

Caracas

Reykjavik

**Fort
Mcmurray**

Font Romeu

La Hague

Abu Dhabi

Diogène

Lagos

Agadir

Pékin

Asuncion

**Ecole d'architecture de la Ville
et des Territoires - ensaVT**

12 avenue Blaise Pascal
Champs-sur-Marne
77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

<http://www.marnelavallee.archi.fr>

Alain Derey, Directeur

Enseignants

Jean-François Blassel
Raphaël Ménard

Crédits Livret

Alice Barrois
avec la participation de
tous les étudiants
Un grand merci à tous !

Novembre 2013

Diogène

Préface

Reykjavik - Constant Janner

Fort Macmurray - Elisa Chiu

La hague - Géraldine Same

Fort Romeu - Emma Carvalhos

Beijing - Pierre Buhannic

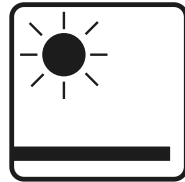
Agadir - Alice Barrois

Abu Dhabi - Alix Piquemal

Caracas - Laure Pedot

Lagos - Giovanna Togo

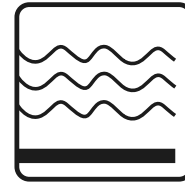
Asuncion - Florian Bichet



Soleil



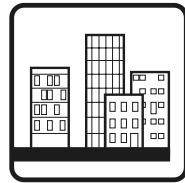
Pluie



Vents



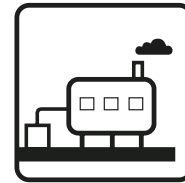
Neige



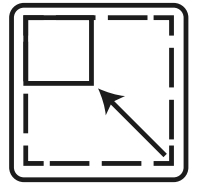
Ville



Paysage



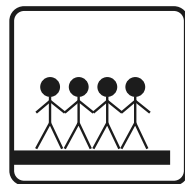
Plug-in



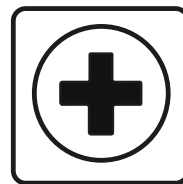
Compacité



Réemploi



Mutualisation



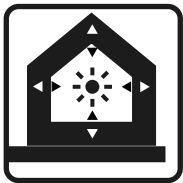
Santé



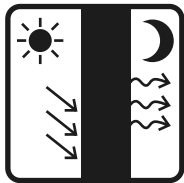
Pollution



Séisme



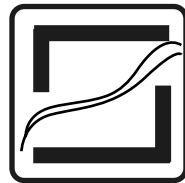
Inertie



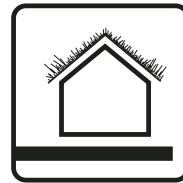
Déphasage
jour/nuit



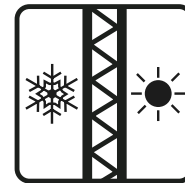
Solaire
passif



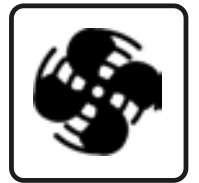
Ventilation
naturelle



Toiture
végétalisée



Isolation



VMC



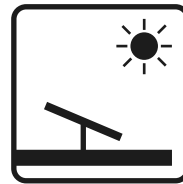
Hydro-
électricité



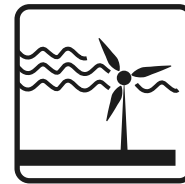
Energie
mécanique
humaine



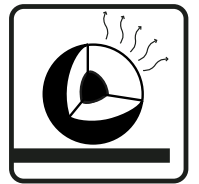
Solaire
thermique



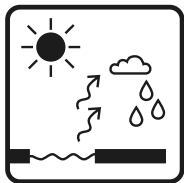
Panneau pv



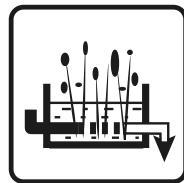
Eolienne



Géothermie



Evapo-
condensation



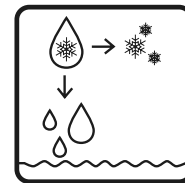
Phyto-
épuraton



Collecte
des eaux
pluviales



Biomasse



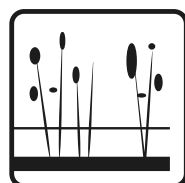
Dessalement



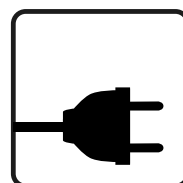
Collecte
de neige
fondue



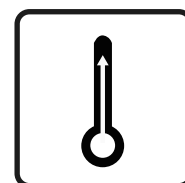
Eau



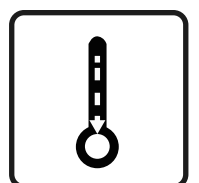
Sol fertile



Electricité



Besoin chaud



Besoin froid

10 villes, 10 climats, 10 modes de vies

Préface

L'exercice a pour objet la définition d'une architecture de petite dimension, modeste mais précise, mise en forme spécifiquement pour une combinaison unique de lieu et d'usage.

Elle pourra être nouvelle ou, au contraire, se greffer sur une construction existante. Elle permettra alors d'améliorer, de modifier, voire de détourner l'usage de l'architecture initiale.

Greffe ou nouvel organisme, ce petit projet reste le prétexte à l'invention concrète d'une organisation matérielle complètement aboutie et d'assemblages réfléchis et résolus.

Cette organisation matérielle et concrète aura ici pour objectif, au-delà des vertus classiques et incontournable de l'architecture, de réduire radicalement l'empreinte énergétique du projet. On s'intéressera autant à la consommation énergétique nécessaire à l'établissement d'un endoclimat favorable au sein d'un exoclimat spécifique qu'au contenu énergétique des matériaux et produits mis en œuvre.

L'exercice permettra donc d'imaginer puis de dessiner et enfin de valider numériquement comment médiation climatique, frugalité énergétique et nécessités physiques de la construction (propriétés physiques des matériaux, gammes des opérations et transformations possibles avec ces matériaux, économie de moyens, ...) peuvent interagir pour alimenter la forme et l'usage du projet.

Nous vous demandons de créer une architecture minimale, un tonneau de Diogène énergétique. Il s'agit d'un lieu de travail et de vie, d'une surface limitée à 20m² et/ou 50m³ intérieur. On devra pouvoir aussi y assurer les fonctions essentielles de vie : se laver et cuisiner.

Ce fragment sera étudié parallèlement dans dix environnements climatiques distincts : Dix villes, dix climats, dix modes de vie...

L'exercice pose une série de questions :

Comment l'architecture réagit-elle aux différentes conditions géographiques et de votre choix (par les espaces et les usages qu'elle génère, par les formes d'efficacités énergétiques, par la prise en compte des déplacements disponibles selon les contextes géographiques et territoriaux) ?

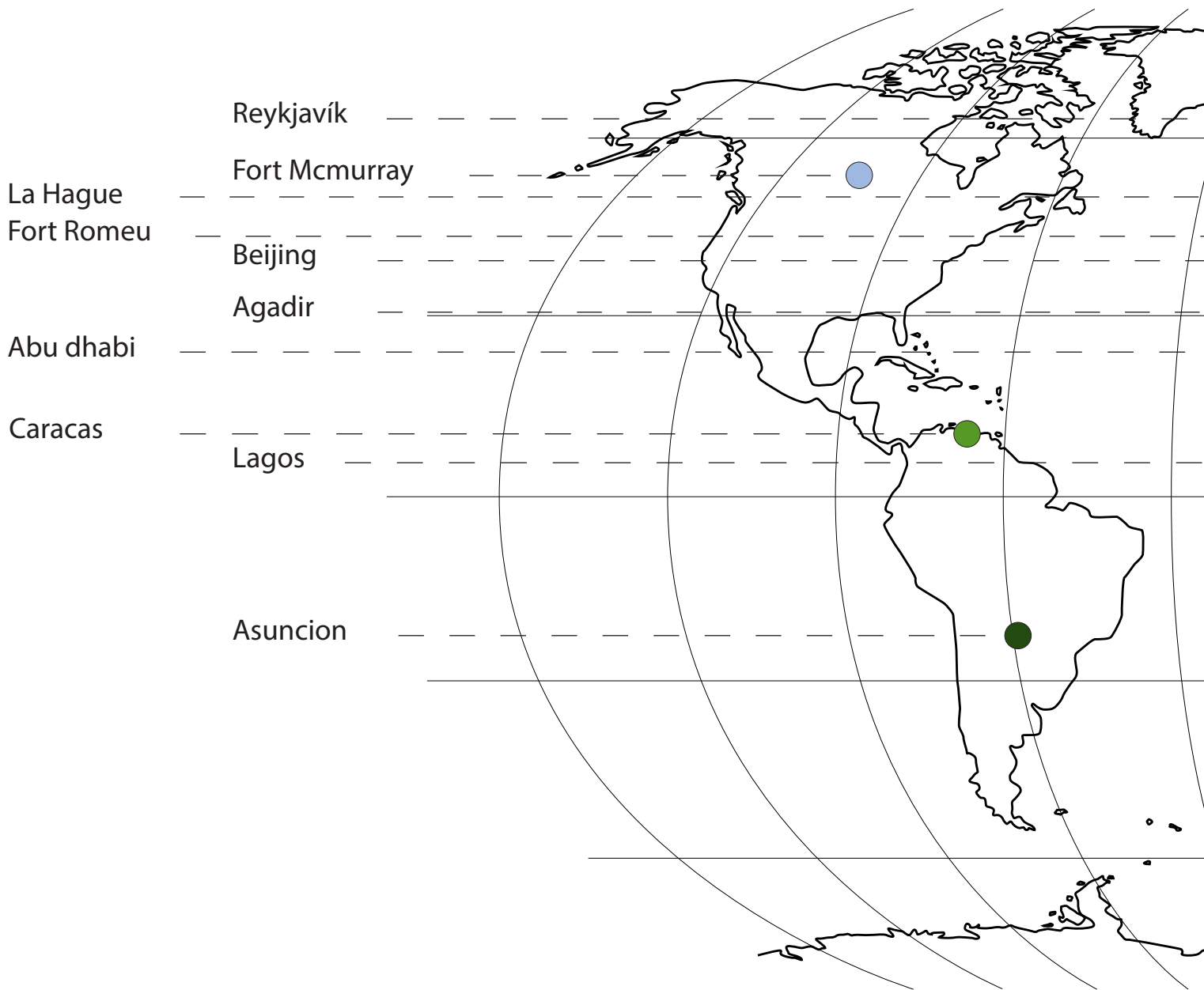
Quelles morphologies –à toutes les échelles— peuvent résulter de ces réflexions ?

Quels matériaux, lourds ou légers, linéaires, surfaciques ou volumiques et modes d'assemblage répondent à ces préoccupations ? Quelle est la matérialité du projet ?

Comment collecte-t-on l'énergie et à partir de quelles sources ? En fonction du climat et des usages, quelle adéquation trouver entre la captation d'énergie et les déperditions engendrées par un objet de petite dimension...

Comment ces résultats sont-ils obtenus de la façon la plus frugale possible ?

Comment cette architecture saura-t-elle s'adapter à l'horizon 2050 ?



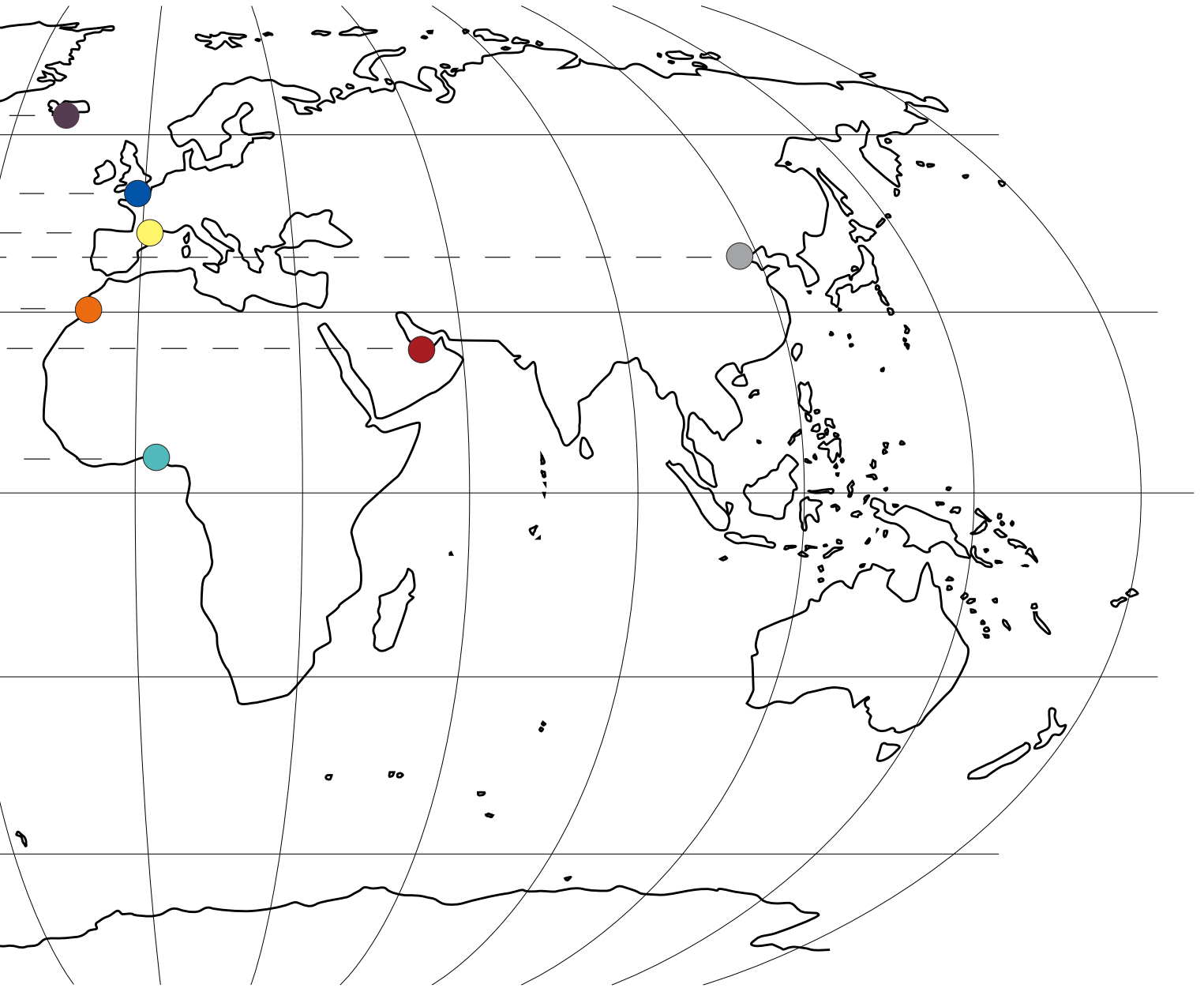
Reykjavik

**Fort Mc-
murray**

La Hague

Font Romeu

Pékin



Agadir

Abu Dhabi

Caracas

Lagos

Asuncion

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques

Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux

Descriptifs
Assemblages et détails
Alternatives et comparaisons

Energie

Besoins/Production
Conclusion

Synthèse

Reykjavik

Islande

Constant Janner

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques



Géographie

lat. **64° 08'17"N** long. **21° 55'43W** alt. **0m**

Reykjavik bénéficie d'un climat subpolaire océanique similaire à celui de la pointe sud du Groenland dans l'hémisphère nord ou à celui des îles Kerguelen et de la Terre de Feu dans l'hémisphère sud. Grâce aux eaux chaudes de la dérive nord atlantique, un courant chaud qui prolonge le Gulf Stream, Reykjavik a une température moyenne annuelle de 4,4 °C.

La ville est au niveau de la mer. La montagne la plus haute dans le voisinage de Reykjavik est le mont Esja, qui culmine à 914 mètres.

Reykjavik est une ville dispersée ; la plus grande partie du secteur urbain se présente dans la forme de faubourgs de basse densité et les habitations sont généralement individuelles. Les quartiers résidentiels sont eux aussi espacés, séparés par les principales artères de la ville. Cette structure urbaine s'est créée spontanément, en raison des goûts des habitants actuels.

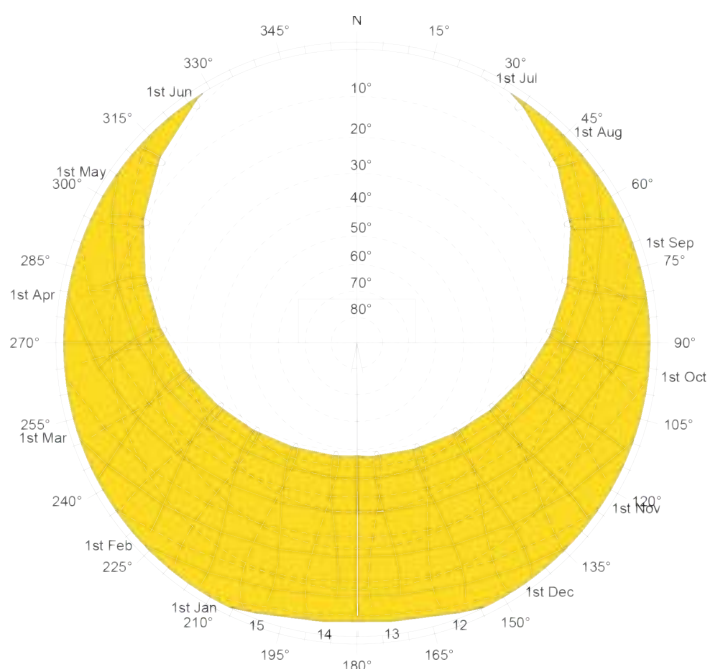
Reykjavík se traduit en français par « baie des fumées » (reykur : « fumée » ; vík : « baie »). Elle tient son nom du Landnámabók (Livre de la colonisation) qui mentionne les vapeurs qui proviennent des sources d'eau chaude de la région.

Elle se situe à environ 250 km au sud du cercle polaire arctique, ce qui en fait la capitale la plus septentrionale du monde. Elle s'étale entre deux fjords, dans une zone comptant de nombreuses sources chaudes, le long d'une baie (vík en islandais).

C'est la ville la plus peuplée du pays, avec environ 120 000 habitants. Si on y ajoute l'agglomération, elle regroupe pratiquement les deux tiers de la population de l'île, soit environ 200 000 habitants.

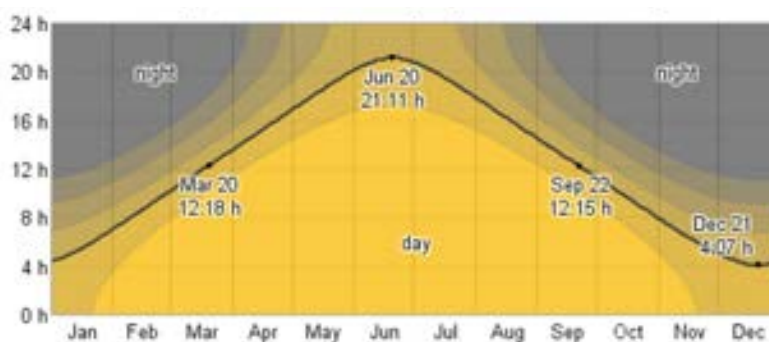


Données solaires



Rayonnement solaire

Reykjavik est la capitale la plus septentrionale du monde. Le soleil rayonne selon un axe de 5° au solstice d'hiver, et de 50° au solstice d'été.



Rayonnement solaire

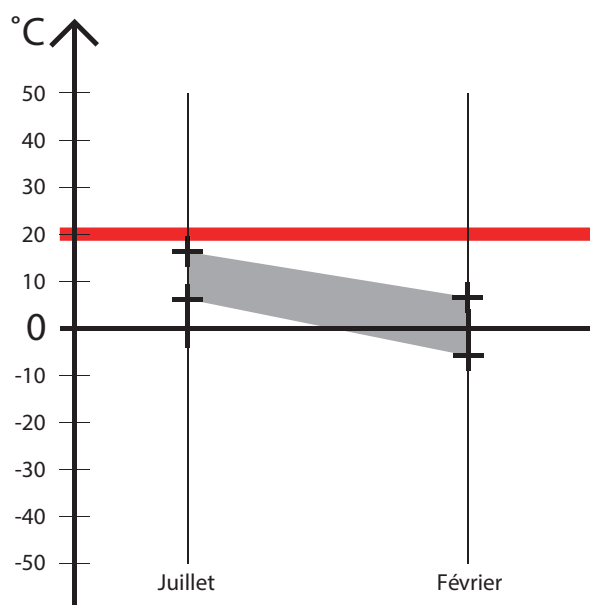
Les nuits sont très courtes en été, et très longues en hiver.

source : <http://weatherspark.com/>

Profil des températures

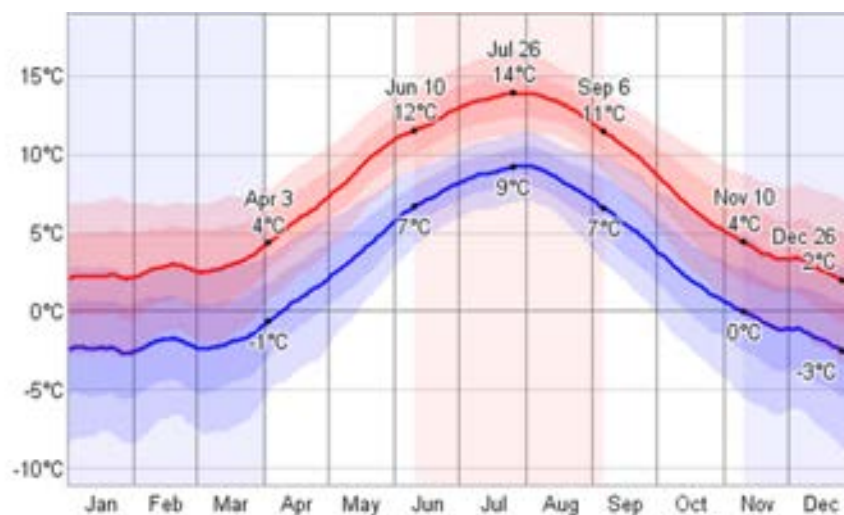
Ecarts jour/nuit

Les journées sont froides sur l'ensemble de l'année. Les températures maximales n'atteignent jamais la barre des 20°C. Cependant l'influence du climat océanique évite d'avoir des hivers rudes. Les températures minimales ne descendent jamais en dessous de -10°C



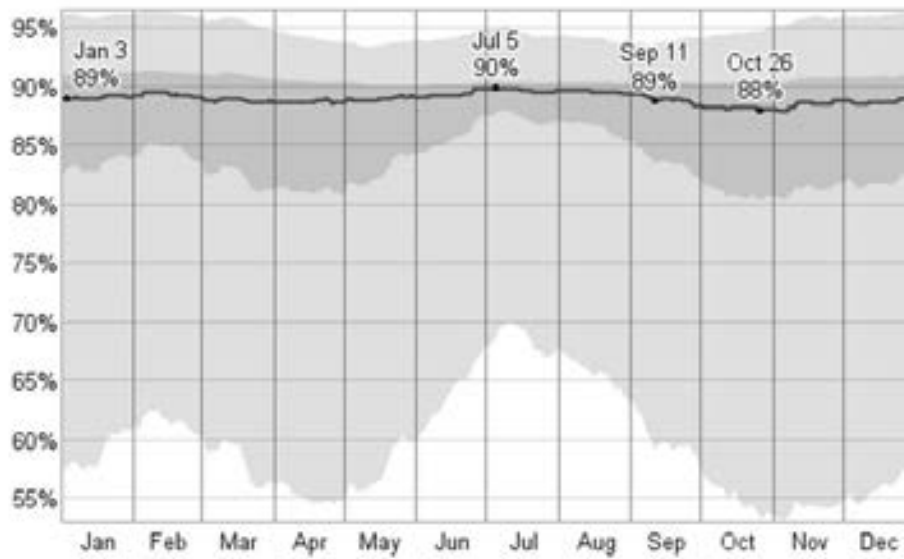
Extrêmes

source <http://weatherspark.com/>

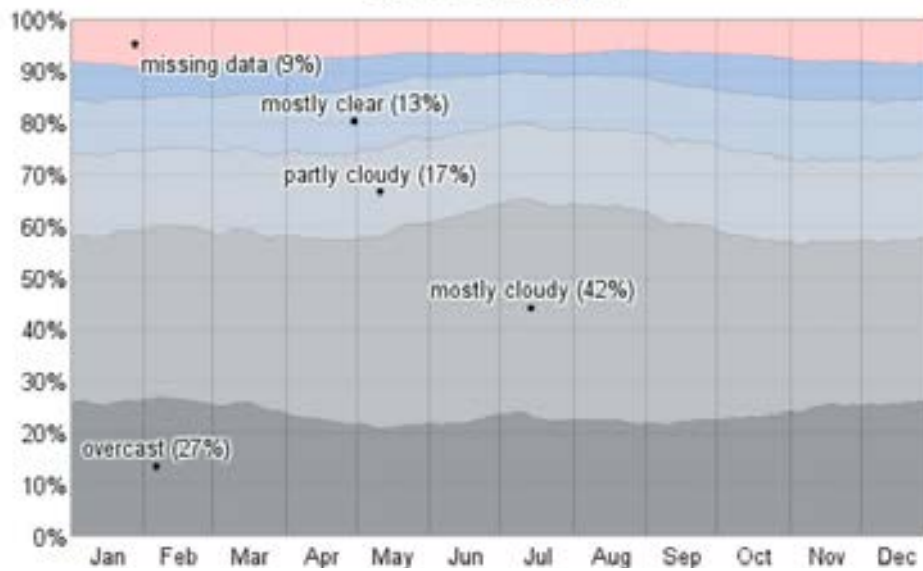


Cloud cover

Median Cloud Cover



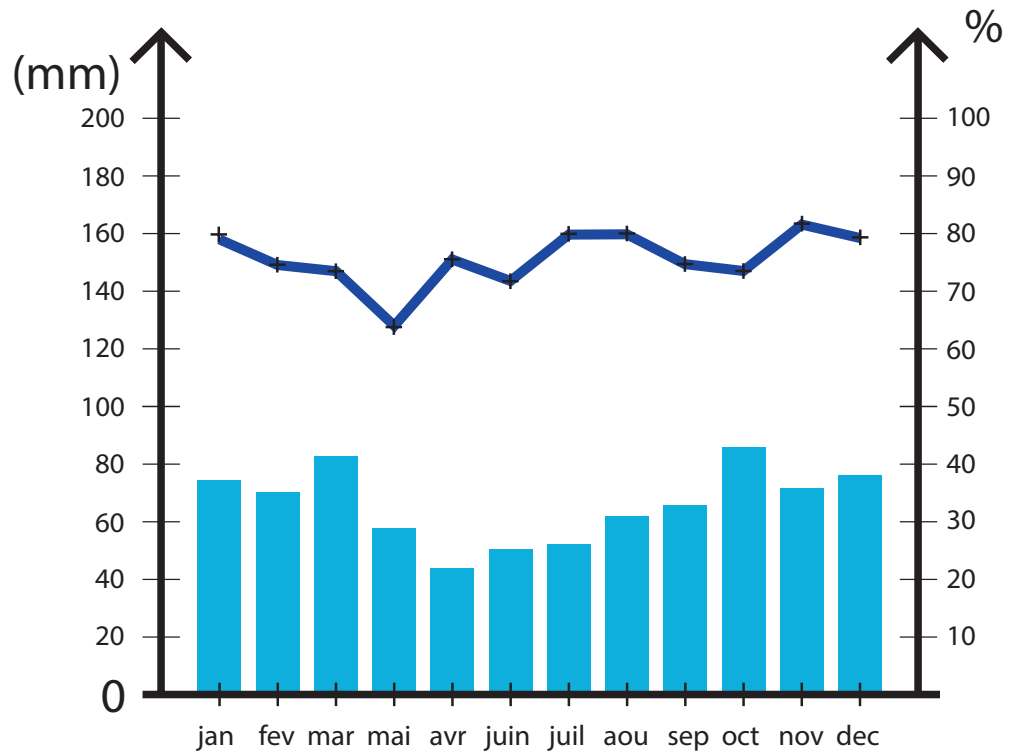
Cloud Cover Types



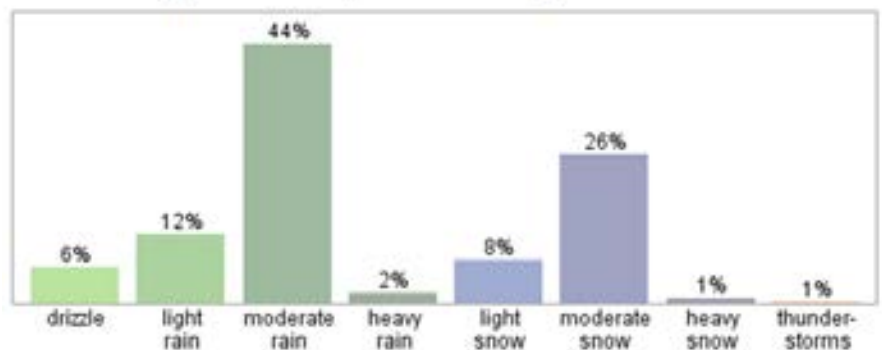
Sources
<http://weatherspark.com/>

Précipitations et humidité relative

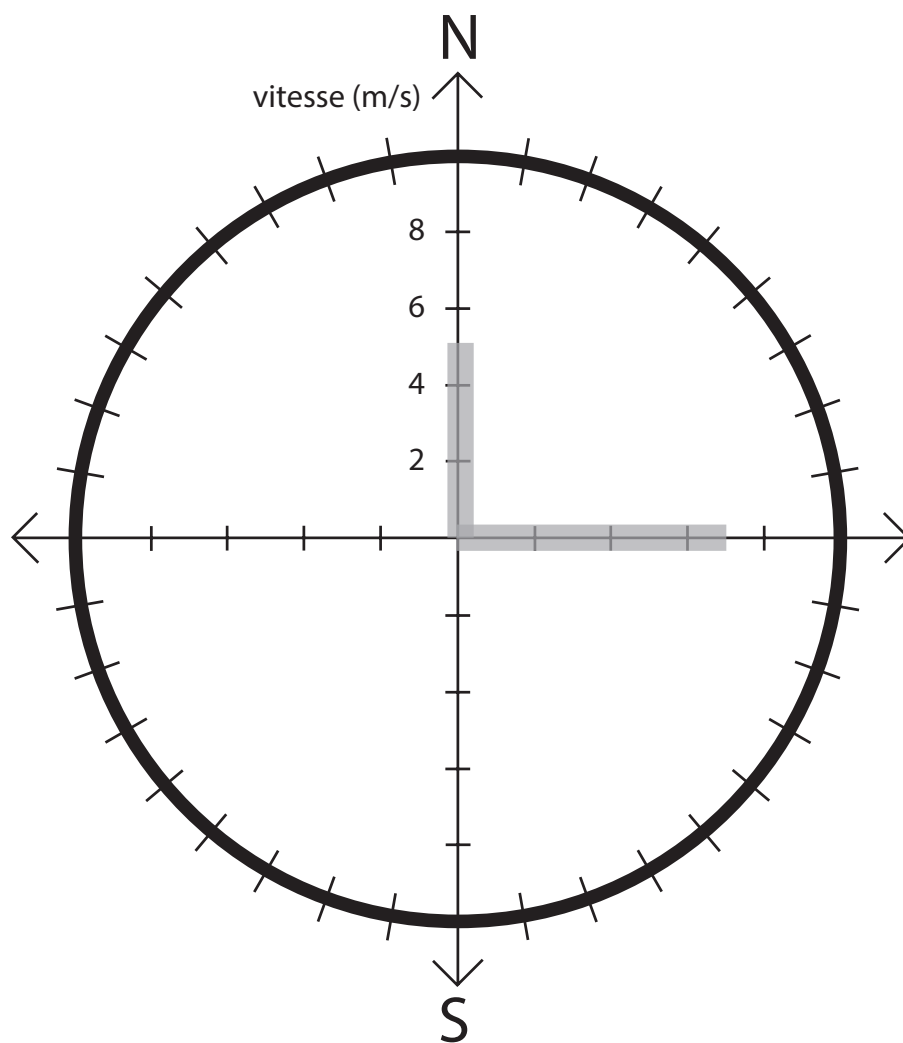
Précipitations importantes.
798mm en moyenne annuelle



Types de précipitations
Source
<http://weatherspark.com/>



Vents dominants



Vent dominant
Vent d'Est en provenance
des terres.

Concept

Ressources
Stratégies
Usages



Source d'eau chaude du Lac Bleu
Les sources d'eaux chaudes font parties de la culture islandaise depuis des siècles.

Culture énergétique

Un habitant de Reykjavik quitte le matin sa maison chauffée à l'eau chaude naturelle, laisse derrière lui les lumières allumées, surtout aux environs de Noël, sorte de cadeau fait à la communauté pour éviter les dépressions hivernales. Son lieu de travail, qu'il rejoint en voiture, est chauffé de la même manière. Il va se détendre ensuite dans une piscine alimentée en eau chaude, à moins qu'il ne dispose d'un bain à remous dans son jardin.

Les dépôts de silice, lors de l'installation du réseau dans les années 1950, encrassaient les canalisations et l'eau sentait le soufre. C'est de l'histoire ancienne. L'eau qui sort de terre à plus de 100 degrés est utilisée pour chauffer un second circuit qui finit dans les radiateurs des maisons, dans l'évier de la cuisine et la baignoire de la salle de bains. Cette eau est omniprésente. Seul l'habitat isolé en est privé.

L'Islande, dans le domaine de la géothermie, a une bonne longueur d'avance. Nombre de pays s'y sont engagés lors du premier choc pétrolier en 1973, pour s'en désintéresser par la suite. Mais l'île, qui dispose, grâce à sa géologie volcanique, d'un gisement quasi inépuisable de chaleur, a continué ses recherches, a progressé, et propose des solutions clés en main à l'export.

Mais l'Islande se heurte aujourd'hui à divers problèmes de « seconde génération ». L'électricité produite est essentiellement d'origine hydroélectrique. Un nouveau barrage, dans l'est du pays, qui a englouti de vastes terres, a rencontré une opposition vigoureuse des écologistes.

Paradoxalement, l'extension de la production d'électricité d'origine géothermique n'a pas rencontré d'opposition, alors qu'elle est beaucoup plus polluante : l'eau chaude puisée à grande profondeur est accompagnée d'émissions de CO₂ et de soufre. De plus, les barrages sont loin de toute habitation, ce qui n'est pas le cas des colonnes de

vapeur des usines géothermiques. « Ces problèmes sont en voie d'être résolus », affirme Eirikur Hjálmarsson, porte-parole de la société publique de production d'électricité. Le but est de restituer dans les profondeurs de la terre le dioxyde de carbone qui s'échappe, mais le procédé n'est pas encore au point.

L'Islande maîtrise également la motorisation des autobus à hydrogène, combustible propre par excellence puisqu'il ne rejette que de l'eau. Mais le programme a été suspendu faute de clients et on s'interroge sur la viabilité de cette piste qui reste encore le luxe d'un pays riche en énergie : il faut de l'électricité pour produire de l'hydrogène. Les éoliennes ne sont pas à l'ordre du jour, les vents étant très capricieux.

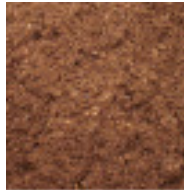
L'Islande peut certes augmenter sa production d'énergie, hydroélectrique et géothermique. Mais pour quoi et pour qui produire de l'électricité ? Le vieux rêve est de l'exporter par câble, mais le coût d'installation est considérable. Reste l'industrie de l'aluminium, fortement implantée en Islande et inévitablement polluante, dont l'extension, malgré la dure crise économique qui touche l'Islande, est contestée par les écologistes, membres du gouvernement.

Le développement du potentiel énergétique est, avec l'effondrement des banques, une des questions que l'on discute dans les piscines en plein air de la capitale. Dans une eau dont la température est de 38 à 43° C, on échange sans se connaître des points de vue. L'eau chaude n'est pas seulement une solution technique au problème de l'énergie, c'est un véritable art de vivre.

Source

« L'Islande et le pari de l'hydrogène »,
Gérard Lemarquis
Rtl.fr.

Matériaux



Tourbe

La tourbe a longtemps pu servir de matériau de construction dans les régions où le bois fait défaut. Ainsi en Islande, elle a été très utilisée au Moyen Âge pour la construction de fermes. La tourbe présente en effet l'avantage d'être facilement manipulable et d'être un bon isolant thermique, grâce à sa forte porosité.



Bois

La production de bois est assez faible dans la région de Reykjavik mais pas inexistante. Ce matériau serait utilisé afin de constituer l'enveloppe de la cellule. Ainsi des murs à ossature bois et une toiture viennent drapper le projet. Propriétés physiques intéressantes : construction sèche, assemblages rapides, production locale, recyclable, réutilisable



Basalte

La fibre de basalte, dans le textile industriel, est connue pour ses grandes propriétés thermiques, elle est ainsi incombustible. La fibre de basalte couvre une large plage de température qui lui confère un réel avantage en matière d'isolation thermique : -260°C à $+1200^{\circ}\text{C}$.

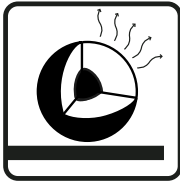
Production hydroélectrique

Ci dessous, vue d'une infrastructure hydraulique dans le nord de l'Islande.



Ressources

Energie



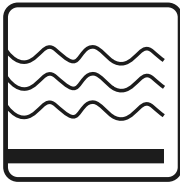
Hydroélectricité

Production annuelle 12,5 GWh.

Part de l'hydraulique dans la production totale d'énergie environ 75%.

Géothermie

Production annuelle électrique 4,5 GWh. Part de la géothermie dans la production totale 26%. Production de chaleur géothermique environ 22 GWh.



Ressources vitales

Pêche

Avantage du climat

Peu de différences de températures entre le jour et la nuit malgré le climat frais qui dure toute l'année.

Inconvénients du climat

Ce climat subpolaire arctique s'avère assez monotone sur l'ensemble de l'année. Une humidité importante, peu de soleil, des nuits très courtes en été, très longues en hiver ajoutent à la rudesse climatique. Vents importants.

Production géothermique

Ci-dessous vue de la centrale géothermique de Krafla en Islande.



L'habitat traditionnel islandais



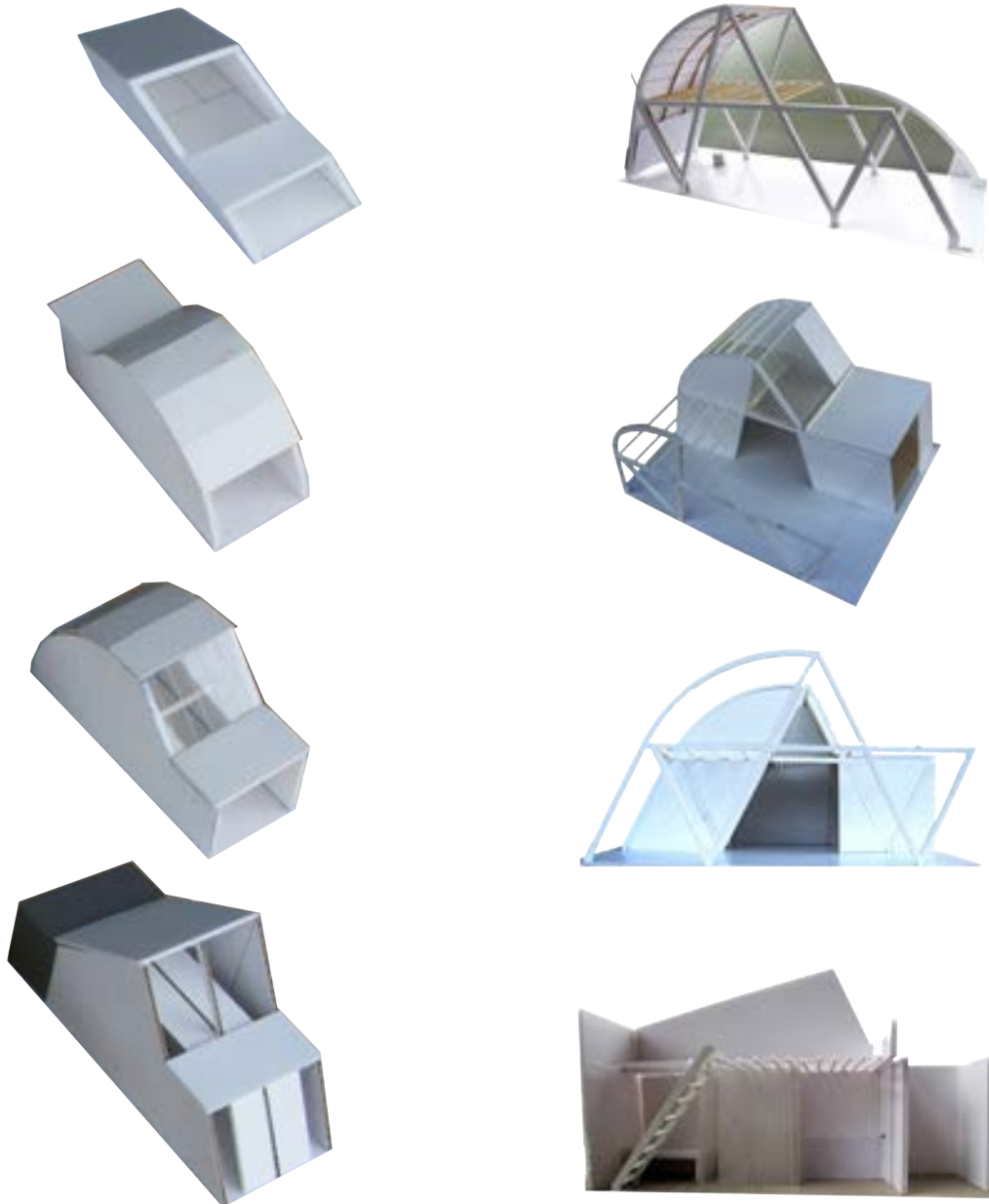
La problématique du chauffage

L'utilisation de la tourbe, le faible nombre d'ouvertures et les toitures végétales caractérisent l'habitat traditionnel islandais, l'objectif vise à d'éviter au maximum les déperditions thermiques.

Mutualisation des murs et compacité

La disposition des maisons les unes par rapport aux autres constitue également une autre facette de la stratégie énergétique vernaculaire.

Recherches Forme/Climat



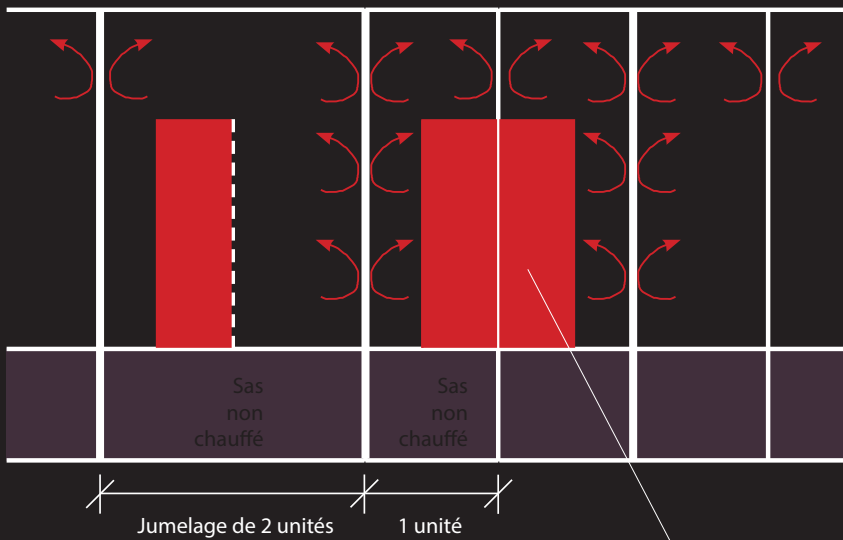
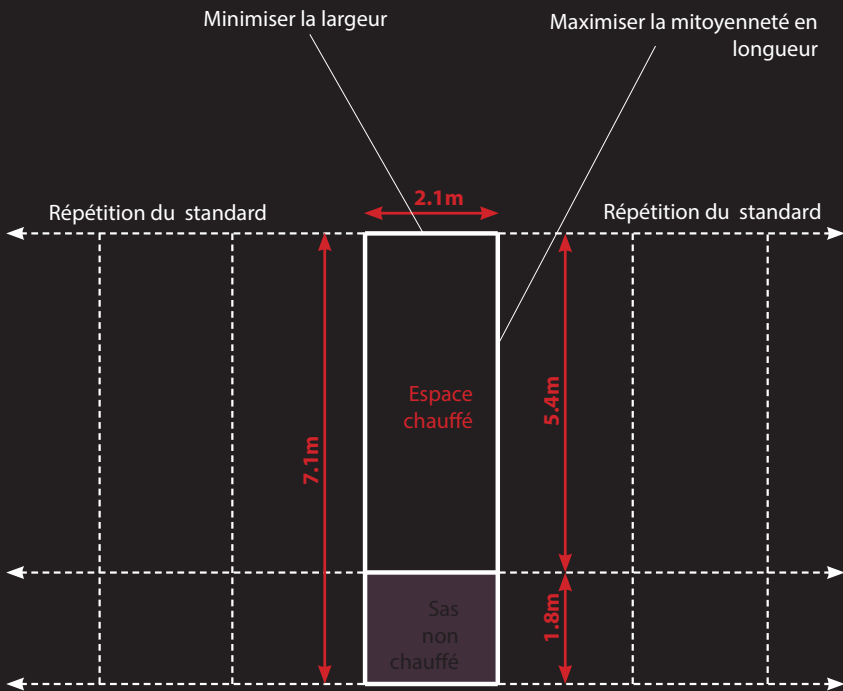
Recherches de formes au 1/50e

Travail sur la volumétrie globale, la plus fermée possible tout en ayant une ouverture suffisante pour bénéficier de lumière à l'intérieur des logements.

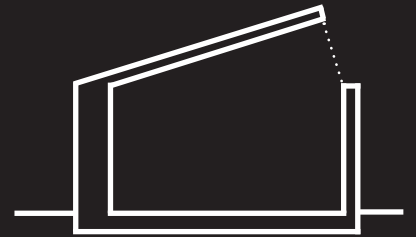
Recherches de formes au 1/20e

Travail sur la structure des murs de refends entre deux entités. Recherches sur l'habitabilité d'une telle cellule, la moins large possible.

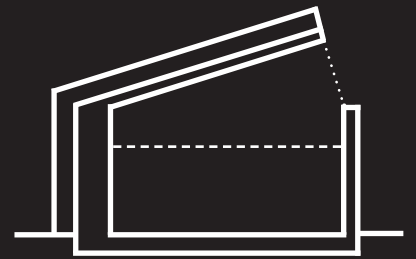
Principes en plan



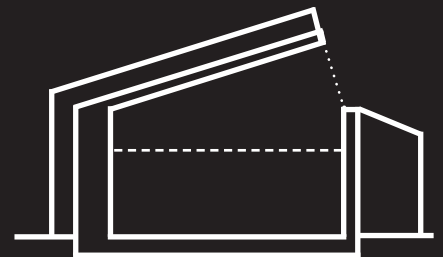
Principes en coupe



S'ouvrir uniquement au Sud en hauteur, sous la forme d'un shed.

