteaux, salles de location, séminaire, hôtels, pour réaliser du logement d'appoint sur des sites classés, ou la construction de logement est réglementé à l'avis des Architectes des Bâtiments de France.



Gîtes, campings

Idéal pour les gîtes atypique, Woofing, ou camping, pour de la location, pour des saisons, ou à l'année.



Centres équestres

Idéal pour les centres équestres, Haras, écuries, agriculteur également, pour loger sur sites des visiteurs, ou eux-mêmes.

CLIENTS PROFESSIONNELS

1.3 - ÉQUIPE ET CADRE DE TRAVAIL

Aujourd'hui, l'atelier hirondelle compte 10 salariés et cherche à internaliser les missions de conception et de fabrication. Architectes, ingénieurs, menuisiers, charpentiers et couvreurs travaillent étroitement ensemble pour donner vie aux Tiny houses. L'équipe est plutôt jeune (24 ans en moyenne), et regroupe les majors de promo des écoles d'architectures et les MAF (Meilleurs apprentis de France).

Ainsi, les architectes et ingénieurs pensent, imaginent et conçoivent les plans des Tiny houses dans les bureaux, puis les envoient à l'Atelier, qui se charge de les réaliser. Pour s'organiser dans tous les projets, il existe un grand mur qui fait office de tableau récapitulatif de toutes les missions réalisées, en cours de réalisation, et réalisables. On retrouve des croquis, des micro-cours sur certaines notions, un planning prévisionnel, les tâches urgentes...

A l'Atelier Hirondelle tout le monde peut donner son avis, soumettre des idées et communiquer avec les autres employés sans souci de jugement ou de hiérarchie. Tout le monde à sa pierre à apporter à l'édifice.



2. MON EXPÉRIENCE DANS L'ENTREPRISE

Il faut dire qu'à l'Atelier Hirondelle, on ne s'ennuie pas. entre prototypage low-tech, captation et analyse de données thermiques, esquisse de projet en micro-architecture, plans détaillés techniques, esquisse artistique... Mes missions étaient très diversifiées. Les décrire chronologiquement relèverait de l'enchevêtrement. Tâchons plutôt de les aborder une par une.

2.1 - MISSION #001 : MAISONS FLOTTANTES

Réalisation d'une mission de conception de projet d'aménagement dédié à la location, sur les étangs du domaine de Noute Étangs, à Bailleul-Sur-Thérain. Sera réalisé également un document dédié à la présentation du business plan du projet, dans le cadre de la volonté de levée des fonds dans la réalisation de ce projet.

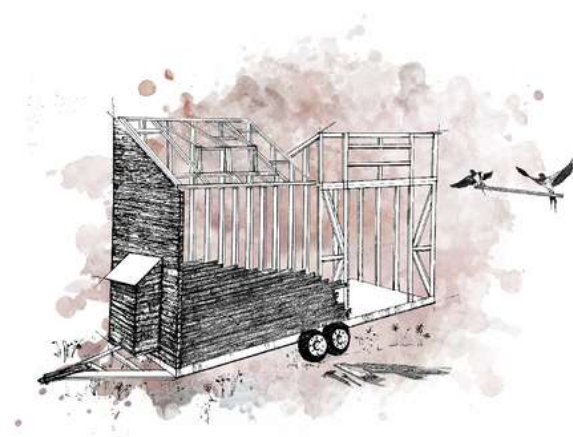
Dead-line : Mardi 14 juin 2022

Dès mon premier jour à l'Atelier Hirondelle, j'ai eu la chance de travailler sur un projet tout frais : l'aménagement d'un étang pour la création de logements insolites flottants. Comme tout projet d'architecture, tout commence par la rencontre avec le client.

A l'Atelier Hirondelle, on commence par questionner le rapport du client à l'habitat, sa philosophie, et sa manière de vivre : si les notions de l'habitat sont déjà délicates à appréhender, le micro-habitat l'est d'autant plus. Ainsi, on écoute beaucoup, on échange, on se questionne, puis on se met d'accord sur le chemin que va prendre le projet.

Vient ensuite la visite du site, dans la ferme de la Houssière à côté de Bailleul-sur-Thérain...). Yann Hénon et Laure Garcia nous exposent leur vision du projet : ils souhaitent construire 15 Tiny houses disponibles à la location, dont 9 sont flottantes. Les clients veulent que la moitié des maisons flottantes soient pensées pour la pêche, car le lac est très prisé pour les amateurs de poissons

L'Atelier Hirondelle se chargera de dessiner les plans de ces habitats légers, puis de les construire; un projet colossal à l'échelle de la jeune entreprise qui compte seulement 10 salariés.



Alors on planche. Vincent, Jeanne et moi-même travaillons sur l'aspect général du projet. Nous devons prototyper trois habitats légers différents : deux flottants, et un roulant. Sur le "mur des réflexions", nous gribouillons quelques idées en s'inspirant de la flore. Très vite, nous sommes arrivés à une structure en forme de nénuphar en forme de zome pour le premier prototype d'habitat flottant. Fortement inspiré de la pomme de pin, c'est une forme géométrique composée de losanges agencés en double spirale, dont la trame se veut harmonieuse (schéma ci-dessous). Le choix de cette géométrie suit trois principes : Léger, modulaire et lumineux. L'idée est de créer une façade vitrée plein Sud pour capter un maximum de lumière, tout en créant une ambiance intimiste en fermant la partie Nord. Ces zomes seront voués à accueillir des couples ou des familles le temps d'un séjour. La grande façade vitrée donnant vue sur l'étang incitera certainement les visiteurs à glisser leur âme sous la couverture de la voie lactée.



Pour le second habitat flottant, nous avons imaginé une structure en A, bien connue pour ses avantages : la forme simple du toit permet une construction facile et une faible prise au vent. Contrairement aux maisons enclavées, cette maison en plein cœur de la nature serait idéale pour un séjour en couple, en famille ou entre amis. Inspirée des tentes canadiennes et des cabanes de pêcheurs, la maison dispose d'une terrasse à 360° en avancée sur l'eau, pour une vue fabuleuse sur l'étang.



Enfin, pour le troisième prototype, l'idée était de créer une petite cabane roulante spécialement adaptée à la pêche. On privilégiera largement la fonctionnalité au confort. La forme de la structure s'inspire de la forme des tentes de camping et des cuirasses du tatou.



Vient alors la partie des croquis. sur papier, puis sur Sketchup, nous dessinons une vingtaine de formes en jouant sur les courbes, le nombre de faces, la géométrie du zome. A l'atelier hirondelle, on utilise principalement Autocad ou Rhino pour les plans 2D, et Sketchup ou Blender pour les modèles 3D. On soumet ensuite les croquis aux membres de l'atelier, afin de leur demander leur avis sur la faisabilité du projet, puis on s'attaque aux plans. Nous échangeons beaucoup sur la flottabilité des modules, ainsi que sur la façon de les relier entre eux. Pour cela, nous avons travaillé sur excel en calculant la masse de chaque composant d'un habitat flottant : liteaux, bardage, vitres, mobilier, panneaux bois.... Nous avons ensuite déterminé le nombre de flotteurs nécessaires, ainsi que leur impact environnemental. Pour le choix des flotteurs, nous avons pris contact avec la société Aquashell, dont la réputation n'est plus à faire dans le monde de l'habitat flottant.

EXEMPLE DE CALCUL DE FLOTTABILITÉ

On sait que :

$M(\text{Polyéthylène}) = 14,0 \text{ kg}$.

$m(\text{éthylène}) = 4 + 2 \times 12 = 28 \text{ g/mol}$.

$n = 14\,103 / 28 = 500$.

Masse (maison)	12 541 kg
Masse (plateforme)	3200 kg
Masse (flotteur)	37.6 kg

Les flotteurs admettent une flottabilité de 671kg, il faut donc 24 flotteurs pour supporter le poids du zome. Les flotteurs sont constitués à 96 % de polyéthylène (PE). On a $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow \text{--[CH}_2\text{--CH}_2\text{]}_n$, Le monomère est l'éthylène C_2H_4 .

La Masse de PE nécessaire à la fabrication des 24 flotteurs est donc de $m(\text{PE}) = 902,4 \times 0,96 = 866 \text{ kg}$. On considère le rendement de la polymérisation est de 70%, la masse de monomère nécessaire est donc $866 / 0,70 = 1237 \text{ kg}$.

De manière générale, la fabrication d'un gramme de polyéthylène rejette 5,7 g de dioxyde de carbone. Masse de dioxyde de carbone rejetée lors de la fabrication des 24 flotteurs est donc de $866\,103 \times 5,7 = 4,9\text{t}$

Pour chaque modèle proposé, je réalisais généralement 8 dessins :

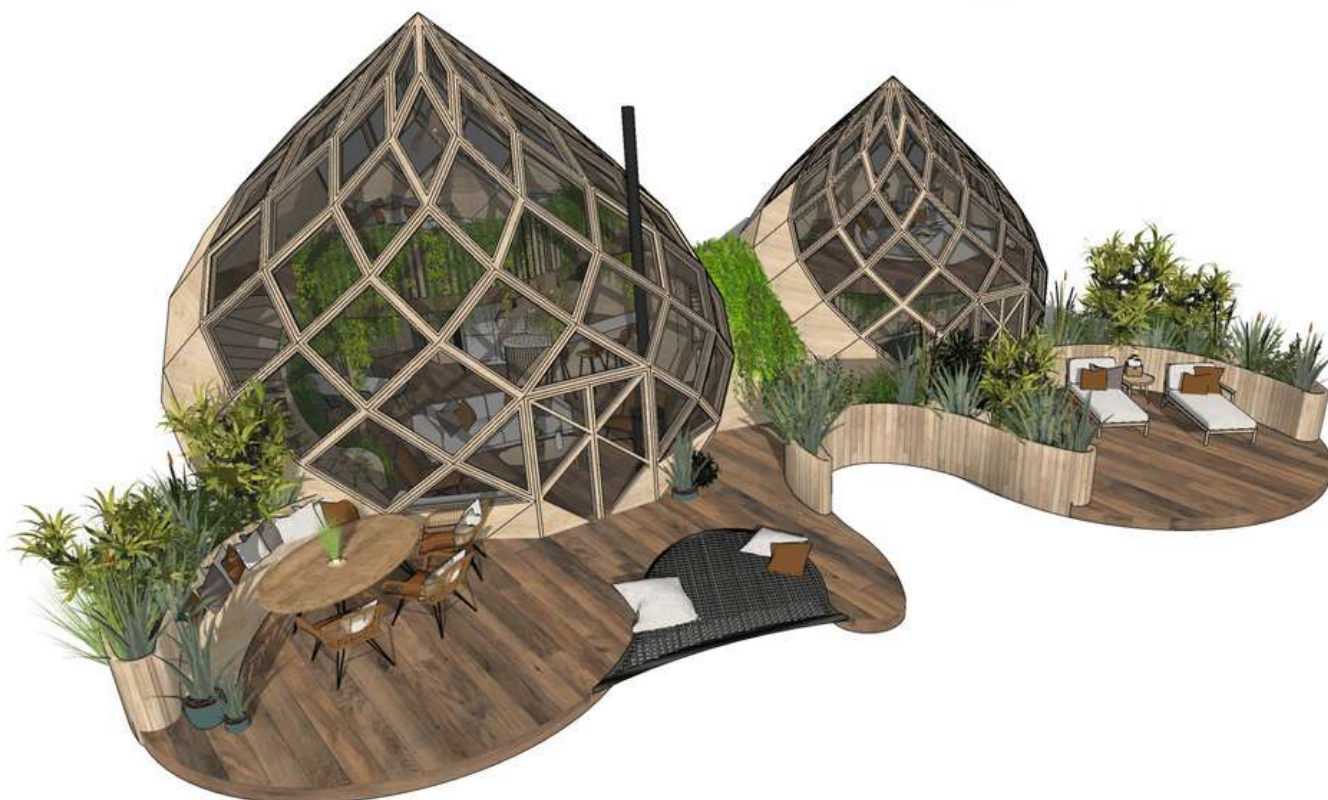
- un plan masse, qui permet de représenter le site à grande échelle et avoir une vue globale sur le projet
- un dessin "couverture du projet". Plutôt que d'utiliser des montages photos, l'Atelier Hirondelle a fait le choix de privilégier une charte graphique tournée vers l'aquarelle et le dessin à l'encre de chine
- une vue en coupe du rez-de-chaussée et une du premier étage (s'il y en a un)
- quatre coupes en perspective (Nord, Sud, Est et Ouest)



MODÈLES 3D DES ZONES, COUPLE OU FAMILLE



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



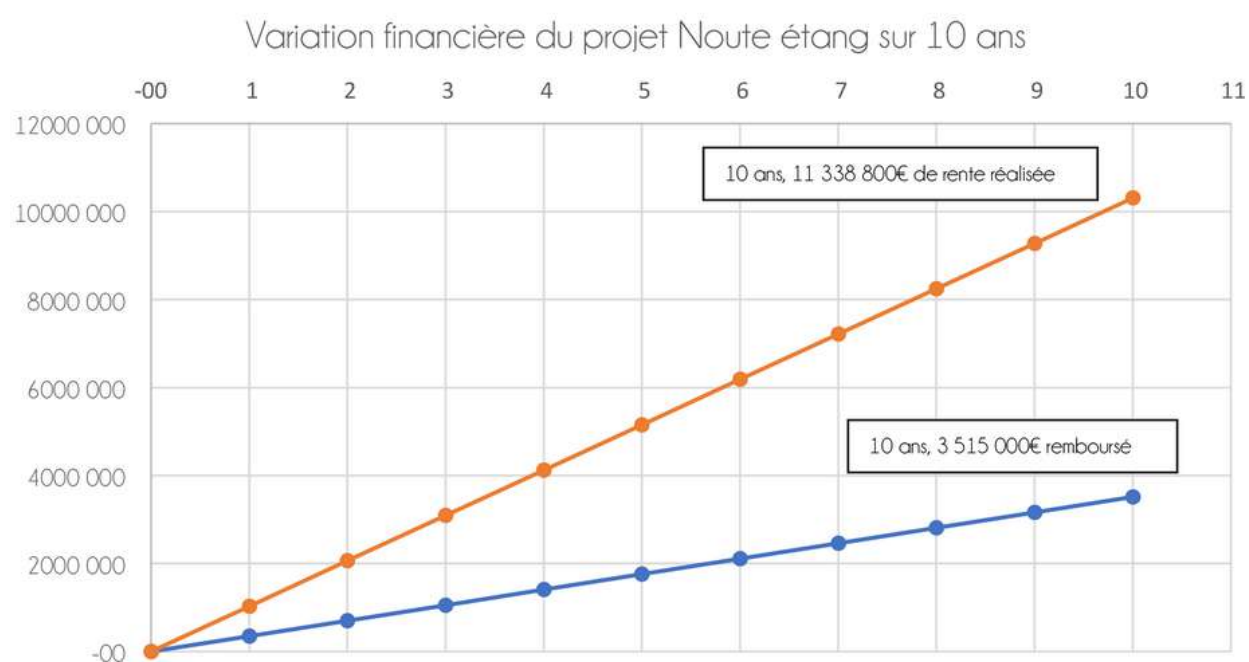
Le projet indiquait également que l'Atelier Hironnelle devait fournir une estimation de la rente locative sur 10 ans, afin de mieux visualiser les enjeux financiers du projet.

J'ai estimé le prix de chaque prototype en utilisant les chiffres réalisés par les autres membres du bureau afin de connaître le prix total du projet. J'ai ensuite estimé la rente locative en fonction des mois, en m'appuyant sur le prix des locations de logements insolites déjà existants. J'ai enfin mis en évidence la variation financière du projet sur 10 ans, puis sur 30 ans, en proposant différents scénarios selon la valeur du crédit bancaire souhaitée.

	Prix comptant	Quantité	Prix total
Twinnny	80 000	6	480 000
Maison en A	250 000	2	500 000
Zome 1 module	285 000	3	855 000
Zome 2 module	420 000	4	1 680 000

Comme pour la plupart des logements en locations Air BnB,, le calcul se fait à la semaine. En terme d'optimisation, il s'agira d'optimiser en proposant des formules week-end et/ou semaine différenciées...en fonction des vacances scolaires et des périodes de l'année.

Sur une période de 10 ans, pour les 15 maisons différentes, on obtient une somme des rentes locatives à 11 338 800€ttc. Le marché de l'hébergement locatif insolite présente ces deux aspects très caractéristiques : contrairement au marché de l'immobilier, c'est un marché dont la valeur absolue des biens décroît dans le temps, en revanche, c'est un marché aux taux de marge extrêmement forts.



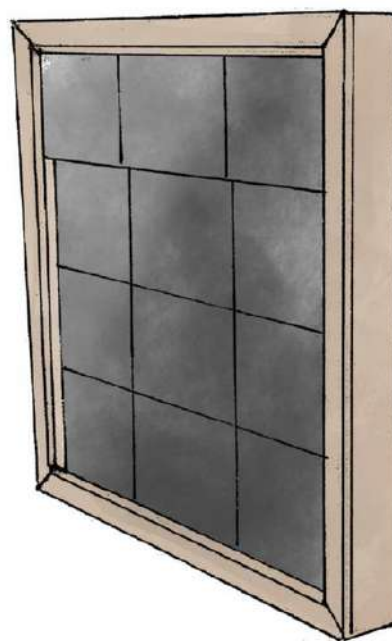
2.2 - MISSION #002 : CAPTEUR À AIR CHAUD

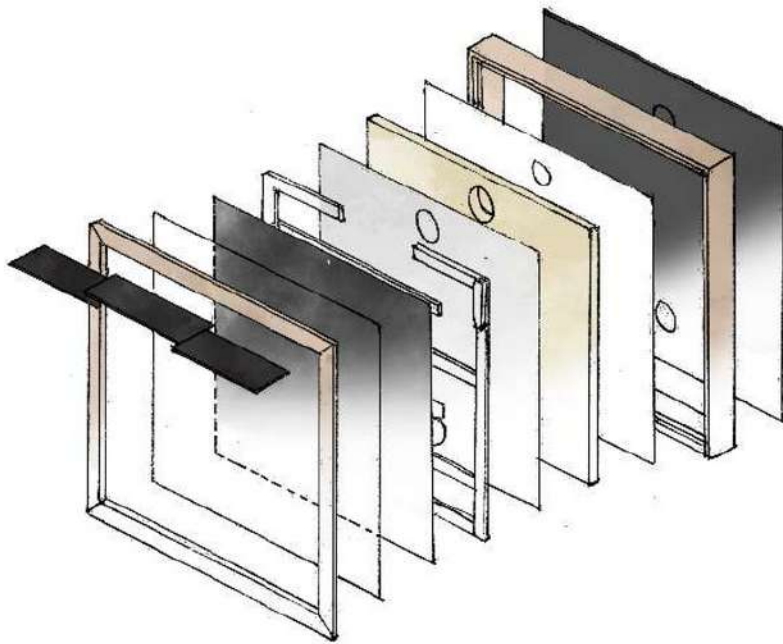
Conception et construction d'un capteur à air chaud, utile pour le chauffage d'un habitat léger.

Dead-line : vendredi 1er juillet 2022

Aujourd'hui, le chauffage de l'habitat représente la plus grosse part de la consommation énergétique des français (67% en 2021). Même si de nombreuses recherches scientifiques en cours visent à améliorer les systèmes de chauffages de faible qualité, le choix d'un mode de chauffage performant sur les plans technique, économique et environnemental est crucial pour réduire les consommations énergétiques. Quand on sait qu'on relève fréquemment les températures de bureaux à plus de 21°C, que la majorité des employés de bureau se baladent en T-shirt la majorité de l'année, qu'on climatise toujours plus les infrastructures en été.... on se questionne sur la vision actuelle de l'énergie. Finalement, la solution ne serait-elle pas tournée vers la sobriété énergétique, vers la production de «NégaWatts», vers les low-techs? Le chauffe-air solaire apparaît alors comme une alternative intéressante d'un point de vue écologique, car il peut fournir de l'air chaud aux bâtiments, au séchage agricole et industriel sans consommer d'énergie. Même si les problèmes liés à la conception et l'optimisation de la surface de contact des absorbeurs, aux coûts économiques et à l'efficacité et leur utilisation dans le système de chauffage restent en cours de résolution, le système est très prometteur ! Récemment, une étude menée par Effy France a montré «qu'un capteur solaire de 2m² pourrait permettre d'élever la

température d'une pièce de 15m² de 5 à 6°C » ; assez pour maintenir une température confortable dans la période printemps-automne. Leur utilisation permettra donc d'éviter la consommation (très polluante) de combustible traditionnel (gaz naturel, charbon et électricité) en hiver; Une alternative que les ingénieurs et les scientifiques embrassent car elle propose une direction plus logique, plus sobre et plus résiliente pour l'avenir de l'industrie du bâtiment. L'objectif de ce rapport s'annonce alors comme le suivant : Il s'agira de décrire le fonctionnement, la création et les caractéristiques d'un capteur à air chaud, puis d'étudier l'influence de la conception, des matériaux et des paramètres thermodynamiques afin de quantifier les échanges de chaleur, les transferts thermiques et, plus généralement, son efficacité énergétique globale .





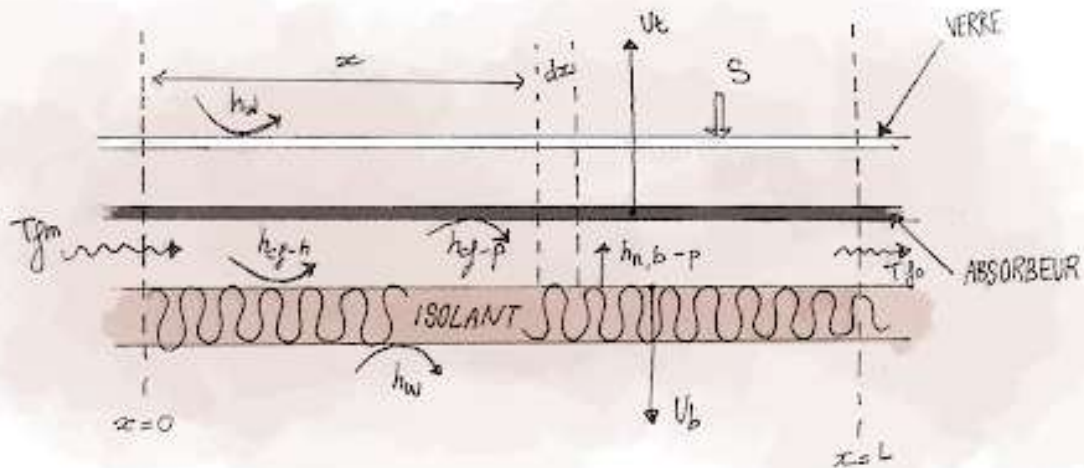
Le capteur à air chaud : parlons d'abord de ce qu'il est et de ce qu'il n'est pas. Un chauffage solaire est un système passif qui repose sur des matériaux structurels absorbant la chaleur et une orientation du bâtiment qui tire parti de l'exposition au sud : c'est un type de capteur thermique dont l'objectif est de transformer le rayonnement solaire en énergie thermique (chaleur). Il est destiné à compléter un système de chauffage existant, et non à le remplacer. Le moyen le plus efficace d'utiliser un chauffage solaire est de l'installer là où il peut diffuser de l'air chaud directement dans une pièce très fréquentée pendant la journée..