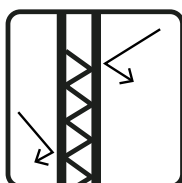


Travailler une enveloppe très isolante, un intérieur avec le moins d'inertie possible



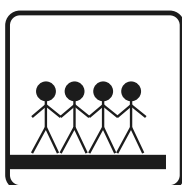
Disposer un sas d'entrée afin de temporiser l'entrée au sein des logements

Stratégies



Isolation de l'enveloppe

Afin de limiter au maximum les déperditions thermiques. Disposition d'un sas d'entrée afin de temporiser l'entrée au sein de chaque cellule, d'éviter une transition brutale entre l'intérieur et l'extérieur.



Mutualisation

Au niveau de la morphologie des cellules, l'objectif vise à maximiser la mitoyenneté des parois latérales afin d'augmenter le phénomène de convection de chaleur entre les différents modules. La longueur de chaque unité sera donc maximale, la largeur minimale.



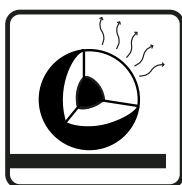
Solaire passif

Une seule ouverture en toiture, orientée plein sud alimentera chaque unité. L'objectif consiste à réduire au maximum les déperditions thermiques tout en conférant suffisamment de lumière au sein de l'espace habitable. Cette ouverture pourra être occultée si nécessaire grâce à un système de volet isolant.



Toiture végétalisée

Afin de limiter au maximum les déperditions en toiture, la toiture sera parée d'une épaisseur végétale à pente faible. Cela permettra également de réduire au maximum les réémissions de rayonnement et de chaleur vers le ciel lors d'une météo favorable.



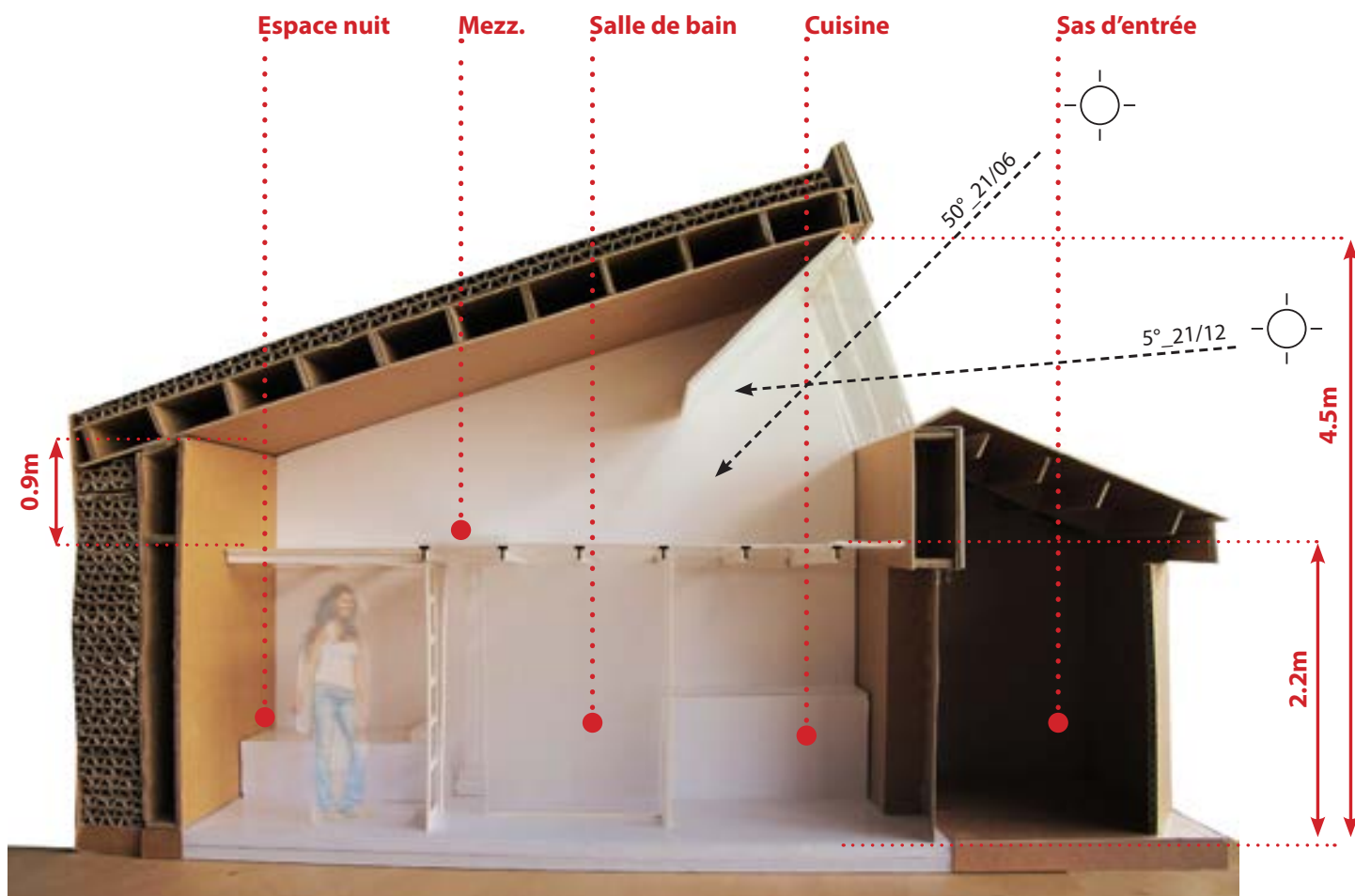
Géothermie

Afin de chauffer les différentes entités, le projet se raccordera à l'un des 60 réseaux de chaleurs géothermique Islandais existants. Cette énergie entièrement renouvelable constitue la principale source de chaleur des logements du pays couvrant ainsi en 2011, 89% de l'ensemble des habitations islandaises.



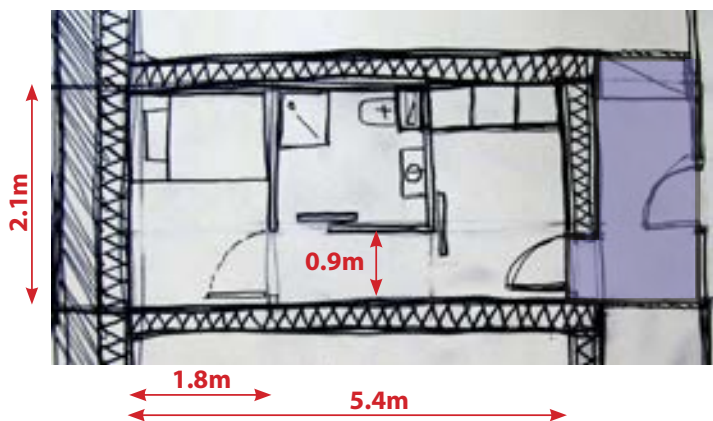
Récupération des eaux pluviales

Avec ses quelques 800mm de précipitations moyennes annuelles, Reykjavik reçoit donc une quantité d'eau de pluie suffisantes pour alimenter certaines fonctions de la cellule.



Coupe perspective d'un logement

La séquence d'entrée se fait par étape. Tout d'abord, un sas se localise à l'avant de chaque module, au sud et permet de temporiser l'accès aux logements. Puis l'intérieur de ces derniers se veut le plus cristallin possible



Plan schématique d'un logement

Maximisation des murs mitoyens, réduction au minimum de la largeur habitable. Le sas d'entrée (en violet), ne rentre pas dans la superficie chauffée



Épaisseur isolante, renfermant un cœur transparent

Développer une épaisseur isolante sur le pourtour de la cellule. A l'intérieur : minimiser l'inertie entre les deux étages, de maximiser la transparence entre les deux

Usages

Comment habiter dans la longueur, avec le minimum d'ouvertures possibles et la plus petite largeur possible ?

1 Séquence d'entrée

Le projet se développe tout en longueur. L'objectif vise à maximiser la mitoyenneté des murs entre deux entités afin de créer de la compacité et de limiter les déperditions. La largeur, comprenant les façades en lien direct avec l'extérieur se limite ainsi à 2.1m. Les cellules sont accolées en bandes les unes par rapport aux autres. Un sas d'entrée se dispose à l'avant de chaque module. Il permet de temporiser l'entrée au sein des logements, ainsi que de couper les courants d'air froids qui pourraient s'infiltrer à l'intérieur de ces derniers.

2 Trois modules vitaux, un espace de vie en mezzanine

Une fois à l'intérieur du logement, la longueur est définie par la succession de trois modules vitaux et le plus frugal possible. Leurs dimensions correspondent à 1.8m de longueur sur 1.2m de largeur. Ainsi, le premier module comprend trois modules de cuisine, le second regroupe les sanitaires, WC, point d'eau; le dernier un lit simple. Ces espaces sont distribués par un couloir de 0.9m de large. Des cloisons coulissantes permettent de compartimenter chaque espace. Celle séparant l'espace nuit de la salle de bain contient une échelle, permettant d'accéder à la mezzanine.

3 Une enveloppe très isolante, un coeur cristallin

A l'intérieur, une seule ouverture se situe plein sud à l'étage. Du fait de ce seul apport de lumière, le plancher de la mezzanine est en verre, et repose sur des profils en T métallique. L'objectif vise à baigner le rez-de-chaussée d'une lumière en second jour. De temps à autre, des caillebotis permettent les transferts de chaleurs d'un étage à l'autre. Ainsi, l'enveloppe du projet s'avère très isolante, puis une fois rentré, l'inertie entre les deux niveaux se réduit au minimum (cf : schéma ci-contre). Le projet se développe tel une double-peau transparente, elle-même recouverte d'une épaisseur isolante.

4 Possibilités d'occultation maximale

Cette enveloppe peut être entièrement occultée si besoin, grâce à un système de volets isolants intérieur et extérieur. Le volet intérieur, selon son inclinaison, joue également le rôle de réflecteur de rayons pour le rez-de-chaussée si besoin.

Un volet extérieur, également isolant permet de limiter encore plus les déperditions thermiques. Ainsi en hiver et lorsque les habitants désirent dormir la nuit en été, ils peuvent obtenir l'obscurité totale au sein du logement.

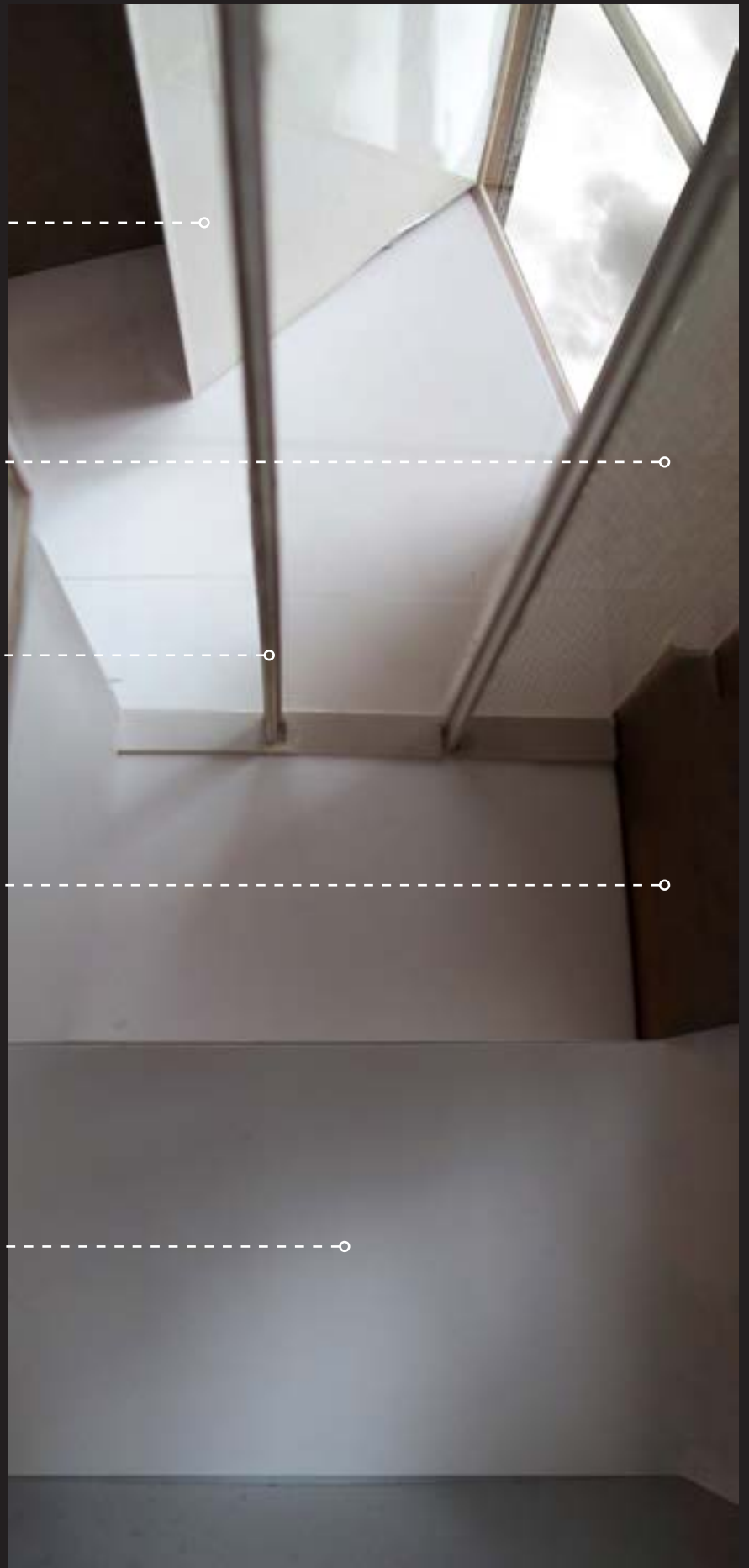
Volet isolant intérieur pivotant. Permet de réfléchir de la luminosité en second jour jusqu'en bas.

Caillebotis. Grille métallique permettant un transfert de chaleur entre les deux niveaux du logement

Plancher avec poutres métallique. «T» de 8 cm de hauteur soutenant un plancher en verre.

Enveloppe isolante

Espaces cuisine. 3 mobiliers de cuisine. 1.8m x 1.2m





**Photos de maquette_Ambiances
d'intérieur**

Ci-contre vue en contre plongée de l'espace cuisine avec le plancher en verre, la mezzanine et l'ouverture au Sud.

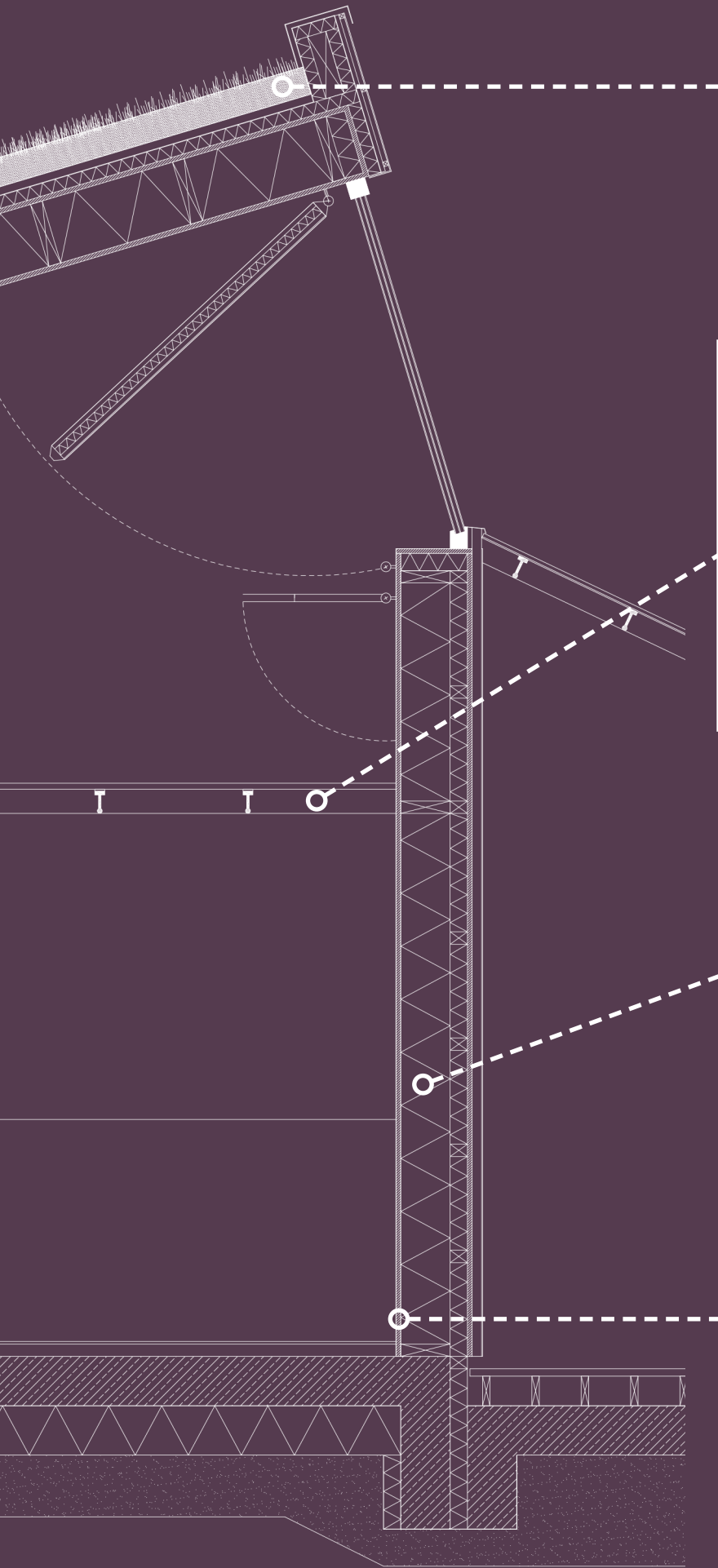
Ci-dessus vue depuis la mezzanine. Le plancher en verre diffuse la lumière de l'ouverture en second jour. Le volet isolant, selon son inclinaison tient également le rôle de réflecteur de rayons jusqu'au rez-de

Matériaux

Descriptif et propriétés physiques recherchés

Assemblages et détails

Alternatives et comparaison



Descriptif

Propriétés physiques recherchées

Murs à ossature bois

La structure de l'enveloppe doit être suffisamment légère afin de pouvoir être facilement démontable et réutilisable. Elle se constitue donc de murs à ossature bois. De la même manière la toiture se compose d'une structure à ossature bois.

Dalle sol en béton

La dalle du sol est en béton. Recouverte d'une épaisseur de chappe et une finition. Les fondations de chaque cellule est également en béton.

Toiture végétalisée et paroi en Tourbe

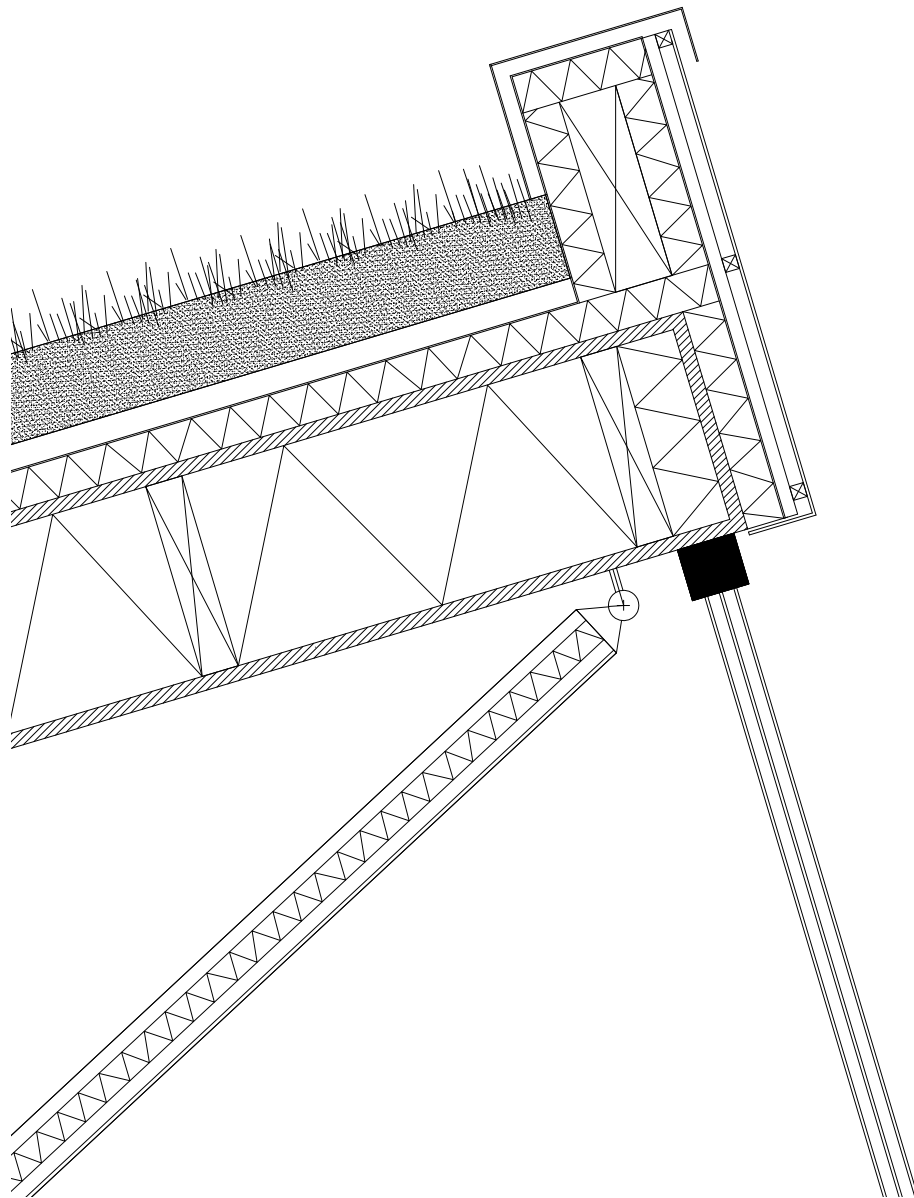
Afin de capter le maximum de lumière sans en réémettre dans l'atmosphère, le projet se pare d'une épaisseur de toiture végétalisée en monopente douce. La paroi nord de chaque projet est également recouverte d'une épaisseur de tourbe devant l'ossature bois. L'objectif consiste à réinterpréter l'architecture vernaculaire islandaise qui utilise de la tourbe comme matériau de construction et comme isolant.

Ouvrants : Fenêtre triple vitrage et volets isolants

L'ouverture plein sud est en triple vitrage à basse émissivité. L'objectif est de limiter au maximum les déperditions par cette ouverture, tout en conférant suffisamment de luminosité au sein du logement.

Mezzanine : plancher métallique et plaques de verre

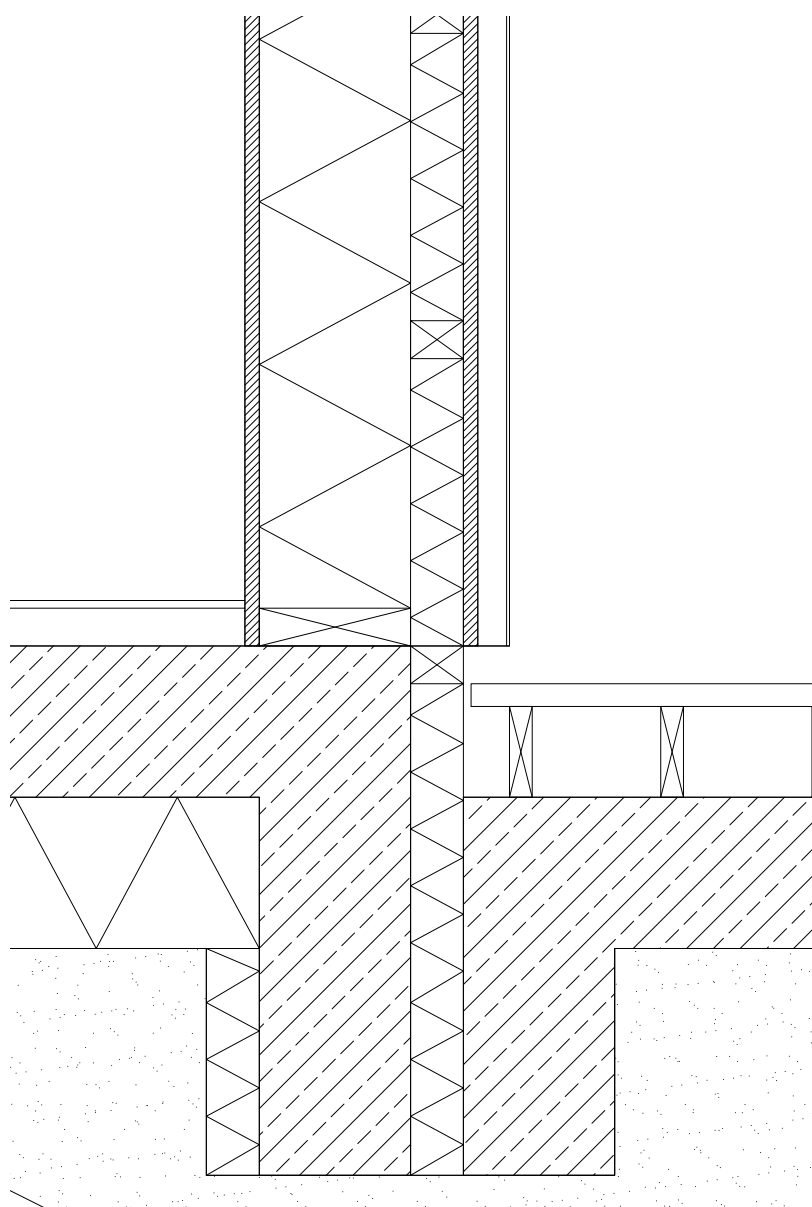
Afin de limiter au maximum l'inertie à l'intérieur du logement, la mezzanine repose sur un plancher en verre et des poutrelles métalliques en T. Des caillebotis sont disposés à plusieurs endroits afin de permettre des transferts de chaleur entre les deux niveaux. Architecturalement, l'espace peut se traduire comme une double peau elle-même isolée. Le rez-de-chaussée est éclairé en second jour. La matérialité transparente du plancher de la mezzanine confère la sensation d'une double hauteur au sein de chaque logement, afin d'éviter un effet de cellule couloir.



Détail de toiture + Accrotère et menuiserie

La structure de la toiture se compose de panneaux isolants. Deux plaques d'OSB espacées de poutres en bois renferment une épaisseur d'isolation.

Assemblage et détails



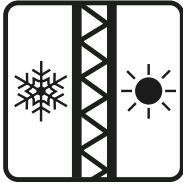
Détail de raccord entre le mur à ossature bois, la dalle et les fondations

L'épaisseur d'isolation est continue également sous le plancher de dalle afin d'éviter les déperditions à ce niveau.

Energie

Besoins
Production
Optimisation
Conclusion

Besoins



Isolation : calculs simplifiés des déperditions pour un module accolé à deux autres (2 faces en contact avec d'autres abri)

Conditions climatiques :
température intérieure désirée à 18°C et une température de base à -5°C

a) Pour les parois verticales opaques donnant sur l'extérieur :
Nombre de parois verticales opaques donnant sur l'extérieur : 1

$$DD = ((A \times U_p) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$DD = ((6.7 \times 0.19) + (10.6 \times 0.22)) \times 23$$

$$DD = 0.08 \text{ kWh}$$

$$QD = 1.92 \text{ kWh/j}$$

b) Pour les parois verticales opaques donnant sur un local non chauffé :
Nombre de parois verticales opaques donnant sur l'extérieur : 1

$$DU = ((A \times U_p) + (L \times Y)) \times \Delta T \times b$$

$$DU = ((6.7 \times 0.19) + (10.6 \times 0.22)) \times 23 \times 0.9$$

$$DU = 0.05 \text{ kWh}$$

$$QU = 1.20 \text{ kWh/j}$$

c) Pour les ouvertures donnant sur l'extérieur :

$$DD = ((A \times U_w) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$DD = ((3 \times 0.5) + (7 \times 0.18)) \times 23$$

$$DD = 0.06 \text{ kWh}$$

$$QD = 1.50 \text{ kWh/j}$$

d) Pour les planchers hauts (plafonds) ou bas, donnant sur l'extérieur :

$$DD = ((A \times U_f) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$Dsol = ((11.4 \times 0.17) + (15 \times 0.22)) \times 15$$

$$Dsol = 0.08 \text{ kWh}$$

$$Qsol = 1.90 \text{ kWh/j}$$

$$Dplafond = ((11.2 \times 0.19) + (14.8 \times 0.22)) \times 23$$

$$Dplafond = 0.12 \text{ kWh}$$

$$Qplafond = 3.00 \text{ kWh/j}$$

e) Pour le renouvellement d'air :

$$DV = V \times 0,34 \times \Delta T$$

$$DV = 44.8 \times 0,34 \times 23$$

$$DV = 350 \text{ kWh}$$

$$Qvolume = 1.75 \text{ kWh/j}$$

Total
Q total = 11.3 kWh/k

Avec A la surface en m²

U(i), le coefficient de transmission surfacique en W/ (m².K) représentant la déperdition en Watts pour 1 m² quand la différence des 2 côtés de la paroi est de 1°C.

Y est le coefficient de transmission linéique en W/ (m.K) représentant la déperdition en Watts pour 1 m de longueur quand la différence des 2 côtés de la paroi est de 1°C.
- 0,22 pour les murs, planchers et plafonds
- 0,18 pour les ouvertures (portes d'entrées, portes fenêtres, fenêtres, etc...)

L est le périmètre en mètre du mur, plafond et plancher.

ΔT, la différence entre la température de base extérieure et la température désirée à l'intérieur de la pièce.

V, le volume en m³ de l'air renouvelé dans la pièce.

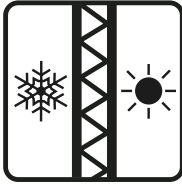
b, le coefficient réducteur du fait que la paroi donne sur un local non chauffé et non sur l'extérieur. Ici, comme les calculs sont simplifiés, b = 0,90.

Pour calculer U_p :

- plaque de plâtre de 13mm, λ = 0.25
- pare-vapeur (négligeable)
- isolation en laine de verre de 15 cm*2, λ = 0.038
- panneau de particules OSB de 8 mm, λ = 0.13
- pare-pluie (négligeable)
- lame d'air ventilé de 27 mm, λ = 0.5
- bardeau en résineux léger de 22 mm, λ = 0.14

R total mur = 8.36 m².K.W-1
U_p = 1/8.36 = 0.19 W/ (m².K)

Productions

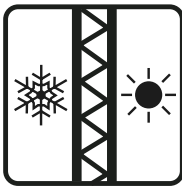


Isolation : calculs simplifiés des apports de chaleur internes dues aux appareils électroménagers, à l'éclairage, etc

On estime le temps d'utilisation des appareils par jour pour 2 couples.

Données extraites et extrapolées de l'ouvrage de David J.C. MacKay, «L'énergie durable, pas que du vent!», 2009, Edition Deboeck

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation par jour	Energie dégagée par jour
Lave-linge	2.5 kW		1 kWh/j
Ordinateur portable x2	0.016 kW	4 h	0.13 kWh/j
4 LED	0.005 kW	6 h	0.12 kWh/j
Poêle	3 kW	4h	12 kWh/j
TOTAL			13.25 kWh/j



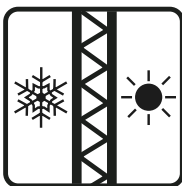
Estimation du nombre de LED requis

Lumens = Lux x Surface habitable

Ici, nous supposons que les LEDs ont une puissance d'éclairage de 360 lumens. Nous supposons également que l'éclairage du rez-de-chaussée éclaire également l'espace de vie de la mezzanine du fait de la transparence entre les deux niveaux

Foyer, cuisine, salle de bain (6.6m²) : 200 lux requis

=> Besoin de 1320 lumens pour le foyer, la cuisine et la salle de bain. 1320/360 = 3.7 LEDs environ



Estimation des apports internes des occupants

Il est assez difficile de connaître les calories émises par le corps humain. On estime qu'une personne normalement habillée et assise, dans une ambiance calme à environ 20 °C, émet à peu près 119 W. Si la personne a une activité plus physique, cette émission peut monter jusqu'à 300 W. Bien évidemment ces valeurs ne sont pas absolues car les émissions dépendent du sexe, de la corpulence, du moment de la journée.

Comme il est assez difficile de définir la quantité d'énergie que peut produire les occupants et leurs modes de vie, une valeur par défaut de 4 Watts par m² de surface habitable (proposée par la RT 2000 dans les règles Th-C.) sera utilisée pour notre estimation.

Ainsi pour notre abri de 20 m², occupé par quatre personnes : $Q_i = 4 \times 20 \times 24$

$$Q_i = 1.9 \text{ kWh/j}$$

Total des apports de chaleur internes :

$$Q_{\text{total}} = 15.2 \text{ kWh/j}$$

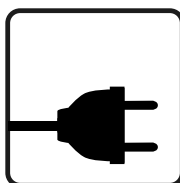
Besoins



Chaleurs : eau chaude sanitaire, cuisson, chauffage

On estime la quantité d'énergie nécessaire pour les besoins de chaleur à partir des différents appareils pour pouvoir la comparer avec celle produite par le poêle. Cette valeur nous indiquera si la quantité d'énergie produite par le poêle est suffisante pour subvenir à ces besoins.

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Plaques électriques	3,3 kW	1 h	3,3 kWh
Chauffe-eau	1,8 kW	5 h 30	9,9 kWh
TOTAL			13.2 kWh/j



Electricité : éclairage/ électroménager

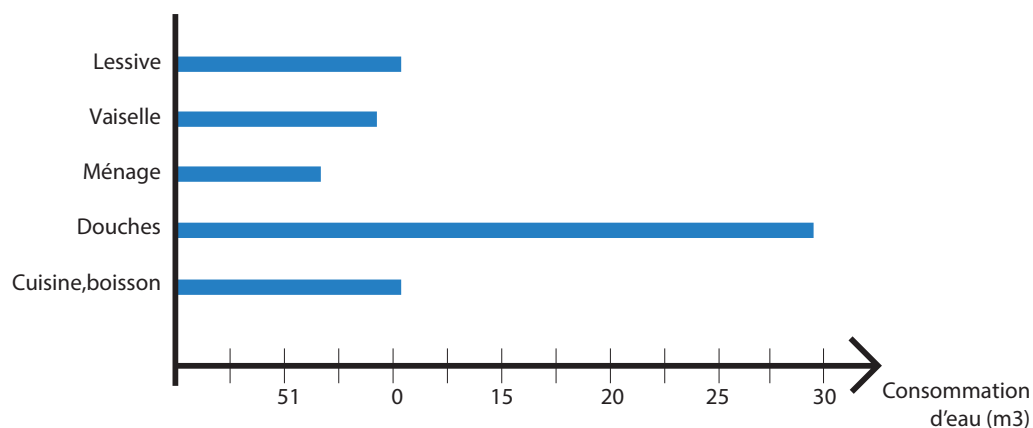
On estime le temps d'utilisation des appareils par jour pour 2 couples. Données extraites et extrapolées de l'ouvrage de David J.C. MacKay, «L'énergie durable, pas que du vent!», 2009, Edition Deboeck

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Lave-linge	2.5 kW		1 kWh/j
Ordinateur portable x2	0.016 kW	4 h	0.12 kWh/j
4 LED	0.005 kW	6 h	0.12 kWh/j
TOTAL			1,24 kWh/j



Eau : potable, courante

Consommation estimée pour un logement occupé à l'année pour 4 adultes au Canada Simulation effectuée sur le site de l'office international de l'eau : <http://www.oieau.org>



Consommation totale = **64L/jour** pour deux personnes

Productions



Chauffer avec un poêle

On observe que la quantité d'énergie produite par le poêle est suffisante pour subvenir aux besoins estimés précédemment. Le poêle sert à la fois à la cuisson des aliments, à chauffer l'eau chaude sanitaire et à chauffer l'abri.

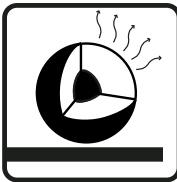
Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Poêle	3 kW	4 h	12 kWh/j
TOTAL			12 kWh/j



Collecte eau de pluie

Récupération de l'eau sur la toile textile en toiture : 8.4 m²

$800 \times 8.4 = 6\,720\text{L/an}$
soit **6.72 m³ / an**



Raccordement au réseau de géothermie

Contrairement à l'électricité, la production et la distribution de chaleur géothermique sont réparties entre de nombreuses entreprises. Ainsi, en 2010, il existe 22 entreprises publiques ou détenues par des municipalités qui opèrent 62 réseaux de chaleur séparés. En 2006, la géothermie fournit la chaleur à 89 % des habitations en Islande⁵. En 2005, cette utilisation représentait 57,4 % de la consommation de l'énergie géothermique.



Raccordement au réseau hydroélectrique pour l'éclairage

L'hydroélectricité représente la majeure partie de la production électrique islandaise. En 2008, les 14 centrales de Landsvirkjun¹⁶ ont produit 12 345 gigawatts-heures (GWh) d'électricité dont 11 866 GWh, soit 96 % provenaient de l'hydroélectricité.



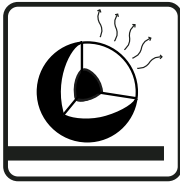


Conclusion

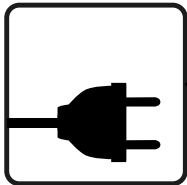
Sources
d'énergie

Besoins
finaux
demande

Géothermie



Electricité



Biomasse
(bois)



- éclairage
- ventilation mécanique
- ordinateur

- chauffage
- eau chaude sanitaire
- cuisson

Electricité
1,24 kWh/j

Froids
0 kWh/j

Chaleurs
12 kWh/j

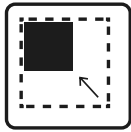
Besoins en froid
0 W/pers

Besoins en Chauffage + eau chaude sanitaire
251 W/pers

Besoins en électricité
27 W/pers

Consommation totale
278 W/pers

Synthèse



Construire compact

Construire compact permet de limiter les surfaces déperditives. La surface habitable par abris est de 15m².



Se regrouper

Les modules sont les moins larges possible et sont accolés sur leurs longueurs. D'un point de vue urbain, le projet se développe en bandes d'unités accolées.



Solaire passif

Concentrer l'unique ouverture en hauteur, selon une orientation Sud-Est, la moins large possible.



Récupération des eaux de pluie

Permet d'alimenter les besoins en eau au sein du logement.



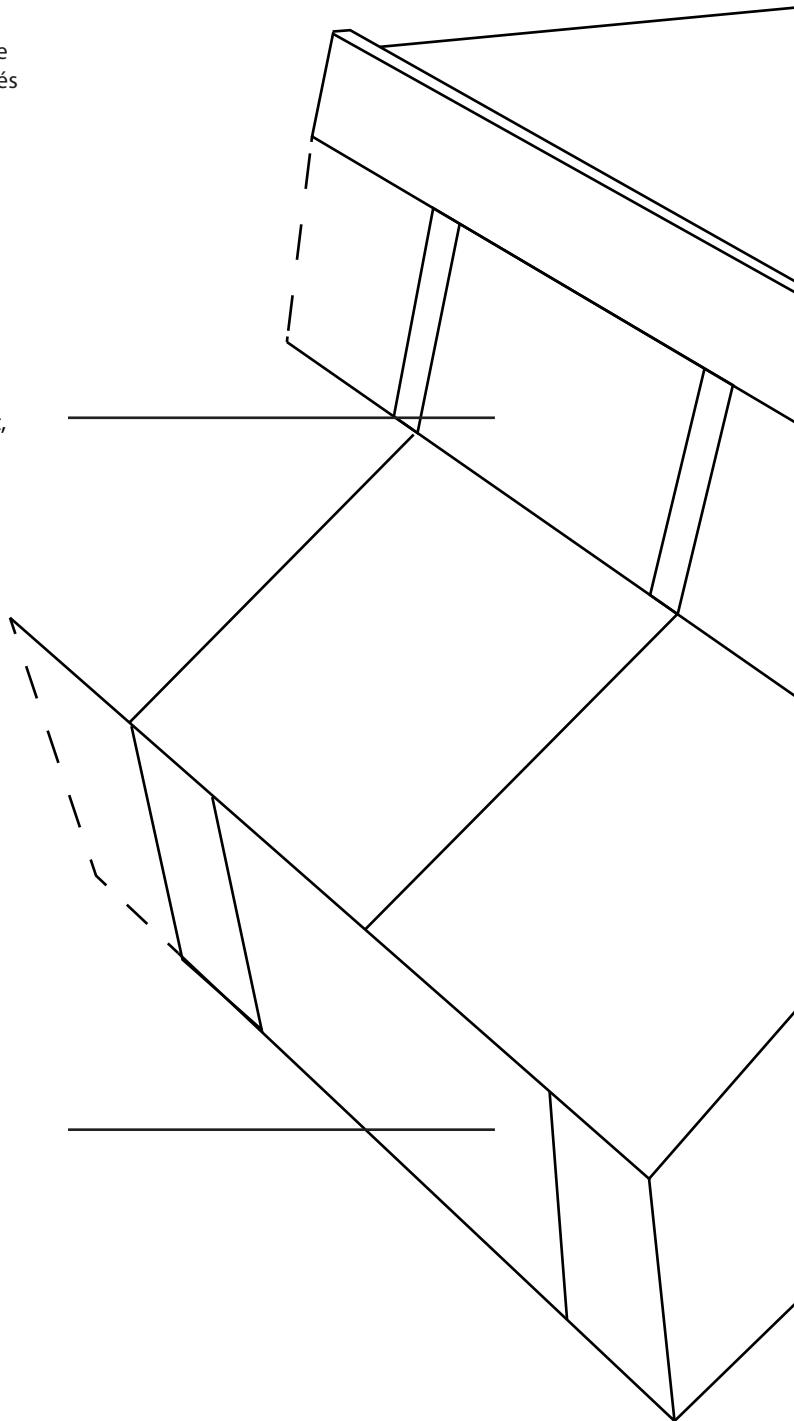
Stocker et conserver les denrées alimentaires

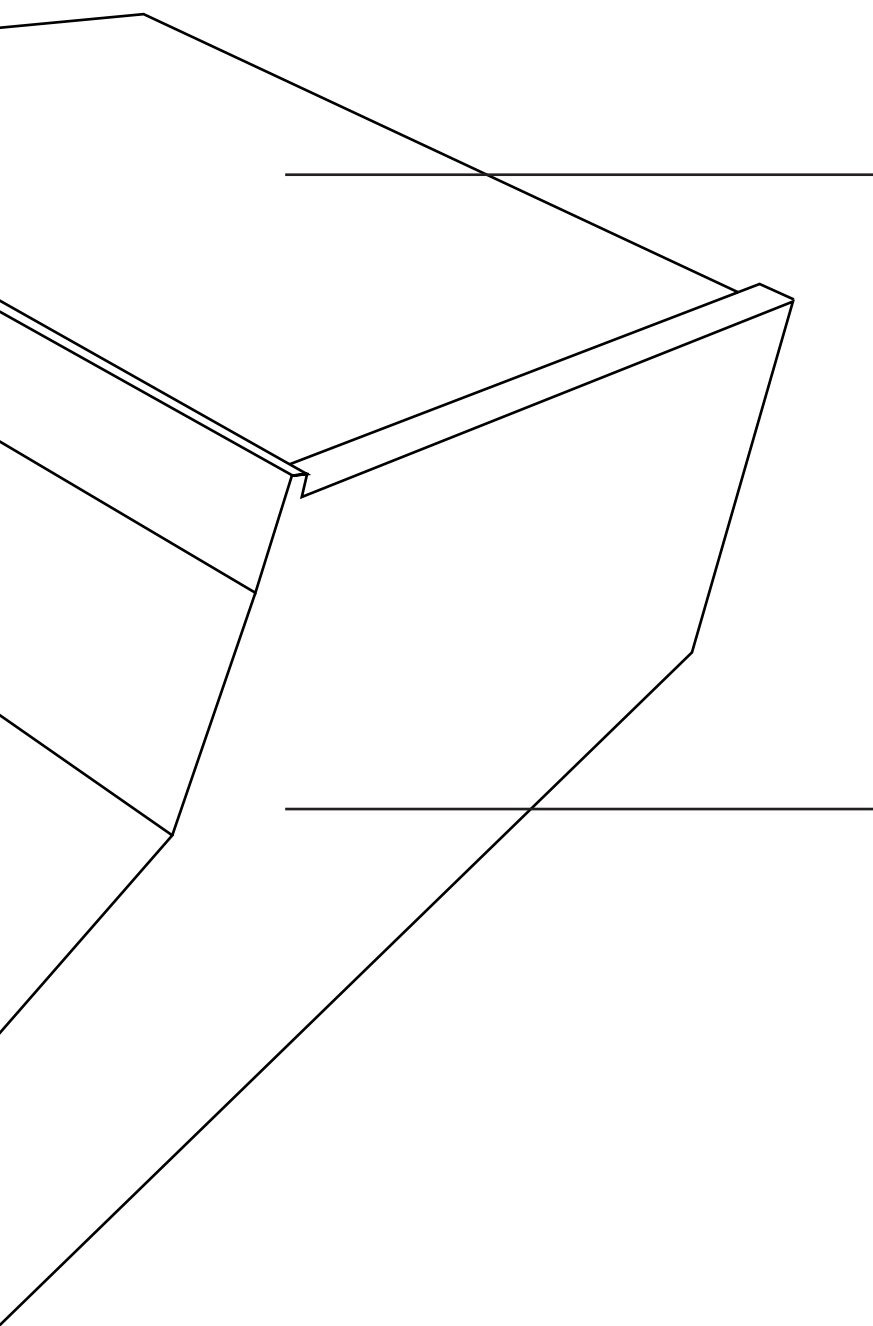
Chaque sas d'entrée non-chauffé comporte un garde-manger.



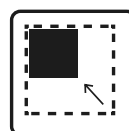
Stocker le bois de chauffage

Chaque sas d'entrée non-chauffé comporte un lieu de stockage pour le bois de chauffage.





Toiture végétalisée
Une épaisseur végétale recouvre le toit et redescend jusque devant la paroi nord sous la forme d'un mur de tourbe.



Construire compact
En maximisant la mitoyenneté entre deux unités.



Fort

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques
Culture et usages

Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux

Descriptifs
Assemblages et détails
Alternatives et comparaisons

Energie

Besoins/Production
Conclusion

Synthèse

McMurray Canada

Elisa Chiu

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques
Culture et usages



Source : © Jiri Rezac 2009



Arbres abattus pour laisser place à une nouvelle zone d'extraction



Zone d'extraction à ciel ouvert des sables bitumineux

Géographie

lat. **56° 43N** long. **111° 22W** alt. **369m**

Fort McMurray est une communauté du nord de l'Alberta située dans les Prairies du Canada. Nichée dans la forêt boréale au confluent de l'Athabasca River et de la Clearwater River, elle se trouve sur la plus grande réserve de sables bitumineux au monde avec un potentiel estimé à 173 milliards de barils. Peuplée de 76 000 habitants, c'est l'une des villes qui connaît la croissance la plus rapide du pays.

Le climat est continental humide quasi subarctique, avec un hiver long, très froid et un été court et frais. La température moyenne en hiver est de -20°C avec un record à $-50,6^{\circ}\text{C}$. La neige peut arriver début octobre et durer jusqu'en mai. En été, la température moyenne est de 16°C . Les régions subarctiques sont en général peu habitées.

Malgré la rudesse du climat et l'isolement géographique, la croissance de Fort McMurray est typique d'une ville champignon : les logements sont de très loin les plus coûteux au Canada et les salaires sont aussi les meilleurs au pays. Le boom démographique et économique de la région est étroitement lié à l'exploitation des sables bitumineux depuis une trentaine d'années.

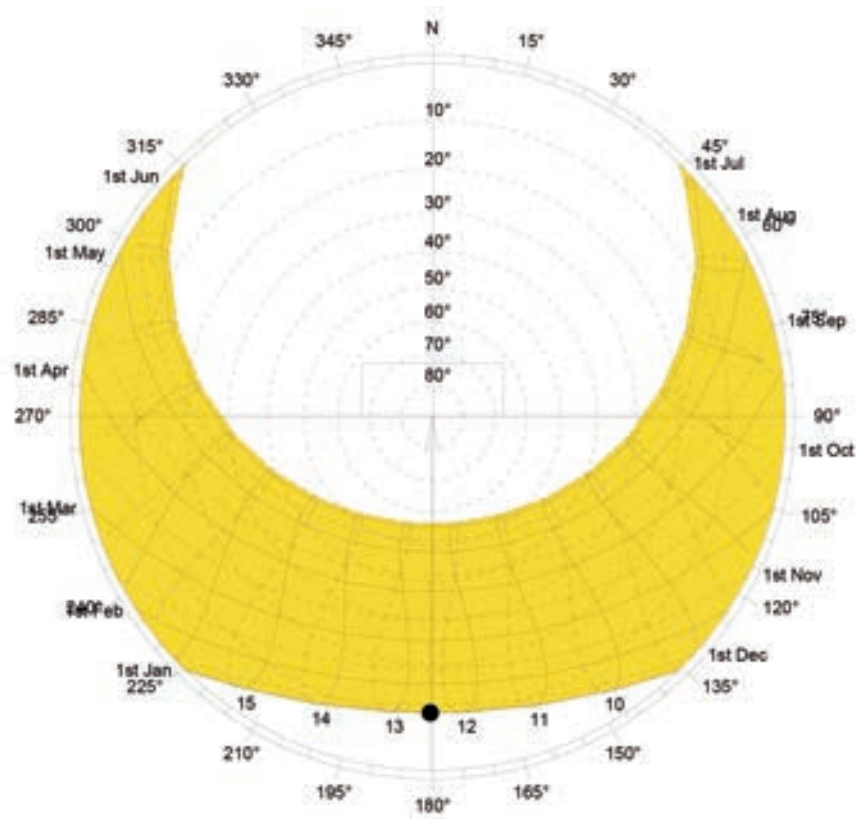
Pour obtenir un baril de 159 litres de pétrole brut, il faut extraire 2 tonnes de tourbes et de terres et 2 tonnes de sables. La terre est creusée sur plus de 60 m de profondeur, de gigantesques camions capables de transporter plus de 400 tonnes sont utilisés pour acheminer les sables bitumineux jusqu'à l'usine de traitement. L'eau pompée dans la rivière sert à séparer le bitume du sable dans de grandes cuves chauffées. Puis, ce bitume est transformé en pétrole liquide avant de partir, par oléoduc, alimenter l'Amérique du Nord. C'est cette entreprise titanesque qui bénéficie économiquement à la région. Entre la destruction de la forêt boréale le long de la rivière Athabasca, les sols retournés, les résidus chimiques et la contamination des eaux, le bilan environnemental de cette exploitation est très lourd. En dépit des fluctuations des cours du pétrole, l'extraction des sables bitumineux de l'Alberta demeure rentable, et semble donc promise à un bel avenir. À moins que les nécessités de la lutte contre le réchauffement climatique ne viennent y mettre un terme.



Après avoir rasé la forêt boréale

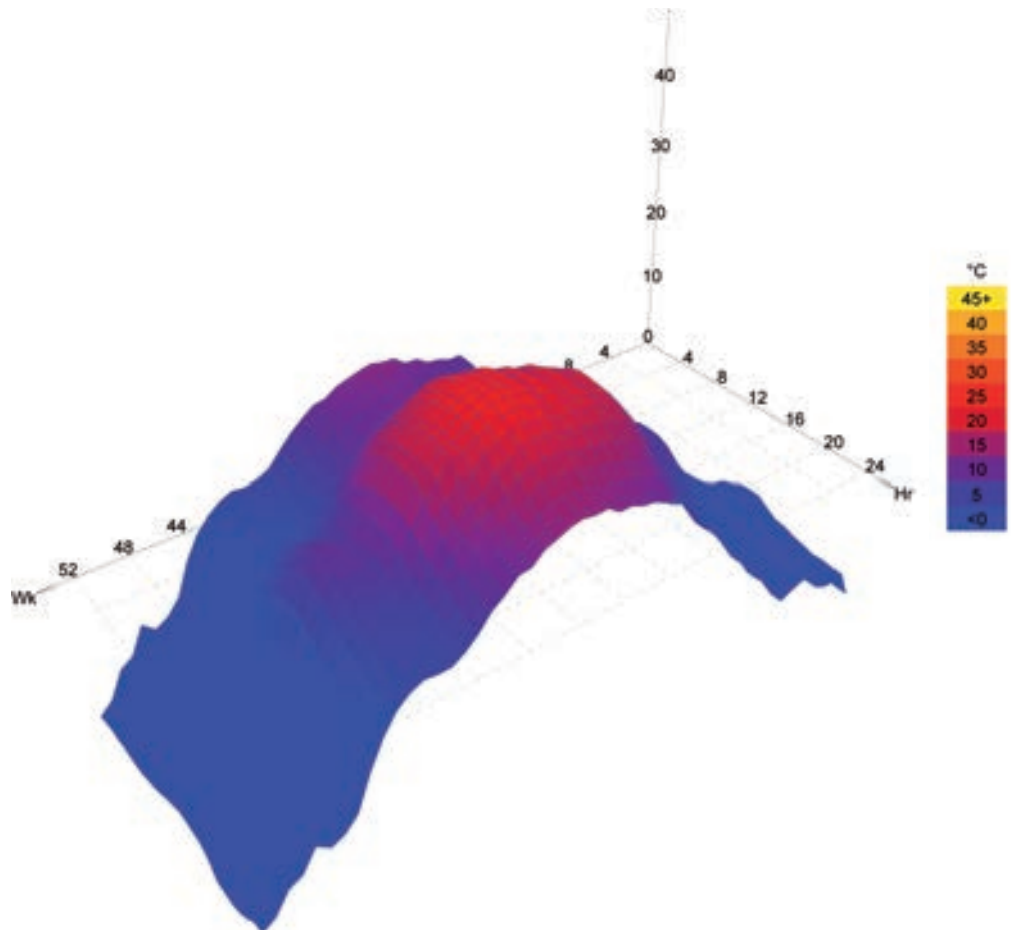


Bassin à résidus dans la forêt boréale, au nord de Fort McMurray



Contraste des saisons

Le diagramme solaire de Fort McMurray souligne un fort contraste des saisons marqué par de courtes journées en hiver (9h-16h) et de très longues journées en été (4h-21h).

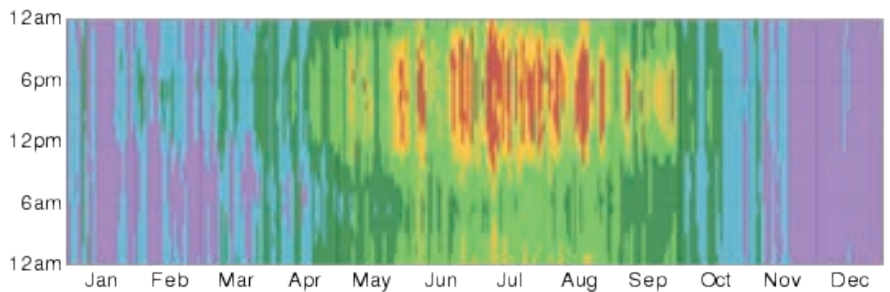


Climat subarctique

La moyenne hebdomadaire des températures montre à quel point les hivers sont longs et rigoureux. La température moy. en hiver est de -20°C. A l'opposé, la température moy. en été est de 16°C. La température moy. annuelle est de 0°C.

Ecart jour/nuit

L'écart jour/nuit est également contrasté en fonction des saisons. En hiver, l'écart jour/nuit est nul tandis qu'en été, il peut varier de 5 à 15°C.

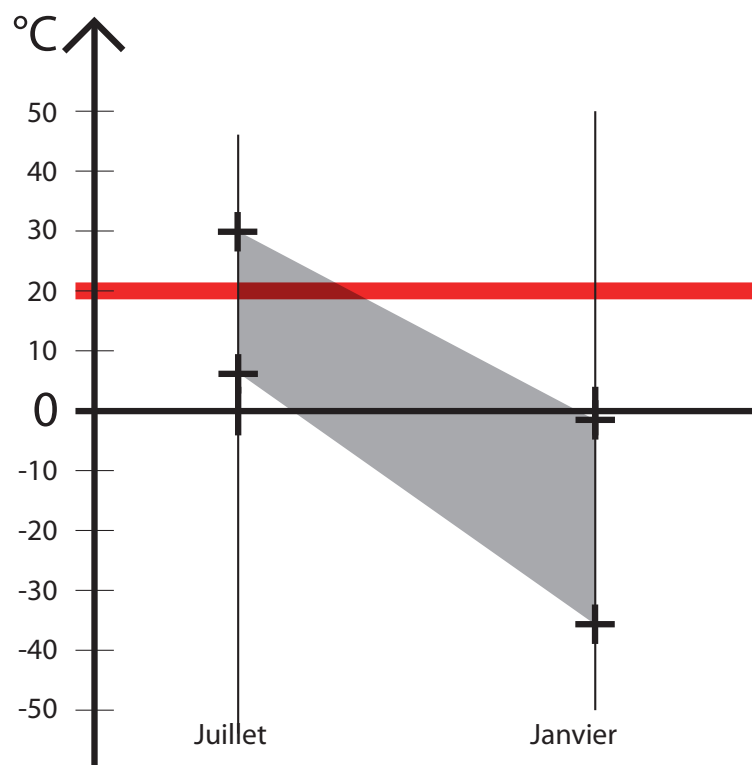


Soleil / Température / Rayonnements

Zone de confort

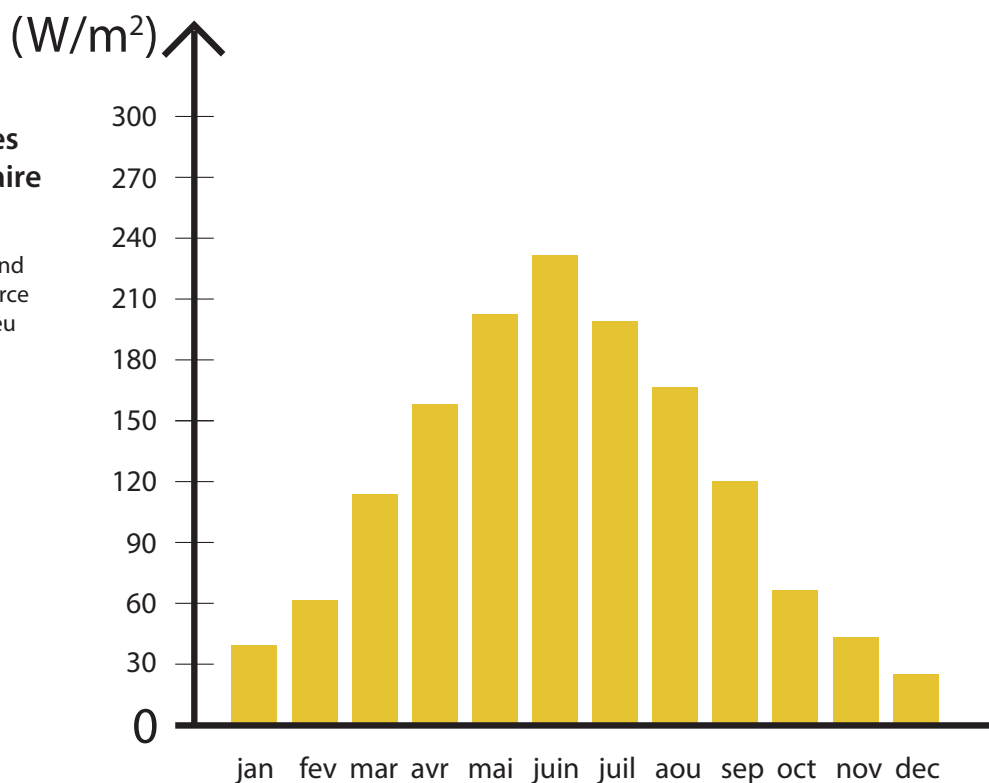
Le mois de Juillet correspond au mois le plus chaud à Fort McMurray. La température max. du mois est de 30°C tandis que la température min. est de 7°C.

Le mois de Janvier correspond au mois le plus froid à Fort McMurray. La température max. du mois est de -0,5°C tandis que la température min. est de -36°C.



Moyennes mensuelles du rayonnement solaire

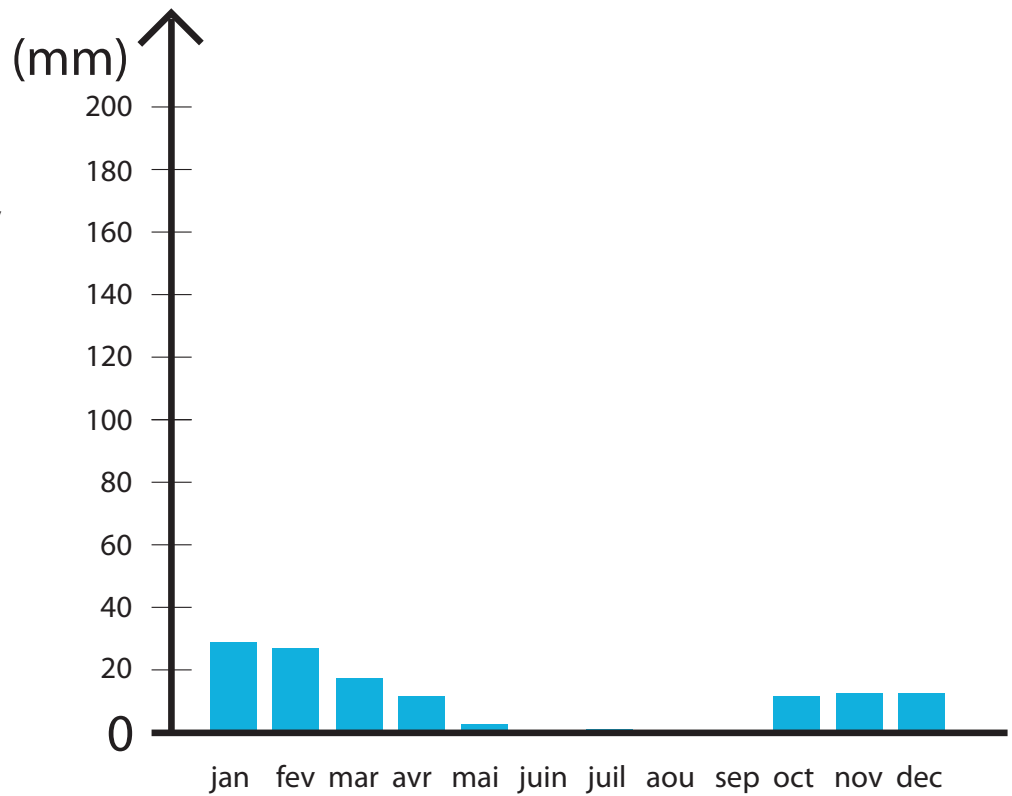
Le contraste des moyennes mensuelles du rayonnement solaire entre l'hiver et l'été rend l'exploitation de cette ressource énergétique renouvelable peu fiable.



Neige

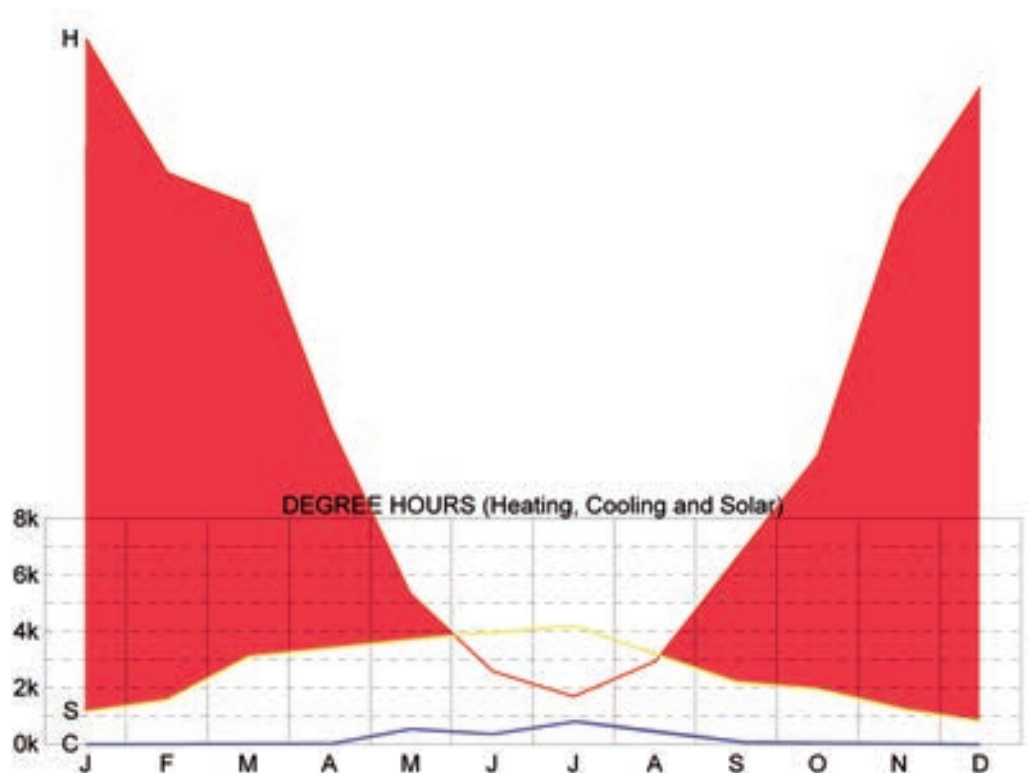
Les chutes de neige peuvent s'élever jusqu'à 160 cm*, sur une durée de 5 à 8 mois. Fort McMurray est marquée par une courte saison de dégel.

*période d'échantillonnage des données représentées de 30 ans.



DJU 18 et besoins de chauffage

A Fort McMurray, on note entre 6000 à 7000 DJU18 de chauffe par an. Pour Janvier, qui est le mois le plus froid, le nombre de DJU18 atteint environ 1200.

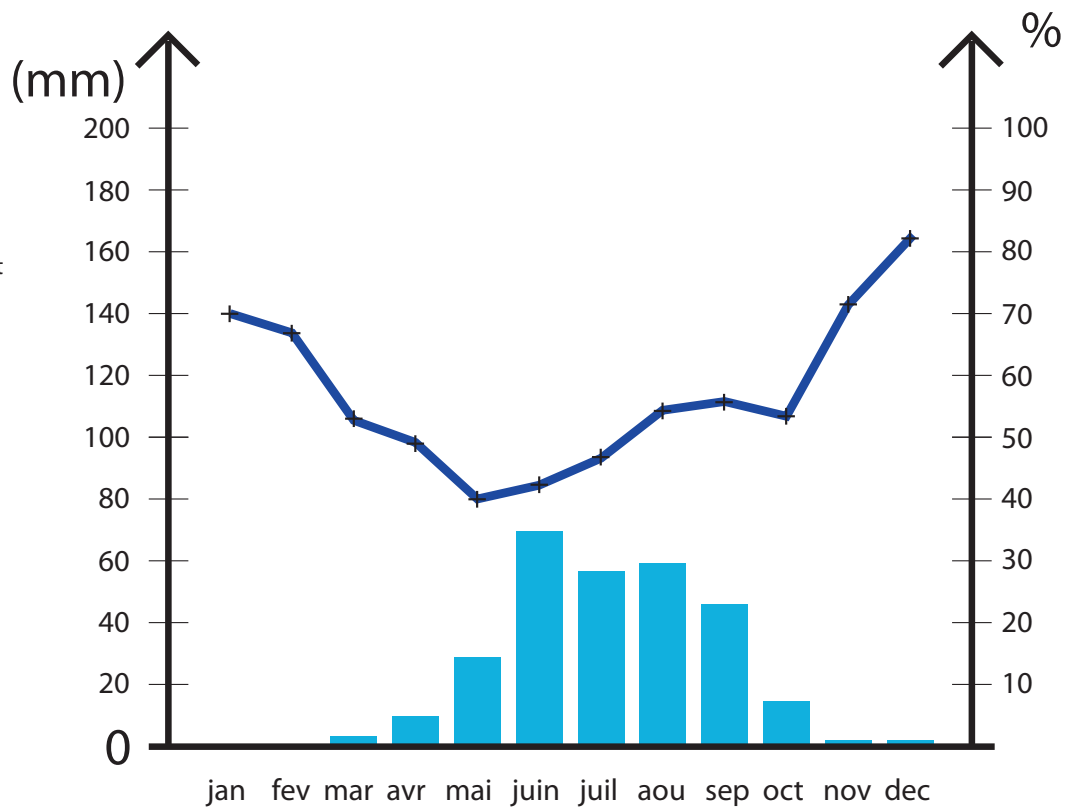


Pluie / Humidité / Vents

Précipitations

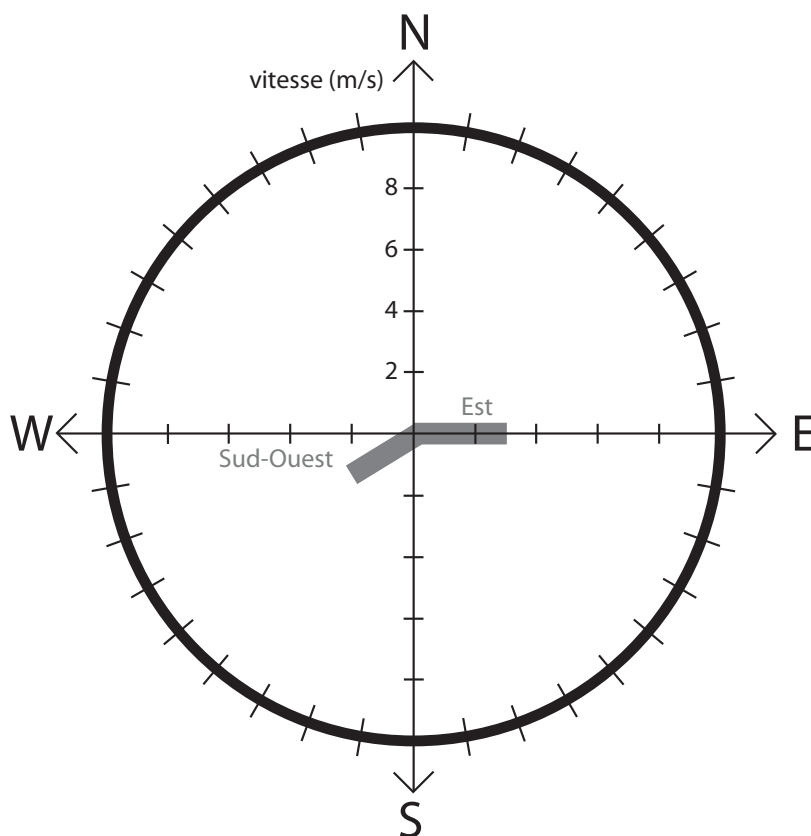
et humidité relative

Les précipitations annuelles sont peu abondantes. Elles s'élèvent à 400 mm et se situent principalement durant l'été.



Vents dominants

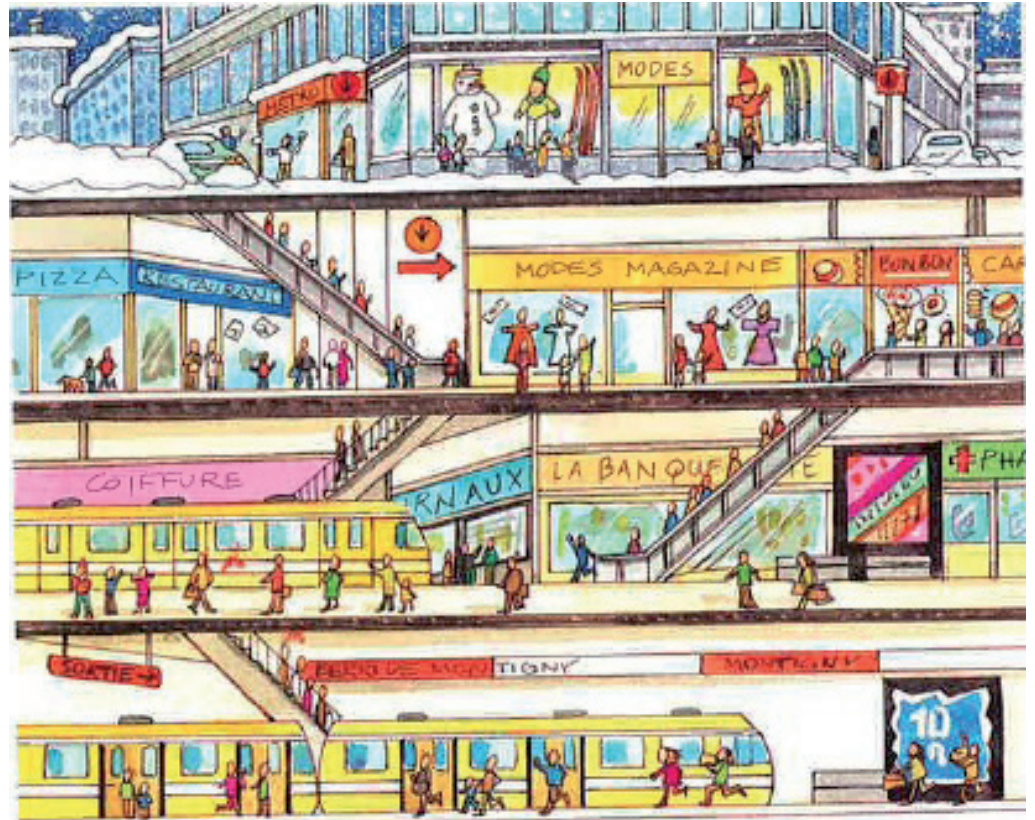
Situées dans les prairies du Canada, Fort Mc Murray reste protégée des vents forts et persistants. La communauté se trouve à une altitude inférieure à celle des autres sites d'Alberta.



Villes intérieures

Avec la hantise du grand froid, des réseaux souterrains se sont développés dans certaines villes du Canada. On peut citer le Montréal souterrain qui constitue le plus grand complexe souterrain au monde (30 km de tunnel sous terre) ou encore le PATH de Toronto (28km de tunnel sous terre).

Les tunnels et galeries permettent de relier de l'intérieur plusieurs édifices à bureaux, des complexes résidentiels, des centres commerciaux, des universités et des hôtels. Le Montréal souterrain contiendrait près de 12 % de tous les commerces du centre-ville. En plus de permettre aux Montréalais de se déplacer en évitant les intempéries de l'hiver québécois, le réseau souterrain de Montréal permet donc de faire ses emplettes dans le confort de la ville intérieure.



Source cartographique principale : Ville de Montréal, 2008
 © 2013, l'Observatoire de la ville intérieure

Culture et usages

«Winter is the time for comfort, for good food and warmth, for the touch of a friendly hand and for a talk beside the fire: it is the time for home.»

Edith Sitwell

L'hiver est une période de l'année qui influence grandement le mode de vie des canadiens et qui marque profondément leur culture. Les rythmes de vie sont modifiés : les sorties sont limités.



Canadienne intérieure de Cornelius David KRIEGHOFF, huile sur toile 45*70cm, 1850 (Musée National des Beaux-Arts du Québec)

Trucs et astuces pour survivre en hiver

1. S'habiller par couches de vêtements successives.
2. Porter des vêtements amples pour une meilleure isolation et pour une plus grande liberté de mouvements.
3. Less is more! Trop de vêtements risquent d'entraîner une transpiration importante : l'humidité va refroidir le corps.
4. Eviter le coton près de la peau car il est connu pour absorber l'eau (sueur), ce qui aboutira à refroidir le corps. Le nylon, la soie ou bien la laine sont mieux adaptés pour le choix de la première couche.
5. Garder les pieds secs et chauds car les pieds aident à réguler la température du corps. Eviter les chaussettes en coton. Envelopper chaque pied d'un sac en plastique pour être sur de garder les pieds secs dans les bottes d'hiver.
6. Ne pas oublier les accessoires tels que bonnets, chapka, écharpes et gants et lunette de soleil.



Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux



Bois

Le bois se trouve en quantité abondante puisque que Fort McMurray est située dans la forêt boréale. On y trouve des scieries qui exploitent les gigantesques stocks de bois liés à la déforestation.

Propriétés physiques intéressantes : construction sèche, assemblages rapides, production locale, recyclable, réutilisable.



Tourbe/Terre

Pour pouvoir exploiter les sables bitumineux, des tonnes de tourbes et de terres sont extraits chaque jour du sol. On en trouve donc également en quantité abondante.

Propriétés physiques intéressantes : inertie, matériau local, mise en oeuvre facile et rapide, recyclable, réutilisable.



Béton

Plusieurs centrales à béton sont installées à Fort McMurray : la production de ce matériau est donc locale et nécessite peu de transports.

Propriétés physiques intéressantes : inertie, bonne résistance à la compression, préfabrication.



Neige

Avec de longs hivers à Fort Mc Murray, les chutes de neige sont abondantes sur une durée qui peut aller jusqu'à 8 mois consécutifs.

Propriétés physiques intéressantes : bon isolant.

10 cm de neige > $U = 7 \text{ W(m}^2\text{.K)}$

50 cm de neige > $U = 1,4 \text{ W(m}^2\text{.K)}$

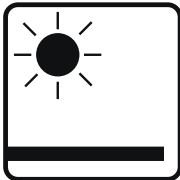
Se protéger du froid

La yourte mongole est réputée pour sa capacité à préserver du froid les familles nomades dans les steppes. Un poêle central au petit bois chauffe la pièce unique, dont la forme permet à la chaleur de circuler.

© Lucile Chombart de Lauwe & Justine Pribetich



Ressources



Energie et climat

Soleil (118W/m² moyen) : Solaire peu fiable
Vent (3m/s) : Eolien non exploitable
Aucune ressource géothermique à proximité



Ressources vitales

Terres agricoles : culture du blé
Elevage bovin
Ressources de poissons
Eau potable



Inconvénients climat

Hiver long et rigoureux/été court et frais
Aucun écart jour/nuit en hiver
Neige et gel
Sorties extérieures limitées
Mode de vie autarcique en hiver

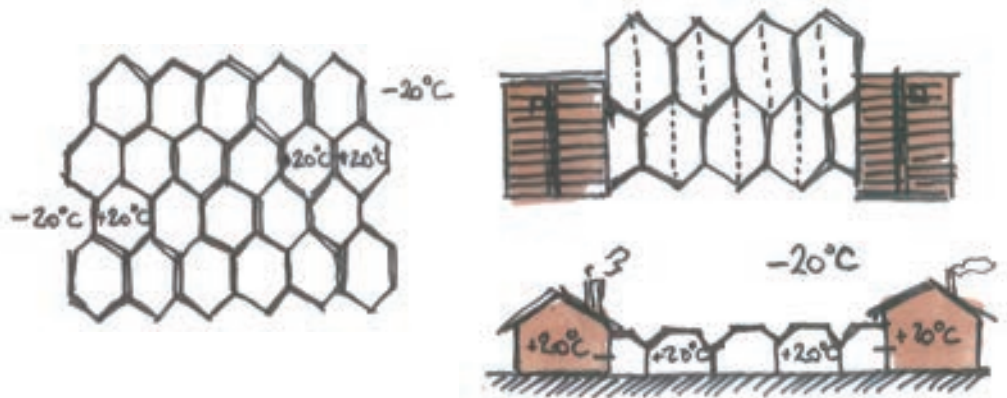
Avantages climat

Peu de vents
Plus besoin de réfrigérateur (entre 2 et 6°C),
ni de congélateur (-18°C)

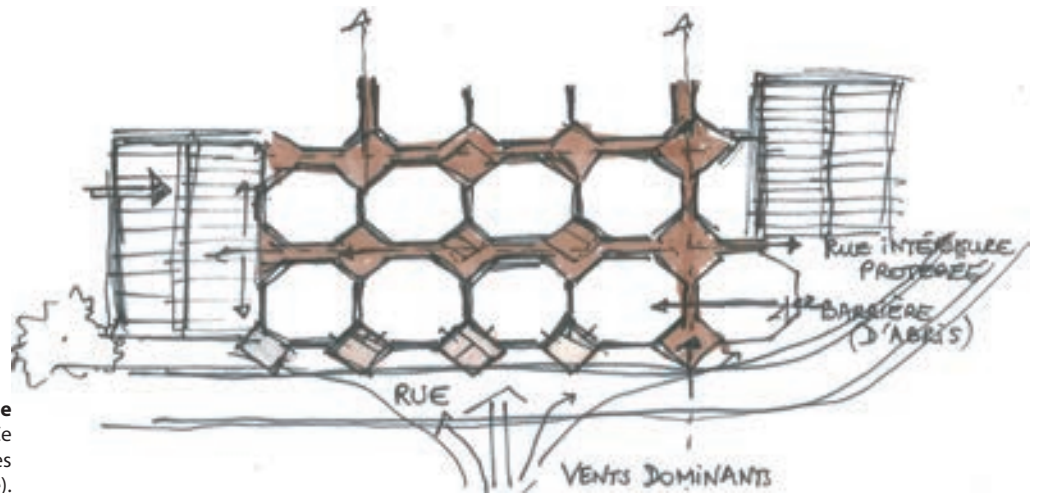
Se regrouper

En Mongolie,
les éleveurs nomades se sédentarisent
en ville poussés par des hivers rigoureux.
Les abords de la ville apparaissent alors
parsemés de vastes bidonvilles de points
blancs.



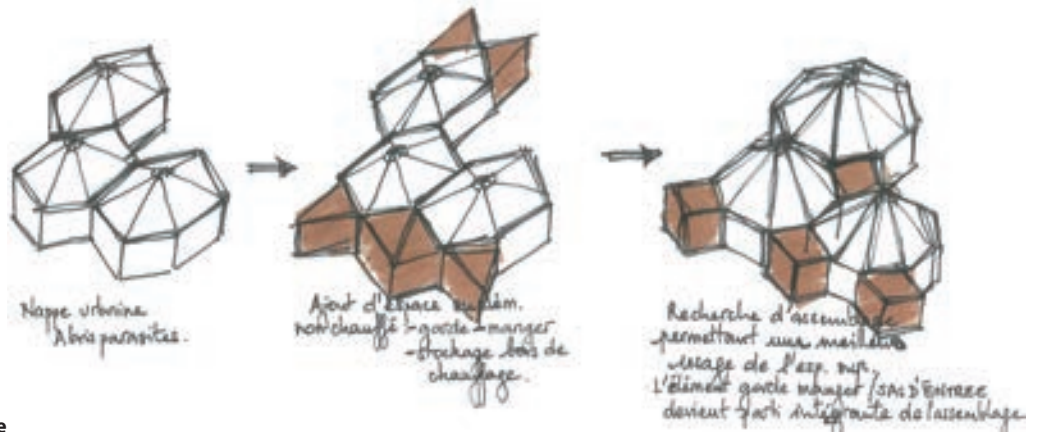


Se regrouper / Parasiter le tissu existant

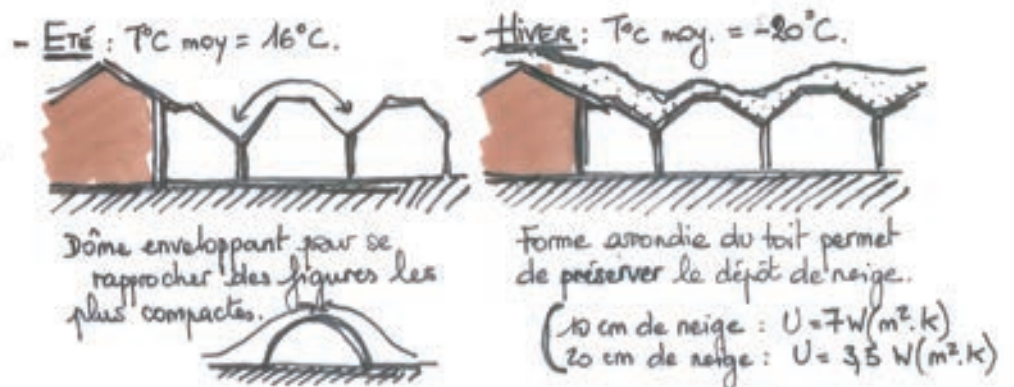


Nappe urbaine parasite

Un réseau de rues intérieures est créé. Ce dernier est à l'abri des vents dominants (rues intérieures parallèles à la rue principale).

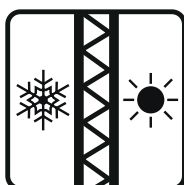


Genèse de la forme



Construire compact

Stratégies



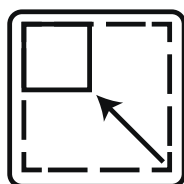
Isoler sur différentes échelles

Le projet propose un travail sur l'isolation autour de quatre couches successives: l'urbain, l'abri en lui-même, l'aménagement intérieur ainsi que le mobilier.



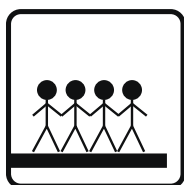
Se regrouper / Parasiter le tissu existant

La recherche de figures géométriques pour un pavage en plan optimal permet de regrouper les abris de manière à réduire au maximum les surfaces en contact avec l'extérieur. A Fort McMurray, le tissu urbain est essentiellement de type pavillonnaire, ce qui offre une possibilité de greffe sur l'existant. Une nappe urbaine très dense est créée.



Construire compact

Construire compact permet de limiter les surfaces déperditives. La recherche de formes habitables minimales, très compactes mais avec un minimum de confort est à l'origine de la forme de cet abri (plan, toit, etc). On note que la surface habitable par abris est de 15m².



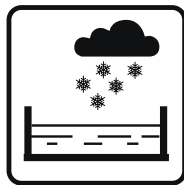
Mutualiser l'espace

Le projet propose une mutualisation des sanitaires et de la cuisine. Le foyer central est ainsi agrandi tout en maintenant l'intimité de l'espace individuel. La mutualisation permet ainsi d'améliorer le confort des abris dans des conditions climatiques si extrêmes.



Utiliser la neige comme surisolation

Le regroupement des abris ainsi que la forme de leur toit permet de créer une nappe urbaine crénelée. La neige est préservée en toiture durant l'hiver rigoureux de manière à l'exploiter comme une épaisseur de surisolation.



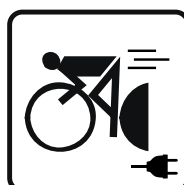
Collecter l'eau de la neige fondue

A la saison du dégel, l'eau issue de la neige fondue est récupérée et stockée dans les annexes non-chauffées à l'usage des habitants. Ceci constitue aussi un moyen efficace pour limiter le risque d'inondation causée par le dégel.



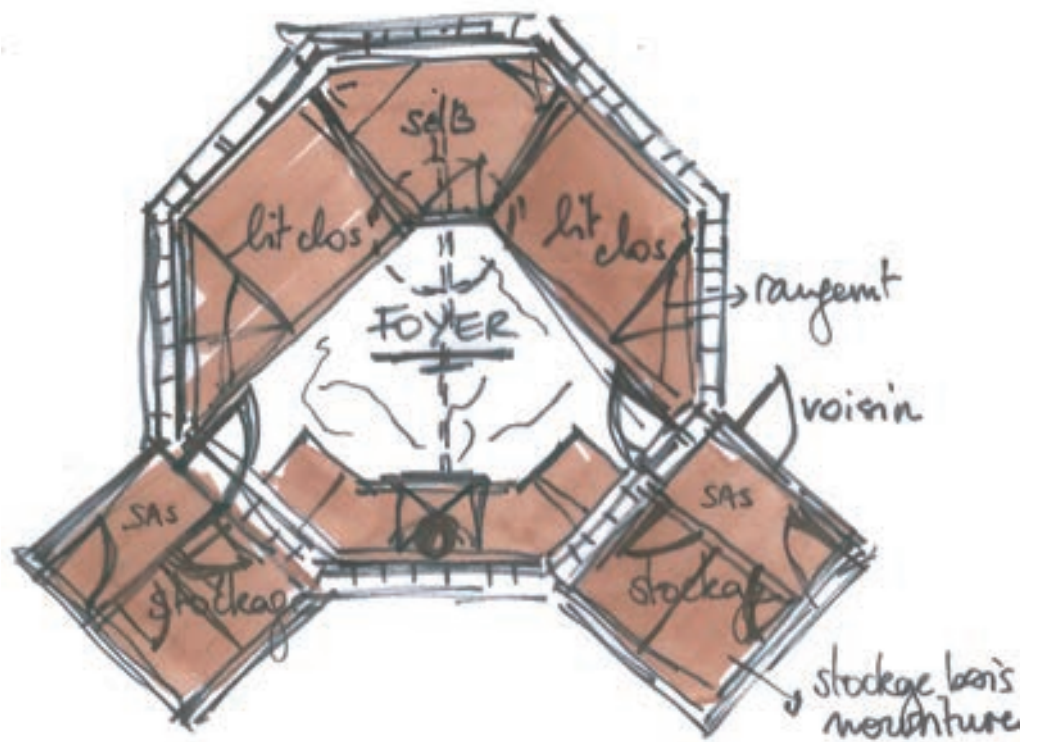
Se chauffer avec la biomasse

Le bois se trouve en quantité abondante à Fort McMurray étant donnée la déforestation de la forêt boréale. Malgré tout, le bois comme combustible reste une énergie verte. De plus, il est possible d'optimiser le feu ouvert pour mieux se chauffer avec un récupérateur de chaleur.

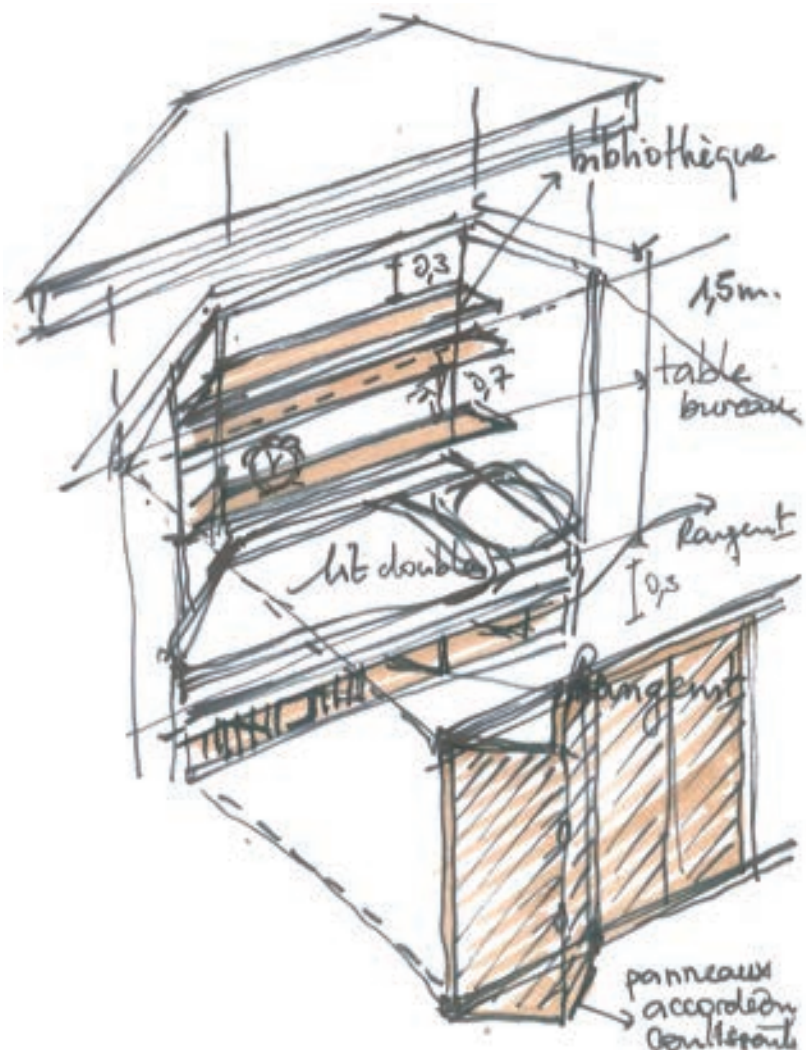


Produire de l'électricité par la force humaine

Etant donnée le peu de ressources énergétiques renouvelables à disposition, il est intéressant d'imaginer le recours à l'électricité produite par la force humaine pour alimenter les appareils numériques qui nous entourent. La pratique d'activité physique permet aussi d'augmenter la température corporelle et par conséquent, d'avoir moins froid!



Seconde couche protectrice créée par l'aménagement intérieur



Lit clos aménagé

Ce lit clos s'inspire des chambres des hôtels capsule. Aménagé pour apporter un minimum d'intimité, l'optimisation spatiale du lit clos permet de mieux conserver la chaleur.

Usages

Optimisation de la compacité à toutes les échelles

Comment optimiser au maximum l'espace d'occupation?
 A chaque échelle du projet (volume, aménagement intérieur, mobilier), l'optimisation de l'espace a rendu l'abri minimale encore plus compacte. Au final, la surface habitable par abris est de 15 m².