Le capteur est une sorte de mur Trombe adaptable à du bâti existant lorsqu'une place verticale sur la façade sud recevant le soleil d'hiver est disponible. Il s'agit d'un cadre en bois dont le fond est percé d'un trou bas, communiquant avec l'habitat pour l'arrivée d'air «frais» et d'un trou haut pour la sortie de l'air chaud dans l'habitat. S'appuyant sur le principe selon lequel l'air chaud monte et l'air froid descend, le chauffe-air solaire aspire l'air refroidi du fond d'une pièce, le fait circuler à travers le capteur solaire où il se réchauffe au contact de l'absorbeur selon un chemin en zigzag, puis ressort réchauffé dans la pièce. Des ardoises (l'absorbeur) recouvrent ce cheminement en bois, enfin une couverture transparente en verre trempé ferme l'ensemble. Comme évoqué auparavant, les ardoises vont fortement chauffer au contact du rayonnement infrarouge et la vitre pourra permettre un effet de serre tout en limitant la perte de chaleur vers l'extérieur.

D'après les résultats de Guy Isabel, il faut environ 2m² de capteurs (environ 300W/m² sur la période utile) pour réchauffer en moyenne de 6 à 7°C une pièce de 15m² en hiver (mesures prises à Cholet) Des plans détaillés et CAO ont été réalisés par l'Atelier Hironde. Ils sont inspirés des plans du capteur à air chaud pensé par Enerlog, disponible en open-source.

Ces plans ont servi à la réalisation d'une V1 carrée du capteur solaire, destinée à être posée sur la façade d'une Tiny House de 12m². Les étapes de fabrication sont détaillées en photo.

VUE COUPE-CAPTEUR À AIR CHAUD ET REPRÉSENTATION DES RÉSISTANCES THERMIQUES



Pour l'**absorbeur** :

où $S = (\alpha_p \tau_g) I_T$.

$$m_b c_{pb} \frac{\partial T_b}{\partial t} = h_{p-b} (T_p - T_b) - h_{f-b} (T_b - T_f) - U_b (T_b - T_a). \quad (2)$$
$$\frac{\dot{m}c_p}{L} \frac{dT_f}{dx} = h_{c,f-p}(T_p - T_f) + h_{c,f-b}(T_b - T_f). \quad (3)$$

En résolvant les équations (1) et (2) pour les températures T_p et T_b et en les substituant dans l'équation (3), on obtient dans les conditions d'état quasi-stationnaire l'équation différentielle suivante :

$$\frac{mc_{pf}}{L_2} \frac{\partial T_f}{\partial x} = F' [S - U_l (T_f - T_a)] \quad (4)$$

où le facteur d'efficacité du capteur solaire F' est donné par :

$$F' = \frac{h_{c,f-b} h_{r,p-b} + h_{r,p-b} h_{c,f-b} + h_{c,f-b}^2}{h_{r,p-b} h_{c,f-b} + (h_{r,p-b} + h_{c,f-b}) (U_l + h_{c,f-b})} \quad (5)$$

L'équation différentielle non linéaire du premier ordre (4) est soumise à la condition aux limites suivante :

$$T_f|_{x=0} = T_{fin} \quad (6)$$

En supposant que F' et U_l sont indépendants de la position x , la température du fluide de sortie T_{fo} peut être déduite de l'expression suivante :

$$\frac{T_{fo} - T_a - S/U_l}{T_{fin} - T_a - S/U_l} = \exp(-U_l F' / G_c) \quad (7) \quad \text{avec} \quad G_c = \frac{\dot{m}}{A_c} \quad (8)$$

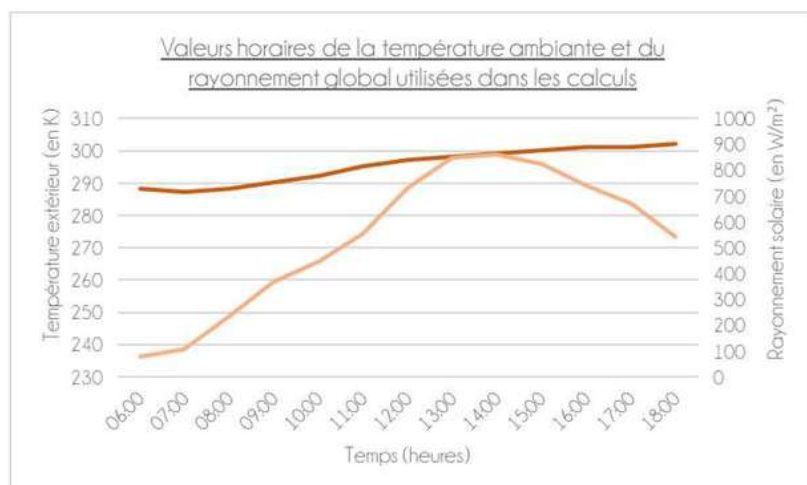
On considère que l'air circulant dans le conduit est un gaz parfait à chaleur spécifique constante. Pour le capteur, le coefficient de transfert de chaleur équivalent est calculé en utilisant $h_e = kaNu/dh$ où le nombre de Nusselt et le coefficient de frottement utilisés dans cet article sont respectivement indiqués dans les équations (9) et (10)

Pour évaluer le débit énergétique journalier des capteurs, des calculs numériques ont été effectués pour une configuration de capteur, les propriétés du système et les conditions de fonctionnement. On utilise les valeurs moyennes horaires du rayonnement solaire global et de la température de l'air ambiant en juin à Plailly (49° 6' 12" N, 2° 35' 1" E, voir tableau ci-dessous)..

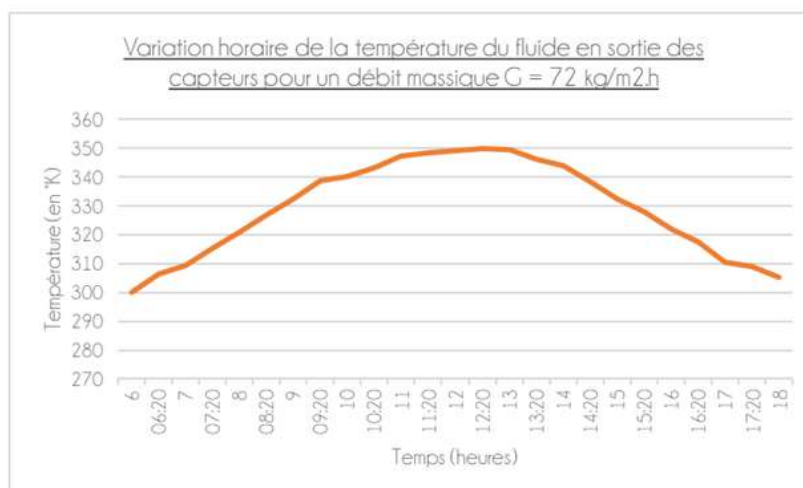
mois	irradiation	inclinaison	température moyenne	degrés-jours de chauffage
Juin	5,47 kWh/m ²	12°	17.2°C	32

Pour obtenir les résultats numériquement, on utilisera un code matlab développé par Sammy Jamar Chemengich et Mohamed Al Nakeeb (université d'Alexandrie).

A partir des valeurs horaires de l'ensoleillement global et de la température de l'air ambiant en juin à Plailly, on peut analyser le comportement journalier du capteur. La figure ci-dessous montre les variations des valeurs moyennes horaires de l'ensoleillement et de la température ambiante. Comme prévu, le rayonnement solaire horaire augmente le matin pour atteindre une valeur de 861 w/m² à 14h00 et commence à diminuer l'après-midi.



La figure suivante présente les variations horaires de la température théorique de l'air en sortie du capteur pour un débit massique de 36 kg/m².h :



On constate qu'un capteur thermique est d'autant plus performant :

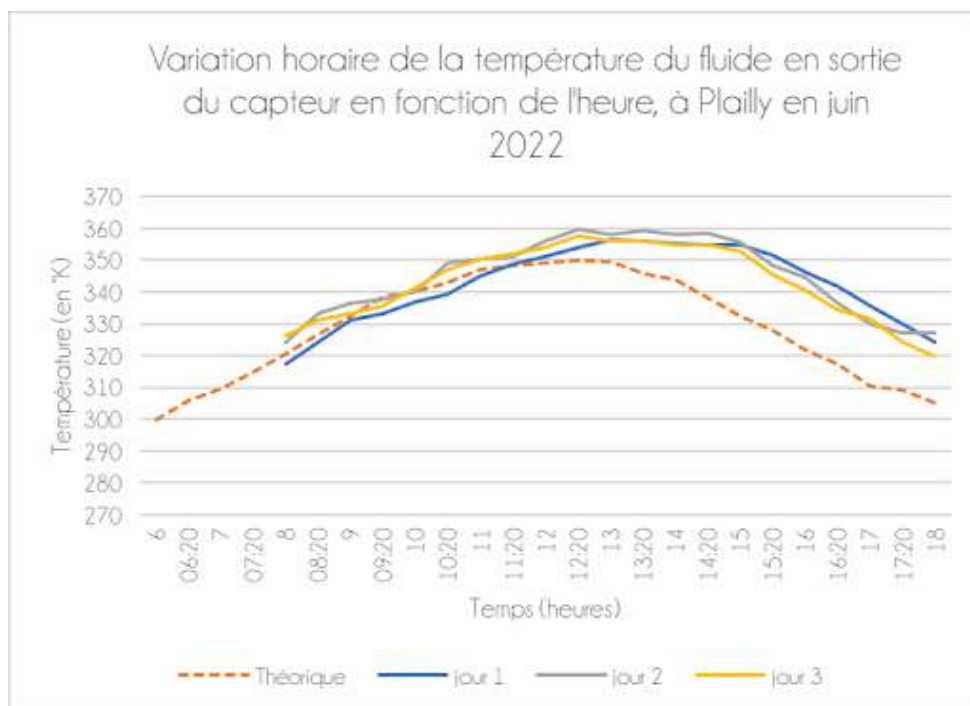
- Que l'irradiation est importante. Il s'agit ainsi d'adapter l'orientation et l'inclinaison du panneau en fonction des usages
- Qu'il fonctionne avec un écart faible entre la température du capteur et la température ambiante (usages basse température et/ou en chauffage : émetteurs de grande surface : type planchers chauffants, murs chauffants, radiateurs BT, etc)

Pour un résultat optimal, on privilégiera une orientation plein Sud avec un angle de 30 à 60°

Les analyses du capteur solaire ont été effectuées la semaine du 13 au 16 juin 2022.

Protocole 1 :

On place la face vitrée du capteur à air chaud vers le Sud afin qu'elle soit éclairée toute la journée. Le capteur est incliné à 60°. Deux thermomètres serviront à prendre les mesures de températures : l'un à l'extérieur (température ambiante à l'ombre), l'autre à la sortie du capteur. On mesure la température toutes les 20 minutes de 8h00 à 18h00, trois jours par semaine. Il s'agira ensuite de comparer les températures théoriques avec les températures expérimentales. Voici le graphique obtenu pour l'analyse sur les trois jours étudiés :



Tout d'abord, on remarque que la température de l'air en sortie du capteur augmente au cours de la journée, pour atteindre son maximum aux alentours de 13h00 (symbolisé par une ligne en pointillés bleus). La température diminue ensuite pendant le reste de la journée de façon relativement linéaire. On remarque que les valeurs de la température pour les 3 cas sont nettement supérieures aux valeurs théoriques pour les mesures prises après 12h00 (près de 20°K d'écarts entre la valeur théorique et la valeur expérimentale pour un dt donné). Cette différence est due à la différence entre les conditions météorologiques théoriques et les conditions réelles, fortement supérieures aux valeurs estimées (près de 35°C et un ciel entièrement dégagé le mercredi 15 et le jeudi 16 juin).

Les valeurs concordent grandement avec les études menées par le Low-tech-Lab et par Guy Isabel. Ils affirment que les températures peuvent atteindre 70°C localement (instantanément diluées dans l'atmosphère ambiante) en plein hiver, à condition que le capteur soit en plein soleil.

Dans le cas de notre expérience, il est intéressant de noter qu'une trappe permet de rejeter l'air chaud du capteur à l'extérieur pour éviter de chauffer encore plus l'habitat. Le capteur aspire par la même occasion l'air de l'habitat, créant ainsi une ventilation naturelle.

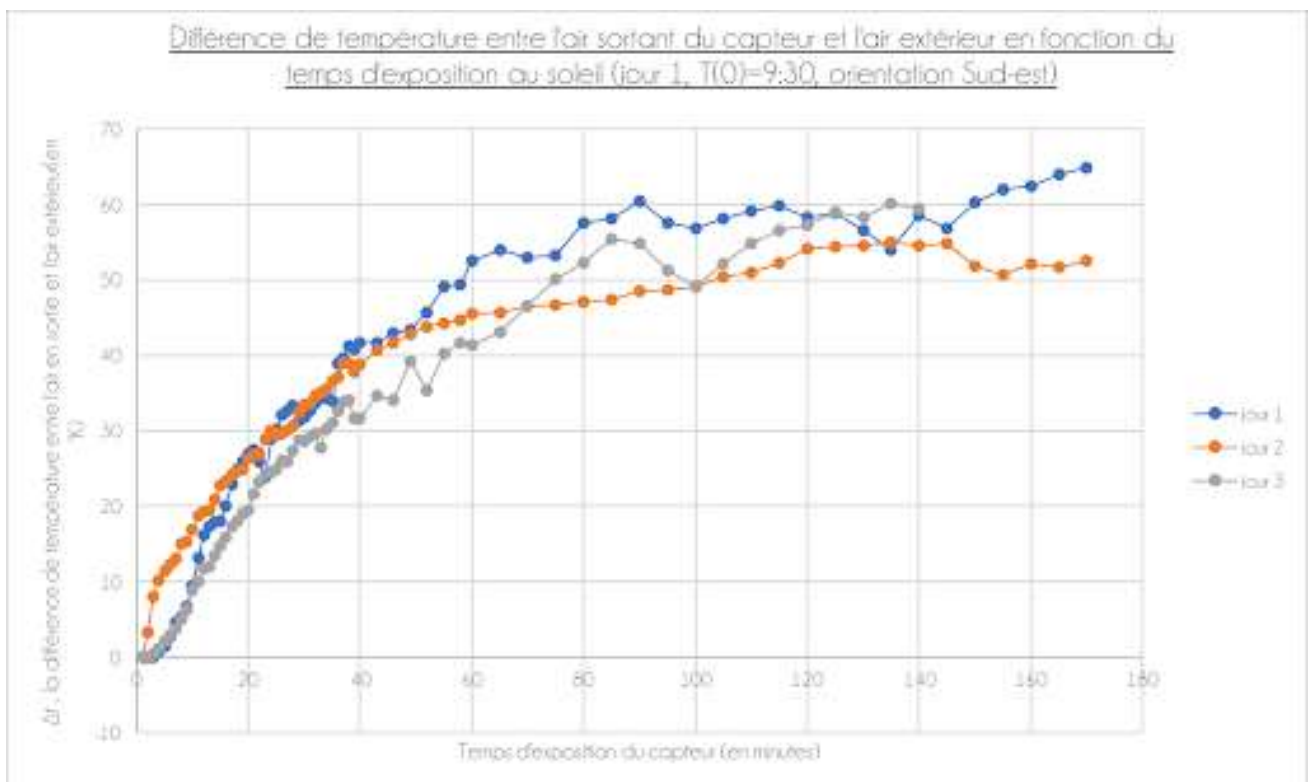
Protocole 2 :

Il est intéressant d'étudier le temps qu'il faut pour que le fluide à la sortie du capteur à air chaud atteigne sa température maximale.

On place la face vitrée du capteur à air chaud vers le Sud afin qu'elle soit éclairée toute la journée. Le capteur est incliné à 60°. Deux thermomètres serviront à prendre les mesures de températures : l'un à l'extérieur (température ambiante à l'ombre), l'autre à la sortie du capteur.

On mesure la température toutes les minutes sur une période de 3h, trois jours par semaine. A $t=0$ l'air sortant doit être à la même température que l'air ambiant, ce qui implique d'avoir caché le capteur du rayonnement solaire avant de commencer les relevés de mesures.

Voici le graphique obtenu pour l'analyse sur les trois jours étudiés :



On différencie deux périodes :

- De $t=0$ minutes à $t=60$ minutes, on peut dire que la température de l'air en sortie augmente très rapidement (+43.1°C en 1h en moyenne)
- de $t=60$ minutes à $t=180$ minutes, la température de l'air en sortie croît plus doucement, à raison de 12.7°C par heure en moyenne

Le capteur à air chaud est donc relativement efficace et réactif, dès la première minute d'exposition au soleil, la chaleur douce, constante et homogène commence à se propager dans l'habitat. C'est au bout d'une heure qu'elle atteint son point d'inflexion et se stabilise.

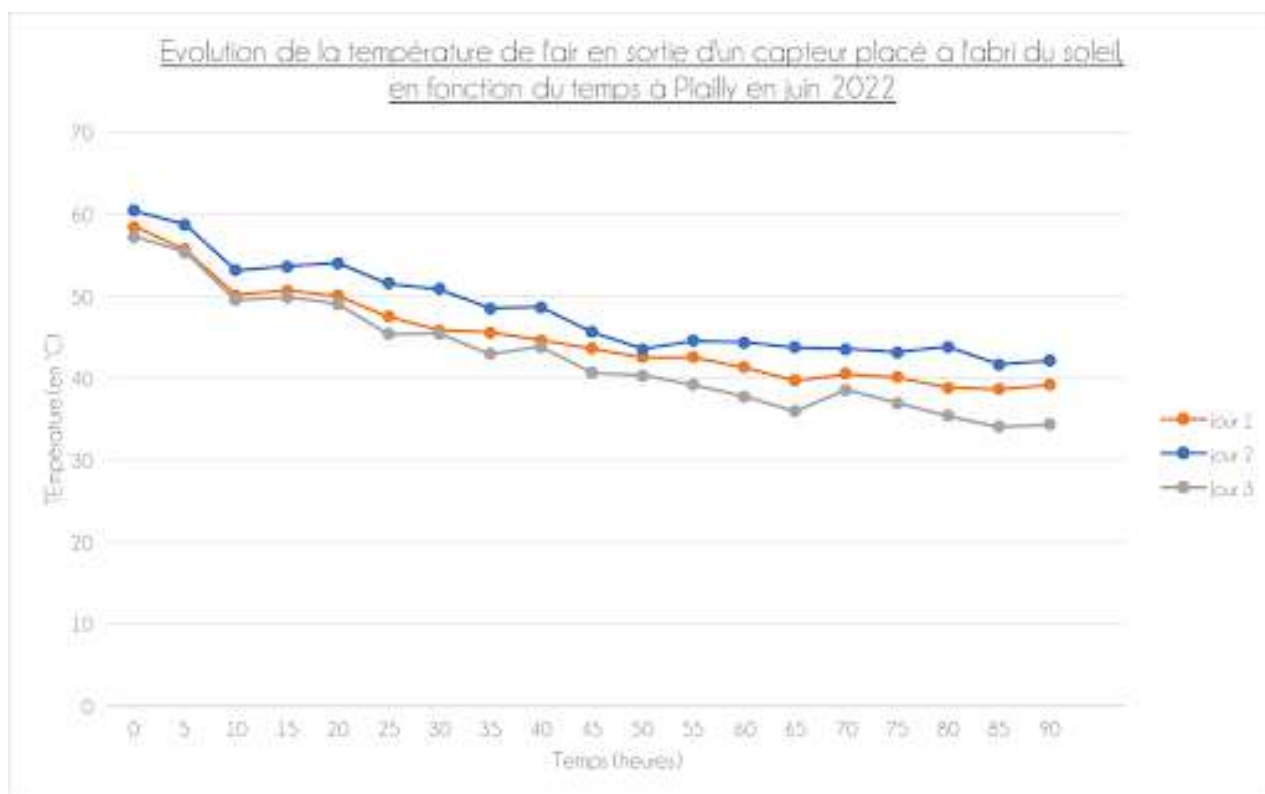
Protocole 3 :

Et le soir ? Quand le soleil se couche ? Ou quand un cumulonimbus passe devant le capteur ? Il serait intéressant de pouvoir mesurer l'inertie thermique du capteur. En d'autres termes, combien de temps arrive-t-on à le maintenir à une certaine température malgré le contexte extérieur ?

On place la face vitrée du capteur à air chaud vers le Sud afin qu'elle soit éclairée toute la journée. Le capteur est incliné à 60°. Deux thermomètres serviront à prendre les mesures de températures : l'un à l'extérieur (température ambiante à l'ombre), l'autre à la sortie du capteur.

On mesure la température toutes les minutes sur une période de 1h30, trois jours par semaine. En moyenne la température de l'air sortant à $t=0$ vaut $T=58.9^{\circ}\text{C}$, ce qui implique de priver le capteur du rayonnement solaire à partir de $t=0$

Voici le graphique obtenu pour l'analyse sur les trois jours étudiés :



On constate que la température mesurée à la sortie du capteur décroît de façon linéaire. En approximant les trois courbes par une fonction linéaire moyenne, de type $y=ax+b$, on trouve que la température diminue homogènement de 0.2°C par minute.

La régularité de ces mesures est due au choix des matériaux, en particulier de l'ardoise, qui présente une diffusivité forte et une faible effusivité thermique : l'échange d'énergie thermique entre le climat extérieur et le climat intérieur se fait donc le plus rapidement possible, et l'ardoise stocke au maximum la chaleur (inertie par absorption).



Ces mesures nous permettent de conclure sur que le capteur à air chaud est en mesure de chauffer l'air ambiant d'une pièce ou d'un bâtiment. Toutefois, il est important de souligner que de nombreuses pistes d'améliorations sont possibles pour obtenir des résultats plus précis :

Exposition •

Il serait intéressant de tester un capteur complémentaire à l'est lorsque la façade reçoit le soleil d'hiver afin de démarrer la chauffe plus tôt en journée.

Date et météo •

Il est impératif de faire des relevés de mesures les jours de pluies, sans soleil, en hiver, etc, afin de se rendre compte de l'efficacité réelle des panneaux lors des périodes où ils sont le plus susceptibles d'être utiles. La météo ne pouvant pas encore être contrôlée (qui sait, peut-être un jour?), il faudra attendre quelques mois pour développer une étude thermodynamique précise sur le capteur à air chaud.

Matériaux •

L'ardoise servant de corps noir est l'un de matériaux les plus impactant, pouvoir le remplacer par un autre matériau sain et plus léger serait une bonne amélioration, surtout pour les régions où l'ardoise n'est pas traditionnellement utilisée en toiture.