L'abri : la mutualisation de l'espace

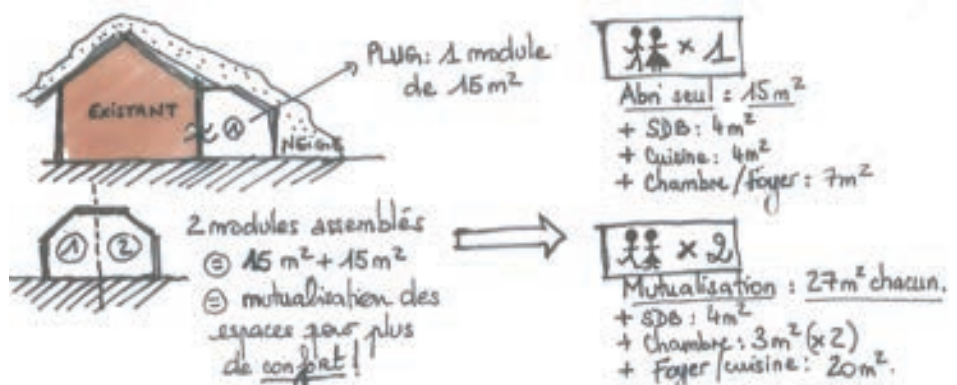
Avec des conditions climatiques si extrêmes, il est difficilement envisageable de penser à s'étendre sur l'extérieur. Les occupants n'ont pas d'autres choix que de rester enfermé dans 20m². La mutualisation de l'espace entre deux abris est une alternative à l'extension. Chaque couple conserve 15m² et gagne un espace supplémentaire de 12m². En mutualisant la salle de bain et la cuisine, le foyer s'agrandit jusqu'à 20m². Le volume est ainsi plus compact mais l'abri est également plus confortable.

L'aménagement intérieur : un foyer flexible

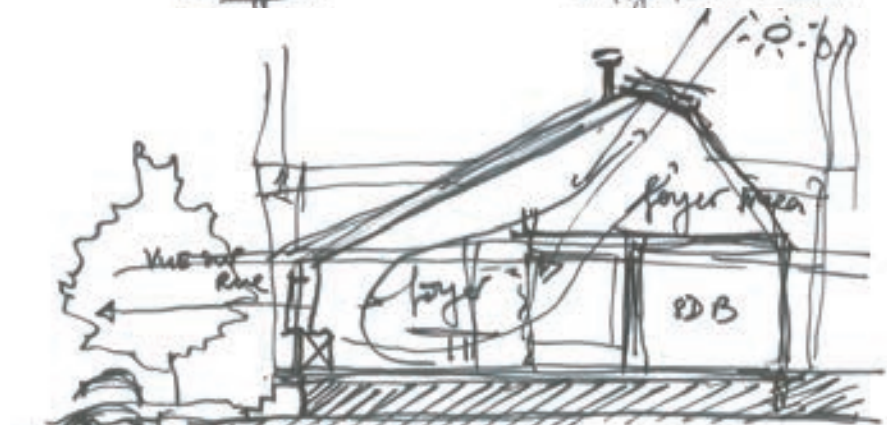
A l'intérieur de l'abri, tous les usages sont rejetés contre les parois de manière à constituer une seconde couche isolante. Cet aménagement de l'espace permet de libérer le foyer central. Flexible, il s'adapte aux activités des occupants aux différents moments de la journée.

Le lit clos : un espace intime minimal

Le lit clos est dimensionné de manière à optimiser le volume à chauffer. Chaque lit est équipé de tablettes pour travailler, d'étagères bibliothèque et de rangements. Ce dernier est aménagé pour apporter un minimum d'intimité : des panneaux coulissants permettent de fermer complètement l'espace. Ouvert sur le foyer, le lit clos fait office de divan.



Mutualisation de l'espace



Un foyer sur deux niveaux

Au RDC, le foyer est légèrement désaxé et s'ouvre sur la rue principale. Ouverte sur le foyer du bas, la mezzanine abrite la salle de sport qui sert à produire de l'énergie.

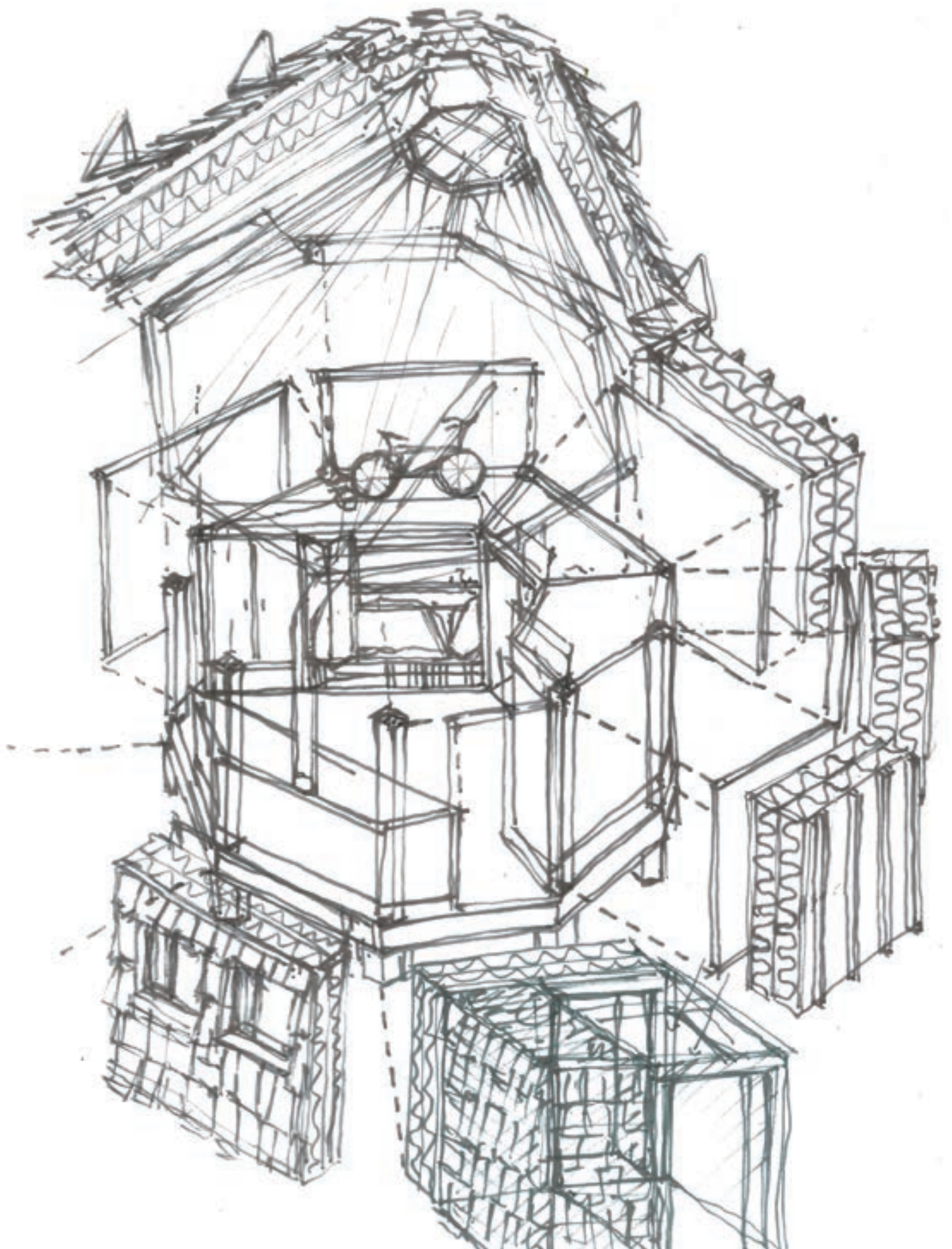
- Maquettes d'étude**
De gauche à droite, de haut en bas :
1. recherche de formes géométriques
 2. vue depuis l'entrée de l'abri
 3. le lit-clos s'ouvre sur le foyer et fait office de divan
 4. un sas d'entrée pour deux abris, éclairée en toiture
 5. vue sur le foyer central depuis la mezzanine
 6. un foyer sur deux niveaux





Matériaux

Descriptif
Assemblage et détails
Alternatives et comparaison



Descriptif

Propriétés physiques recherchées

Fondations et muret de soubassement

- fonctions : ancrer l'abri dans le sol dur pour la stabiliser, reprise de charges
- propriétés physiques recherchées : bonne résistance mécanique, résistant à l'eau et à l'humidité

Dalle

- fonctions : reprendre les charges de la structure, soutenir
- propriétés physiques recherchées : légèreté, très bon niveau d'isolation thermique, résistant à l'eau et à l'humidité

Structure

- fonctions : supporter les efforts dus au poids de la construction elle-même, aux charges d'exploitation (personnes, mobilier et équipements) et aux charges climatiques (neige).
- propriétés physiques recherchées : légèreté, bonne résistance à la compression et à la traction

Murs opaques

- fonctions : contreventement, parois
- propriétés physiques recherchées : bon isolant thermique et acoustique, durable, solide

Isolation

- fonctions : s'oppose aux transferts de chaleur
- propriétés physiques recherchées : matériau poreux, faible coefficient de conductivité thermique λ , bon isolant acoustique, renforce et complète la résistance au feu des parois.

Bardage

- fonctions : couverture, revêtement de mur extérieur
- propriétés physiques recherchées : résistant à l'eau, protège et isole

Ouvrants : fenêtres

- fonctions : éclairer, voir l'extérieur, aérer
- propriétés physiques recherchées : très bonne étanchéité à l'air, très bonne isolation thermique : faible coefficient U_g , bonne transmission lumineuse

Ouvrants : occultations

- fonctions : occulter depuis l'intérieur
- propriétés physiques recherchées : bon isolant thermique

Mobilier

- fonctions : apporter du confort aux occupants, offrir un minimum d'intimité
- propriétés physiques recherchées : bon isolant acoustique et thermique

Élément stop-neige

Structure bois

Occultation intérieure
volet battant en bois

Fenêtre triple vitrage

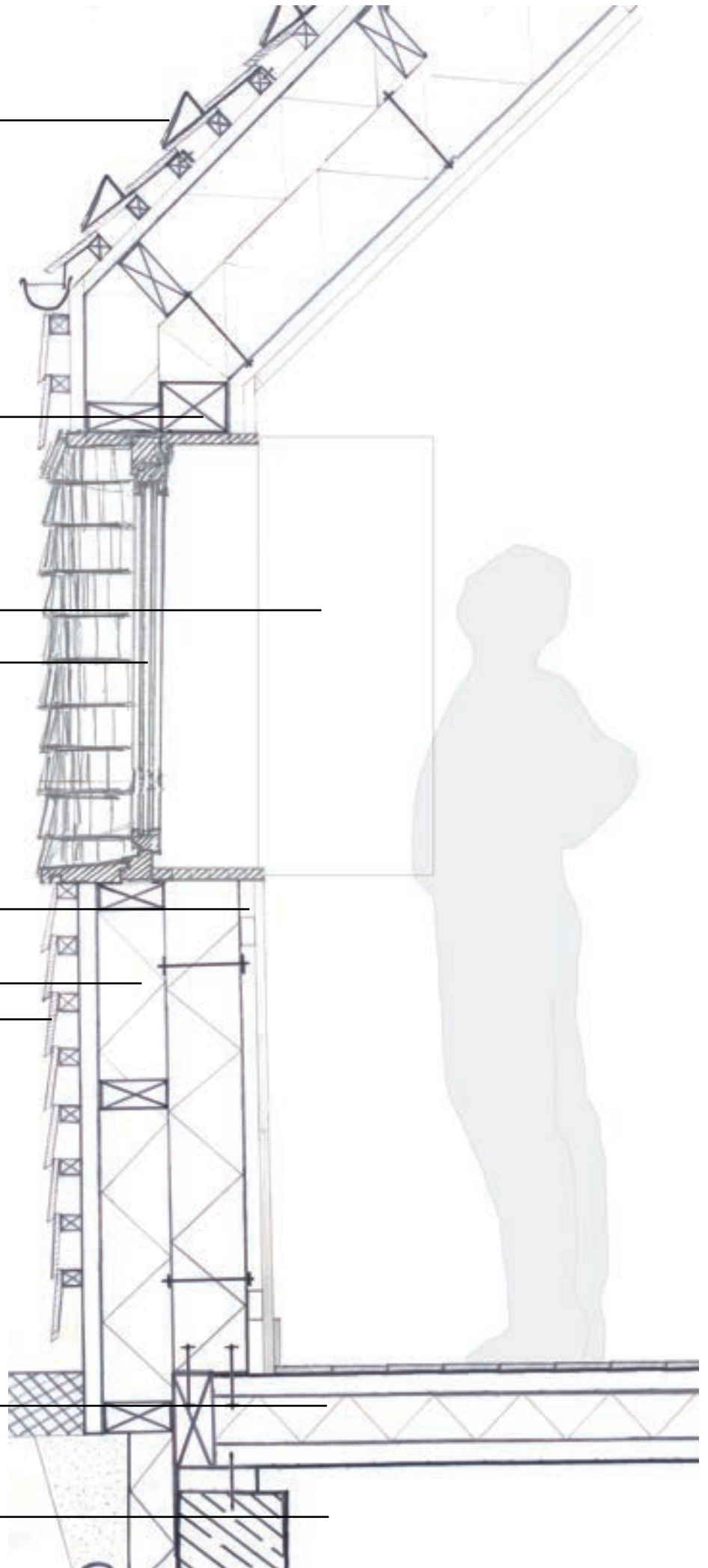
Panneaux de
particules OSB

Isolation laine de verre

Bardeau de bois

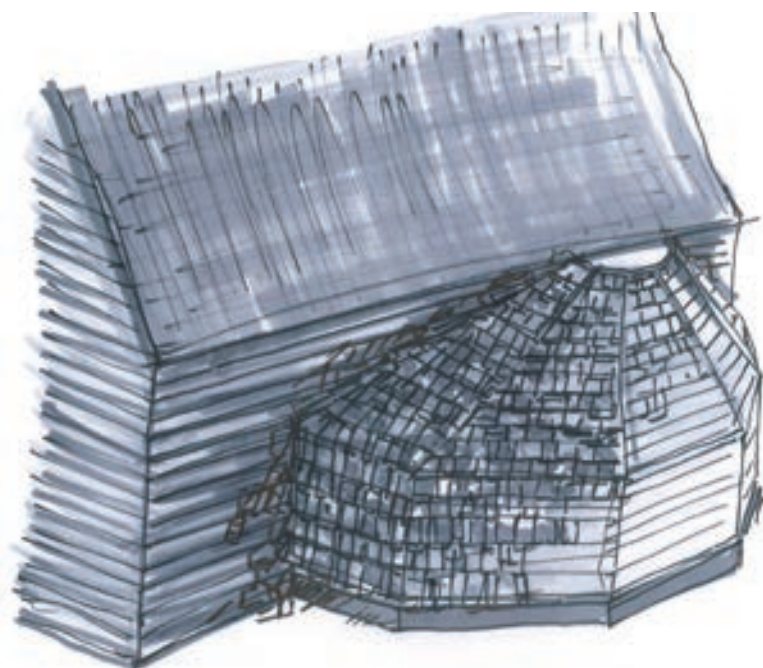
Dalle bois

Vide sanitaire



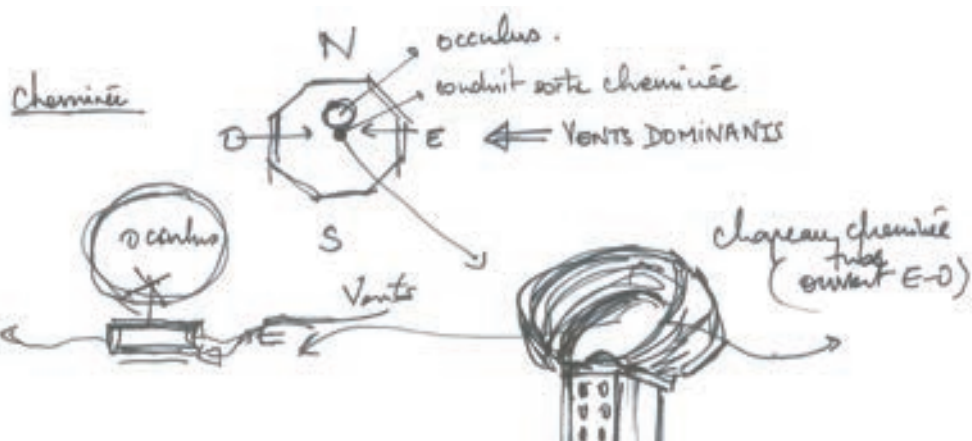
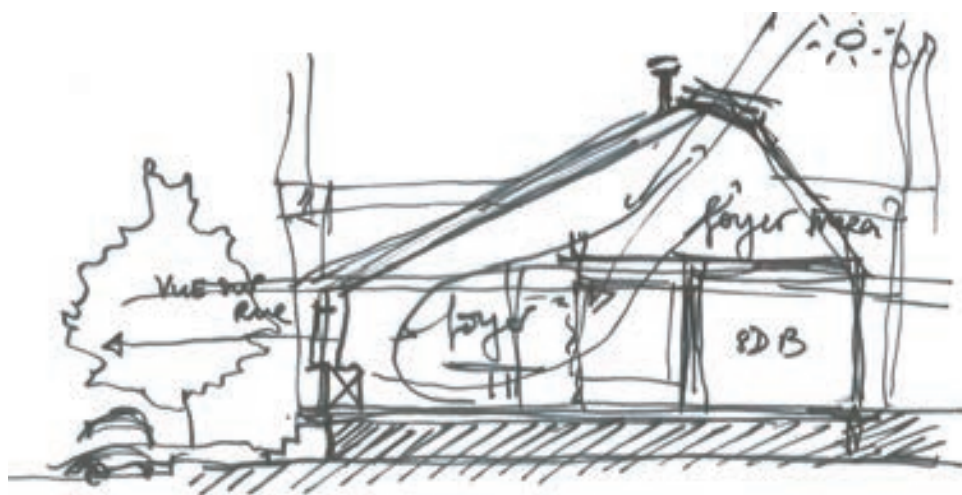
Détail fait à l'échelle 1

Assemblage et détails



Hydrivation

Les bardeaux de bois de l'abri viennent souligner la pose du bardage à l'horizontale de la maison existante.



Cheminée et oculus

La sortie du conduit de cheminée en toiture est positionnée dans l'axe des vents dominants de manière à limiter les dépôts de suie sur l'oculus.



- Scierie et usine d'exploitation du bois
- Usines de fabrication de béton
- Usines d'exploitation d'acier

Critères de choix et évaluation d'un matériau par rapport à la question de l'énergie grise

Matériaux	Production/ Extraction	Transformation/ Fabrication	Promixité à l'éch. de FMM/ Distribution	Mise en oeuvre/ Entretien	Recyclage	Energie grise
Bois	+	+	++	++	+	+
Acier	++	+++	++	++	++	++
Béton	+++	++	+	+	+++	+++

Alternatives et comparaison

Proposition



Fondations et muret de soubassement : parpaing

- résistance à l'humidité et porteur, économique, facilité de mise en oeuvre, production locale (centrale à béton)
- origine : usine de fabrication de béton à Fort McMurray



Dalle bois

- conductivité : $\lambda = 0,13 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- légèreté, facilité et rapidité de mise en oeuvre, économique, production locale
- origine : forêt boréale autour de Fort McMurray



Structure bois

- légèreté, souplesse architecturale, facilité et rapidité de mise en oeuvre, économique, grande résistance thermique, production locale
- origine : forêt boréale autour de Fort McMurray

Isolation laine de verre

- faible coefficient de conductivité thermique, $\lambda = 0,030 \text{ W/(m.K)}$, bon isolant acoustique



Panneaux de particules OSB

- bon isolant thermique et acoustique, durable, solide, économique, production locale
- origine : forêt boréale autour de Fort McMurray



Bardeau de bois

- texture recherché, choix architectural, économique, production locale
- origine : forêt boréale autour de Fort McMurray



Occultation intérieure en bois

- bon isolant thermique, solide, dégage une ambiance chaleureuse, économique, production locale
- origine : forêt boréale autour de Fort McMurray

Alternatives



Dalle béton

- conductivité : $\lambda = 1,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- imperfections de planéité et de niveau, matériau plus lourd, délai d'exécution mais production locale
- origine : usine de fabrication de béton à Fort McMurray



Structure métallique

- mise en oeuvre facile mais solution plus coûteuse, très forte conductivité thermique, $\lambda = 50 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- origine : usine d'exploitation d'acier à Fort McMurray



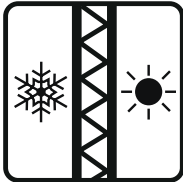
Tôles métalliques

- mise en oeuvre facile mais solution plus coûteuse, très forte conductivité thermique
- origine : usine d'exploitation d'acier à Fort McMurray

Energie

Besoins/Production
Conclusion

Besoins



Isolation : calculs simplifiés des déperditions pour un abri groupé (3 faces en contact avec d'autres abris)

Hypothèse 1 : il fait froid ($T^{\circ}\text{C}$ moy. en hiver) et il n'y a pas de neige
Pour une température intérieure désirée à 18°C et une température de base à -20°C

a) Pour les parois verticales opaques donnant sur l'extérieur :

Nombre de parois verticales opaques donnant sur l'extérieur : 1

$$D_p = ((A \times U_p) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$D_p = ((4.6 \times 0.19) + (8.6 \times 0.22)) \times 38 = 0.1 \text{ kW/h}$$

$$Q_p = 2.4 \text{ kWh/j}$$

b) Pour les parois verticales opaques donnant sur un local non chauffé :

Nombre de parois verticales opaques donnant sur l'extérieur : 2

$$D_{\text{PNC}} = ((A \times U_p) + (L \times Y)) \times \Delta T \times b$$

$$D_{\text{PNC}} = 2 \times ((4.6 \times 0.19) + (8.6 \times 0.22)) \times 38 \times 0.9 = 0.19 \text{ kW/h}$$

$$Q_{\text{PNC}} = 4.5 \text{ kWh/j}$$

c) Pour les ouvertures donnant sur l'extérieur :

$$D_o = ((A \times U_w) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$D_o = ((3.1 \times 0.5) + (13.2 \times 0.18)) \times 38 = 0.15 \text{ kW/h}$$

$$Q_o = 3.6 \text{ kWh/j}$$

d) Pour le toit et le plancher, donnant sur l'extérieur :

$$D_{\text{sol}} = ((A \times U_f) + (L \times Y)) \times \Delta T$$

$$D_{\text{sol}} = ((28 \times 0.13) + (19.2 \times 0.22)) \times 35 = 0.27 \text{ kW/h}$$

$$Q_{\text{sol}} = 6.6 \text{ kWh/j}$$

$$D_{\text{plafond}} = ((36 \times 0.19) + (19.2 \times 0.22)) \times 38 = 0.42 \text{ kW/h}$$

$$Q_{\text{plafond}} = 10 \text{ kWh/j}$$

e) Pour le renouvellement d'air (VMC double flux avec échangeur, récupération de chaleur ($r = 0,7\%$) et modulation du débit) :

$$D_v = V \times 0,34 \times \Delta T$$

$$D_v = 77,5 \times 0,34 \times 38 = 1 \text{ kW/h}$$

$$Q_v = 17 - (0,7 \times 17) = 5 \text{ kWh/j (17 h d'utilisation)}$$

Avec A la surface en m^2

$U(i)$, le coefficient de transmission surfacique en $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ représentant la déperdition en Watts pour 1 m^2 quand la différence des 2 côtés de la paroi est de 1°C .

Y est le coefficient de transmission linéique en $\text{W}/(\text{m}.\text{K})$ représentant la déperdition en Watts pour 1 m de longueur quand la différence des 2 côtés de la paroi est de 1°C .
- 0,22 pour les murs, planchers et plafonds
- 0,18 pour les ouvertures (portes d'entrées, portes fenêtres, fenêtres, etc...)

L est le périmètre en mètre du mur, plafond et plancher.

ΔT , la différence entre la température de base extérieure et la température désirée à l'intérieur de la pièce.

V, le volume en m^3 de l'air renouvelé dans la pièce.

b, le coefficient réducteur du fait que la paroi donne sur un local non chauffé et non sur l'extérieur. Ici, comme les calculs sont simplifiés, $b = 0,90$.

$$Q_{\text{total}} = 32.7 \text{ kWh/j}$$

Hypothèse 2 : il fait froid et l'abri est couvert d'un manteau de neige de 30 cm

Pour une température intérieure désirée à 18°C et une température de base à -10°C

$$Q_p = 1.7 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{PNC}} = 3.3 \text{ kWh/j}$$

$$Q_o = 2.6 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{sol}} = 4.9 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{plafond}} = 5.3 \text{ kWh/j}$$

$$Q_v = 5 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{total}} = 23.4 \text{ kWh/j}$$

Hypothèse 3 : il fait froid et l'abri est couvert d'un manteau de neige de 50 cm

Pour une température intérieure désirée à 18°C et une température de base à -5°C

$$Q_p = 1.4 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{PNC}} = 2.6 \text{ kWh/j}$$

$$Q_o = 2.1 \text{ kWh/j}$$

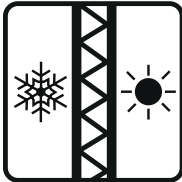
$$Q_{\text{sol}} = 3.9 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{plafond}} = 4.3 \text{ kWh/j}$$

$$Q_v = 5 \text{ kWh/j}$$

$$Q_{\text{total}} = 19.9 \text{ kWh/j}$$

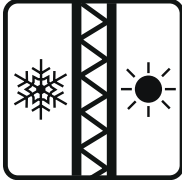
Productions



Isolation : calculs simplifiés des apports de chaleur internes dues aux appareils électroménagers, à l'éclairage, etc

On estime le temps d'utilisation des appareils par jour pour 2 couples.
Données extraites et extrapolées de l'ouvrage de David J.C. MacKay, «L'énergie durable, pas que du vent!», 2009, Edition Deboeck

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation par jour	Energie dégagée/récupérée par jour
Lave-linge	2.5 kW		1 kWh/j
Ordinateur portable x2	0.016 kW	4 h	0.13 kWh/j
15 LED	0.005 kW	5 h	0.38 kWh/j
VMC DF (r = 70%)	0.040 kW	17 h	0.68 kWh/j
Poêle	3 kW	9 h 30	28 kWh/j
TOTAL			30.2 kWh/j

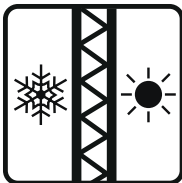


Estimation du nombre de LED requis

Lumens = Lux x Surface habitable
Ici, nous supposons que les LEDs ont une puissance d'éclairage de 360 lumens.

Foyer, cuisine, salle de bain (12m²) : 200 lux requis
Tablette de travail dans le lit clos (6m²) : 500 lux requis

On obtient donc un besoin de 2400 lumens pour le foyer, la cuisine et la salle de bain et 3000 lumens pour pouvoir travailler à l'intérieur du lit clos. 5400/360 = 15 LEDs environ



Estimation des apports internes des occupants

Il est assez difficile de connaître les calories émises par le corps humain. On estime qu'une personne normalement habillée et assise, dans une ambiance calme à environ 20 °C, émet à peu près 119 W. Si la personne a une activité plus physique, cette émission peut monter jusqu'à 300 W. Bien évidemment ces valeurs ne sont pas absolues car les émissions dépendent du sexe, de la corpulence, du moment de la journée.

Comme il est assez difficile de définir la quantité d'énergie que peut produire les occupants et leurs modes de vie, une valeur par défaut de 4 Watts par m² de surface habitable (proposée par la RT 2000 dans les règles Th-C.) sera utilisée pour notre estimation.

Ainsi pour notre abri de 28 m², occupé par quatre personnes : $Q_i = 4 \times 28 \times 24$

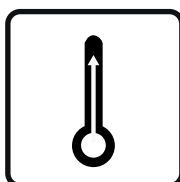
$$Q_i = 2,7 \text{ kWh/j}$$

Total des apports de chaleur internes :

$$Q_{\text{total}} = 32,9 \text{ kWh/j}$$

L'équilibre peut être assurée. Les apports de chaleur internes compensent les déperditions de l'abri pour toutes nos hypothèses.

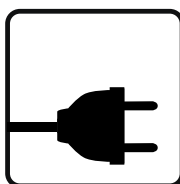
Besoins



Chaleurs : eau chaude sanitaire, cuisson, chauffage

On estime la quantité d'énergie nécessaire pour les besoins de chaleur à partir des différents appareils pour pouvoir la comparer avec celle produite par le poêle. Cette valeur nous indiquera si la quantité d'énergie produite par le poêle est suffisante pour subvenir aux besoins.

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Plaques électriques	3.3 kW	1 h	3.3 kWh
Sauna	4.5 kW	1 h	4.5 kWh
Chauffe-eau	1.8 kW	5 h 30	9.9 kWh
TOTAL			17.7 kWh/j



Electricité : éclairage/ électroménager

On estime le temps d'utilisation des appareils par jour pour 2 couples.
Données extraites et extrapolées de l'ouvrage de David J.C. MacKay, «L'énergie durable, pas que du vent!», 2009, Edition Deboeck

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Lave-linge	2.5 kW		1 kWh/j
Ordinateur portable x2	0.016 kW	4 h	0.12 kWh/j
15 LED	0.005 kW	4 h	0.3 kWh/j
VMC double flux	0.04 kW	24 h - 7 h (modulation du débit en fonction de l'occupation) soit 17 h	0.68 kWh/j
TOTAL			2.1 kWh/j



Eau : potable, courante

Consommation estimée pour un logement occupé à l'année pour 4 adultes au Canada
Simulation effectuée sur le site de l'office international de l'eau : <http://www.oieau.org>

Poste	m ³ /an	L/j/pers
Lessive	16,4	11,68
Vaisselle	10,33	7,36
Ménage	2,80	1,99
Douche	44,92	32
Petite toilette	11,23	8
WC		eau récup. douche
Cuisine, boisson	16,85	12
TOTAL	125	73 L/j/pers

Pour subvenir aux besoins d'eau aux 4 occupants, il faudrait **292 L/j**.

Productions



Chauffer avec un poêle

On observe que la quantité d'énergie produite par le poêle est suffisante pour subvenir aux besoins estimés précédemment. Le poêle sert à la fois à la cuisson des aliments, à chauffer l'eau chaude sanitaire et à chauffer l'abri.

Appareils	Puissance	Temps d'utilisation	Energie par jour
Poêle	3 kW	9 h 30	28 kWh/j
TOTAL			28 kWh/j



Produire de l'électricité par la force humaine

Etant donnée le peu de ressources énergétiques renouvelables à disposition, il est intéressant d'imaginer le recours à l'électricité produite par la force humaine pour alimenter les appareils électriques qui nous entourent.

Appareils	Puissance (en fct de la force app.)	Temps d'utilisation	Energie par jour
Vélo dynamo	0,08 kW	1 h 30	0,12 kWh/j

Seule la consommation d'électricité des deux ordinateurs semble être compensable. La lampe dynamo peut être une alternative pour réduire la demande en éclairage artificiel. On note que pour 20 sec. de manivelle, elle peut produire 1 min d'éclairage.



Récupérer l'eau de pluie et de l'eau de la neige fondue

Pour un abri, la surface de sa toiture et celle de son annexe est de 37 m². Globalement, la récupération des eaux de pluie et de dégel ne permettrait de subvenir aux besoins d'eau que d'une personne pendant 6 mois.

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	déc
Chutes de pluie en mm	0	0	2	10	29	69	57	59	44	16	1	1
Récupération en L	0	0	74	370	1073	2553	2109	2183	1628	592	37	37
L/jour	0	0	2,38	12,3	34,6	85,1	68	72,8	52,5	19,7	1,2	1,2
Moyenne de neige sur le toit en cm	31	37	27	3	0	0	0	0	0	4	11	21
Récupération en L	0	0	0	0	4918	0	0	0	0	0	0	0
L/jour					158							



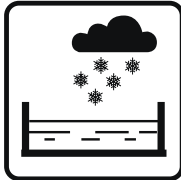
Situé à l'est de Fort McMurray, la rivière Clearwater rejoint celle d'Athabasca en accumulant tout le long de son cheminement des déchets toxiques, rejetés par des usines d'exploitation des sables bitumineux.



Même dans le froid extrême de l'hiver, les étangs de résidus toxiques ne se gèlent pas. Syncrud, un des exploitants des mines de Fort McMurray, admet rejeter chaque jour 250 000 tonnes d'eau contaminée. L'eau potable devient une source d'inquiétude.

Source :   Garth Lenz

Productions



Récupérer l'eau de pluie et l'eau de la neige fondue

Toutefois, la possibilité d'une inondation causée par le dégel est une préoccupation annuelle à Fort McMurray. La récupération de cette eau constitue donc un moyen efficace pour limiter le risque d'inondation en plus d'être un apport d'eau ponctuel à stocker.

Et si l'on supposait que chaque occupant avait pour mission de déplacer un volume de neige du sol au toit pour à la fois augmenter les propriétés isolantes de la neige, récupérer de l'eau et éviter les risques d'inondations au moment du dégel? Combien de m² de neige au sol devrait ratisser un occupant pour subvenir à ces besoins en eau pour un jour?

Besoins en eau pour 1 personne par jour : 73L/j

donc $L_{\text{à récupérer}} = (L/j) \text{ nombre de jour par mois}$

$$L_{\text{à récupérer}} = 73 \times 30$$

$$L_{\text{à récupérer}} = 2190 \text{ L}$$

or 1m³ = 1000 L donc pour 2190 L, il faudrait récupérer 2,2 m³ de neige.
et $S = V / h$ (épaisseur de la neige)

Hypothèse 1 : il y a 60 cm d'épaisseur de neige au sol (record)

$$S = 2,2 / 0,6$$

$$S = 3,5 \text{ m}^2$$

Il faudrait ratisser 3,5m² de neige au sol.

Hypothèse 2 : il y a 30 cm d'épaisseur de neige au sol

$$S = 2,2 / 0,3$$

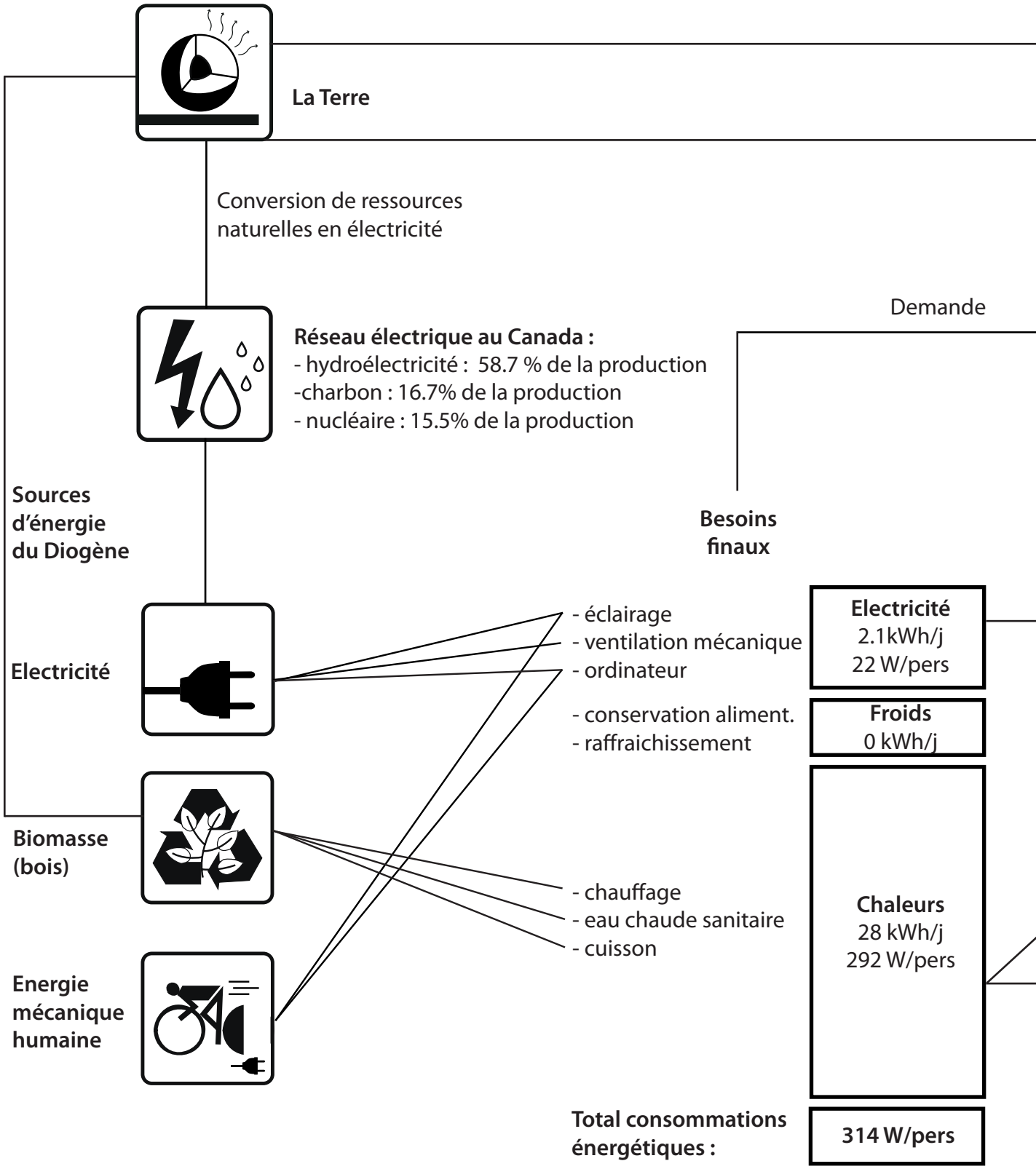
$$S = 7 \text{ m}^2$$

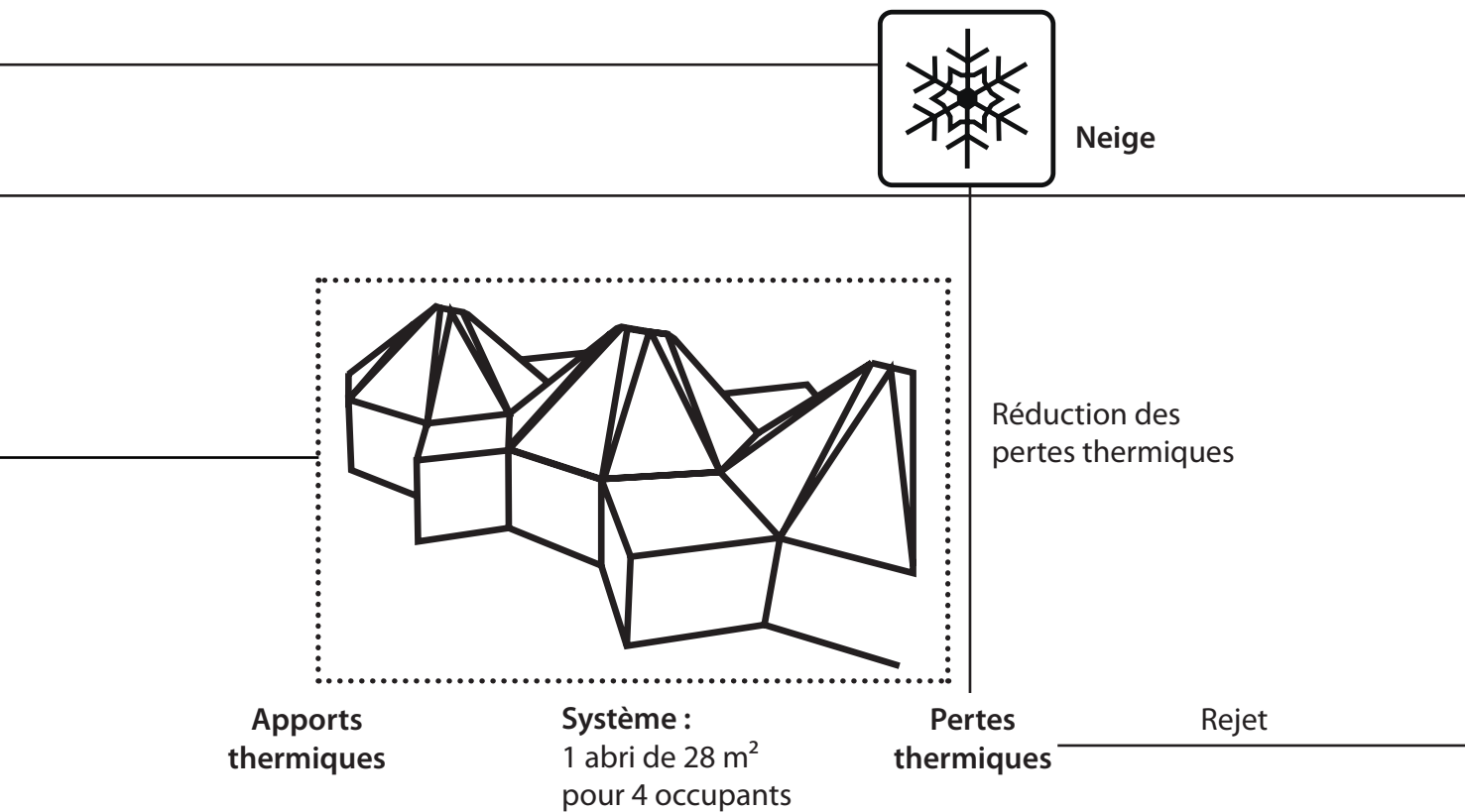
Il faudrait ratisser 7m² de neige au sol!

En conclusion, cette hypothèse pourrait difficilement subvenir à tous les besoins en eau des 2 couples pour toute une année (même en comptabilisant la quantité d'eau récupérée en toiture). Elle reste intéressante de temps à autre pour éviter les risques d'inondations en période de dégel. Il reste plus raisonnable de s'installer à proximité des deux rivières qui traverse Fort McMurray si l'on souhaite répondre véritablement à tous ces besoins.



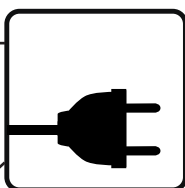
Conclusion





Internes

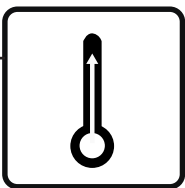
Appareils électroménagers, éclairage



Occupants



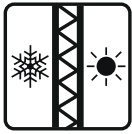
Chauffage



Confort à l'intérieur de l'abri

- toit
- ouvertures donnant sur l'extérieur
- parois verticales opaques donnant sur l'extérieur
- parois verticales opaques donnant sur un espace non chauffé
- plancher
- ventilation mécanique

Synthèse



Isoler sur différentes échelles

Travail sur l'isolation à l'échelle urbaine, du bâti, de l'aménagement intérieur ainsi que sur celle du mobilier.



Se regrouper / Parasiter le tissu existant

La recherche de figures géométriques pour un pavage en plan optimal permet de regrouper les abris de manière à réduire au maximum les surfaces en contact avec l'extérieur.



Construire compact

Construire compact permet de limiter les surfaces déperditives. La surface habitable par abri est de 15m².



Mutualiser l'espace

Le projet propose une mutualisation des sanitaires et de la cuisine. Le foyer central est agrandi. La mutualisation permet d'améliorer le confort des abris dans des conditions climatiques si extrêmes.



Vues sur l'extérieur

Les seules fenêtres de l'abri sont orientées au sud et se trouvent au sein du foyer. Elles donnent vue sur la rue principale.



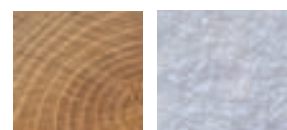
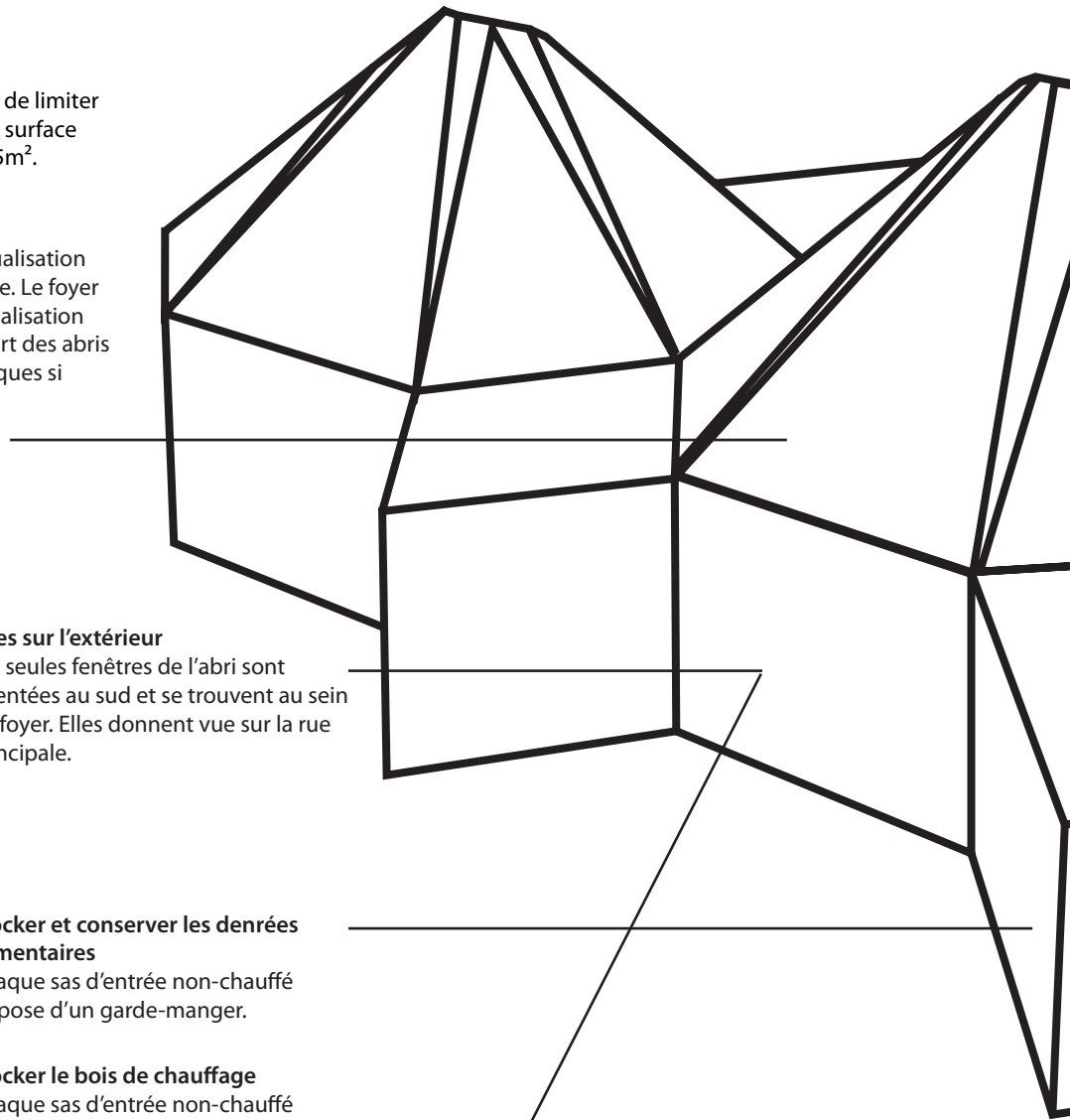
Stocker et conserver les denrées alimentaires

Chaque sas d'entrée non-chauffé dispose d'un garde-manger.



Stocker le bois de chauffage

Chaque sas d'entrée non-chauffé comporte un lieu de stockage pour le bois de chauffage.



Favoriser l'emploi des matériaux locaux pour la construction des abris

Le bois est un matériau à faible énergie grise qui peut être transformé, recyclé après déconstruction. Le choix de ce matériau local, abondant permet d'obtenir un faible bilan carbone par rapport aux alternatives que l'on trouve sur le site.



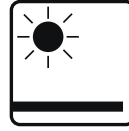
Utiliser la neige comme surisolation

La neige est préservée en toiture durant l'hiver rigoureux de manière à l'exploiter comme une épaisseur de surisolation.



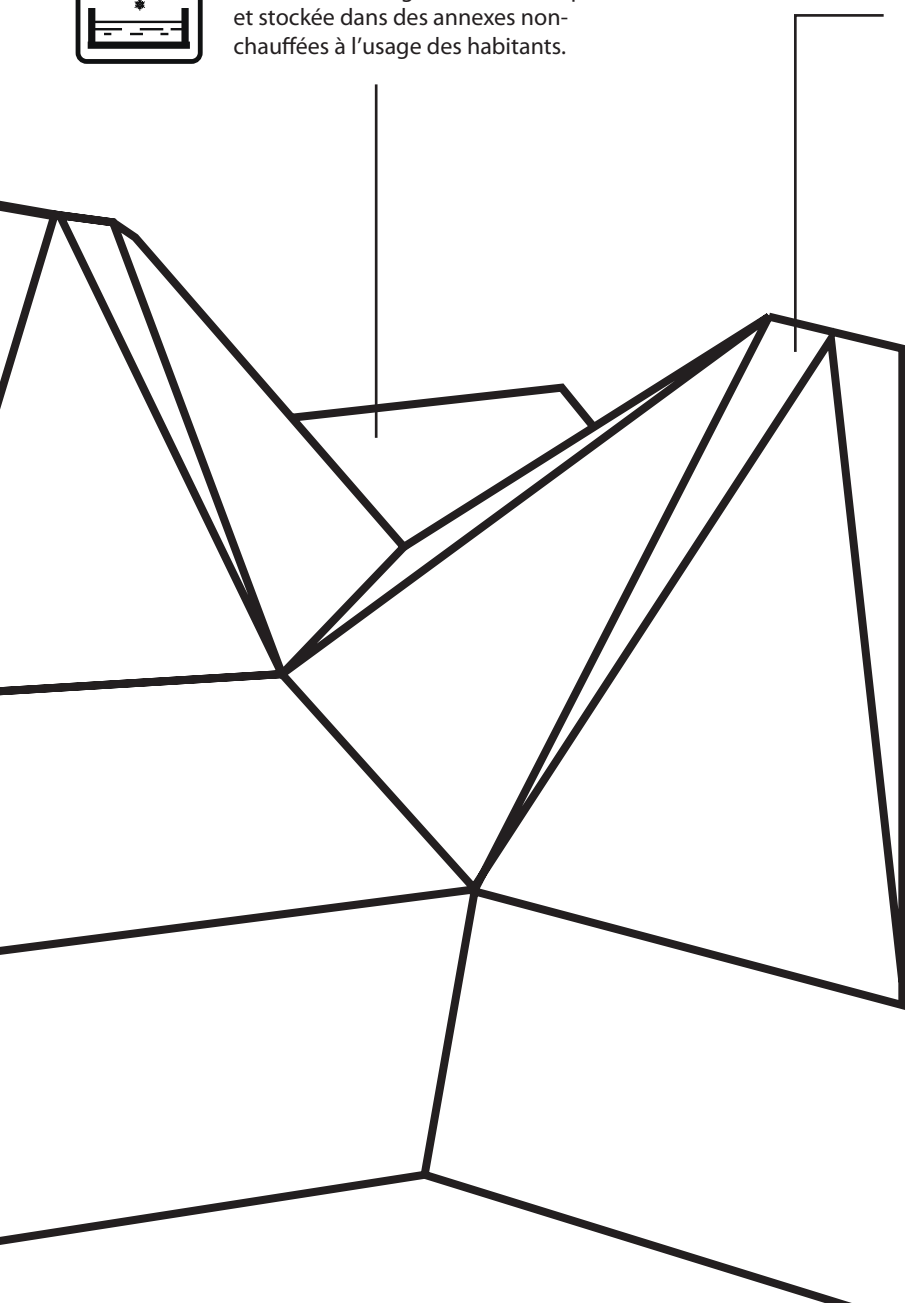
Collecter l'eau de la neige fondue

A la saison du dégel, l'eau est récupérée et stockée dans des annexes non-chauffées à l'usage des habitants.



Eclairage zénithal

L'éclairage zénithal permet un éclairage naturel de grande surface durant la journée.



Se chauffer avec la biomasse

Le bois se trouve en quantité abondante à Fort McMurray étant donnée la déforestation de la forêt boréale.

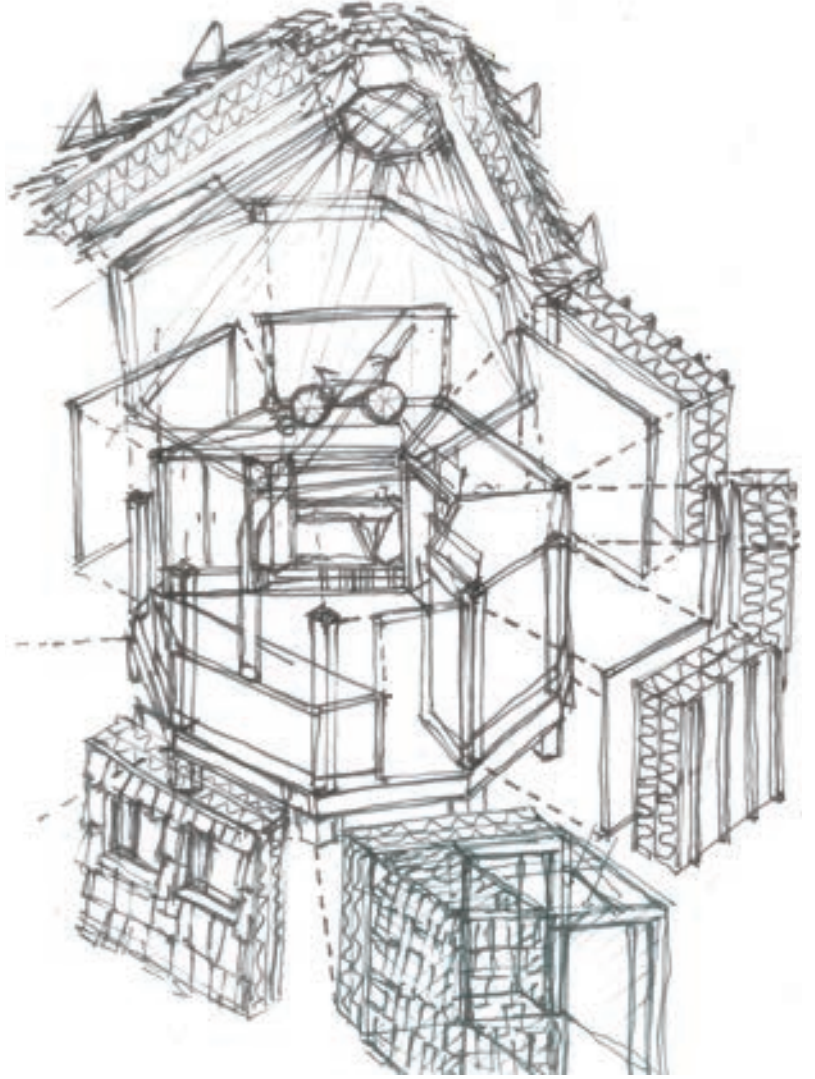
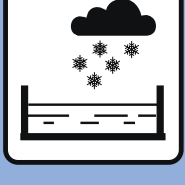
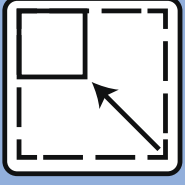
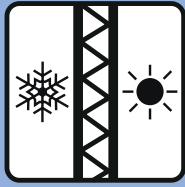


Produire de l'électricité par la force humaine

Dans ces conditions climatiques extrêmes, il est intéressant d'imaginer le recours à l'électricité produite par la force humaine pour alimenter les appareils numériques qui nous entourent.

Survivre dans des conditions climatiques extrêmes

Construire compact permet de limiter les surfaces déperditives et donc de réduire les demandes en consommation de chauffage. Le projet propose un travail sur la compacité sur différentes échelles : urbaine, bâti, aménagement intérieur et mobilier.



Climat

Géographie
Données et analyses climatiques

Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux

Descriptifs
Assemblages et détails
Alternatives et comparaisons

Energie

Besoins/Production
Conclusion

Synthèse

La hague

France

Géraldine Same

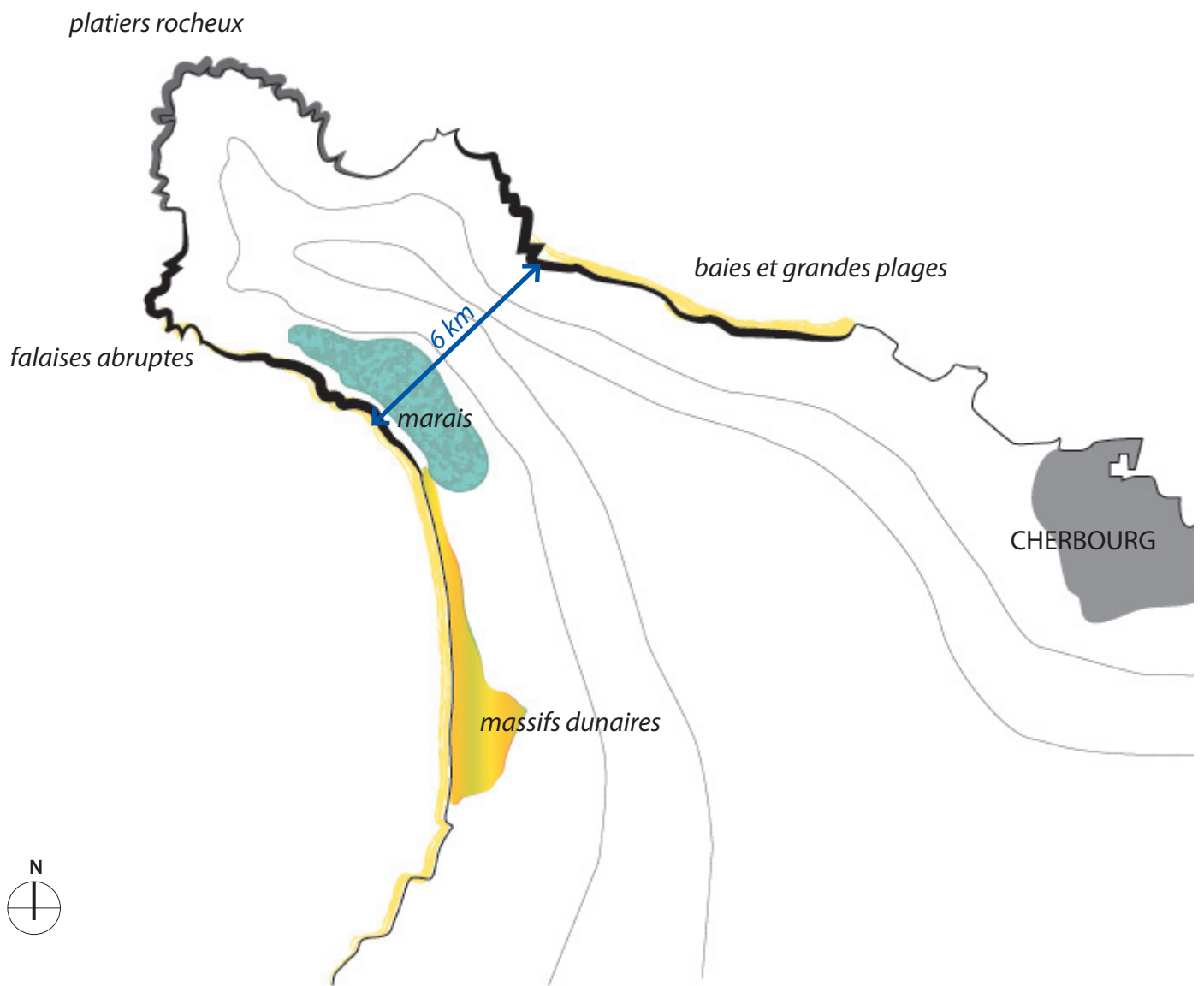
Cap de La Hague

France



Climat

Géographie
Données et analyses climatiques



Géographie

lat. **49° 42 N** long. **1° 54 O** alt. de **120 à 170m**

Le cap de La Hague forme une presqu'île à la pointe Nord-Ouest du Cotentin (péninsule du département de La Manche) et se situe à trente kilomètres de Cherbourg et de Flamanville.

Le cap bénéficie d'un climat tempéré océanique et est également soumis à des vents pouvant atteindre les 100 km/h. et des rafales de 300km/h

Le littoral haguais est protégé au titre de la loi du 2 mai 1930 relative à la protection des monuments et sites naturels, à l'exception de l'anse des Moulinets, où se situent les installations de l'usine de retraitement de la Hague. La côte est longée par le sentier des douaniers (GR 223). Elle est également agrémentée de petits ports (Goury, le Houguet, Port Racine, Port du Hâble...) et de mouillages.

La proximité de la mer et l'influence du Gulf Stream font que la région ne connaît généralement pas le gel. C'est donc un lieu important pour les oiseaux migrateurs en hiver.

La mare de Vauville accueille plus de 140 espèces d'oiseaux migrateurs (comme la fuligule morillon ou le Pipit farlouse), canards (colverts, sarcelles...), gravelots, ou encore hérons. Nichent également dans la Hague quelques rapaces comme le busard des roseaux et le Faucon crécerelle.

On trouve également des batraciens (crapauds accoucheurs, rainettes vertes) et des petits reptiles (lézards verts, orvets...).

Grands dauphins et marsouins sont présents au large. Les tunnels militaires du Castel-Vendon abritent des colonies de chauves-souris. Depuis une vingtaine d'années, les falaises de Jobourg abritent une harde de chèvres sauvages[

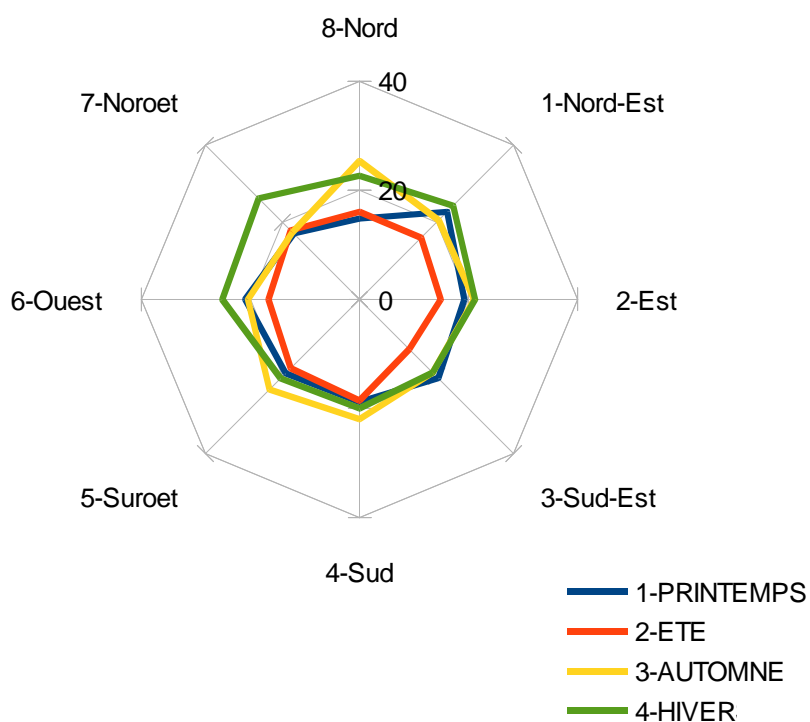
La péninsule haguaise est principalement un pays de landes (et de bocage à l'intérieur des terres), formées de fougères, bruyères, genêts, ajoncs (de Le Gall et d'Europe)... Sur la côte, on trouve dans les haies aubépines, chênes, frênes, sycomores, sureaux. Il existe également une concentration d'ormes dans les haies de la côte nord.

Les falaises sont recouvertes de lichens, noirs et orangés, de salicornes, d'asperges prostrées, de statice de l'ouest et de carottes à gomme. Les corniches accueillent pelouse rase, arméris et Silènes maritimes. Aux abords des plages sont présents le chou marin, objet d'une protection, la véronique en épi, l'Œillet de France.

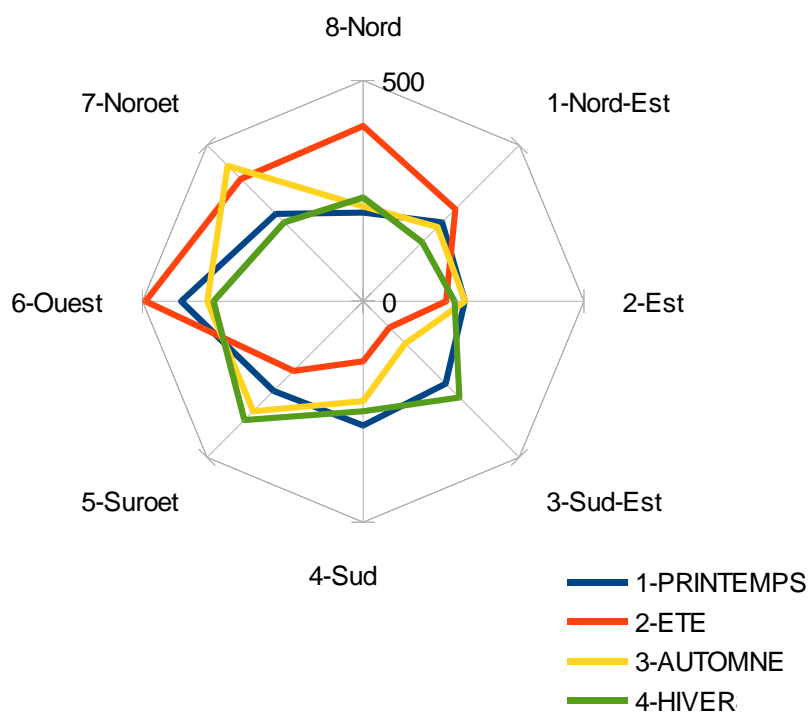
Concernant l'élevage, les vaches omniprésentes comme dans toute la Normandie, partagent les prés avec les moutons roussins et quelques ânes du Cotentin et ânes normands.



Vitesses maximales des vents (hors rafales)



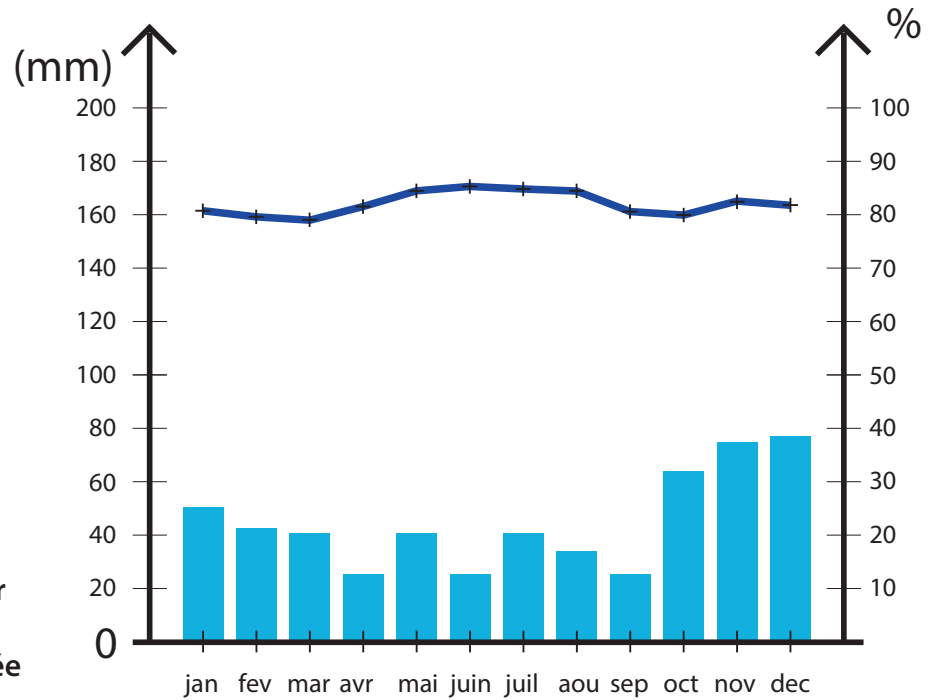
Fréquence des vents (en heures soufflées)



Orientations favorables :
 . du Sud à l'Est en ETE
 . à l'Est en général

Precipitations et humidité relative

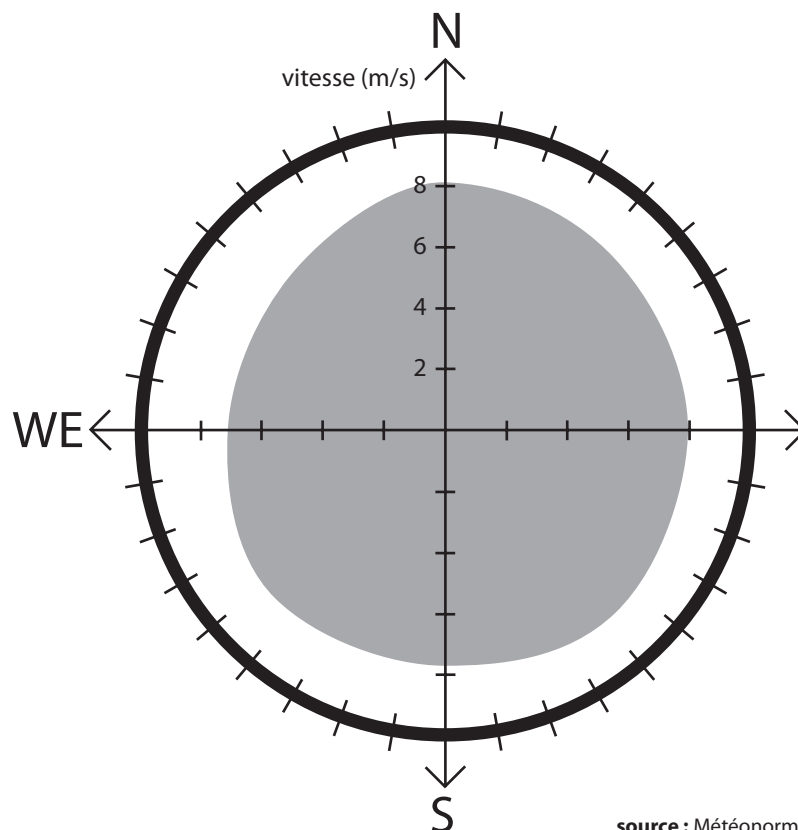
Les précipitations sont plus importantes en hiver et l'humidité relative reste élevée toute l'année



source : Météonorme

Vents dominants

Aucune direction n'est privilégiée
Sur l'année leur vitesse moyenne ne diffère presque pas



source : Météonorme

Températures et écarts jour/nuit

source : Météonorme

Faibles écarts jour/nuit

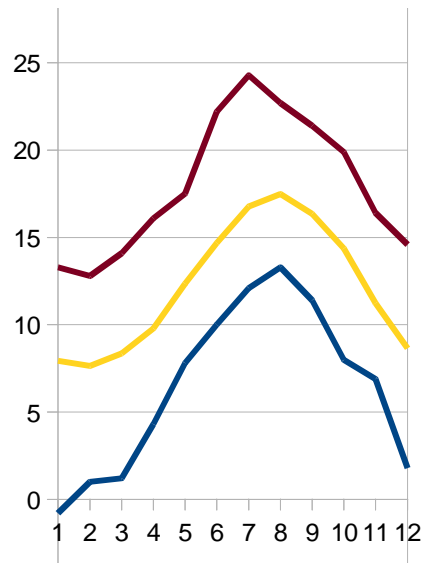
(de 1 à 2°C en moyenne)

Faibles écarts Eté/Hiver

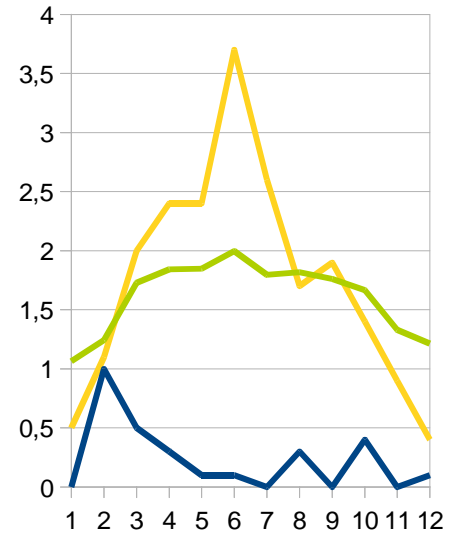
(10°C en moyenne)

Solaire passif :

Déphasage intéressant de mars à septembre

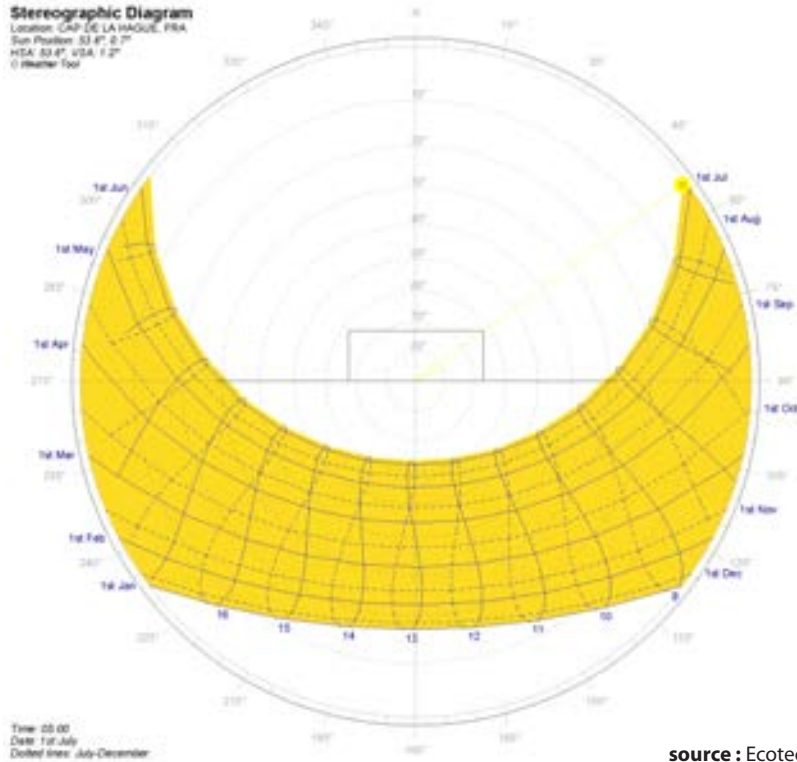


— Max - TEMPERATURE
— Moyenne - TEMPERATURE
— Min - TEMPERATURE



— écart J/N des T° max
— écart J/N des T° moy
— écart J/N des T° min

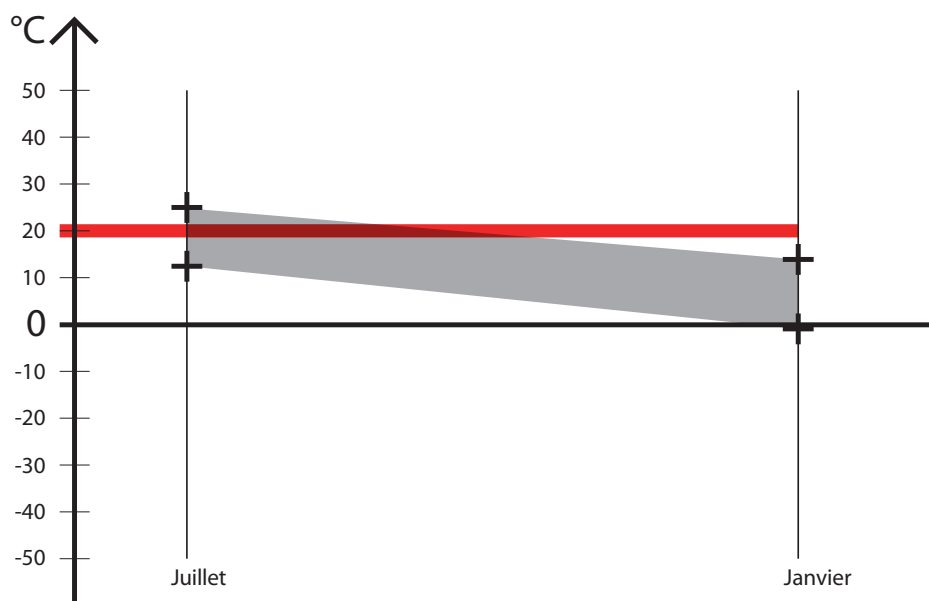
Incidence des rayons solaires



source : Ecotect

Profil des températures

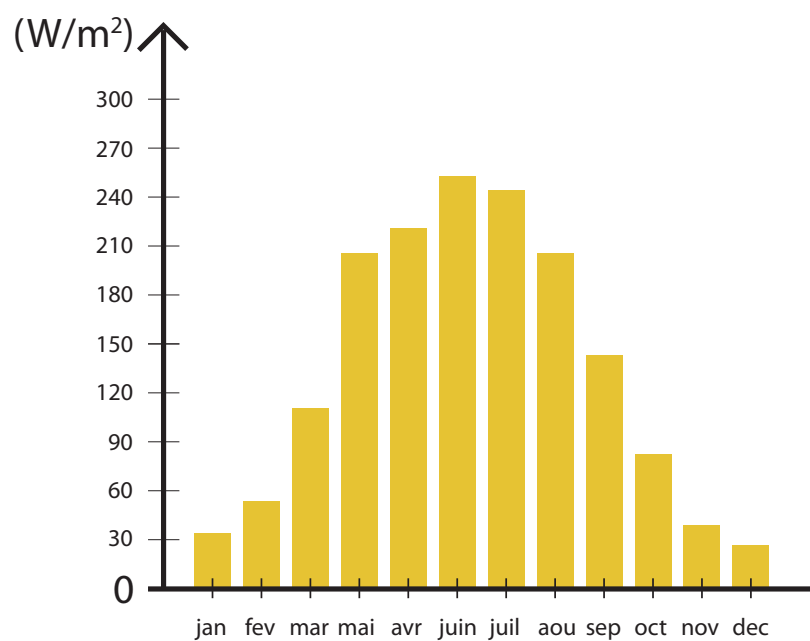
Faible amplitude des températures & Besoin de chauffer presque toute l'année
mais de façon modeste (rares sont les températures négatives)



source : Météonorme

Moyennes mensuelles du rayonnement solaire

Apports solaires valorisables
aux intersaisons et en Été

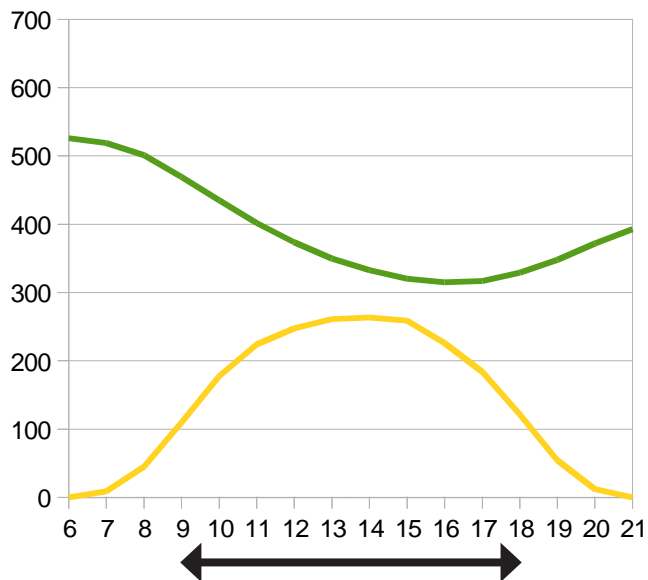


source : Météonorme

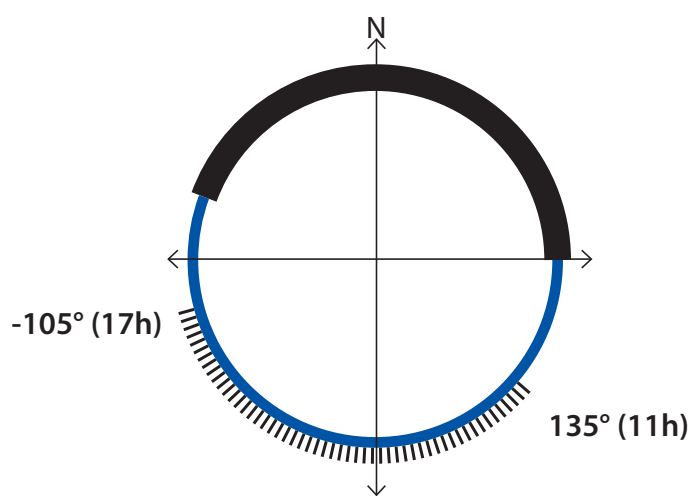
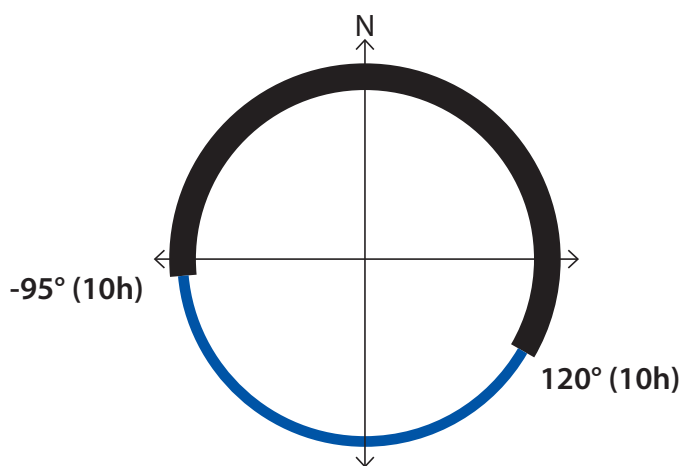
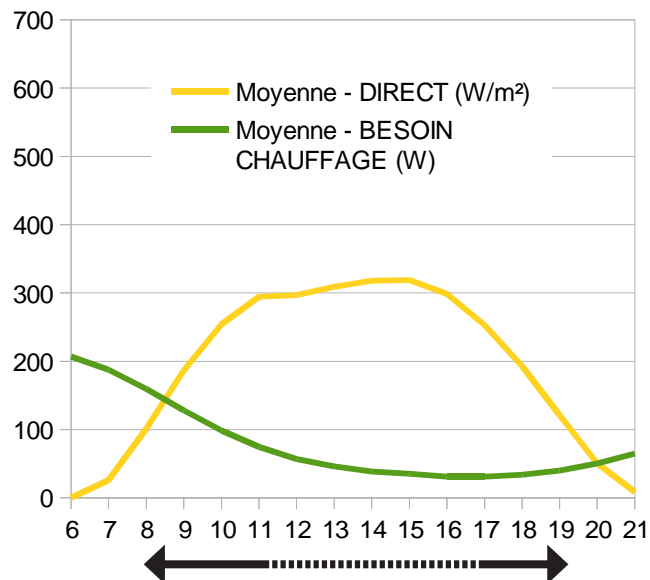
SOLAIRE PASSIF :

Orientations favorables

PRINTEMPS

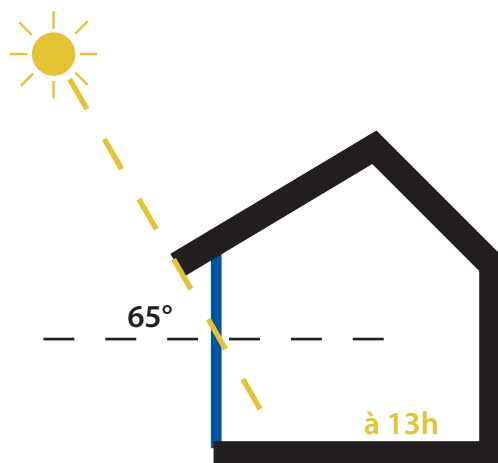
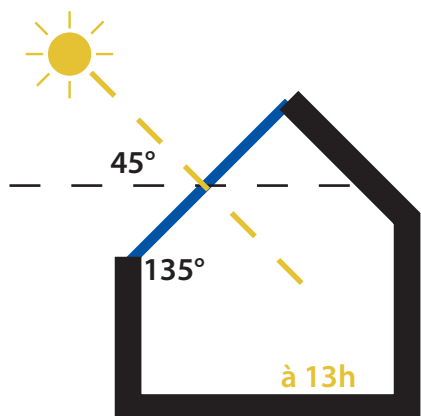


ÉTÉ



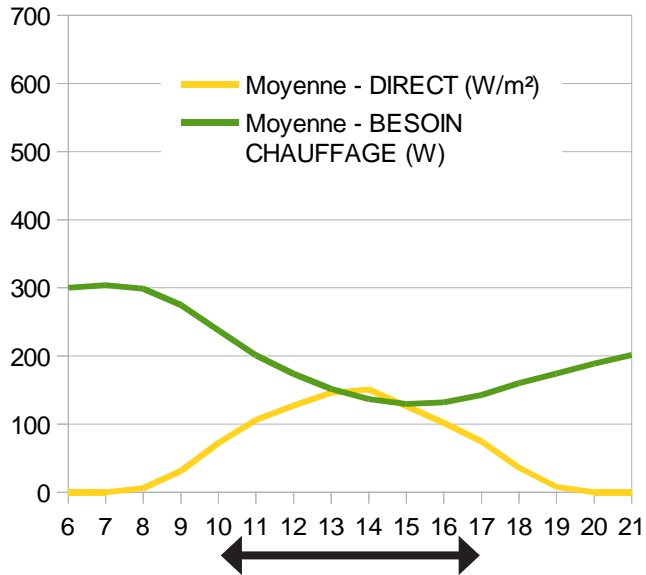
angle d'incidence à favoriser :
de 30 à 45°

angle d'incidence à protéger :
de 40 à 65°



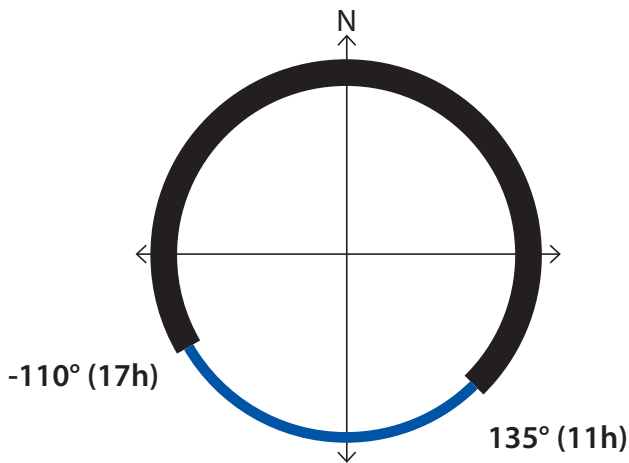
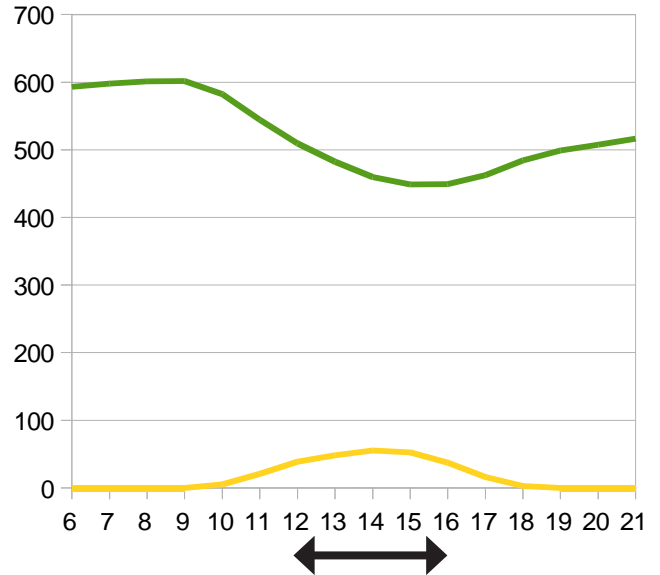
et angles angles de vitrage optimal

AUTOMNE

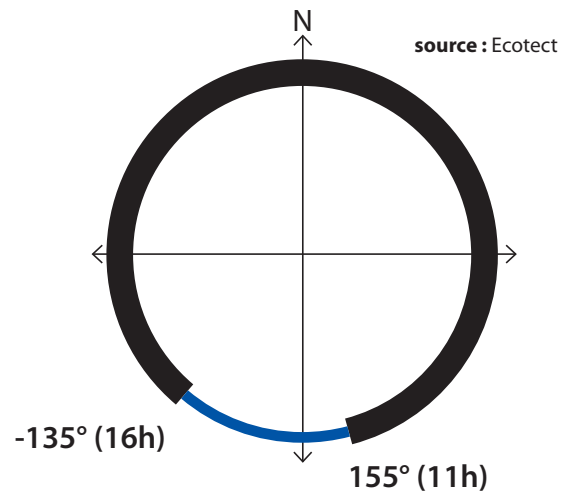
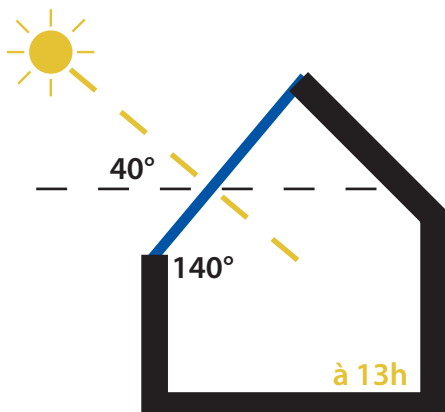


HIVER

source : Météonorme

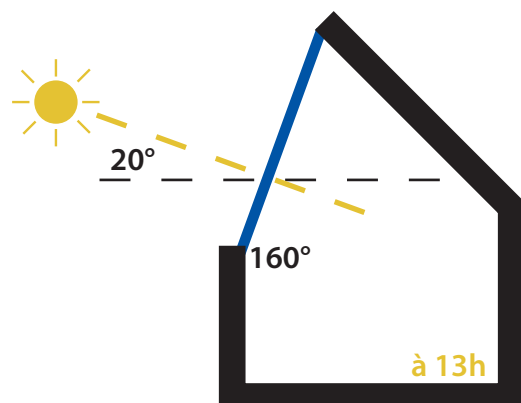


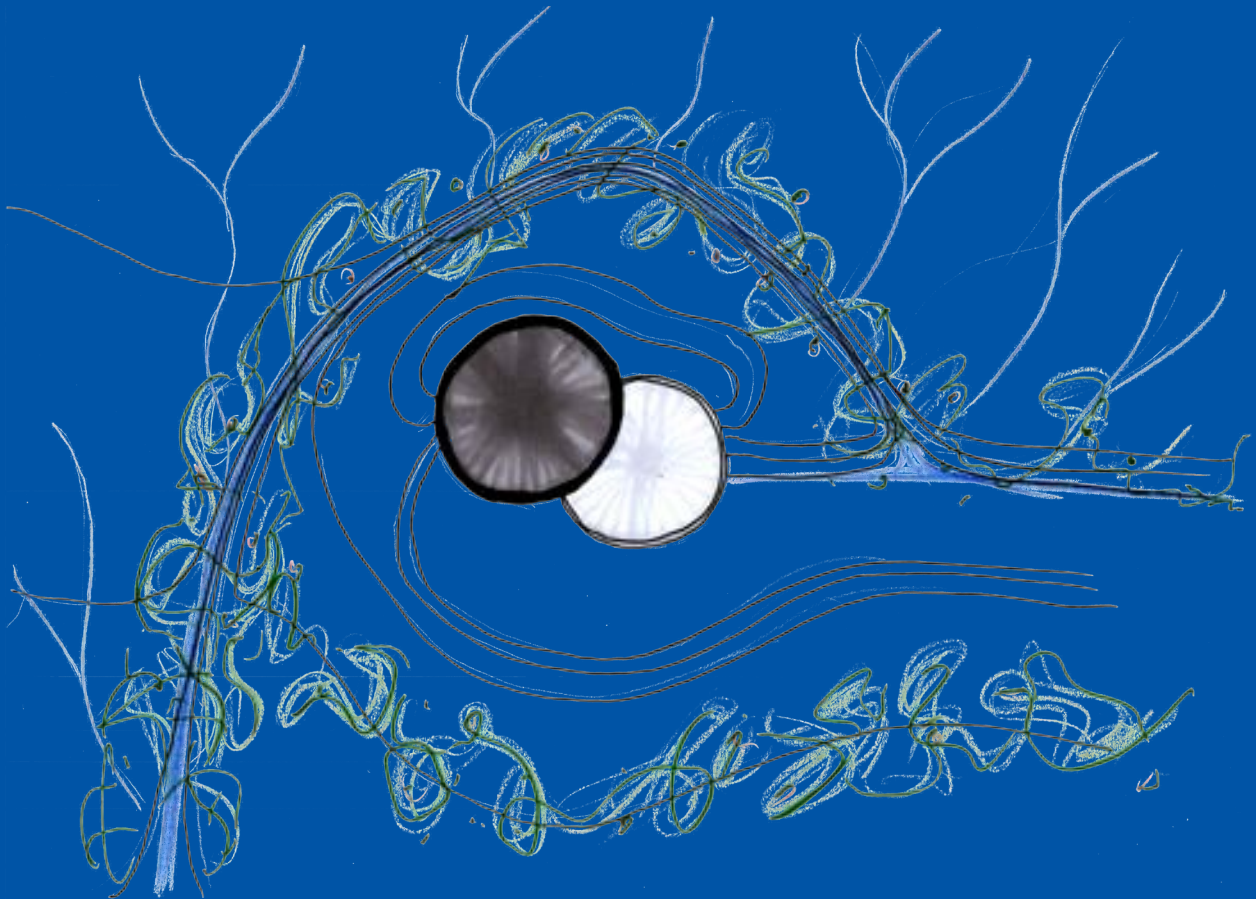
angle d'incidence à favoriser :
de 30 à 40°



source : Ecotect

angle d'incidence à favoriser :
de 10 à 25°





Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux



Sable, granulats et pierres granitiques



Laine de mouton



Bois (chêne et autres feuillus, douglas et autres résineux)
. massif
. en fibre
. en copeau



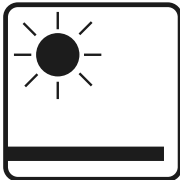
Usine de retraitement de La Hague



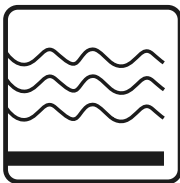
Centrale nucléaire de Flamanville

Ressources

Energie disponible sur site



Soleil (200W/m² aux inter-saisons) :
Solaire passif

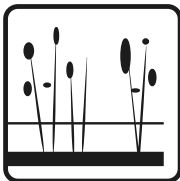


Vent (30km/h en moyenne) :
Eolienne

Besoins primaires sur site

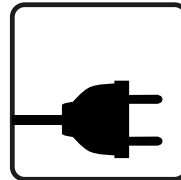


Il pleut en moyenne 0.6 L/m² par jour
et 10L/m²/jr au maximum.