Déphasage jour/nuit •

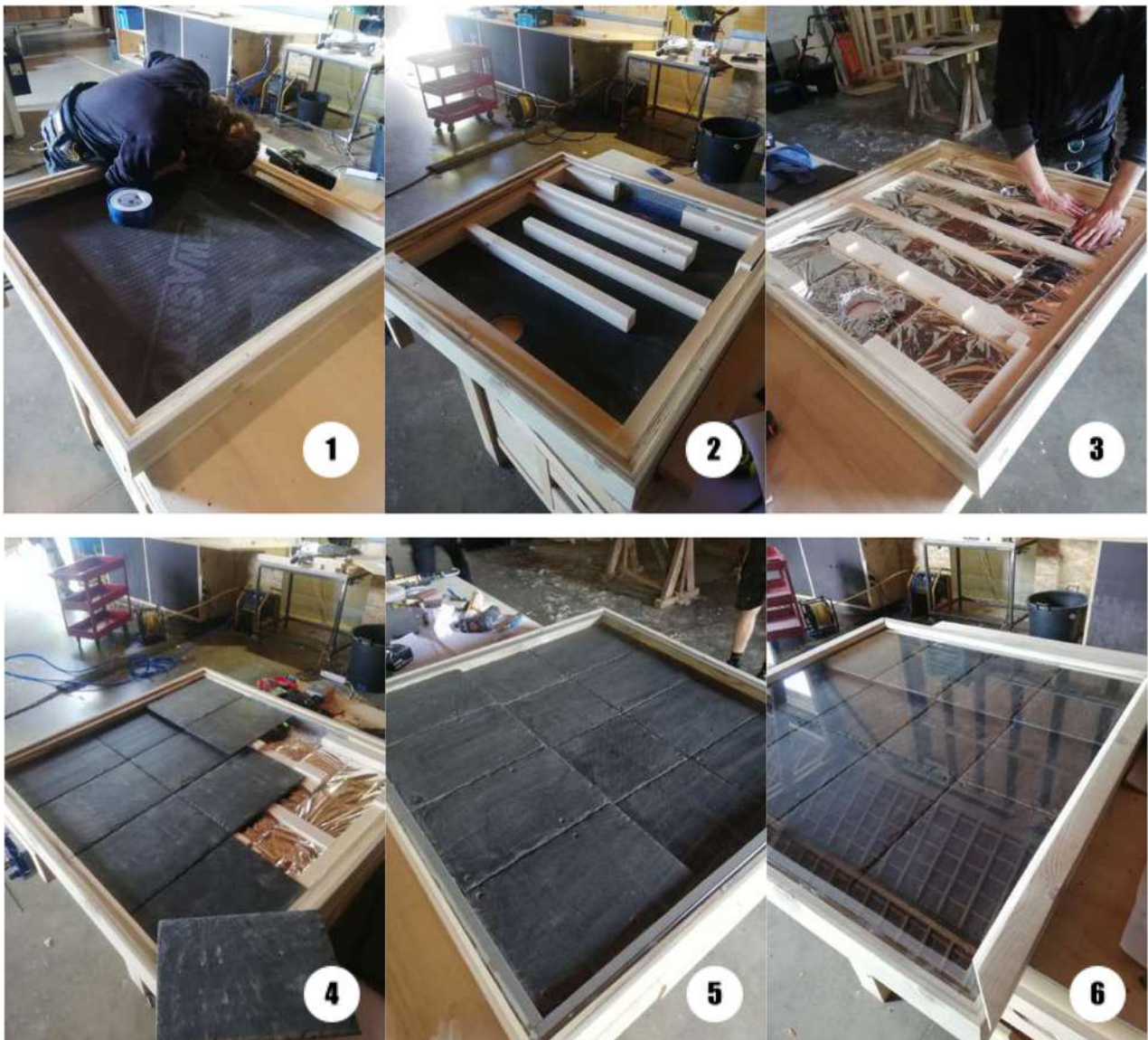
Lorsque le système chauffe en journée, le soleil entrant par les vitres participe également à la chauffe, pouvant même occasionner des surchauffes dans l'habitat. Cependant, dès la baisse du soleil, le capteur à air chaud ne fournit plus de chaleur. Il serait intéressant de penser un accumulateur thermique complémentaire au capteur solaire pour emmagasiner de la chaleur en journée qui pourrait être restituée le soir voire la nuit et mieux lisser la courbe de température de l'habitat.

Conception•

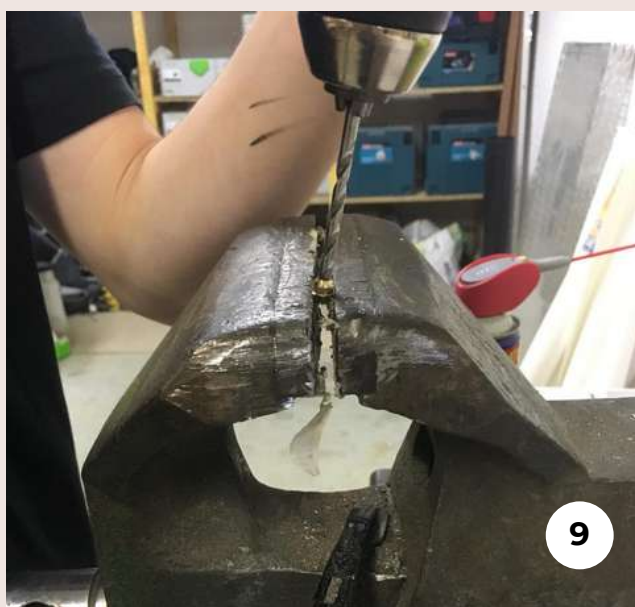
Que ce soit pour sa masse ou ses composants issus de la pétrochimie (mastic, pare-pluie, etc), un travail d'optimisation du dimensionnement serait intéressant pour le rendre plus compact et encore plus pertinent sur les aspects économiques et écologiques.

Viens ensuite la partie "Réalisation".

Tout d'abord, nous avons construit le cadre en bois qui accueillera le circuit. Nous avons ensuite mis du pare-pluie dans le fond du cadre pour garantir l'étanchéité du système (image 1). Nous avons ensuite disposé les liteaux de façon à diriger l'air selon un parcours en zigzag (image 2), puis avons ajouté de l'isolant enroulé dans de l'aluminium (image 3). Cette surface réfléchissante permet de limiter les pertes thermiques. Nous avons ensuite posé les ardoises, qui jouent le rôle de l'absorbeur et convertissent l'énergie électromagnétique en énergie thermique. Cet élément doit se rapprocher au maximum d'un corps noir : Il doit avoir une émissivité qui tend vers 1 et une conductivité thermique élevée. Il peut également s'agir d'une feuille métallique sombre, de canettes métalliques peintes en noires, d'ardoise... Enfin nous avons ajouté la vitre en verre trempé, nécessaire pour induire un effet de serre au sein du capteur (image 6). Cette vitre laisse passer les rayons du soleil, des rayonnements d'une longueur d'onde comprise entre 0,3 et 3 microns. Comme la majeure partie du rayonnement solaire se situe entre 0,3 et 2,4 microns, la lumière du soleil peut traverser le verre. Une fois traversé, le rayonnement trouve l'absorbeur, qui est chauffé par le rayonnement solaire et émet un rayonnement entre 4,5 et 7,2 microns qui ne peut plus traverser le verre. Ces rayonnements infrarouges piégés sont réfléchis vers l'intérieur et maintiennent au chaud l'absorbeur.



Enfin, nous avons créé le système reliant le capteur à l'air ambiant de l'habitat. Ici, les low-techs sont de mise : Plutôt qu'utiliser un système numérique (Raspberry par exemple), nous avons utilisé un vérin thermostatique qui réagit à la chaleur. Si la température extérieure dépasse les 25°C, le vérin s'étend, sinon, il reste rétracté. On se sert de ce mécanisme pour ouvrir ou fermer la trappe qui relie le capteur à l'intérieur de l'habitat. Ainsi, si l'air ne chauffe pas assez, alors la trappe ne s'ouvre pas. Sur l'image 10, on peut observer le vérin déplié : la trappe est ouverte et l'air peut passer.



Lorsque le système chauffe en journée, le soleil entrant par les vitres participe également à la chauffe, pouvant même occasionner des surchauffes dans l'habitat. Cependant, dès la baisse du soleil, le capteur à air chaud ne fournit plus de chaleur. Il serait intéressant de penser un accumulateur thermique complémentaire au capteur solaire pour emmagasiner de la chaleur en journée qui pourrait être restituée le soir voire la nuit et mieux lisser la courbe de température de l'habitat.

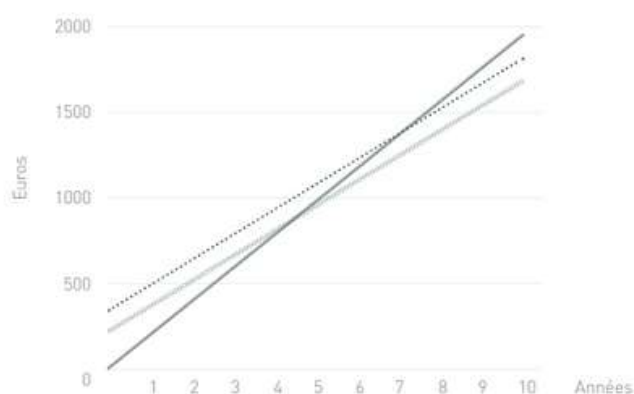
Selon la complexité du système, nous avons estimé le coût d'un chauffe-air solaire à moins de 1000 \$ pour le chauffage d'une pièce à 6 000 \$ pour les applications de grands espaces ou de plusieurs pièces. Mais il faut garder à l'esprit qu'il s'agit de sources de chaleur supplémentaires ; il y aura toujours besoin d'un système de chauffage conventionnel. Les systèmes solaires conçus pour fournir du chauffage central visent à remplacer 40 à 80 % du chauffage conventionnel. Ils sont plus rentables lorsqu'ils fournissent au moins 50 % de la chaleur de la maison. Un simple capteur à air chaud, bien sûr, ne réduira pas les coûts de chauffage de ce pourcentage. Cependant, cela réduira la quantité de chaleur conventionnelle nécessaire pour garder une maison à une température agréable.

L'installation est une dépense supplémentaire. L'installation d'une unité simple est à la portée d'un bricoleur expérimenté, mais les capteurs solaires à air "classiques" mesurent environ 1 mètre de large pour 2 mètres de haut. Et ils sont lourds, la présence d'un assistant ou deux est fortement conseillée pour en monter un sur un toit. Il faudra nécessairement s'assurer que l'ajout du capteur sur le toit ne dépassera pas sa limite de charge. A noter qu'un permis de construire peut être demandé pour ce type d'installation.

Chaque maison est différente et les conditions climatiques varient considérablement d'un endroit à l'autre. Par conséquent, la réduction d'une facture de chauffage par un chauffe-air solaire dépend de l'état du bâtiment sur lequel il est fixé et de l'endroit où il est situé. Si le bâtiment est mal isolé, l'installation d'un chauffe-eau solaire n'économise pas beaucoup d'énergie ; l'air chauffé par l'énergie solaire s'échappe

aussi rapidement que l'air chauffé de manière conventionnelle. Les chauffe-air solaires sont très performants dans les régions où les hivers sont longs, froids et ensoleillés. Dans les régions plus chaudes avec des hivers courts, la conception du système pour qu'il fasse double usage (pour le chauffage de l'eau domestique pendant l'été) augmente la rentabilité et accélère le retour sur investissement. A noter que ce système est plus compliqué que d'ajouter un simple chauffage solaire car cela nécessite l'ajout d'un échangeur de chaleur air-eau au système.

→ Coût des moyens de chauffage sur 10 ans
Cf Annexe II - ROI



Source : P.A Levêque et C. Chabot

Le retour sur investissement d'un capteur à air chaud est relativement court. Les économies d'énergie seront égales au coût d'achat (ou de fabrication) et d'installation du système dans 5 à 7 ans si le bâtiment est chauffé à l'électricité; il faudra 6 à 15 ans pour l'amortir si c'est un chauffage au gaz. Contrairement aux systèmes de chauffage conventionnels, les solutions solaires nécessitent très peu d'entretien et continuent de fonctionner des décennies au-delà de la mise de fonds initiale. La source d'énergie, la lumière du soleil, est gratuite dès le premier jour.

Finalement, la solution est probablement dans la réduction radicale de la consommation d'énergie - peut-être mieux décrite comme une immobilisation forcée ou volontaire - plutôt que d'un «verdissement» des méthodes de chauffage existantes. Les capteurs à air chaud apparaissent désormais comme une alternative factuelle à la technocratie des modes de production d'énergie et ses panneaux photovoltaïques au bilan écologique désastreux. «Nous avons un souci de disponibilité des ressources devant nous, à plus ou moins brève échéance. La recette actuelle - une fuite en avant, la plus rapide possible à base d'innovation high tech - ne résoudra pas les problèmes. Reste l'option très rationnelle d'appuyer sur la pédale de frein : réduire, au plus vite et drastiquement, la consommation de ressources par personne.» (Philippe Bihouix, 2014)

Les constructeurs ont tout intérêt à miser sur ces solutions décarbonées. En France, près de 5 millions de foyers sont en contexte de précarité énergétique, dont plus d'un million sont propriétaires de maisons individuelles². Un potentiel important de bénéficiaires existe donc sur le territoire, permettant de valider l'importance d'une diffusion large de ce système, et plus largement l'usage du solaire en énergie thermique.

Quant aux propriétaires, avec seulement une augmentation modérée du coût de leur domicile, ils ont la possibilité d'investir dans leur propriété un véritable investissement environnemental qui ajoutera certainement de la valeur à leur maison, réduira leurs factures d'énergie et leur offrira une maison confortable à vivre, Alors qu'attendons-nous ?



(1) ADEME, La précarité énergétique (2018). [en ligne] <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/quoi-parle-t/precarite-energetique> (consulté en 05/2022)

2.3 - MISSION #003 : JARDIN FRANÇAIS

Analyse environnementale d'un site, inventaire biologique et cartographie du jardin. Il s'agit de penser l'implantation d'une Tiny house (cabane paille) sur le site. L'étude sera complétée par une analyse financière; il s'agira d'estimer la valeur du bien afin de le diviser en plusieurs parcelles.

Dead-line : 7 juillet 2022

Voici le dessin que j'ai pu réaliser après la visite du site. Il met en évidence les éléments essentiels du projet.



PLAN MASSE DU SITE ET RECENSEMENT DES ARBRES REMARQUABLES RENCONTRÉS, ÉCHELLE 1/100

Le terrain se trouve sur la commune d'Ermenonville, au 24 rue René De Girardin. Il est soumis à la réglementation du Plan Local d'Urbanisme et est classé en zone Nhb (zone Naturelle d'habitation peu dense). La cliente se nomme M.C. Frebourg.

Il s'agissait d'estimer la valeur totale du bien afin de comprendre comment segmenter cet espace en plusieurs parcelles.

Une étude apportée par les ayant-droits, versé au débat de la division du bien de Marie-Christine Frebourg, a chiffré l'estimation financière de la parcelle entre 825 000€ et 850 000€. En prenant en compte la facturation des honoraires de 4.00%¹ (Century 21 au 1er juillet 2021), cette estimation passe à un montant compris entre 792 000 et 816 000€. Il est donc question de dégager 50% de ce montant, soit une somme comprise entre 386 000 et 408 000€, puis de le partager en deux parts égales. Ainsi, la somme demandée pour 25% des biens existants s'élève à un montant compris entre 193 000 et 204 000€.

De manière générale, tous les processus de mesure ont une variabilité propre et un certain taux d'incertitude. Afin de compléter les estimations proposées par le client, et dans l'optique d'envisager une division parcellaire du terrain, nous nous sommes permis d'estimer la valeur de la parcelle dans son détail. Nous avons recensé tous les logements en vente à Ermenonville, puis dans un périmètre de 10km, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Prix moyen des maisons au m² à Ermenonville : 2951€, écart-type de 375€ (13%)
- Prix moyen des maisons au m² dans un périmètre de 10 km : 2344€, écart-type de 411€ (17%) (Feuille de calcul en annexe, les chiffres donnés sont calculés en soustrayant le prix des m² non habités au prix du terrain, puis en divisant par le nombre de m² habités.)
- Prix moyen des maisons au m² dans l'Oise : 2225€ (Selon SeLoger.com)

PRIX DANS SON DÉTAIL :

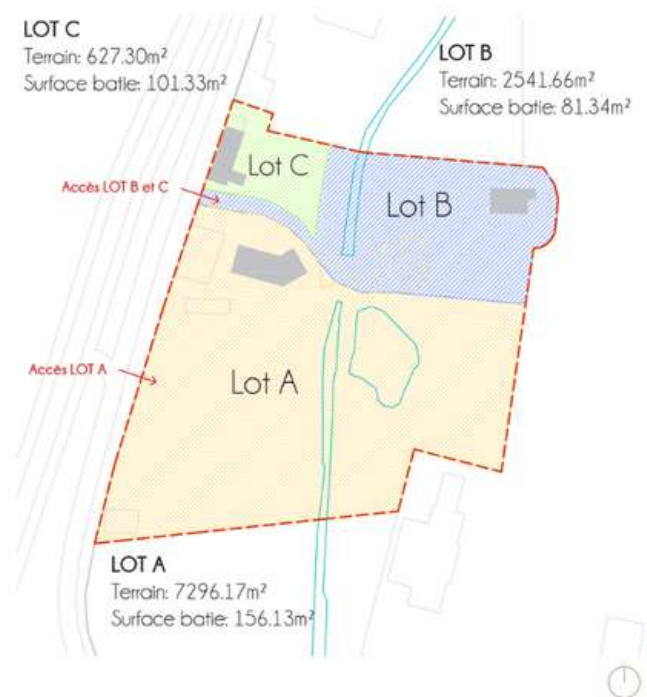
	Surface au sol (m ²)	Surface plancher (m ²)	Prix moyen au m ² (en €)	Prix estimé (€)
Terrain	10 800	/	58	626 400
Maison principale	156	280	2 344	656 355
Gite XVIII	101	200	2 344	468 800
Bergerie XVII	81	81	1 132	91 692
			Total	1 843 247

Nous proposons la division de la parcelle de la manière suivante:

LOT A: Habitation principale de Marie-Christine Frebourg, implanté sur une surface bâtie de 156.13m², une serre principale de 144m², une serre secondaire de 54.76m² et un terrain de 7296.17m². L'accès se fera côté Ouest de la parcelle par une entrée à aménager, donnant sur la rue René De Girardin.

LOT B: Bâti dit «Bergerie», d'une surface bâtie de 81.34m², un terrain de 2541.66m², inclue le cheminement donnant sur la rue René De Girardin.

LOT C: Bâti dit «Gîte», d'une surface bâtie de 101.33m², un terrain de 627.3m², incluant une servitude sur le chemin donnant sur la rue René De Girardin.



Estimation du prix selon LOT

Surface totale à partager	3 169	m ²
Prix estimé	807 621	€

Partage					
Parcelle 1			Parcelle 2		
Elements	Surface (m ²)	Prix estimé (€)	Elements	Surface (m ²)	Prix estimé (€)
Maison XVIII ^e	200	468 800	bergerie XVIII ^e	81	91 692
Terrain zone NHB	627	99 693	Terrain zone NHB	2 542	147 436
Total		568 493	Total		239 128

2.4 - MISSION #004 : PROJET PHILIPPE SCHIEPAN

Création, chiffrage et réalisation de trois maisons dans les arbres, commandé par Philippe Schiepan (architecte)

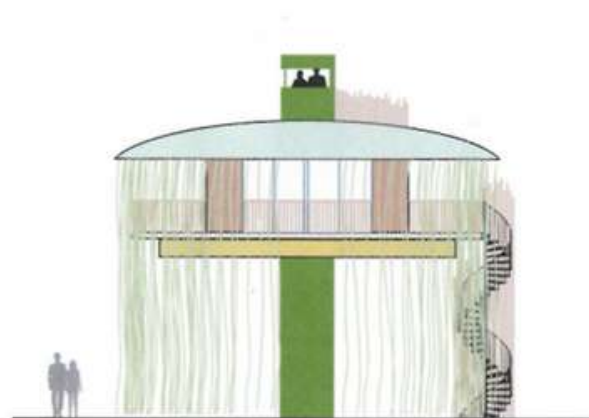
Dead-line : 15 juin 2022

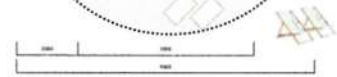
Le projet Schiepan était plutôt calculatoire. L'architecte nous a fait parvenir 3 dessins sur lesquels figurent des modèles de maisons dans les arbres. Il souhaitait que l'Atelier Hironnelle s'inspire de ces dessins pour dessiner les plans de ses maisons. Mon rôle était d'estimer le poids des différentes structure, puis d'établir un bilan des forces.

Sur excel, j'ai chiffré le poids des différents éléments de la structure en les répartissant en cinq catégories :

- Les murs (extérieurs et intérieurs). Il s'agissait de déterminer le nombre de liteaux, de montants, le volume d'isolant, le poids du bardage...
- Les fenêtres et les portes : poids des profilés en aluminium, des vitres...
- Le plancher : poids des lambourdes, des contrelattes, de l'OSB, des voliges...
- La toiture : Poids du revêtement en zinc, des chevrons, du lambris...

Ci-contre, on peut observer les dessins réalisés par l'architecte. Les habitats sont soutenus par un large pylône. Il s'agira de déterminer les forces qui s'exercent sur lui, afin de réfléchir à ses dimensions et son type de matériau.





TOTAL		
Objets	Masse	Unité
SOL	2 333,78	kg
TOIT	2 233,65	kg
FENETRES	259,82	kg
MURS	2 951,09	kg
TUBE	1 229,93	kg
SURCHARGE	4 032,00	kg
Grand TOTAL	13 040,28	kg
Sans surcharge	9 008,28	kg

3. RETOUR RÉFLEXIF SUR MON EXPÉRIENCE

Ce stage m'a permis de découvrir le travail complexe, souvent peu remarqué, des architectes. À travers ce stage, j'ai pu travailler avec diverses personnes : élus, particuliers, menuisiers, charpentiers, ingénieurs, géotechniciens, architectes... J'ai appris que toutes les décisions d'une entreprise, qu'elle soit publique ou privée, dépendent d'un nombre d'acteurs faramineux, et qu'elles doivent constamment être revues, repensées, au gré des élus (en particulier des préfets) qui veulent s'investir dans le projet.

La démarche employée lors de ce stage était :

- Réponse à un besoin d'un client
- Réflexion sur la demande avec les architectes et ingénieurs de l'Atelier Hirondelle
- Consultation du PLU et du contexte globale induit par le projet
- Réalisation de plans, croquis, chiffrages
- Réunion de présentation avec le client, accord pour la réalisation du projet
- Construction du projet
- Livraison de l'habitat

Ces étapes s'étalent sur une durée variable en fonction de la taille et l'ambition du projet. La mise en place passe par l'aval de nombreuses personnes différentes (particulièrement les mairies, qui donnent leur accord sur les plans). Les projets sont souvent revus en fonction des possibilités et/ou des moyens financiers des clients.

Grâce à ce stage, j'ai pu réellement mettre à profit les connaissances accumulées lors

de mes 4 années à Polytech. Je me suis rendu compte de la polyvalence que j'avais : Des calculs de thermodynamiques à la rédaction de lettres aux élus, en passant par du dessin ou de la menuiserie, toutes les notions avaient déjà été abordées pendant mes études. La capacité de savoir travailler en groupe, de chercher des informations sur un sujet parfois obscur, résoudre un problème en analysant des données : Ces savoirs-faire appris à Polytech m'ont largement servi pendant ce stage.

Lors de mon stage, j'ai pu réaliser une grande quantité de plans, dessins et modèles 3D à l'aide de nombreux logiciels. Il me fallait donc construire une méthode et respecter au mieux la charte graphique de l'entreprise pour que les rendus soient les plus homogènes possibles.

Mon seul regret est de ne pas avoir vu certains projets voir le jour, en particulier ceux sur lesquels j'ai travaillé. Il est assez frustrant de dessiner une maison flottante sans jamais la voir se dresser sur l'eau ! Heureusement qu'on peut tricher en la modélisant de façon réaliste, c'est toujours ça de pris.

Mon expérience à l'Atelier Hirondelle m'a ouvert les yeux sur les nombreuses solutions low-tech qu'un habitat peut adopter. La création du capteur solaire et les réflexions sur les chauffe-eau solaires, les murs trombes, les poêles de masse...m'a montré à quel point il est imaginable d'adapter ces systèmes à des bâtiments plus imposants. Et pour moi les expérimentations ne s'arrêteront pas là.