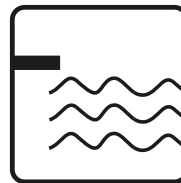


Terres fertiles et diversité des espèces
sauvages animales et végétales.

et disponible par le réseau

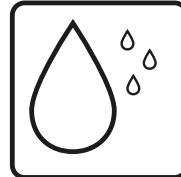


Électricité provenant du nucléaire
(Flamanville)



Électricité provenant
prochainement d'hydroliennes
(Cherbourg).

et du réseau



Eau potable

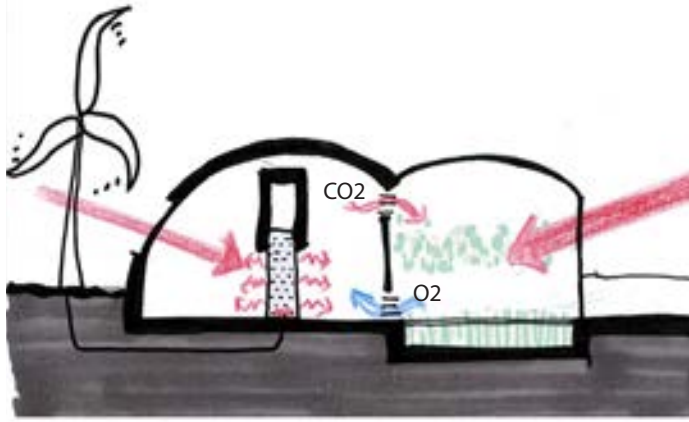
Dans ces terrains de socle, le granite fissuré peut contenir très peu d'eau comparé au sable ou au gravier. Le débit des cours d'eau et des sources dépend directement de la recharge réalisée par les pluies de la période hivernale précédente.

De plus, il y a toujours un enjeu pour la qualité d'eau ainsi que pour sa quantité en période de sécheresse à cause des nombreuses exploitations bovines et agricoles.



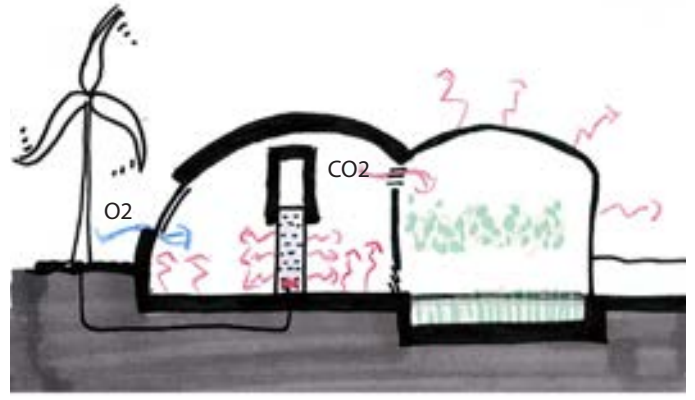
HIVER

JOUR



Tmax = 15°C Tmoy = 9°C Tmin = -1°C

NUIT

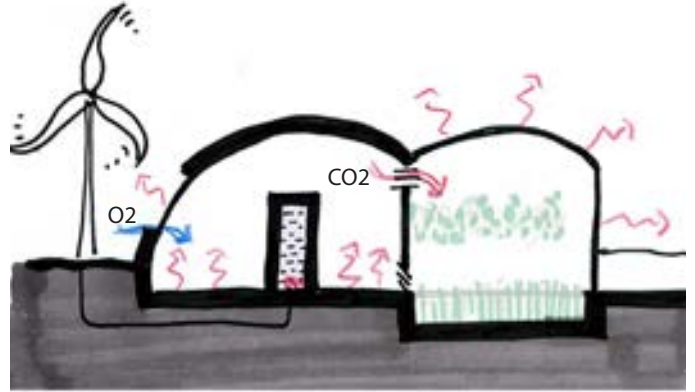


Tmax = 14°C Tmoy = 8°C Tmin = -1°C

ÉTÉ / AUTOMNE

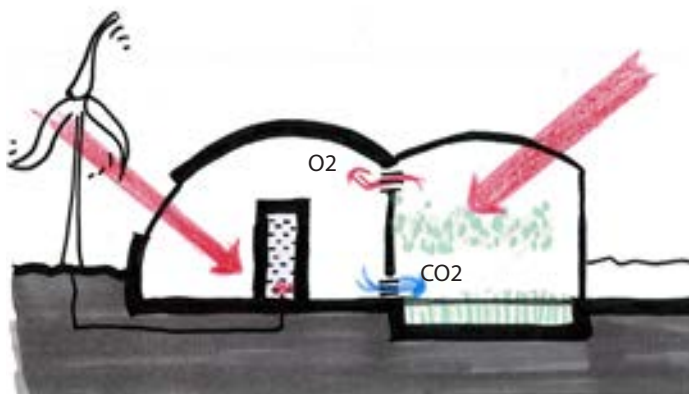


Tmax = 25°C Tmoy = 16°C Tmin = 7°C

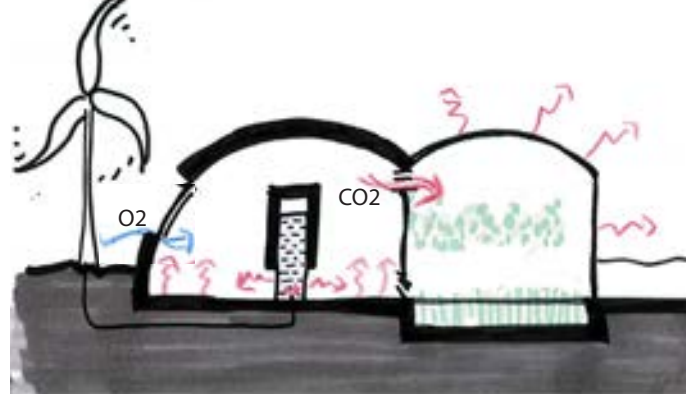


Tmax = 22°C Tmoy = 14°C Tmin = 7°C

PRINTEMPS

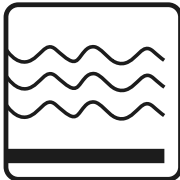


Tmax = 17°C Tmoy = 11°C Tmin = 2°C



Tmax = 15°C Tmoy = 9°C Tmin = 1°C

Stratégies



Se protéger du vent

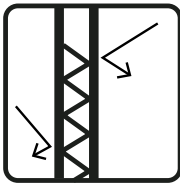
S'approcher d'une forme sphérique pour minimiser les turbulances.

Décaïsser le terrain et s'entourer de végétation basse pour ralentir la vitesse au niveau du sol.



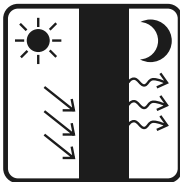
Solaire passif

Maximiser les apports grâce à l'angle et l'orientation des vitrages.



Isolation

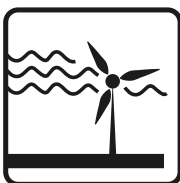
Minimiser les déperditions avec une bonne isolation et limiter les ouvertures à vocation d'éclairage naturel.



Déphasage

Conserver la chaleur de la journée et la restituer la nuit.

Cela est permis grâce au plan de travail et au sol.



Transformer l'énergie du vent en courant continu

A l'échelle du projet, la solution low-tech me paraît la plus évidente :

l'éolienne fournit du courant alternatif à fréquence variable et on peut aisément la transformer en courant continu.

(Alors que pour obtenir un courant alternatif à la fréquence du réseau il faut deux autres étapes et de lourds équipements).



Gestion de l'eau :

récolte / économie et qualité

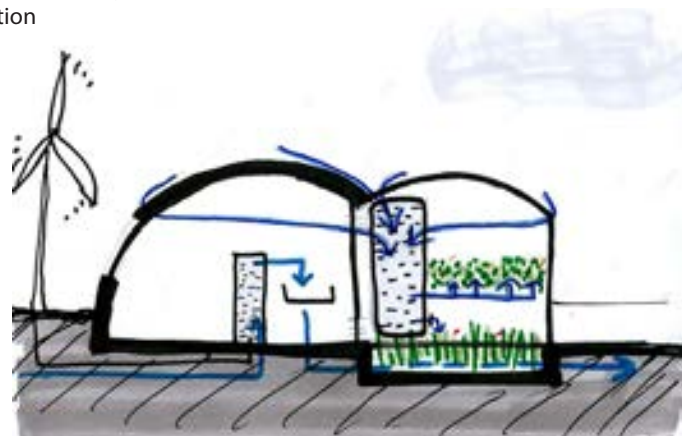
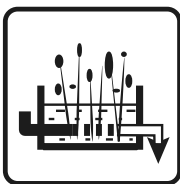
. Un réseau de noues évacueront le surplus d'eau du terrain.

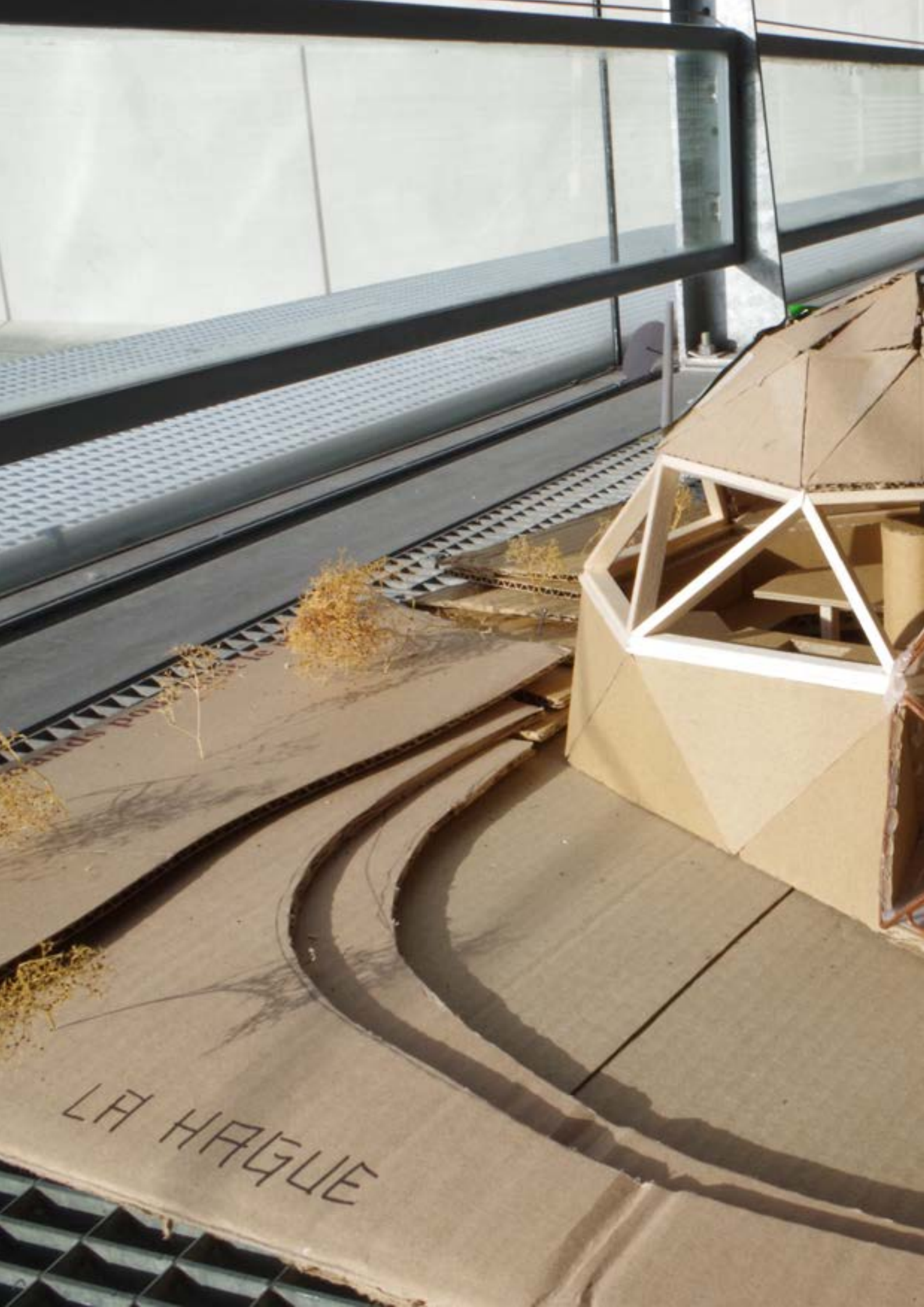
. Rétention des eaux pluviales tombant sur le toit

(Il peut pleuvoir jusqu'à 10 L/m² en une seule journée).

. Assainissement par phyto-épuration

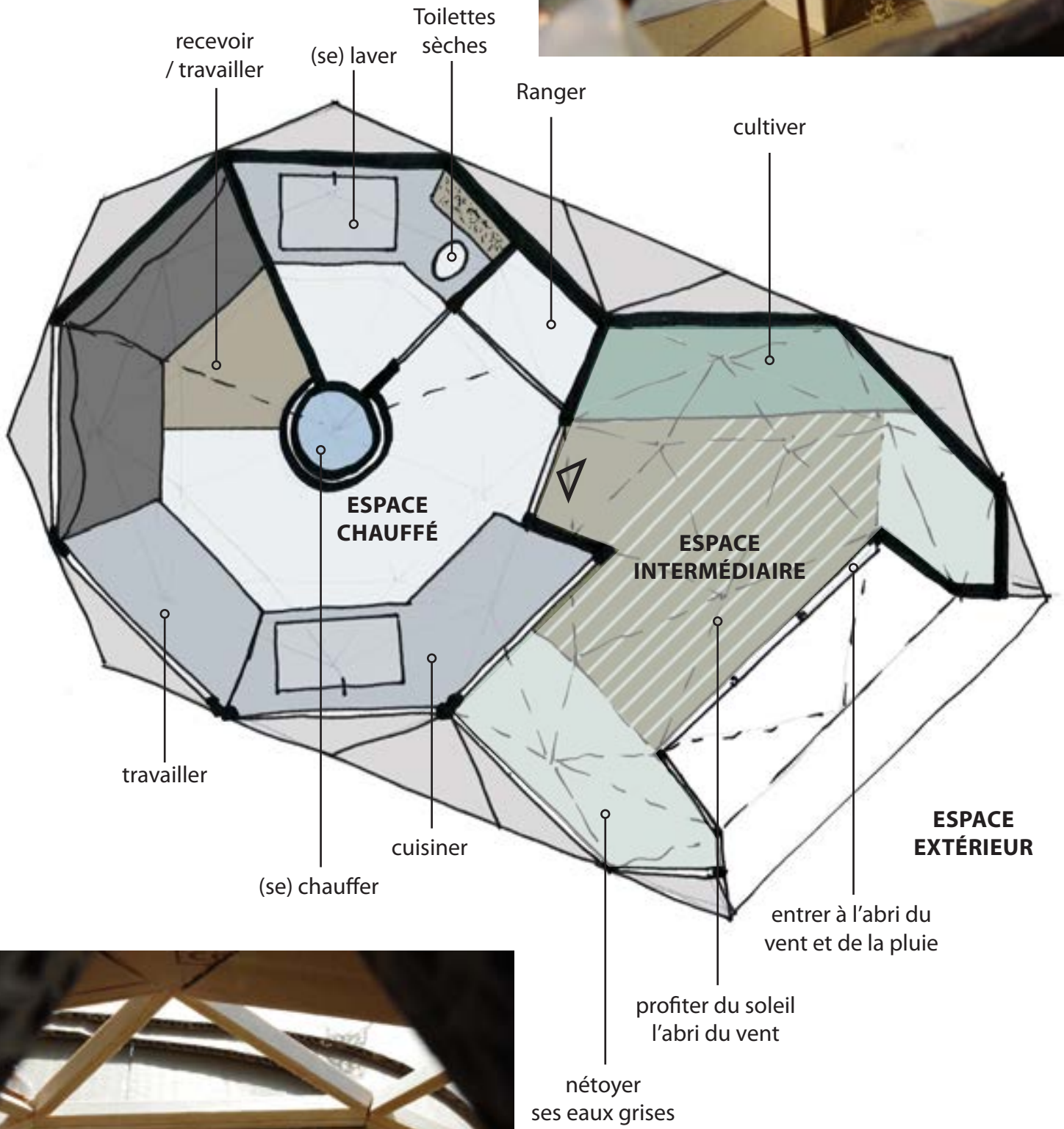
. Toilettes sèches



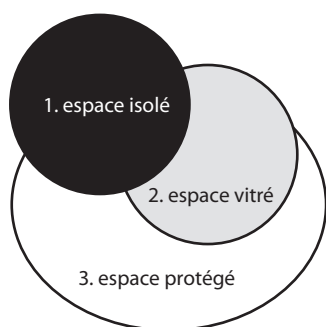


LA HAGUE





Usages



1. La capsule contient tous les usages primaires ainsi que la possibilité d'y exercer son activité (au moins l'administratif et les préparatifs pour les métiers manuels).

On s'y réfugie la nuit et pendant l'hiver.

2. La verrière contient des usages complémentaires.

On s'y installe les belles journées de printemps

3. Le jardin peut contenir un potager (arrosé avec l'eau propre) et/ou une cour (dont le sol stocke la chaleur du soleil pour la faire rayonner en soirée)

On l'habite l'été et l'automne lorsqu'il fait beau.



regarder le ciel

/s'éclairer

entrée d'air oxygéné
et pré-chauffé

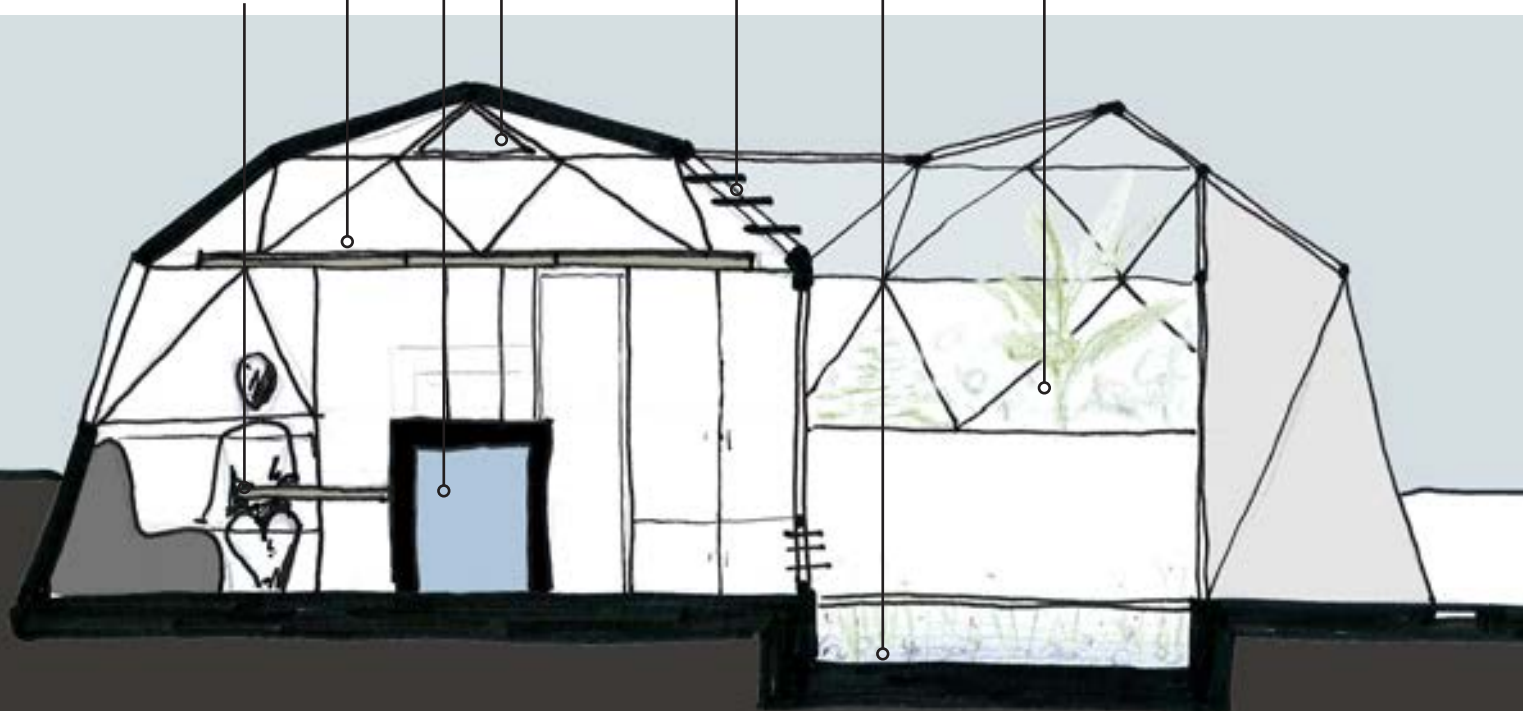
cultiver

travailler
/ recevoir

dormir

(se) chauffer

nettoyer
ses eaux grises





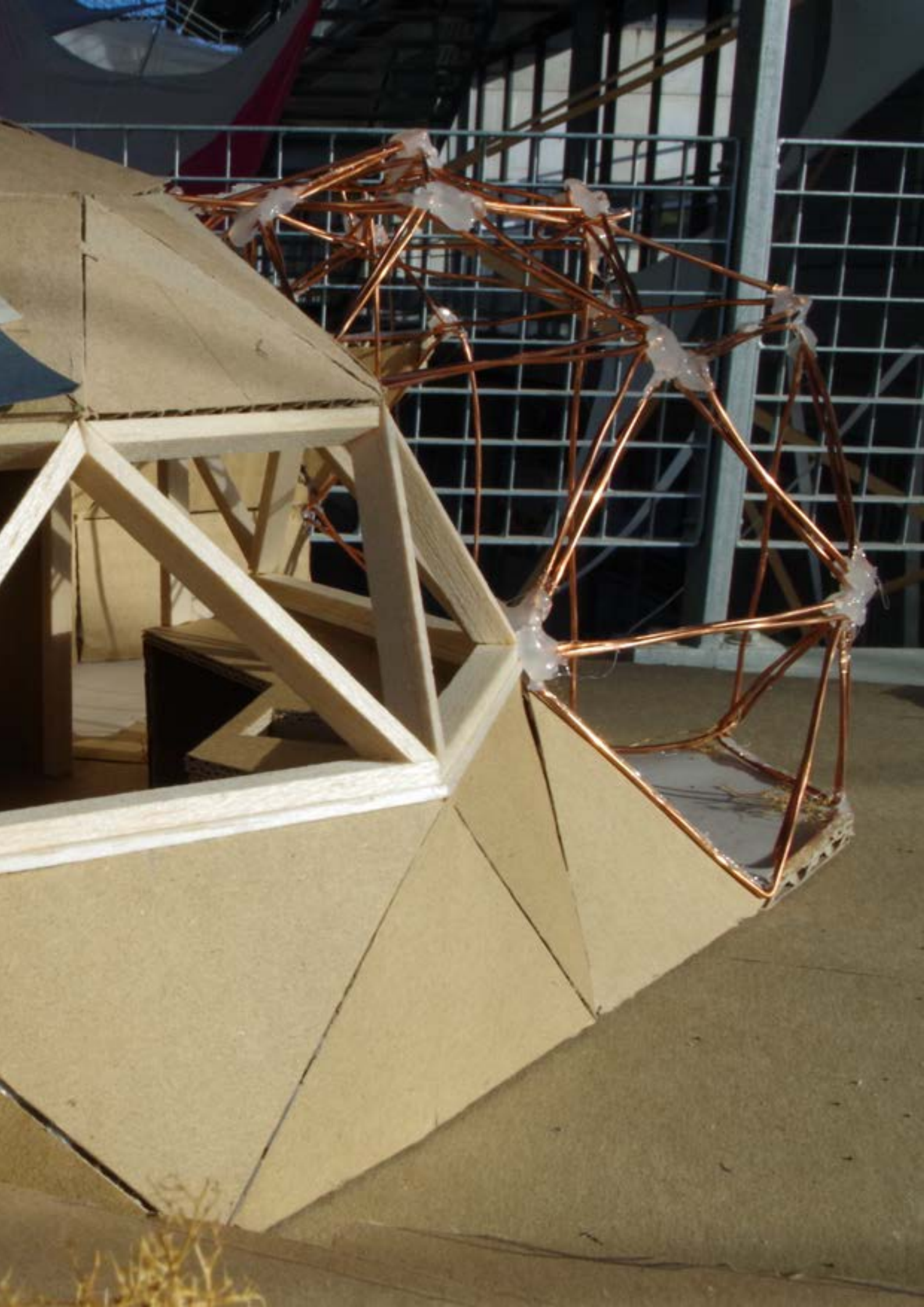
Matériaux

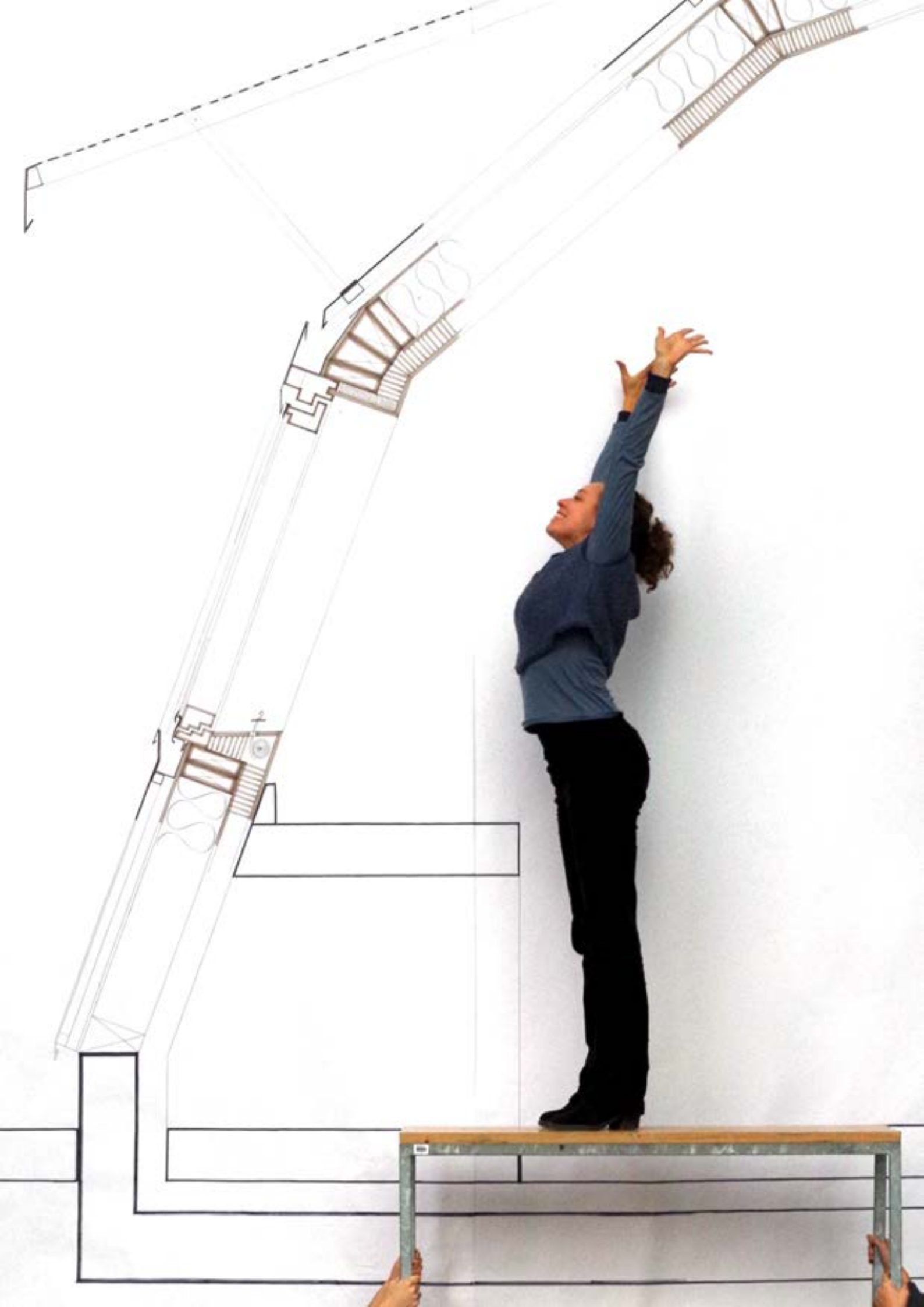
Descriptif et propriétés physiques recherchées

Assemblages et détails

Alternatives et comparaisons







Caractéristiques recherchées

Propriétés physiques correspondantes

Structure

Permettre la formation des triangles en amont du chantier et chercher la précision.

Faible conductivité λ pour limiter les ponts thermiques.

Isolation semi rigide

Faible conductivité λ et **masse volumique ρ moyenne**

Isolant rigide

Faible conductivité λ et **masse volumique ρ importante**

Finition interieur

Bonne réaction au feu et aux choc : **forte masse volumique ρ**

Couverture

Résistante aux chocs et à l'humidité.

Vitrage

Capteur thermique (fort facteur solaire g) et isolant

Dalle et plans de travail

Faible diffusivité D, forte effusivité E :

(forte capacité thermique volumique ρC & forte conductivité thermique λ)

Brises soleil

Résistance aux chocs et à l'humidité.

Assemblages et détails

Préfabrication des panneaux triangulaires :

0. Assembler les trois à mi-bois, visser et coller
1. Assemblage : CP + Bois + CP
2. Découpe des trois cotés en fonction de l'angle donné par la position du triangle
3. Sur place, assemblage et fixation au panneau voisin en ôtant temporairement une plaque de CP
4. Combler le vide d'isolant
5. refermer le panneau

Doublage et finition

Isolation rigide maintenue par des vis à rondelles sur lesquelles vient se fixer le parement intérieur

Plancher double : structure / masse thermique

Un isolant rigide intermédiaire permet à la masse supérieure se faire rayonner sa chaleur vers l'intérieur.

Alternatives et comparaisons



Structure

Faible conductivité λ

Bois : $\lambda = 0,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Acier : $\lambda = 50 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Isolation semi rigide

Faible conductivité λ et masse volumique ρ moyenne

Laine de mouton : $\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$

Fibre textile :



Isolant rigide

Faible conductivité λ et masse volumique ρ importante

Fibre de bois : $\lambda = 0.039 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $\rho = 140 \text{ kg/m}^3$

laine de verre



Finition interieur

Bonne réaction au feu et aux chocs : forte masse volumique ρ

Contreplaqué : $\lambda = 0,11 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$



Couverture

Résistante aux chocs et à l'humidité.

Tôles d'acier



Vitrage

Capteur thermique (fort facteur solaire g) et isolant

Double vitrage : $U = 2,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $g = 65 \%$

Triple vitrage : $U = 1,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $g=65 \%$



Dalle et plans de travail

Faible diffusivité D , forte effusivité E :

Béton armé : $D = 3,52.10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$, $E = 38,7 \text{ W.h}^{1/2}/\text{m.K}$

Béton de terre : $D = 1,4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$, $E = 29,4 \text{ W.h}^{1/2}/\text{m.K}$



Brise soleil

Résistance aux chocs et à l'humidité.

Tôle perforées

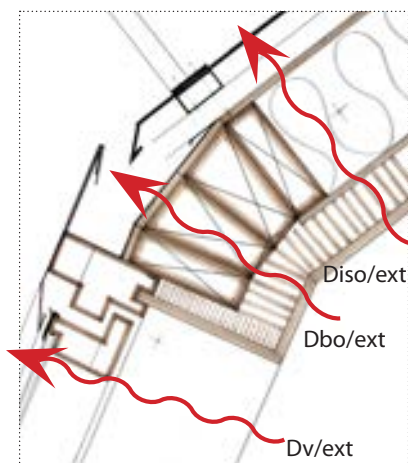
Zinc



Energie

Besoins
Productions

(Apparté)



Quatre types de surface déperditives (vitrage, bois, isolation et béton) et 3 types d'échanges possibles (sol, serre et extérieur)

Surfaces de l'enveloppe déperditives dans le sol

- . Sb_{é/sol} = 24,1 m²
- . Sbo/sol = 1 m²
- . Siso/sol = 3,6 m²

Surfaces de l'enveloppe déperditives sur l'extérieur

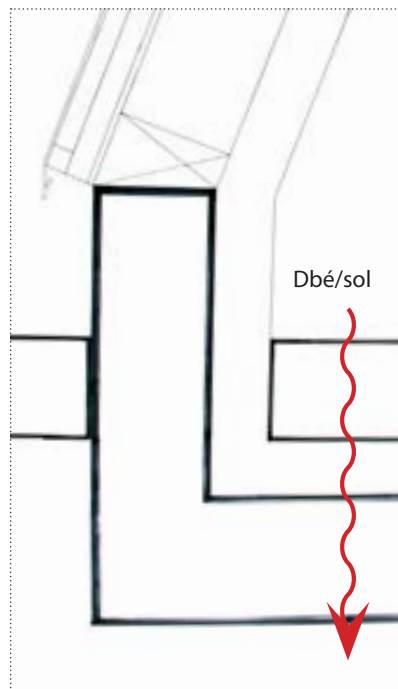
- . Sv/ext = 6,4 m²
- . Sbo/ext = 6,4 m²
- . Siso/ext = 24,1 m²

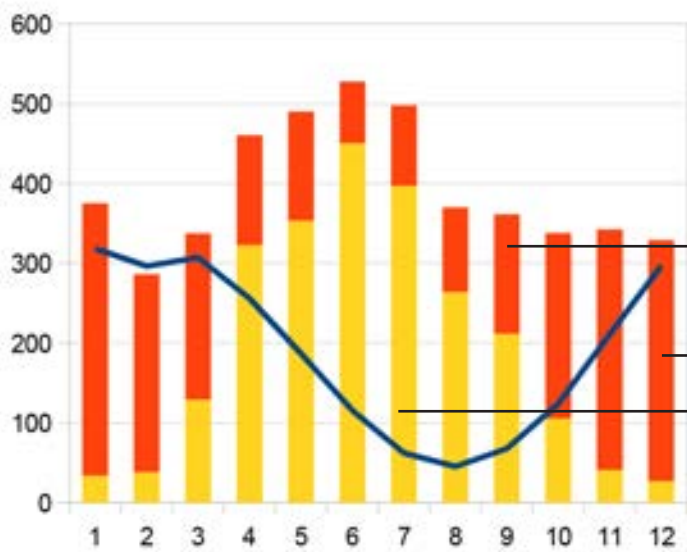
Surfaces de l'enveloppe déperditives sur la serre

- . Sv/ser = 3,75 m²
- . Sbo/ser = 2,75 m²
- . Siso/ser = 5 m²

Coéfcients de déperdition

- . Uv/ext = Uv/ser = 2,4 W/m²/K
- . Uiso/ext = Uiso/ser = Uiso/sol = 0,15 W/m²/K
- . Ubo/ext = Ubo/ser = 0,26 W/m²/K et Ubo/sol = 0,27 W/m²/K
- . Ub_{é/sol} = 0,45 W/m²/K





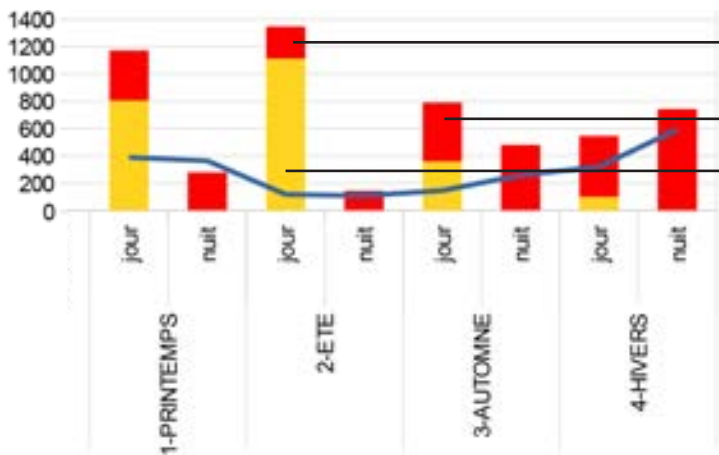
Surplus

Une des deux éoliennes peut ne pas fonctionner

Complément par chauffe eau

Risque de surchauffe

. ventilation (accélérée par le vent)
. rideau thermique



Non nécessaire

mais le vent aidera la ventilation naturelle

Non nécessaire

Risque de surchauffe

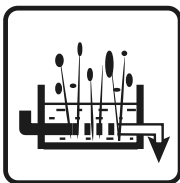
. ventilation accélérée par le vent
. rideau thermique

■ E potentiel du vent (kWh)
■ E solaire captée (kWh)
— D totale (kWh)

Productions



Collecte eau de pluie par le toit : 24 000L/an
 (= 540 L/m² x 44 m²)



Eau propre : 32 000L/ an soit 2700L/mois
 (= consommation d'eau potable - eau de cuisine)

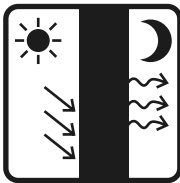


Solaire passif optimal : 2400 kWh/an

$Q_{\text{captée}} = Q_{\text{stockée}} + Q_{\text{transmise}}$
 $Q_{\text{transmise}} = Q_{\text{captée}} - Q_{\text{stockée}}$

$Q_{\text{captée}} = 8,2 \times \text{facteur d'occultation} \times \text{coef de transmission (double vitrage)} \times \text{rayonnement direct} \times \text{rendement (orientation vitrage)}$

source : David Whight, [Manuel d'architecte naturelle](#)

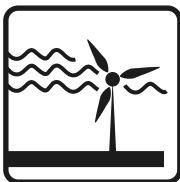


Chaleur stockée la journée par le sol et le mobilier massif : 700 kWh/an

Calcul effectués par jour

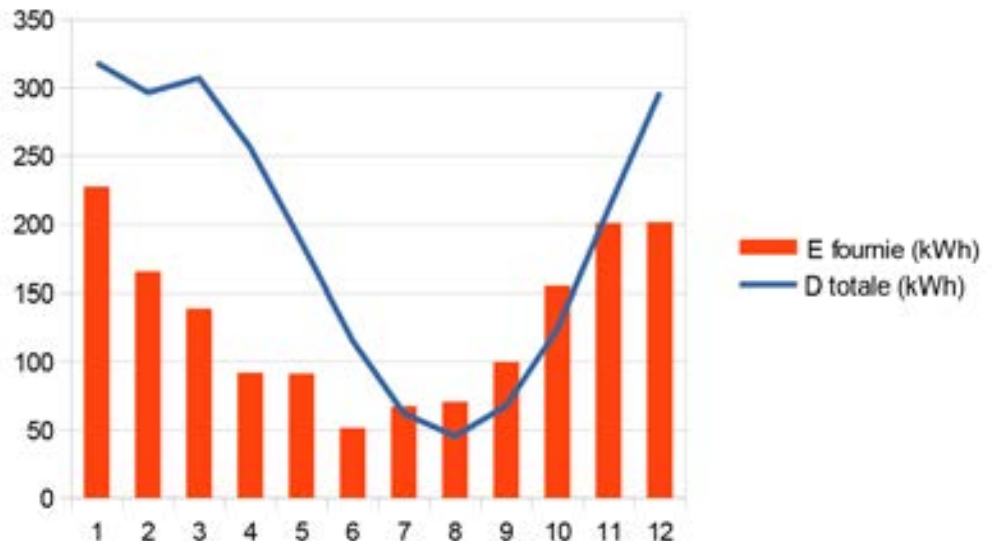
avec un volume de 4,5 m³ de masse thermique, 8,2m² de vitrage et $\rho C = 653 \text{ Wh/m}^3 \cdot K$

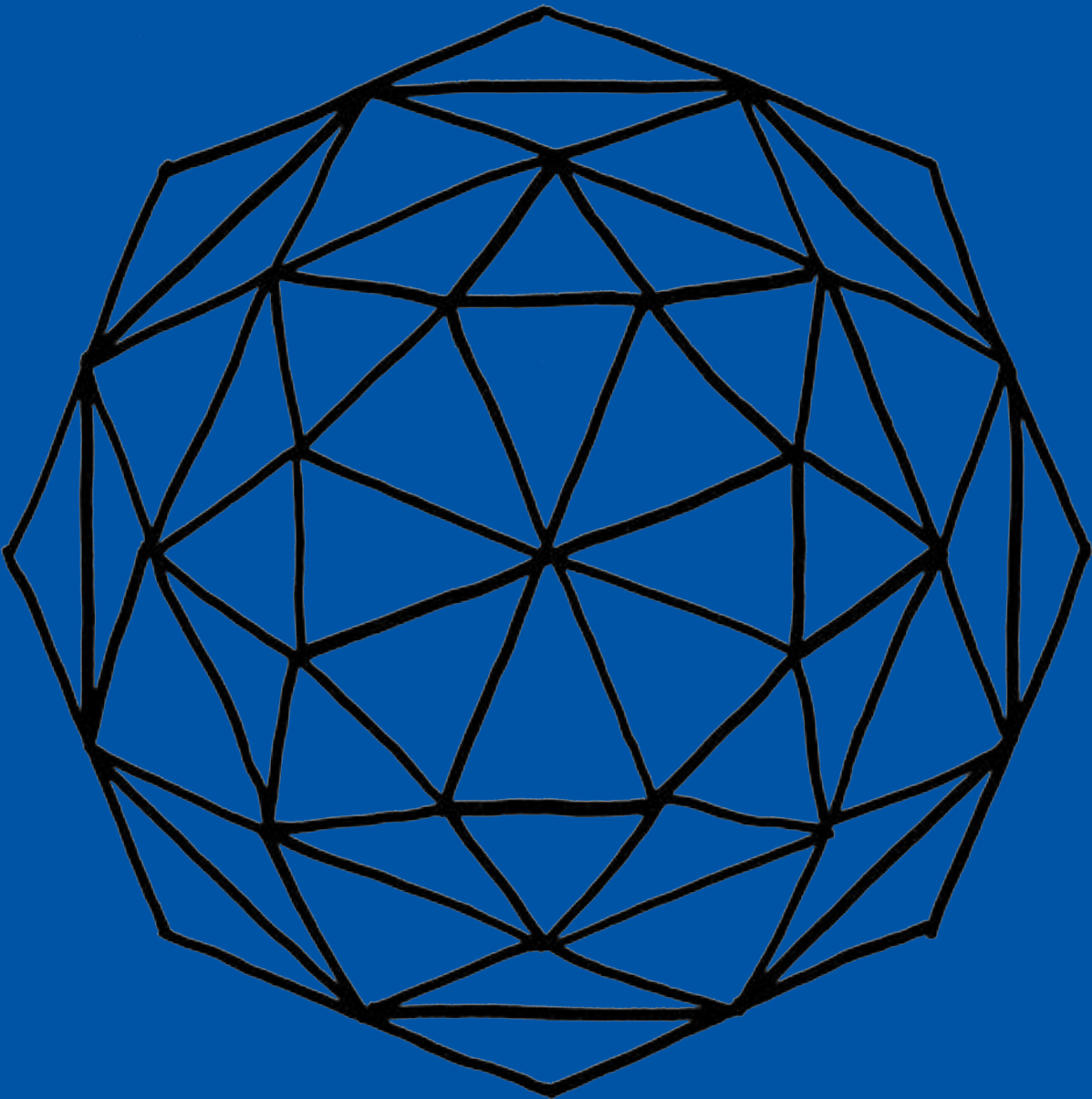
$Q_{\text{stockée}} = Q_{\text{captée}} - Q_{\text{transmise}}$ dès que $Q_{\text{captée}} > \rho C_{\text{béton}} \times 4,5 \text{m}^3$
 $= Q_{\text{captée}} - (\rho C_{\text{béton}} \times 4,5)$ (capacité du volume à s'élever d'un degré)



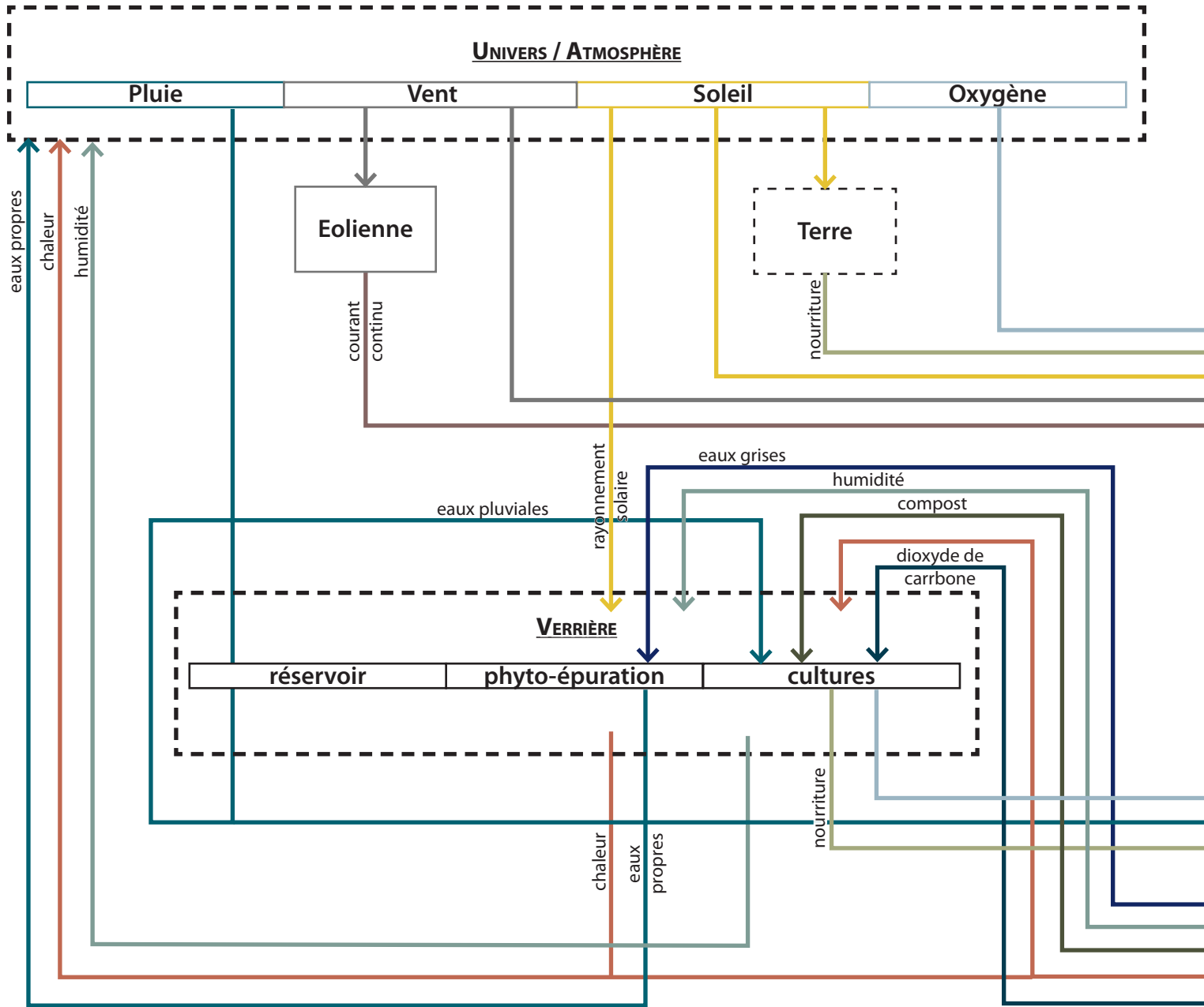
Eolien : 1600 kWh/an

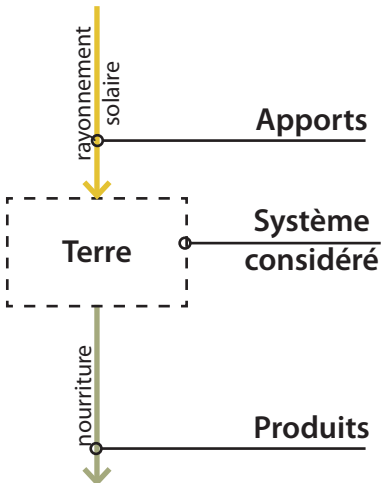
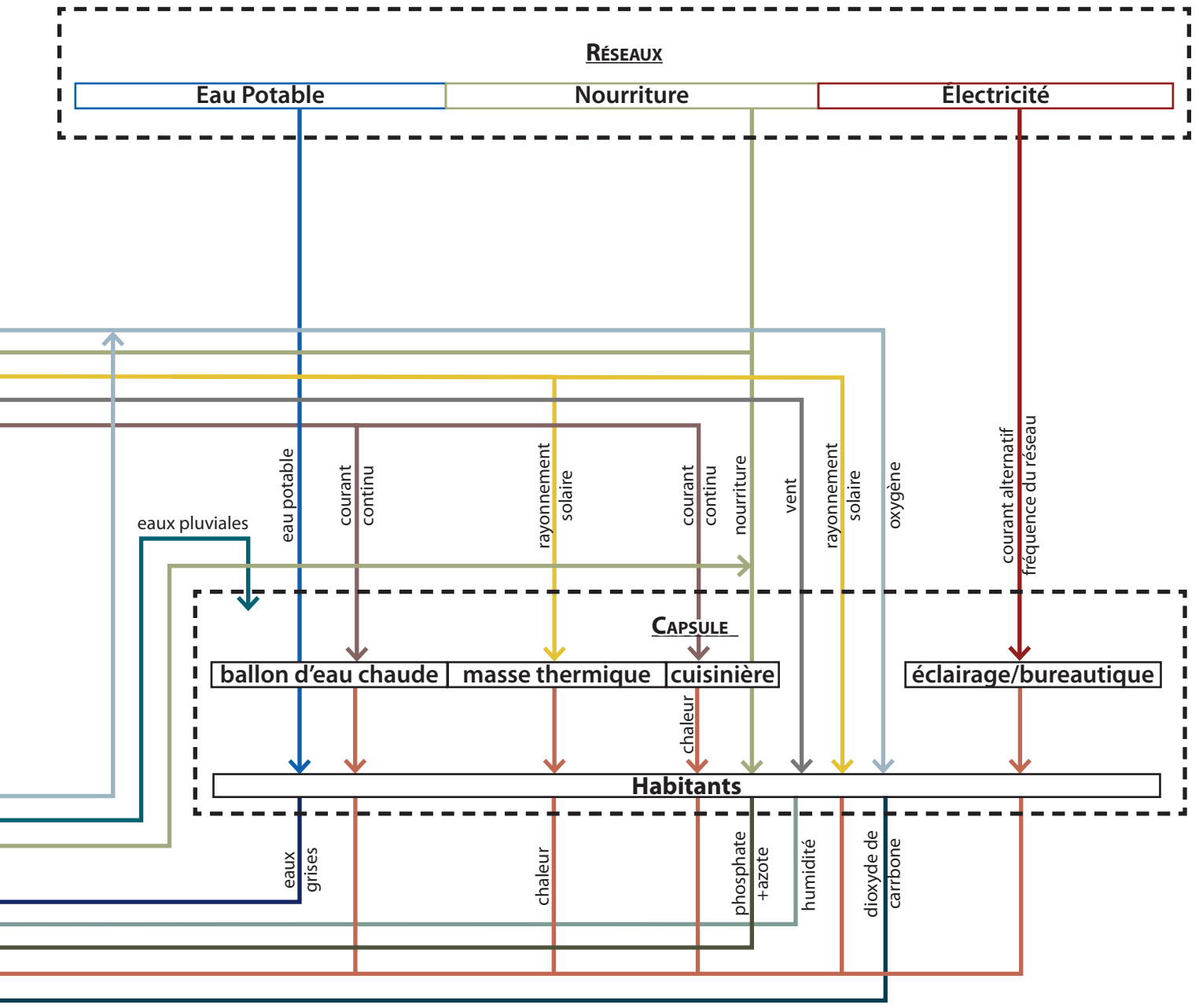
Hypothèse : 2 éoliennes de Diamètre de 1m et rendement de 20% (peut être autoconstruite et réparable)
 Puissance de vent = $E_c \cdot \pi \cdot r^2$ (W) avec $E_c = 0,5 \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^3$ et $\rho_{\text{air}} = 1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ à 15°C





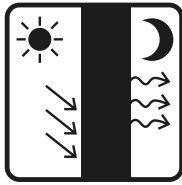
Synthèse



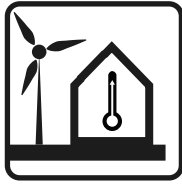


Complémentarité Capsule / Verrière

masse thermique
pour déphaser le surplus
de chaleur journalière

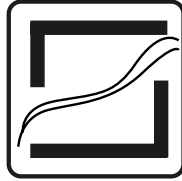


Se chauffer
grâce au courant généré
par l'éolienne

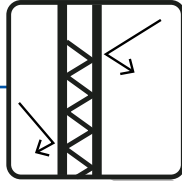


CAPSULE

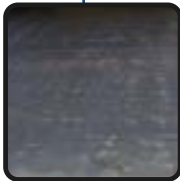
Ventiller
la chaleur d'été



Conserver la chaleur



Capter le rayonnement solaire
grâce à l'inclinaison
et l'orientation des vitrages



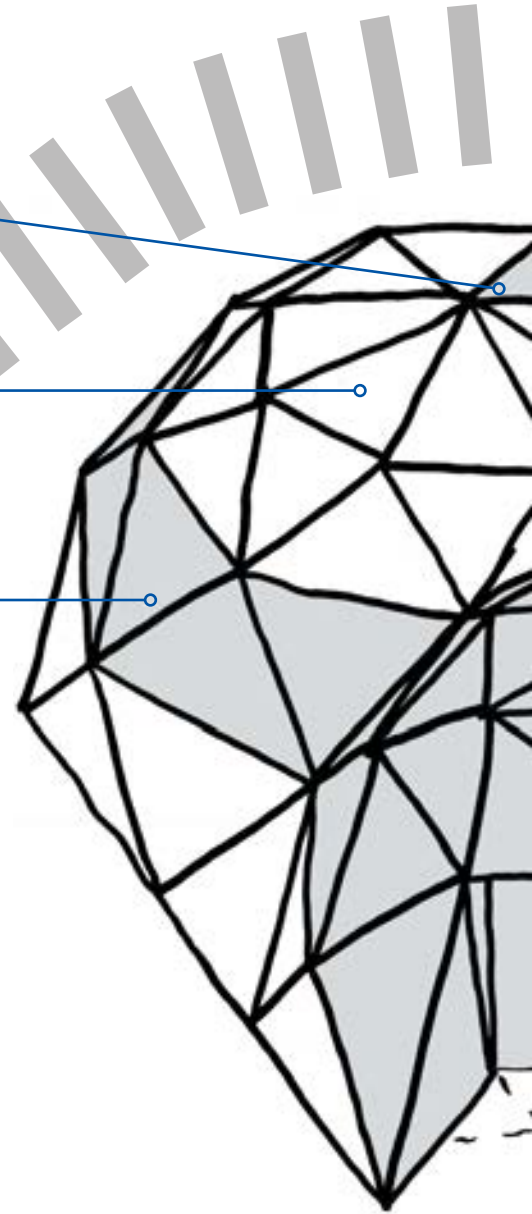
Tôle acier
réutilisation



Douglas
production locale



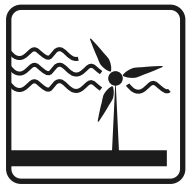
laine de mouton
production locale



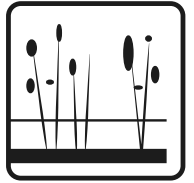


terrassement et végétations pour se protéger du vent et des grosses pluies

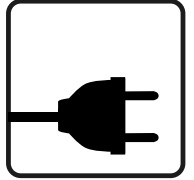
Créer du courant continu



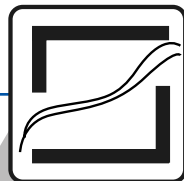
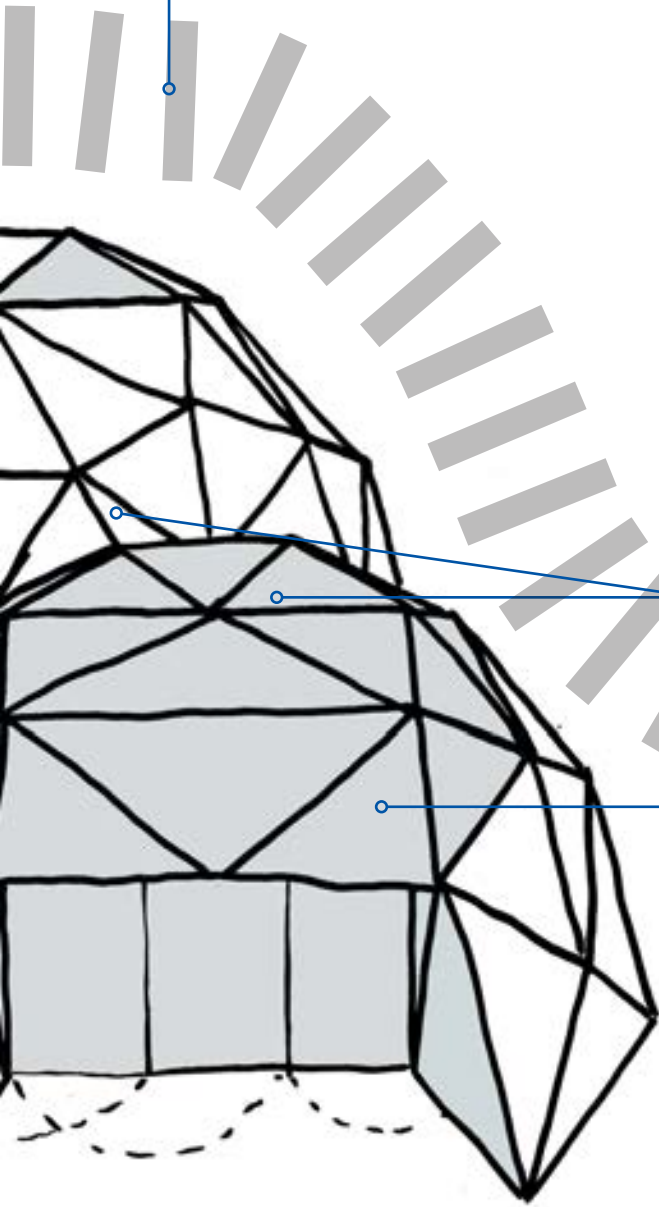
Cultiver sur place



Se raccorder au réseau électrique

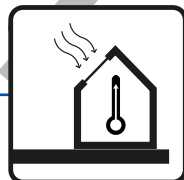


Se raccorder au réseau d'eau



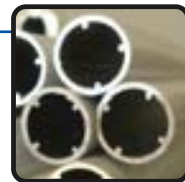
Ventiler la chaleur d'été

Préchauffer l'air entrant la journée dans la capsule



Capter le rayonnement solaire grâce une grande surface vitrée

Légèreté et finesse de l'aluminium



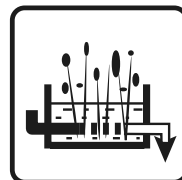
VERRIÈRE



Créer du compost



Récolter les eaux de pluie



Nétoyer ses eaux grises



FO

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques

Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux

Descriptifs
Assemblages et détails

Energie

Besoins/Production
Conclusion

Synthèse

Mont Romeu

France

Emma Carvalho de Oliveira

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques



<2300 m



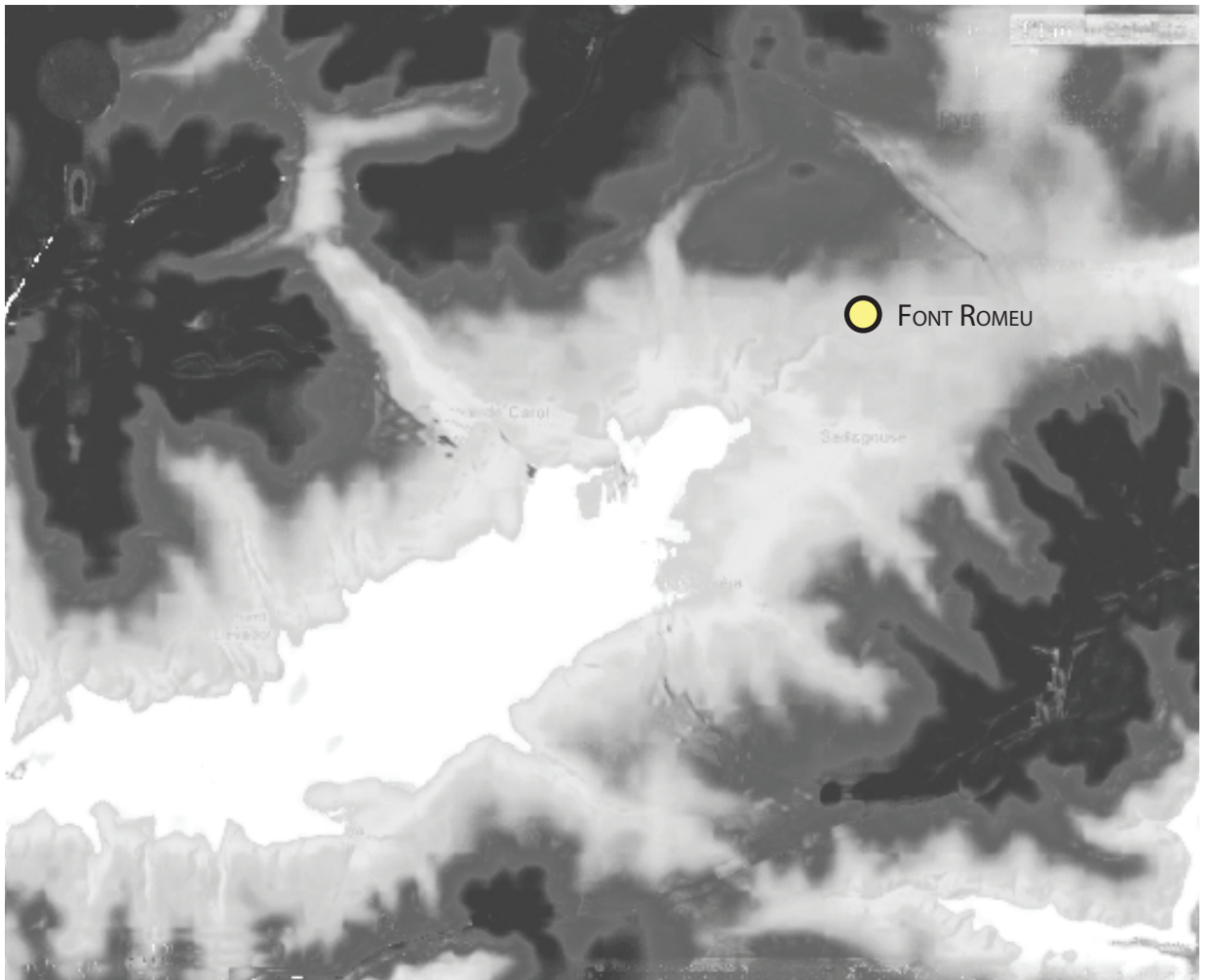
<2000 m



<1650 m



<1400 m



Forêt

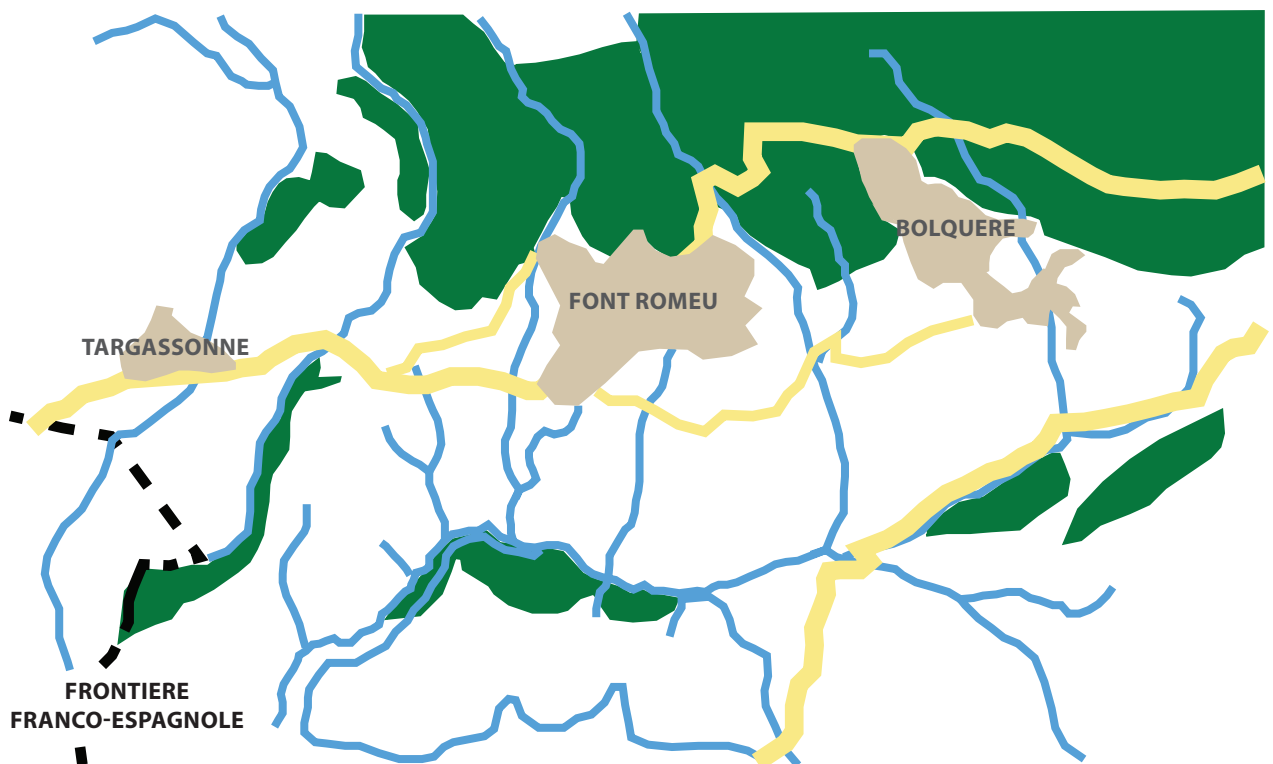


Agglomérations

Rivières et rus

Routes principales

Frontière

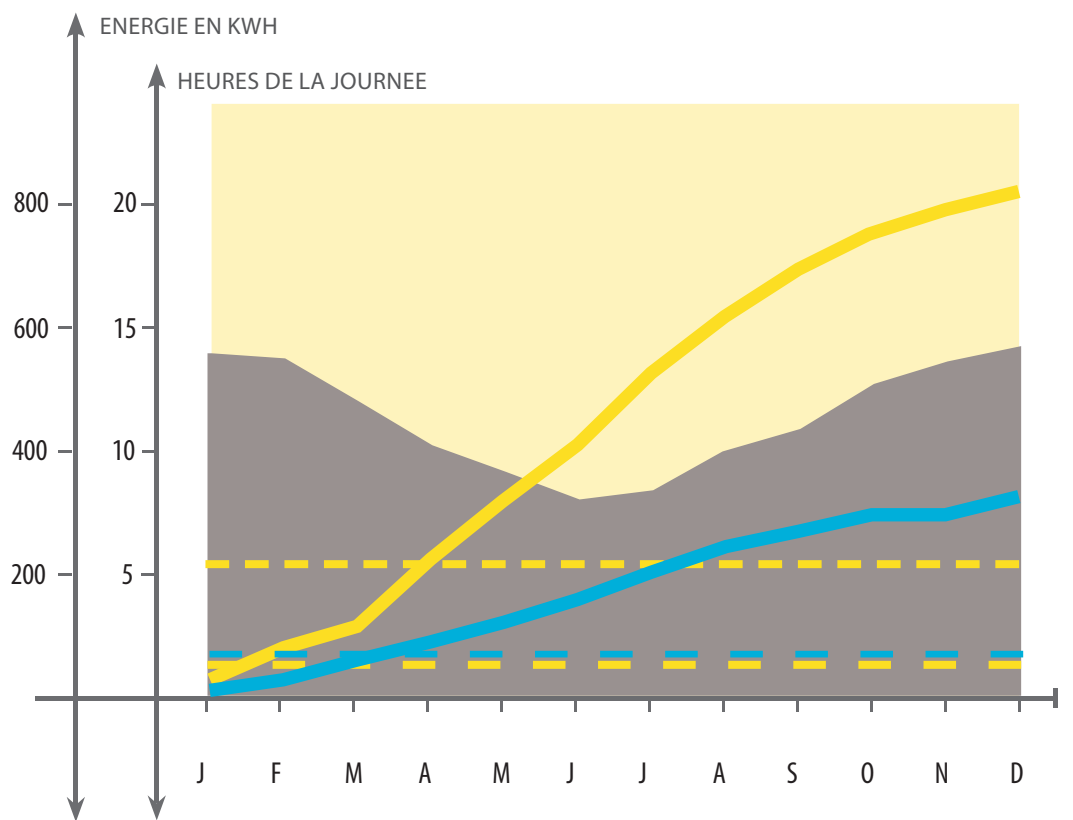
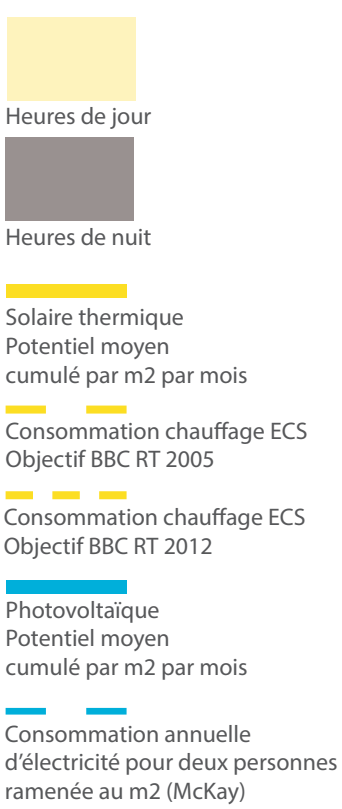
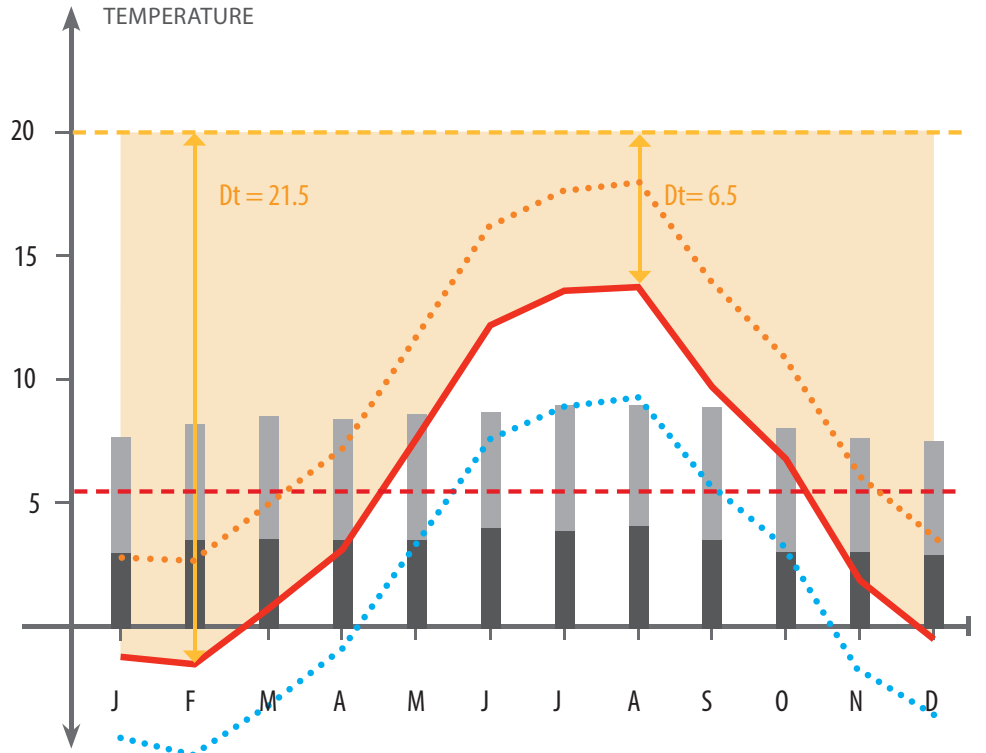
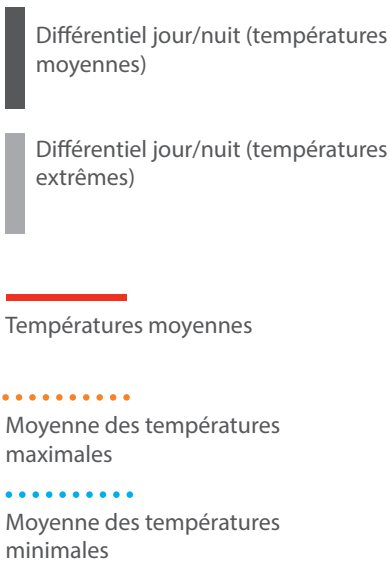
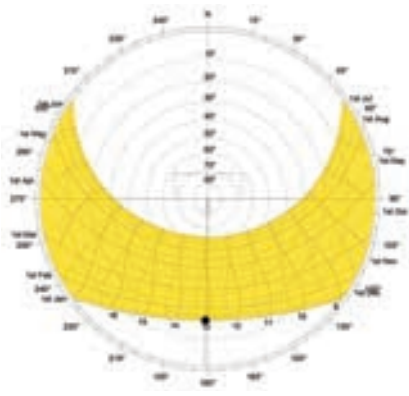


Géographie

lat. **42° 29N** long. **2° 02E** alt. **1760m** sommets **2 230m**

Font Romeu est une petite ville de la Cerdagne dans les Pyrénées,. La région est cernée par plusieurs chaînes de montagnes lui conférant un microclimat très ensoleillé et peu arrosé, les perturbations étant généralement bloquées par les massifs montagneux.

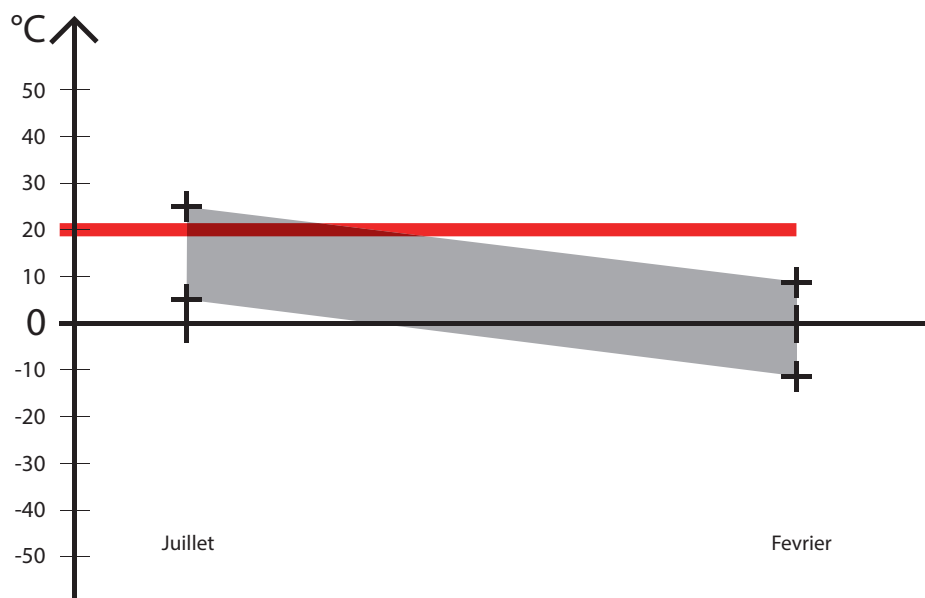
La commune est distribuée à des altitudes variées allant de 1750 à 2100 m et se situe sur un versant exposé au Sud. Le réseau hydrographique est composé de nombreux ruisseaux et rus qui sont alimentés tout au long de l'année par la fonte des neiges des sommets.



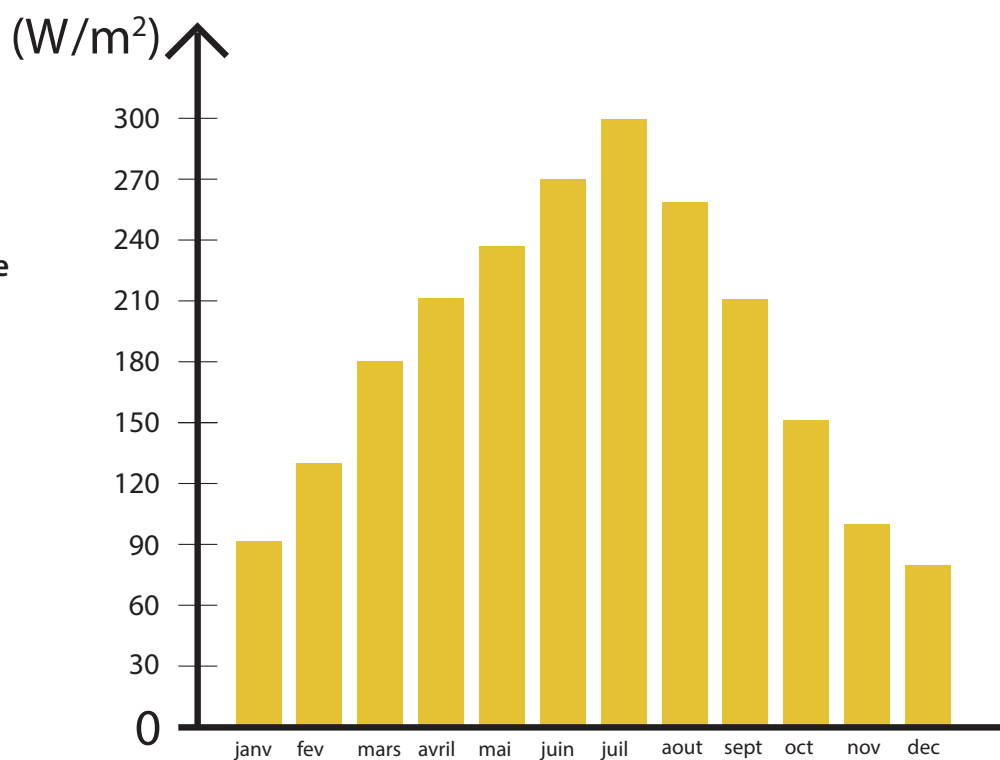
Soleil / Température / Rayonnements

Ecarts jour/nuit

Texte éventuel



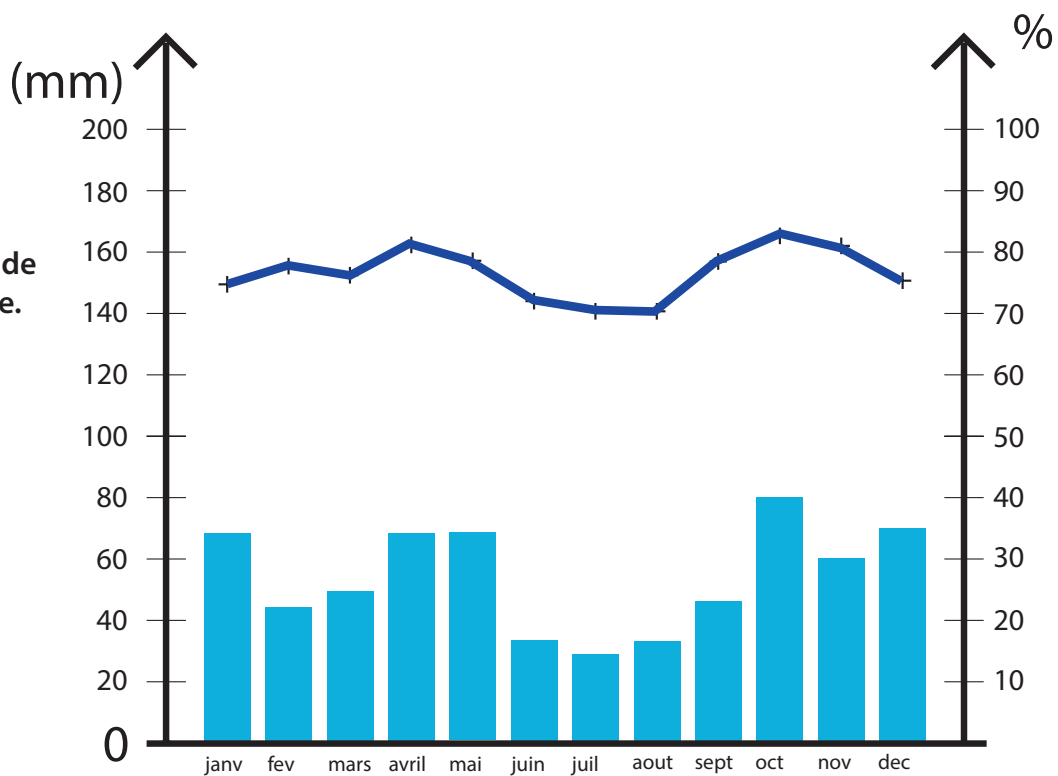
Rayonnement solaire moyen mensuel



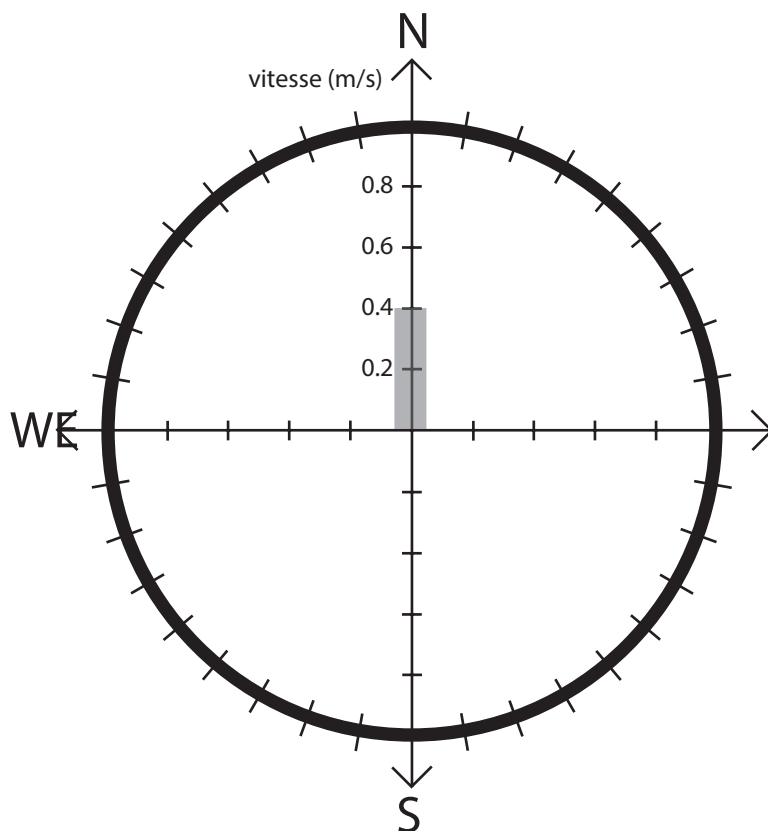


Pluie / Humidité / Vents

Précipitations peu abondantes pour l'altitude, du fait de la situation très protégée de la région de la Cerdagne.



Vent dominant
La Tramontane (vent froid et parfois violent)

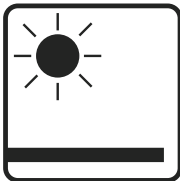


Concept

Ressources
Stratégies
Usages



Ressources



Ensoleillement et Rayonnement direct important

Gisement solaire abondant, avec une production théorique par m² supérieure aux objectifs de consommation annuelle de la RT 2012



Hydrographie

Réseau hydrographique abondant, nombreux ruisseaux et rus récupérant les eaux de fonte des neiges pouvant servir de fluide caloporteur dans le projet.



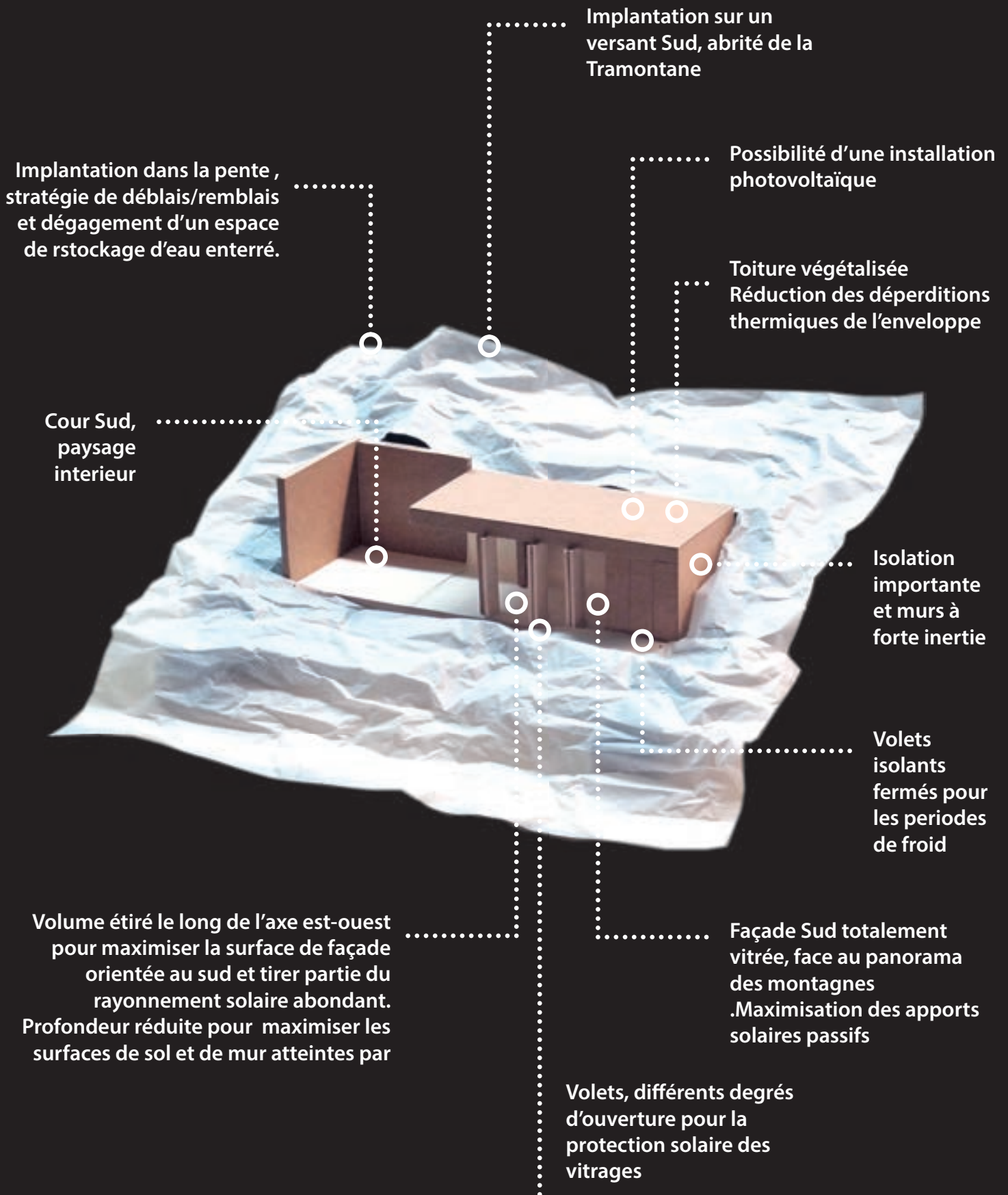
Biomasse

Industrie bois très bien développées, production et transformation dans des ateliers locaux.



Hydroélectricité

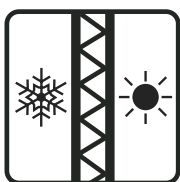
L'unité de production Sud-Ouest est l'une des cinq unités de production d'hydroélectricité de France, avec notamment le barrage du lac des Bouillouses et la Centrale de Maternal à 6km au Nord de Font Romeu.



Stratégies



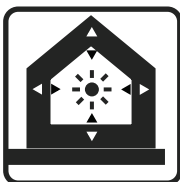
IMPLANTATION DANS LA PENTE -
Profiter de l'orientation d'un versant favorable et des possibilités de l'architecture semi-enterrée ainsi que de l'inertie et du surcroît d'isolation de la terre.



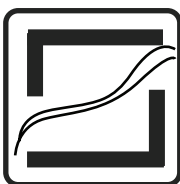
HAUTE SOLATION DES PAROIES OPAQUES -
Limiter les déperditions thermiques.



SOLAIRE PASSIF -
Tirer partie du rayonnement solaire abondant.



INERTIE DU BÂTI -
Stockage et redistribution de la chaleur.



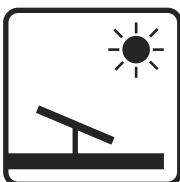
VENTILATION NATURELLE -
Renouveler l'air.



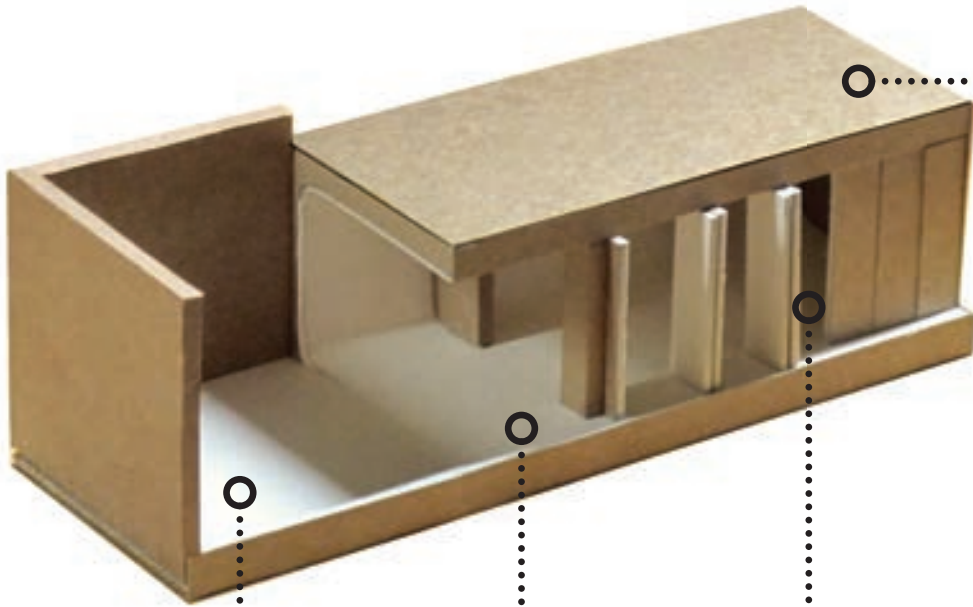
TOITURE VÉGÉTALISÉE -
Profiter de l'inertie et du surcroît d'isolation de la terre.



SOLAIRE THERMIQUE -
Tirer partie du rayonnement solaire abondant.



PHOTOVOLTAÏQUE
Tirer partie du rayonnement solaire abondant.



18 M2 HABITABLES
SOUS FORME D'UN
RECTANGLE ETIRE FACE
AU SUD POUR OPTIMISER
LA STRATEGIE DE
SOLAIRE PASSIF:

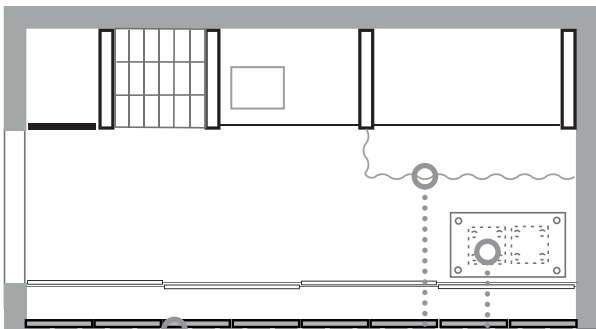
- UNE 'BANDE UTILE' QUI
S'OUVRE ET SE FERME

- UN ESPACE LIBRE A
IN VESTIR A SA FACON
SELON LE MOMENT
DE L'ANNEE ET DE LA
JOURNEE ...

COUR PLEIN SUD
ET PROTEGEE DE LA
TRAMONTANE POUR
S'ASSOIR ET PROFITER
DE LA PURETE DE L'AIR

PORCHE POUR
S'ABRITER DE LA NEIGE
OU DU SOLEIL TROP
FORT SELON LES
SAISONS

FACADE A OUVRIR
ET FERMER POUR
MODIFIER DU TOUT AU
TOUT SON RAPPORT A
L'ENVIRONNEMENT



VOLETS BIEN
CLOS

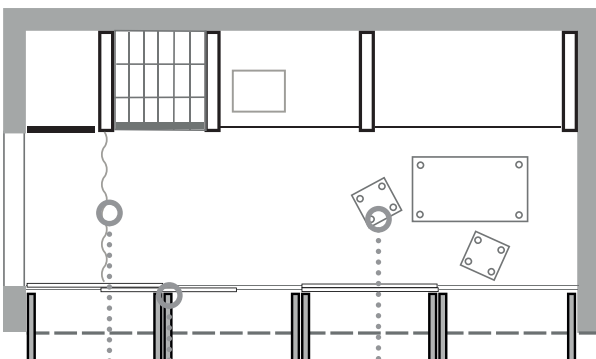
RIDEAU DE
L'ALCOVE LIT FERME

MEUBLES
ROULANTS
RANGES



CABINE DOUCHE
OUVERTE

HABITANTS AU LIT
AU CHAUD



RIDEAU
DU SAS
FERME

PORTE FENETRE
ET VOLETS
OUVERTS

MEUBLES
ROULANTS SORTIS
AU GRES DES ENVIES



CABINE DOUCHE
FERMEE

ON CUISINE

CANAPE FACE A
LA VUE

Usages

UNE BANDE 'UTILE' MINIMUM

Large de 1.20 m, la 'bande utile' comprend les fonctionnalités 'à minima' du logement, alignées les unes à côté des autres. Exception faite des toilettes, les espaces sont tous conçus pour être ouverts sur l'espace principal, afin de permettre au mur du fond de jouer son rôle de stockage inertiel.