Si j'avais eu l'opportunité de rester plus long dans l'entreprise, un travail de redimensionnement serait à entreprendre avant de pouvoir garantir une efficacité forte des systèmes low-techs.

Par exemple, pour confection du système de recyclage d'eau, un grand nombre de mesure seront à prendre allant du calcul de débit à l'étude de potabilité d'échantillons d'eau. Il serait intéressant d'avoir un prototype fonctionnel qui permettrait de définir le dimensionnement des filtres afin d'obtenir une eau potable. Il s'agira ensuite de créer une liste des produits qui pourront être traités par le système ainsi que leur concentration limite. Ces mises en situations vont définir la durée de vie des filtres et les limites de leur efficacité. Suivant la quantité de précipitation il sera possible de savoir quel taux précis de recyclage nous devons atteindre.

Travailler pour une agence tournée vers l'habitat durable, c'est apprendre beaucoup sur la situation actuelle du monde. Ce stage fut l'opportunité d'ouvrir les yeux et de regarder les problèmes politiques, économiques, sociaux et environnementaux en face. Nécessairement, la construction d'habitats légers et la montée des eaux sont étroitement liées; et il suffit de lire quelques pages du dernier rapport du GIEC pour en être convaincu ! J'ai également appris à développer un esprit pragmatique et réaliste sur nos manières actuelles de construire, sur l'empreinte carbone atterrante des constructions high-techs en béton et leurs chauffages toujours plus énergivores. Je quitte ce stage avec une vision différente de l'urbanisme, persuadé que l'avenir se trouve dans la perma-architecture.

Ce stage à l'Atelier Hirondelle m'a conforté dans l'idée que des petites entreprises dynamiques, fortes de valeurs, peuvent influencer les mentalités et repenser nos modes de consommer, de construire.

A terme, j'aimerais réaliser un logement qui réponde à des questions de capacité de mobilité élevée et de consommation en énergie et en eau, faible. La connaissance des low-techs et leur intégration à cet habitat me paraît incontournable. Une maison passive et résiliente parce que nos manières d'habiter sont remises en questions : les enjeux climatiques, sociaux, technologiques, alimentaires et sanitaires, dont nous devons nous saisir, exigent de nous une créativité, une discipline, et une audace sans pareilles mesures auparavant.

Aux prémices d'un tour d'Europe à vélo à la découverte des low-techs, ce stage m'a insufflé un nouveau vent d'optimisme sur la volonté des entreprises, associations, particuliers à habiter dans des maisons plus sobres en énergie, moins gourmandes en ressources et en chauffage. Il ne reste plus qu'à aller à leur rencontre, et coïncidence : l'Atelier Hirondelle fera parti des premiers interviewés.

Merci encore pour cette expérience. Merci aux membres de l'entreprise. Merci aux tuteurs et encadrants.



4. ANNEXES

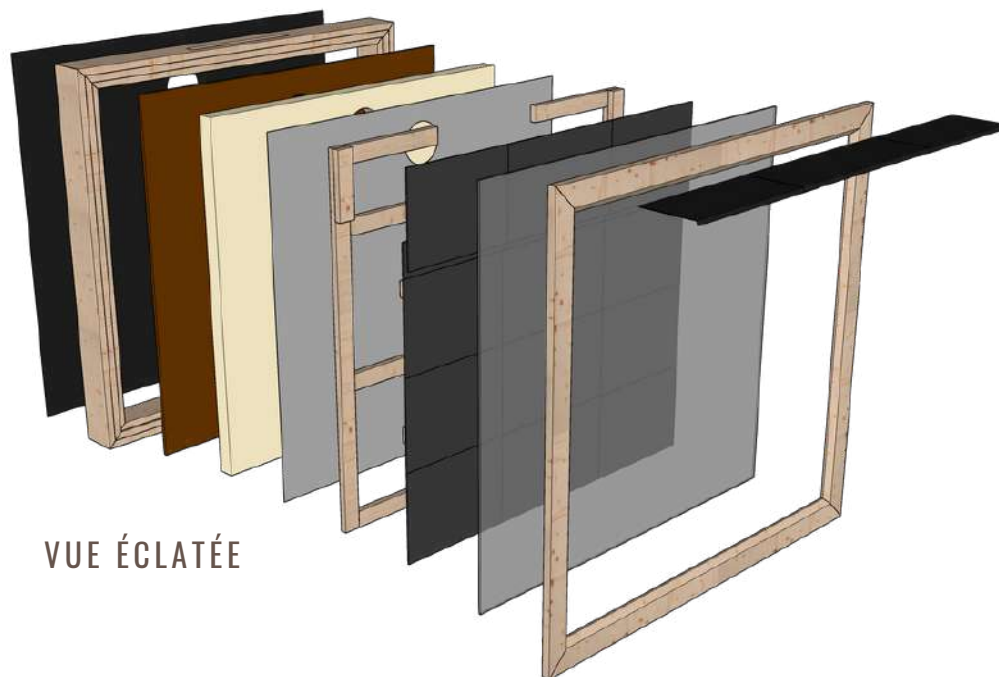
4.1 - DESSINS RÉALISÉS POUR L'ATELIER HIRONDELLE



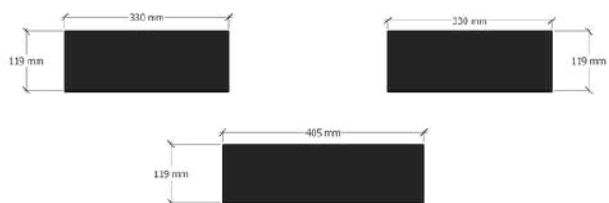




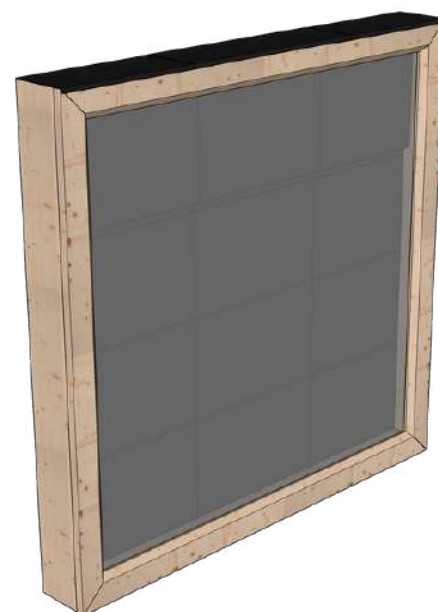
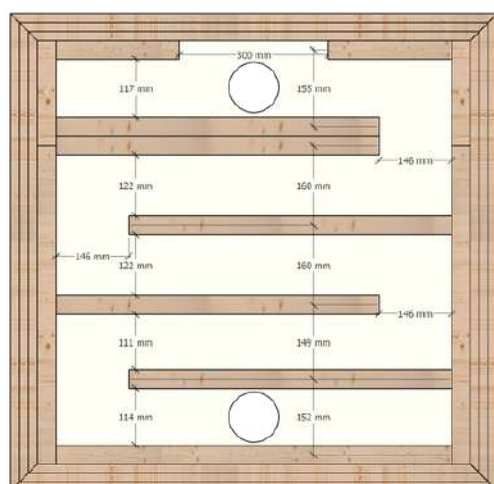
4.2 - PLANS CAPTEUR À AIR CHAUD



VUE ÉCLATÉE



CHICANES



VUE GLOBALE

4.3 - AMÉNAGEMENT DU SITE, MAISONS FLOTTANTES

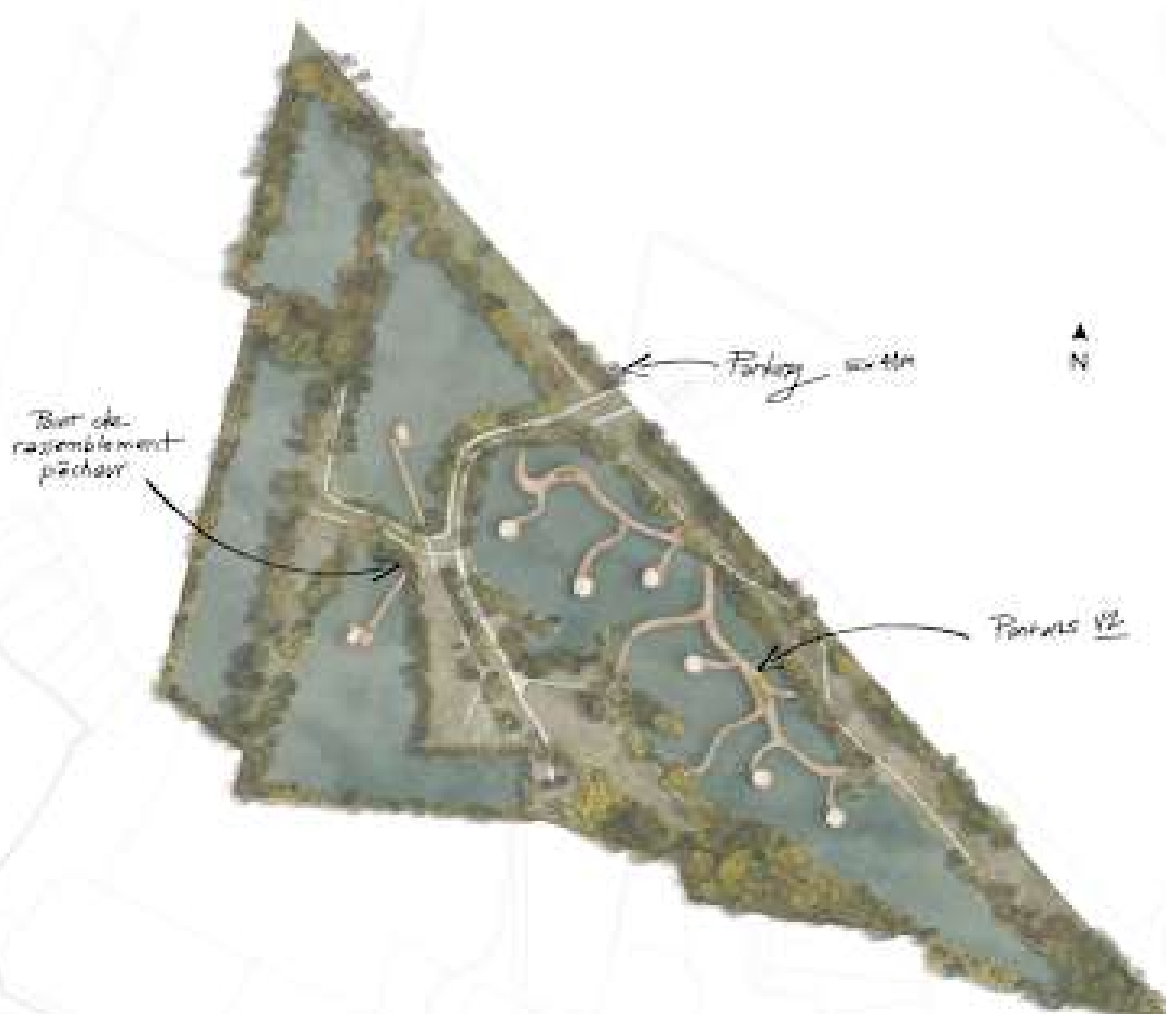
1. Organisation du site
2. Accessibilité
3. Les low-tech au service de l'habitat flottant
4. La sécurité du site
5. Inventaire biologique

• ORGANISATION DU SITE

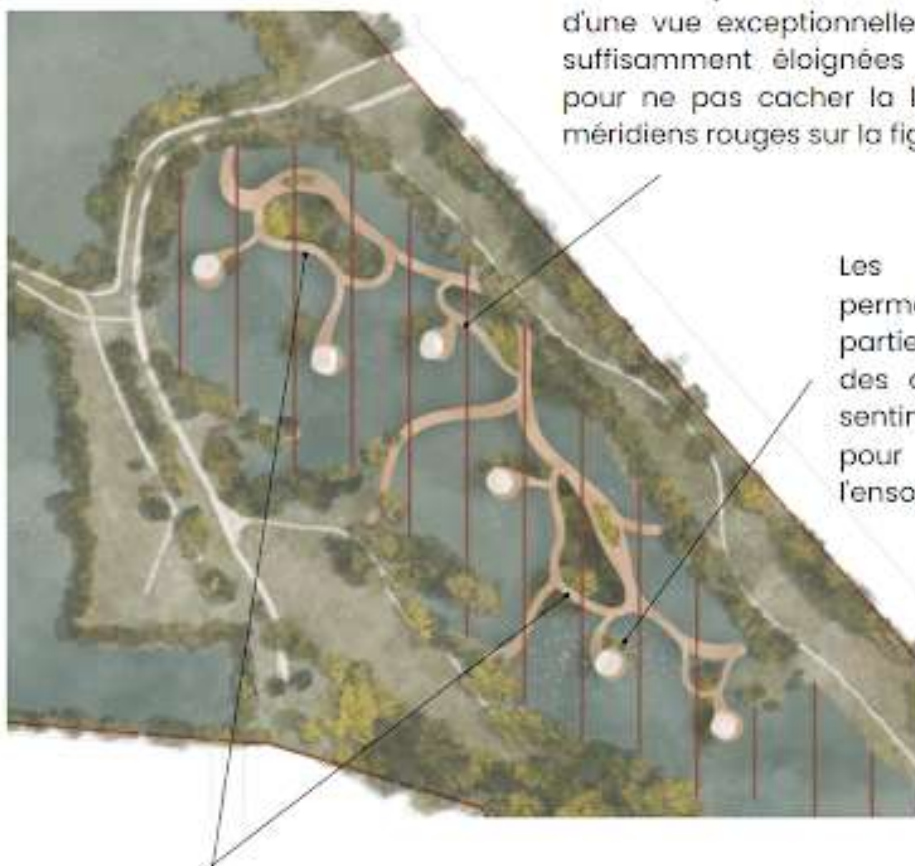
- Privilégier l'ensoleillement
- S'assurer que chaque tiny ait son indépendance vis-à-vis des autres (intimité et confort).

Cette esquisse propose un aménagement poursuivant 3 objectifs :

- Penser les tiny houses pour privilégier l'ensoleillement
- Aménager l'espace pour assurer le confort et l'intimité des usagers
- Offrir une belle place à la nature, source de solutions à de nombreux problèmes



• AMÉNAGEMENT ET EMPLACEMENT DES TINY HOUSES



Orientées plein Sud, les Tiny houses jouissent d'une vue exceptionnelle sur la flore. Elles sont suffisamment éloignées les unes des autres pour ne pas cacher la lumière du soleil (voir méridiens rouges sur la figure ci-contre).

Les **strates arborées** permettent de cacher une partie de la Tiny du regard des autres, et renforce le sentiment d'**intimité** -sans pour autant affecter l'ensoleillement).

La **création de chemins secondaires**, moins empruntés par les usagers, permet aux habitants des Tiny houses de se sentir plus libres (moins de passage devant chez eux)

Pour intimiser les pontons, en particulier ceux pour rejoindre les Tiny, il est envisageable d'installer ce type de composition. Cette installation permet de mettre en valeur les couleurs froides du lieu sans couper la lumière.



• ACCESSIBILITÉ

Pour avoir un espace de stationnement fonctionnel, harmonieux (et perméable), il s'agit de créer un espace visible et facilement accessible.

Nombre de personnes moyen sur le site : Entre 20 et 30

Estimation du nombre de véhicules : entre 10 et 15

On a donc au maximum $15 \times 5,00 \text{ m} \times 2,30 \text{ m} = 172,5 \text{ m}^2$ de places de parking en bataille, dont 1 place pour PMR

Pour le revêtement, on préférera une dalle perméable afin de combiner haute résistance à la charge et nombreuses possibilités esthétiques (figure ci-dessous).



Un parking à vélo (couvert ou non) pourra également être construit afin de proposer des modes de déplacements décarbonés aux usagers.

Ces abris vélos, sont à la fois pratiques, innovants et écologiques (voir figure ci-dessous). L'armature de ces abris est faite d'hôtels à insectes et les petits toits verts sont couverts de plantes sauvages locales. Ainsi ils deviennent de véritables supports pour les insectes, les oiseaux et de véritables lieux d'observation pour les plus curieux. Le mobilier urbain se transforme alors en outil pédagogique pour intégrer la nature en ville.

Deux manières d'accéder aux tiny :

- en barque/canoé depuis l'entrée du ponton menant à la maison
- à pied, par les pontons

• SÉCURITÉ

La gestion de la santé et de la sécurité des travaux sur l'eau ou à proximité est indispensable pour éviter les risques de noyade. La chute dans l'eau peut être la conséquence de nombreux facteurs : glissade sur le ponton, manque de visibilité, ivresse, enfants qui jouent... Ainsi les travaux à proximité aquatique doivent faire l'objet d'une analyse poussée des risques, en mettant en place un système de prévention primaire efficace :

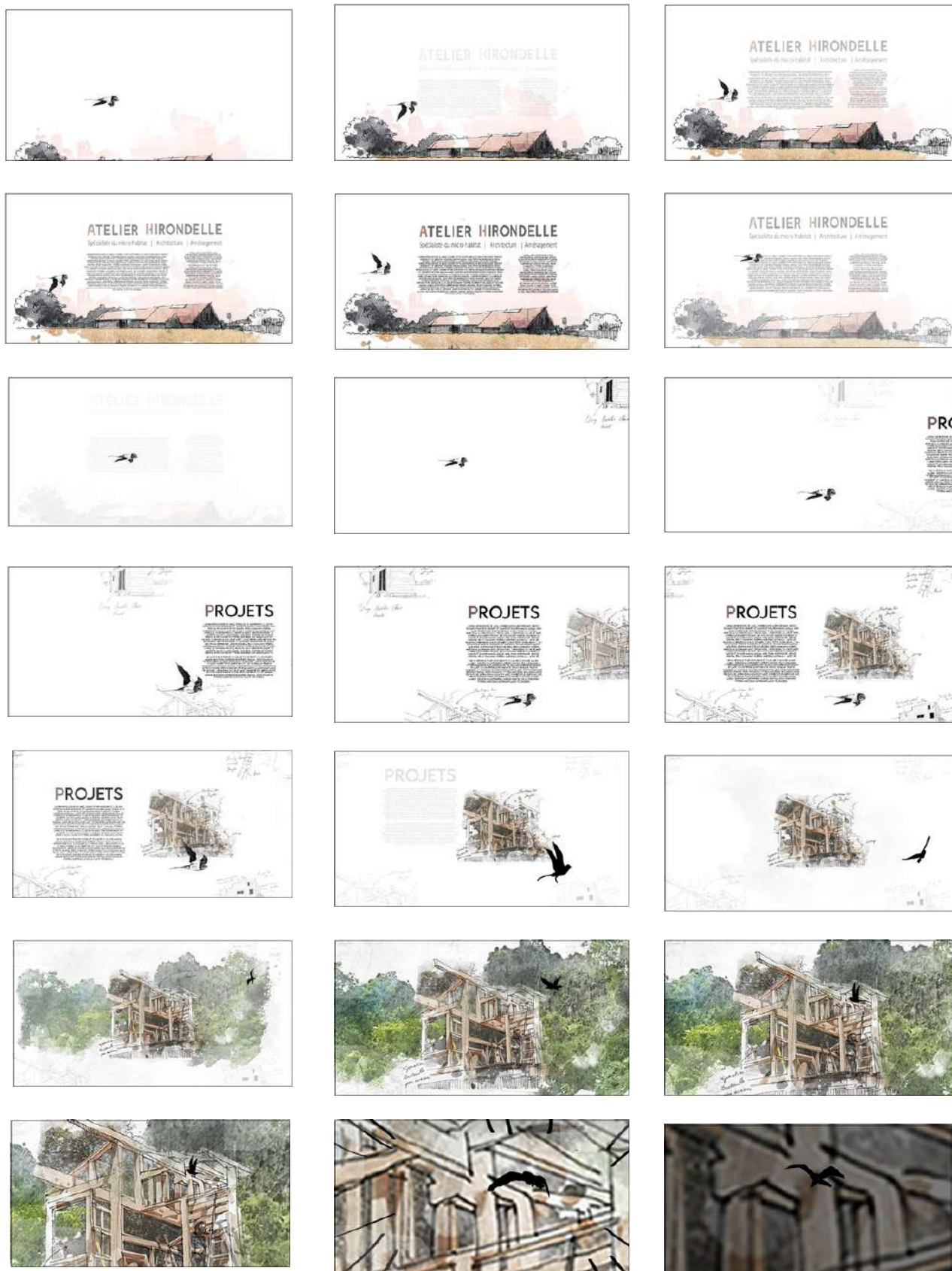
- Les travailleurs et usagers sont munis de gilets de sauvetage (dans les tiny)
- Un signal d'alarme est prévu
- Le cas échéant, une barque (au moins) est prévue pour assurer le repêchage éventuel des usagers.
- L'éclairage des pontons est nécessaire la nuit
- Des barrières assurent la sécurité des usagers
- Création d'escaliers/échelles tous les 50m en cas de chute
- Porte de chaussures antidérapantes par les travailleurs

Devant l'urgence absolue que représente une noyade, des moyens de sauvetage rapides doivent être prévus :

- Des moyens de sauvetage (vus auparavant). Le sauveteur ne doit pas aller dans l'eau au risque de s'exposer lui-même à la noyade
- La formation au sauvetage : Les procédures de sauvetage ne peuvent être observées et efficaces que si elles sont connues avant que ne surgisse l'incident



4.4 -TRAVAIL D'ANIMATION POUR LE SITE INTERNET



5. RÉFÉRENCES

ADEME, La précarité énergétique (2018). [en ligne] <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/quoi-parle-t/precarite-energetique> (consulté en 05/2022)

Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement & Ministère de l'écologie, du Développement durable et de l'énergie. (2012, juin). Consulté le 09/06/2022 à l'adresse suivante : <https://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/08/referentiellnondation.pdf>

Plan Local d'Urbanisme, Etat initial de l'environnement, Géoportail.

Consulté le 07/52/2022 à l'adresse suivante :

https://wxs-gpu.mongeoportail.ign.fr/externe/documents/DU_3727097ba7f867db9724290050afecb262/37270_rapport_20151214.pdf

Guy Isabel, Les capteurs solaires à air | Réaliser - installer - gérer. 2014 (consulté le 12/05/2022)

Girofle - Enerlog - Plans CAO. Disponible à l'adresse suivante : <https://cloud.ecutsa.fr/index.php/s/apRoi395xdQb52T#pdfviewer> (consulté le 30/05/2022)

Thermal Performance OF Solar AIR Heaters - DESIGN OF SOLAR ENERGY A Report on; Experimental - StuDocu. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.studocu.com/row/document/jamaa%D8%A9-aleskndry%D8%A9/fluid-mechanics-i/thermal-performance-of-solar-air-heaters/7600479> (consulté le 21/05/2022)

Les données météorologiques ont été recueillies sur <https://fr.tutiempo.net/radiation-solaire/plailly.html> (rayonnement) et <https://www.meteocity.com/france/plailly-v2986965> (température)

Habitat Low-tech - Pierre-Alain Lévêque et Clément Chabot

Tout savoir sur les capteurs solaires à air - Effy. Disponible sur :

<https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/aerovoltaique/capteurs-solaires-air> (consulté le 08/06/2022)

ADEME, La précarité énergétique (2018). [en ligne] <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/quoi-parle-t/precarite-energetique> (consulté en 05/2022).