UN ESPACE DE VIE FLEXIBLE, FACE A LA VUE

Un espace à investir en fonction des moments de la journée et des saisons, grâce à un mobilier roulant et des partitions-rideaux à déployer ou à refermer.

LE PORCHE ET LA COUR

Gradation entre l'intérieur et l'extérieur, les espaces du porche et de la cour offrent une variété de lieux plus ou moins protégés, permettant de choisir en fonction du moment son degré d'exposition au soleil et aux éléments. Ils permettent d'observer l'environnement, tantôt à travers une série d'espaces tampon, tantôt dans une relation plus proche et directe.



Matériaux

Descriptif et propriétés physiques recherchés

Assemblages et détails

Alternatives et comparaison

Matériaux envisagés



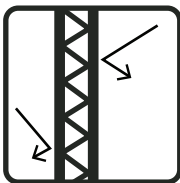
BÉTON

Chaleur spécifique : 1000 J/Kg.K

Effusité : 2035 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 1.8 W/mK

Densité : 2300 kg/m³



LAINE DE BOIS

Chaleur spécifique : 1700 J/kg.K

Effusité : 261 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 0.1 W/mK

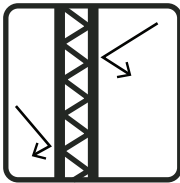
Densité : 400 kg/m³



VERRE BASSE EMISSIVITE

Facteur solaire : 0,6

Conductivité : 0.7 W/mK



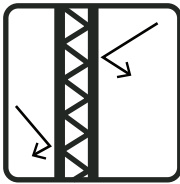
CHENE

Chaleur spécifique : 1600 J/kg.K

Effusité : 635 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 0.29 W/mK

Densité : 870 kg/m³



TERRE

Chaleur spécifique : 1350 J/kg.K

Effusité : 1000 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 0.32 W/mK



TERRE CUITE

Chaleur spécifique : 1000 J/kg.K

Effusité : 1154 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 0.84 W/mK

Densité : 1800 kg/m³

Diffusivité : 0.30 10⁻⁶ m²/s

EAU

Chaleur spécifique : 4186 J/kg.K

Effusité : 1560 J/m².K.s^{1/2}

PIN

Chaleur spécifique : 1600 J/kg.K

Effusivité : 346 J/m².K.s^{1/2}

Conductivité : 0.15 W/mK

Densité : 500 kg/m³

Alternatives

MIXE BÉTON/PIERRE

La pierre possède généralement une chaleur spécifique plus élevée que celle du béton et des qualités esthétiques pour les finitions plus diverse que celle du béton.

PANNEAU FIBRE DE BOIS

Les panneaux de fibre de bois permettent d'atteindre des niveaux de conductivité inférieur à 0.1 W/m.K.

COMPOSANT POLYMERE

Une paroi moulée constituée d'un plastique pourrait être plus facile à mettre en œuvre et à entretenir.

Descriptif

Caractéristiques recherchées et propriétés physiques



Structure (murs, dalle, toiture)

BÉTON

Tres bonne capacite structurelle et forte capacité à emmagasiner de la chaleur et à la restituer suivant un temps proche du cycle jour/nuit.



Isolation

LAINE DE BOIS

Caractéristiques recherchées : réduire les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur afin de diminuer les déperditions thermiques.



Capteur solaire

VERRE BASSE EMISSIVITE, COEFFICIENT G 0.6

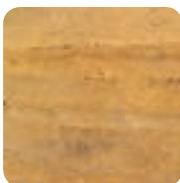
Obtenir un facteur solaire propre à équilibrer apports passifs et heures de surchauffes en fonction de la géométrie du logement. Réduire l'émissivité du verre afin de diminuer les déperditions thermiques par rayonnement.



Ouvrants, fenêtres et volets

BOIS - CHENE

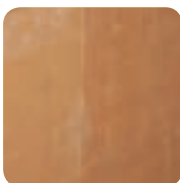
Bois adequat pour des applications exterieure sans traitement, présentant de bonnes caractéristiques d'isolation, une bonne chaleur subjective et un contact agréable. Essence présente à l'étage collinéen des Pyrénées. Filières bois locales.



Toiture

TOITURE VEGETALISEE, 40 CM TERRE

Surplus d'isolation et inertie réduisant le différentiel de température entre la surface et la sous-face de la toiture.



Partition

PLAQUES DE TERRE CUITE (SUPPORT BETON)

Matériau étanche et propre à contenir un volume d'eau, bon compromis entre une chaleur subjective correcte et une diffusivité suffisamment haute pour autoriser les échanges entre le volume d'eau et l'environnement intérieur.

EAU

Forte capacité à emmagasiner de la chaleur et à la restituer, fluide caloporteur dont la quantité présente a l'intérieur du logement peut être ajustée facilement.



Plancher

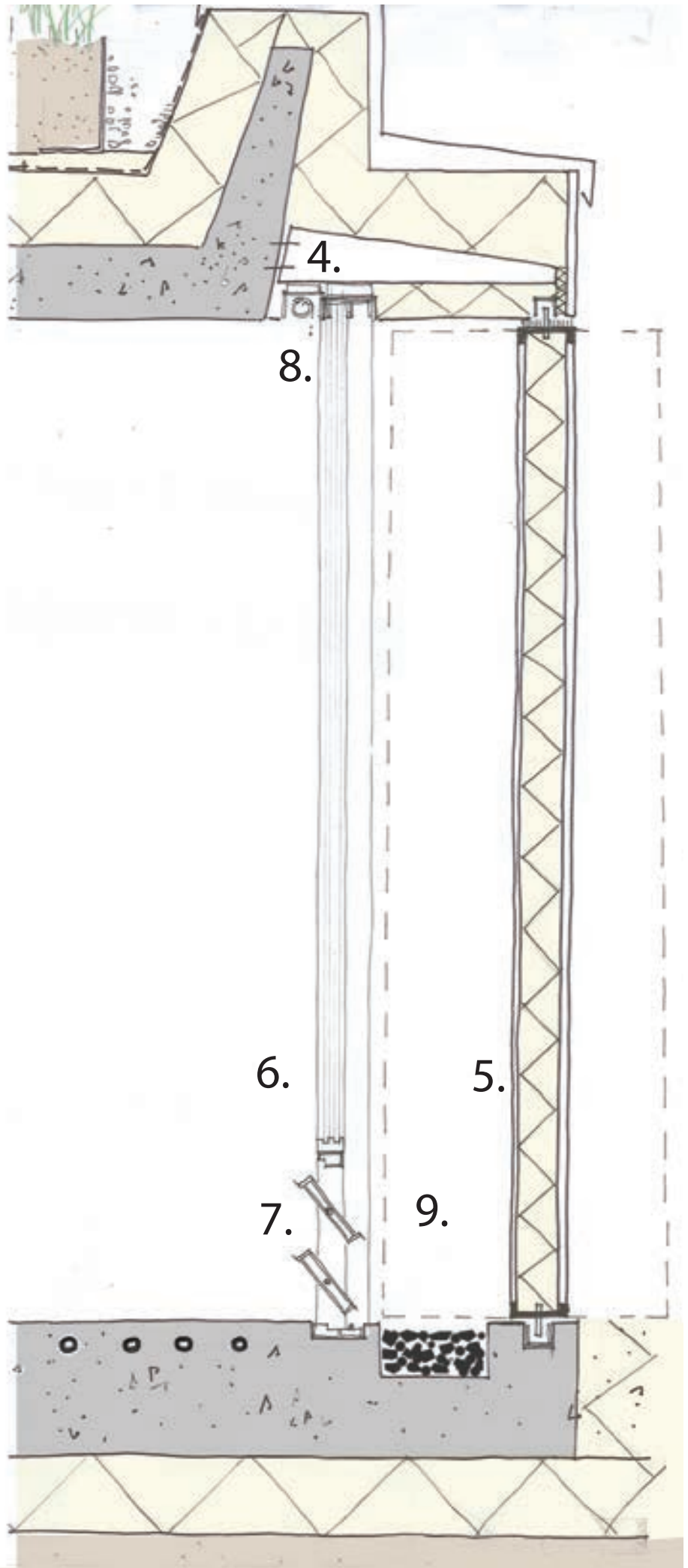
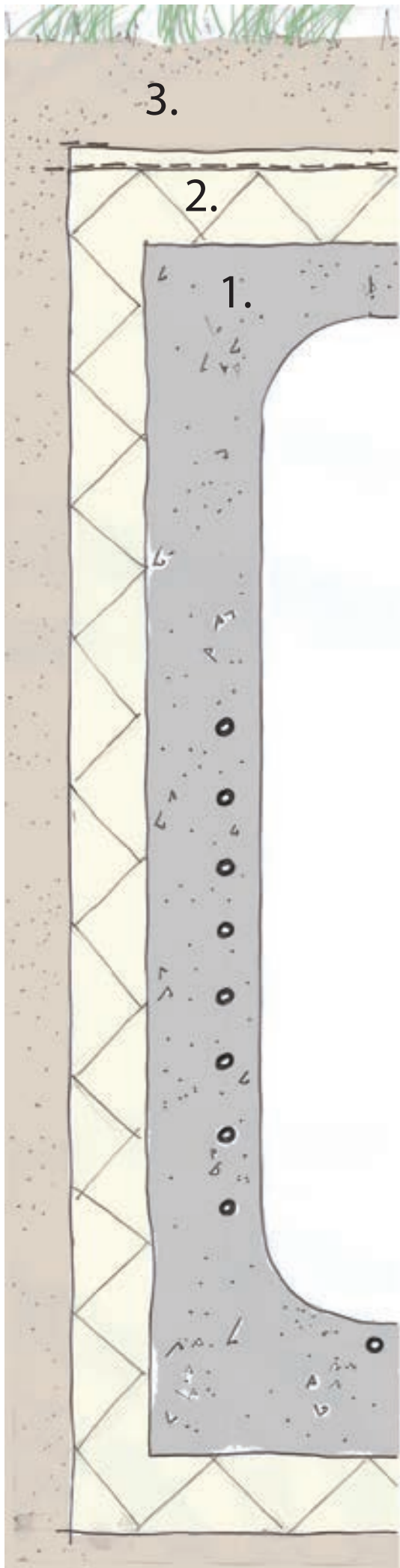
DALLE BETON A CIRCULATION D'EAU



Mobilier fixe (cuisine, lits)

BOIS - PIN

Bois adéquat pour de l'ameublement, bonne chaleur subjective et toucher agréable. Essence prédominante à l'étage montagnard (altitude du projet). Filières bois locales.



Assemblage et détails

1. Structure en béton coulée en place.
2. Isolation extérieure en laine de bois
3. Complexe toiture végétalisée
Piste d'optimisation: remplacer la toiture végétalisée par une isolation performante, plus facile à mettre en œuvre et permettant une réduction de la structure porteuse.
4. Equerre de fixation des éléments de façade en acier
5. Volets oscillo-coulissants isolants, avec ferrure dans réservation béton
Piste d'optimisation : revoir le détail de fermeture des volets pour optimiser l'étanchéité à l'air des volets en position fermée.
6. Triple vitrage, 2 baies fixes, 2 baies coulissantes
7. Lames ouvrantes en verre (ventilation naturelle)
Piste d'optimisation : compléter le système par une cheminée combinant tirage thermique et dépressions liées aux vents dominants.
8. Store isolant fixé au nu du béton
9. Espace tampon entre la façade vitrée et les volets, rivièrre de galets.

NOTE SUR LES ESTIMATIONS

ANALYSE CLIMATIQUE

Les analyses climatiques sont issues d'une exploitation Excel de données météo-normes.

SOLAIRE PASSIF

Les estimations pour le solaire passif sont faites par l'intermédiaire du logiciel Casanova et corrélées avec l'exploitation Excel des données météo-norme. Les possibilités de protection des surfaces vitrées par les volets et l'effet saisonnier de la casquette ne sont pas modélisées dans ces estimations, qui ont d'avantage vocation à estimer les quantités théoriques pouvant être obtenues par l'intermédiaire du vitrage. Les risques de surchauffe qui ressortent des calculs sont donc largement surestimés.

SOLAIRE THERMIQUE EN TOITURE

Les estimations pour le solaire passif sont calculées en appliquant un coefficient 0.5 aux données du rayonnement global par m², en considérant que les 18 m² de toiture sont équipés.

SOLAIRE THERMIQUE À L'INTÉRIEUR DU PROJET

Ce calcul prend en compte la surface intérieure du projet (base 18m²) qui reçoit le rayonnement solaire chaque mois, estimée en tenant compte de la longueur de la journée et de l'angle moyen du rayonnement solaire au 15 du mois.

ELECTRICITÉ

La consommation d'électricité pour deux personnes est estimée pour les usages suivants :

- deux ordinateurs portables de 16 W utilisés 5 heures par jour chacun
- 10 ampoules basses consommation de 0.1 kW utilisées 5 heures par jour
- une plaque de cuisson de 3.3 kW utilisée une demie heure par jour
- un réfrigérateur de 0.02 kW

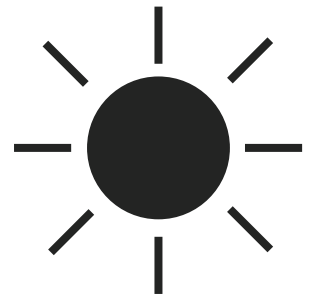
Les estimations de production photovoltaïque sont calculées en appliquant un coefficient 0.2 aux données du rayonnement global par m², en considérant que les 18 m² de toiture sont équipés.

ECS

La consommation d'eau chaude sanitaire est estimée sur la base de 3 douches par jour (1.5 Kwh par douche), et une vaisselle par jour (1 Kwh).

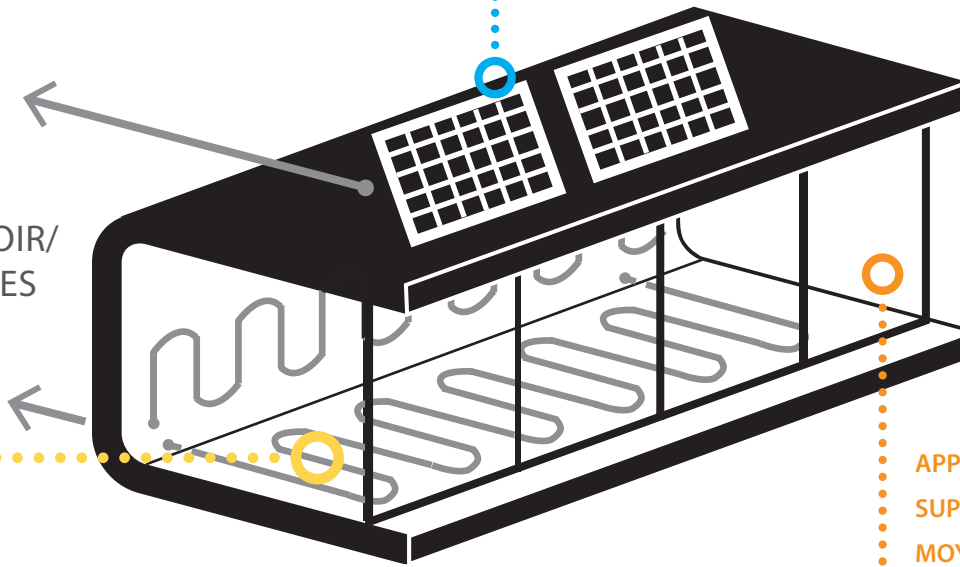
Energie

Besoins
Production
Conclusion



PRODUCTION PHOTVOLTAIQUE
332 KWH/M2 PAR AN

RESERVOIR/
BATTERIES

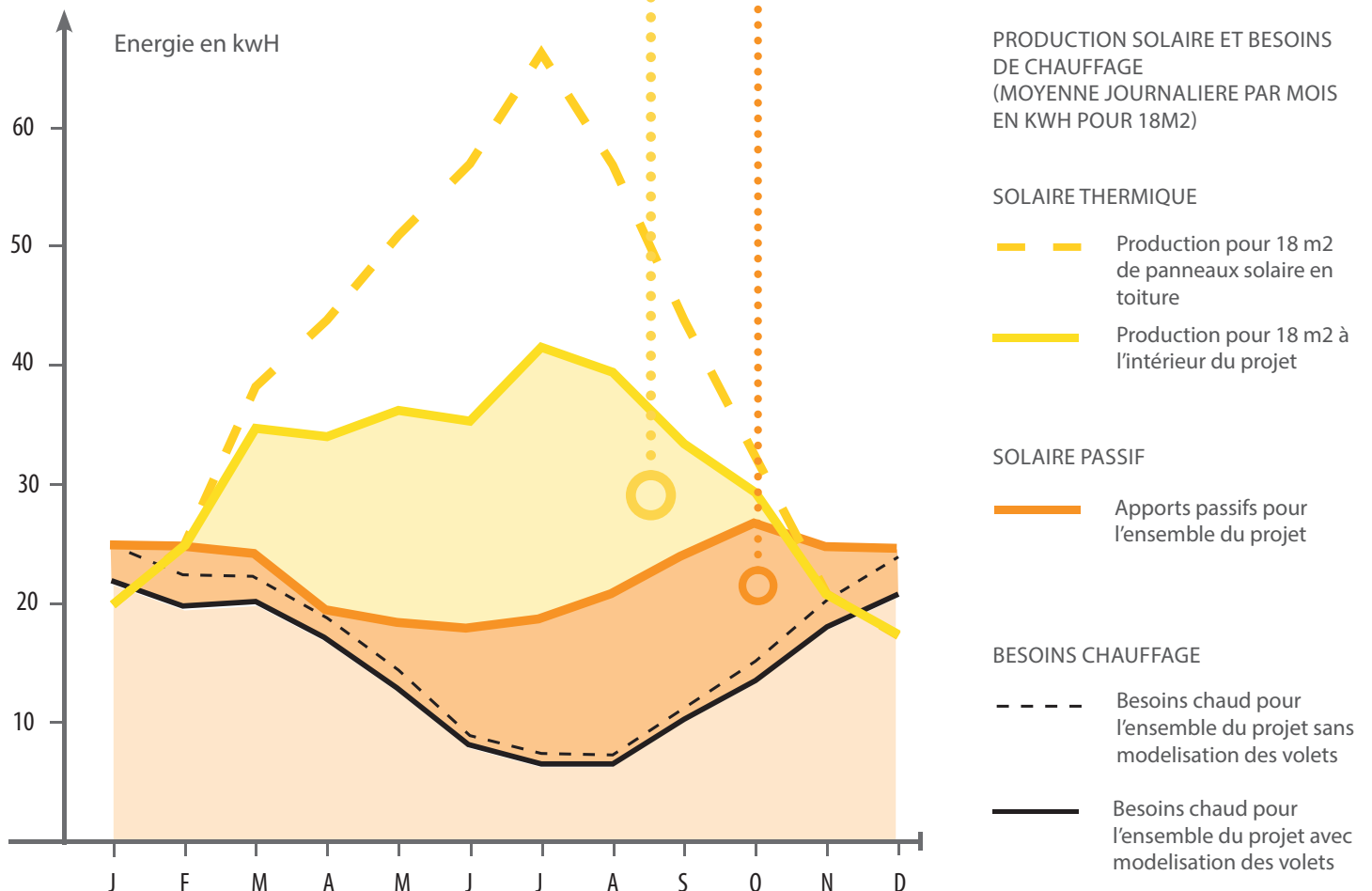


APPORT SOLAIRES PASSIFS
SUPERIEURS AUX DEPERDITIONS
MOYENNES JOURNALIERES
CHAQUE MOIS.

PRODUCTION SOLAIRE
THERMIQUE PAR
L'INTERMEDIAIRE DE LA DALLE
IRRIGUEE (MINOREE PAR
L'OMBRE DE LA TOITURE EN
FONCTION DE LA SAISON)

PRODUCTION ECS
ET RESERVES DE
CHAUFFAGE

RISQUE DE SURCHAUFFE
A PRENDRE EN COMPTE



Besoins / Production



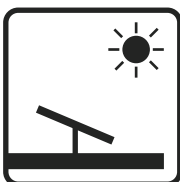
SOLAIRE PASSIF / CHAUFFAGE AUX HEURES DE JOUR

L'optimisation des apports solaire passif permet la production d'une quantité d'énergie supérieure aux besoins journaliers de l'habitat en toute saison, grâce à la possibilité d'isoler la façade vitrée aux heures où celle-ci est déperditive (notamment la nuit). Pour tirer parti de cette production importante, il est nécessaire de mettre en place des stratégies de collecte et de redistribution de la chaleur produite qui est autrement perdue dans le bilan énergétique tout en créant potentiellement d'importants problèmes de surchauffe.



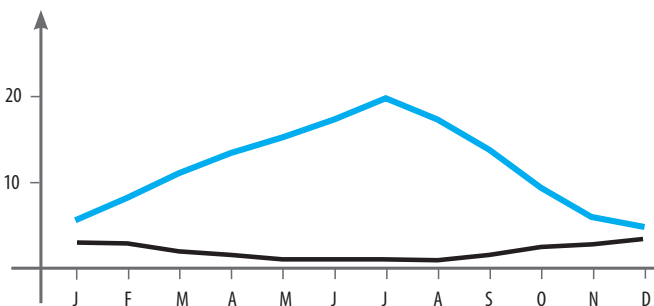
SOLAIRE THERMIQUE / CHAUFFAGE AUX HEURES DEPERDITIVES ET ECS

La structure de l'habitat est conçue à la manière d'un plancher chauffant, tout en ayant vocation à être également le lieu de la production de solaire thermique, libérant ainsi la toiture pour la production éventuelle d'électricité par des panneaux photovoltaïques. En tenant compte des heures d'ensoleillement et de l'ombre faite au plancher de l'habitat en différentes saisons, on obtient une production supérieure aux besoins de chauffage déjà compensés en journée par les apports passifs. Moyennant une stratégie de chauffage adéquate, cette production couvrira les besoins de chauffage subsidiaires durant les périodes de nuits et fournira l'eau chaude sanitaire.



SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE / ELECTRICITE

La consommation d'électricité pour l'éclairage, l'utilisation d'équipements électroniques et d'un peu d'électroménager est estimée 194 KWh/m² par an pour les deux personnes habitant le logis. La production d'une installation photovoltaïque performante (rendement 20%) en toiture permettrait une production annuelle de 332 KWh/m².



PHOTOVOLTAÏQUE ET BESOIN D'ELECTRICITE
(MOYENNE JOURNALIERE EN KWH POUR 18M2)

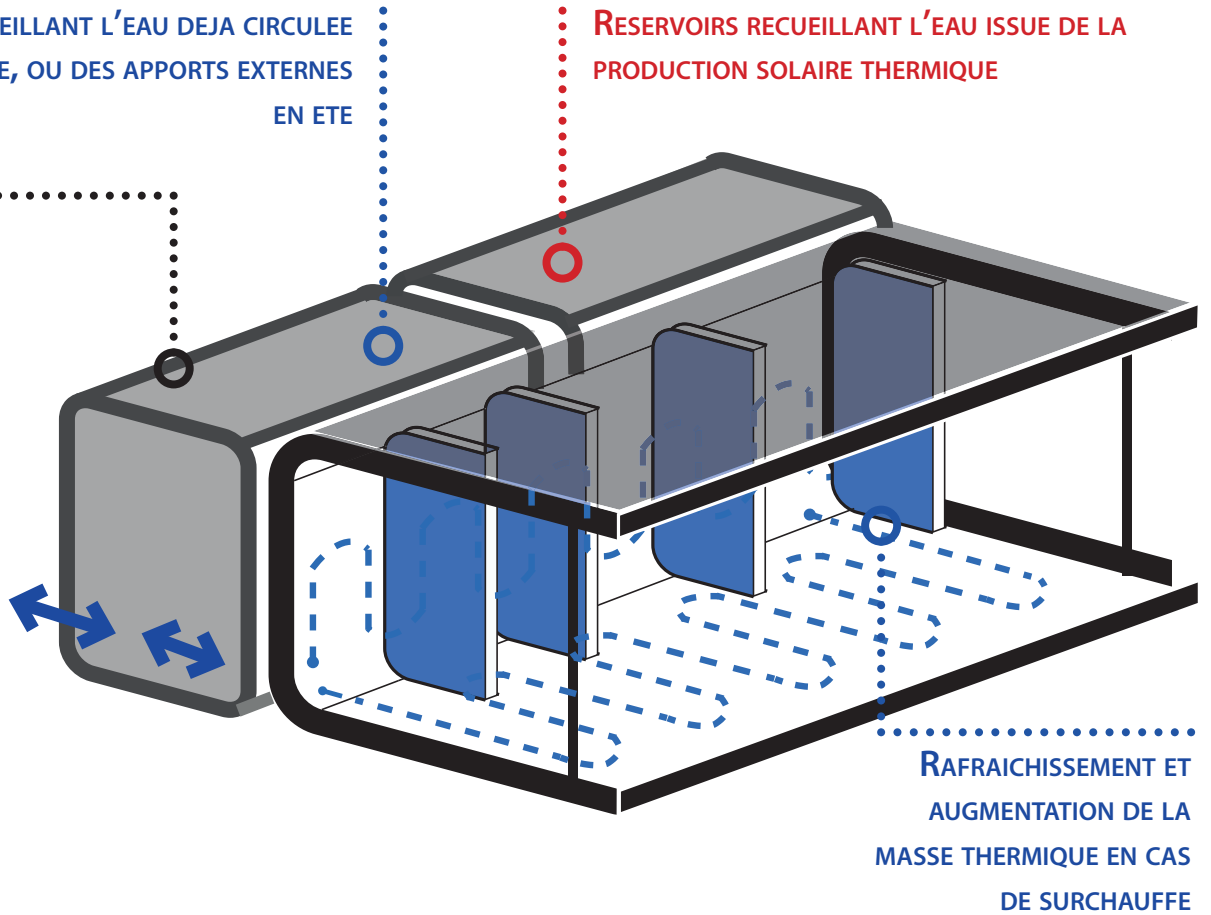
— Production photovoltaïque
— Besoin d'électricité

RESERVOIRS RECUEILLANT L'EAU DEJA CIRCULEE
POUR LE CHAUFFAGE, OU DES APPORTS EXTERNES
EN ETE

RESERVOIRS RECUEILLANT L'EAU ISSUE DE LA
PRODUCTION SOLAIRE THERMIQUE

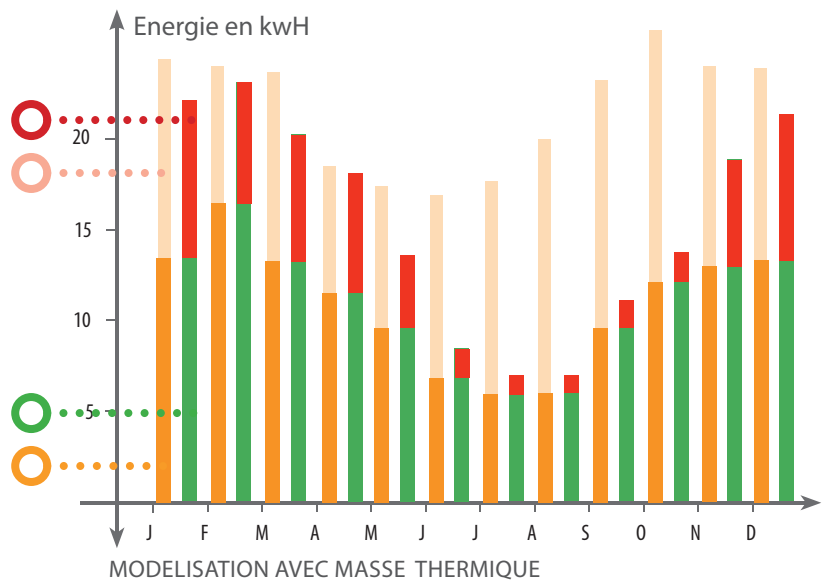
STOCKAGE D'EAU
EN PREVISION DE
PERIODES
PROLONGEES
SANS APPORTS
SOLAIRES PASSIFS.

UNE SEMAINE EN
FEVRIER :
 $26 \times 7 = 182 \text{ KWH}$
VOLUME D'EAU
NECESSAIRE :
3.7 M3



La chaleur rayonnée par le bâti aux heures déperditives réduit la demande de chauffage sur ces périodes. L'utilisation des apports passifs est optimisée tout en réduisant les risques de surchauffe.

La demande de chauffage pendant les heures à énergie positive augmente, car la structure du bâti emmagasine une partie de la chaleur produite. Ce besoin de chauffage augmenté est toujours compensé par les apports solaires passifs.

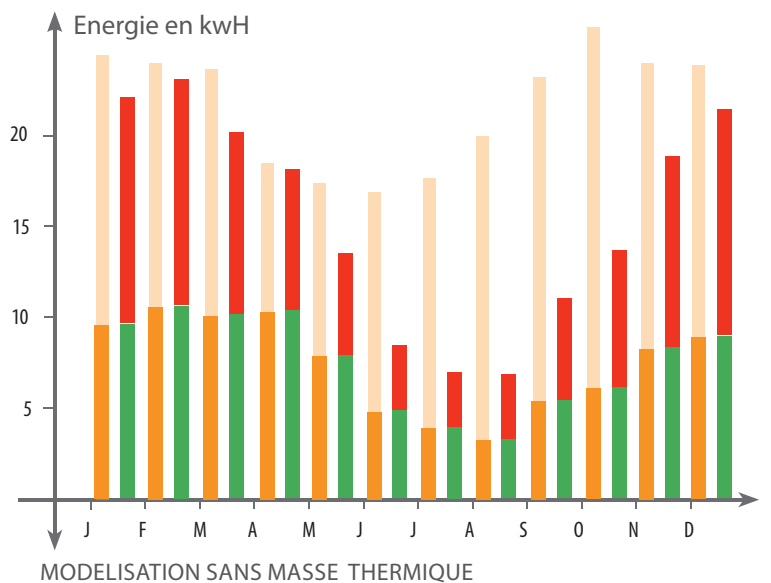


PRODUCTION SOLAIRE PASSIF ET BESOINS DE CHAUFFAGE
(MOYENNE JOURNALIERE EN KWH POUR 18M2)

- Pendant les heures déperditives
- Pendant les heures à énergie zero

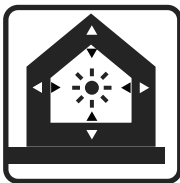
APPORTS SOLAIRES PASSIFS
(MOYENNE JOURNALIERE EN KWH POUR 18M2)

- Apports non valorisés, risques de surchauffe
- Apports utiles



Besoins / Productions

EQUILIBRAGE DES SURCHAUFFES DE JOUR ET DEPERDITIONS DE NUIT



INERTIE DE LA STRUCTURE / BESOINS CHAUFFAGE NUIT

L'inertie de la structure en béton permet d'optimiser l'utilisation des apports solaires qui sont absorbés puis réémis aux périodes déperditives, réduisant la demande de chauffage à ces périodes. Cet effet a aussi l'avantage de limiter les phénomènes de surchauffe en période estivale.



PLANCHER & PARTITIONS IRRIGUES

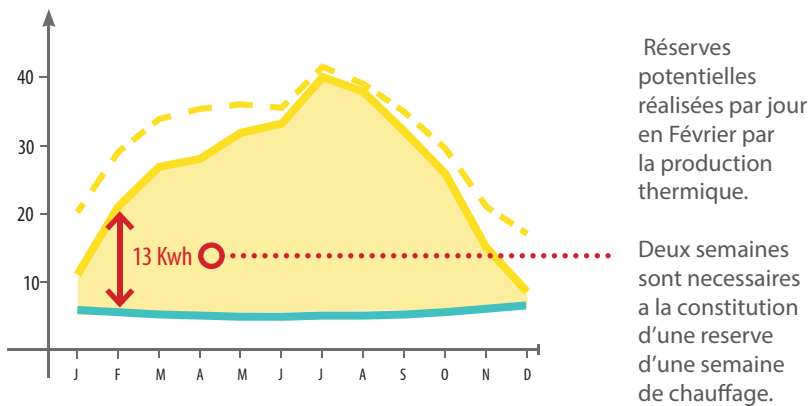
Le système de plancher irrigue permet de rafraichir l'habitat lorsque les apports passifs sont trop importants tout en maintenant son rôle de production de solaire thermique. Le remplissage des partitions permet d'augmenter rapidement la masse thermique du bâtiment pour absorber l'excédent de chaleur le cas échéant.

STOCKAGE

La chaleur stockée dans l'eau lors des périodes d'apports passifs peut être utilisée pour l'eau chaude sanitaire et/ou conservée en vue d'une période prolongée de temps couvert. En considérant que l'eau peut-être chauffée à 60 degrés par le système solaire thermique, et que seule la chaleur cédée par l'eau se refroidissant jusqu'à 18 degrés, on peut estimer le volume d'eau nécessaire à emmagasiner une certaine quantité d'énergie (par exemple la quantité d'énergie correspondant aux besoins de chauffage pour une semaine en Février) :

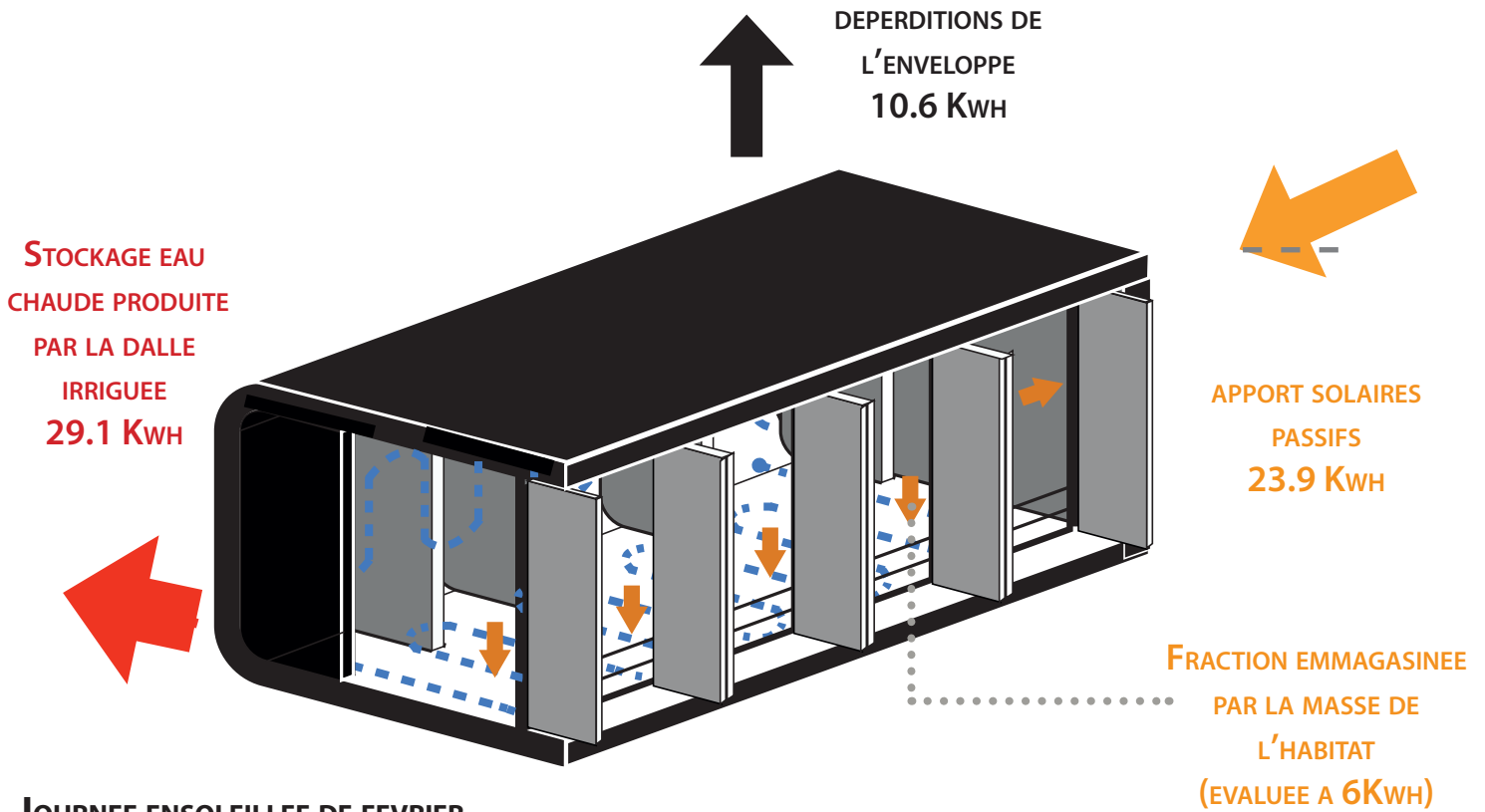
$$V (m3) = Q(Wh) * (3600 / \text{densité} * \text{augmentation de température de l'eau} * C_p)$$

Ainsi pour 7 jours de Février nécessitant en moyenne 26 Kwh par jour, un réservoir de 3,7 m3 est nécessaire pour emmagasiner les 182 Kwh nécessaires.



SOLAIRE THERMIQUE ET BESOINS ECS
(MOYENNE JOURNALIERE EN KWH POUR 18M2)

- Production solaire thermique
- Production restante après utilisation pour le chauffage de nuit
- Besoin eau chaude sanitaire pour deux

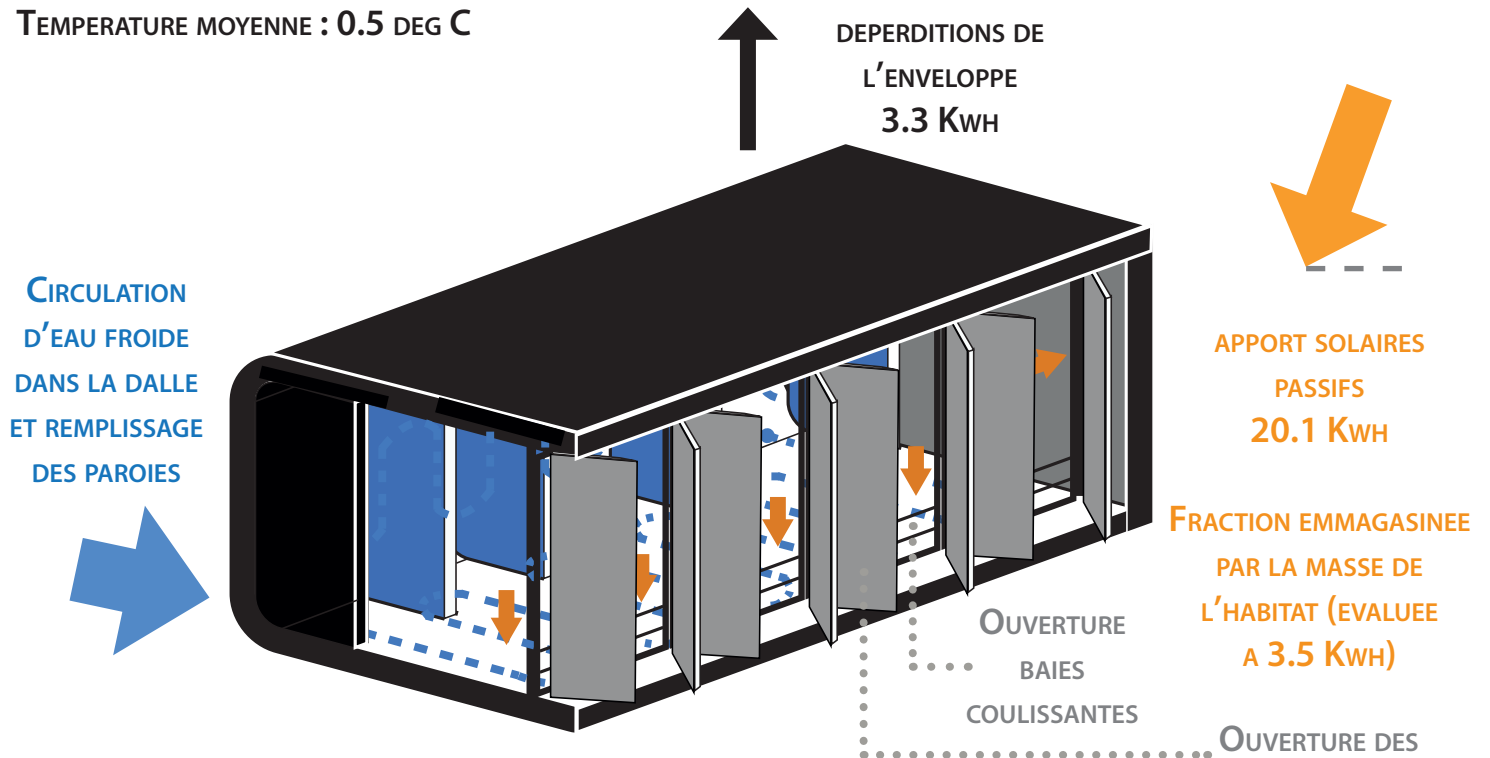


JOURNEE ENSOLEILLEE DE FEVRIER

HEURES DE JOUR : 11

SOLEIL LE PLUS HAUT: 25 DEG

TEMPERATURE MOYENNE : 0.5 DEG C



JOURNEE ENSOLEILLEE D'AOUT - SITUATION POTENTIELLE DE SURCHAUFFE

HEURES DE JOUR : 14

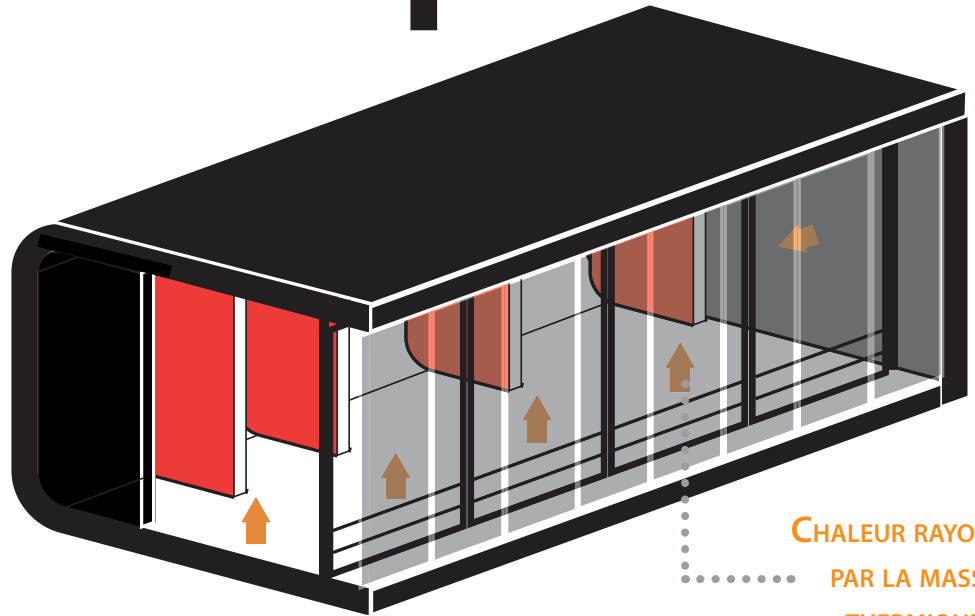
SOLEIL LE PLUS HAUT : 70 DEG

TEMPERATURE MOYENNE : 15.2 DEG C

Conclusion

DEPERDITIONS DE
L'ENVELOPPE
12.7 KWH

REPLISSAGE DES
PAROIES POUR CHAUFFER
LA 'BANDE UTILE' PAR
RAYONNEMENT
(ALCOVE LIT)
>6.7 KWH



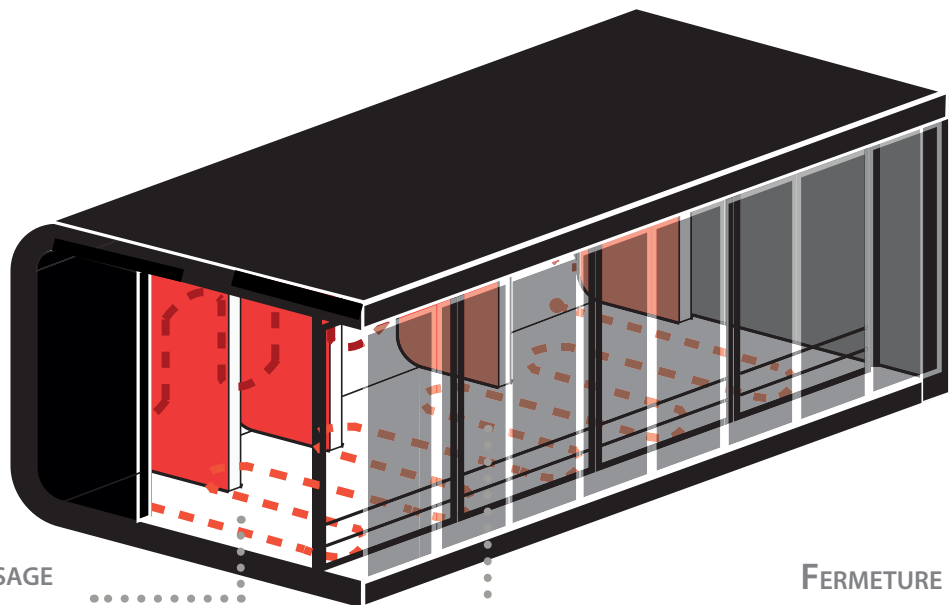
CHALEUR RAYONNEE
PAR LA MASSE
THERMIQUE
(EVALUEE A 6KWH)

NUIT DE FEVRIER

HEURES DE NUIT: 13

TEMPERATURE MOYENNE : -3.1 DEG C

REPLISSAGE
DES PAROIES ET
CIRCULATION DE L'EAU
CHAUDE EMMEGASINEE
PENDANT LES PERIODES
ENSOLLEILEES
(INVERSEMENT DU
SENS DE CIRCULATION)



VUE SUR LE PAYSAGE
INTERIEUR DE LA COUR

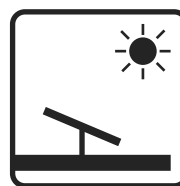
FERMETURE DES
VOLEST POUR LIMITER
LES DEPERDITIONS PAR
RAYONNEMENT ET
DONCUCTION

PERIODE PROLONGEE DE TEMPS COUVERT EN FEVRIER

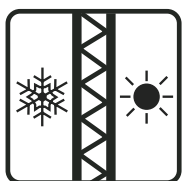
TEMPERATURE MOYENNE : -1.5 DEG C

Synthèse

PHOTOVOLTAÏQUE
La toiture restée libre permet de prévoir une installation photovoltaïque pour la production d'électricité.

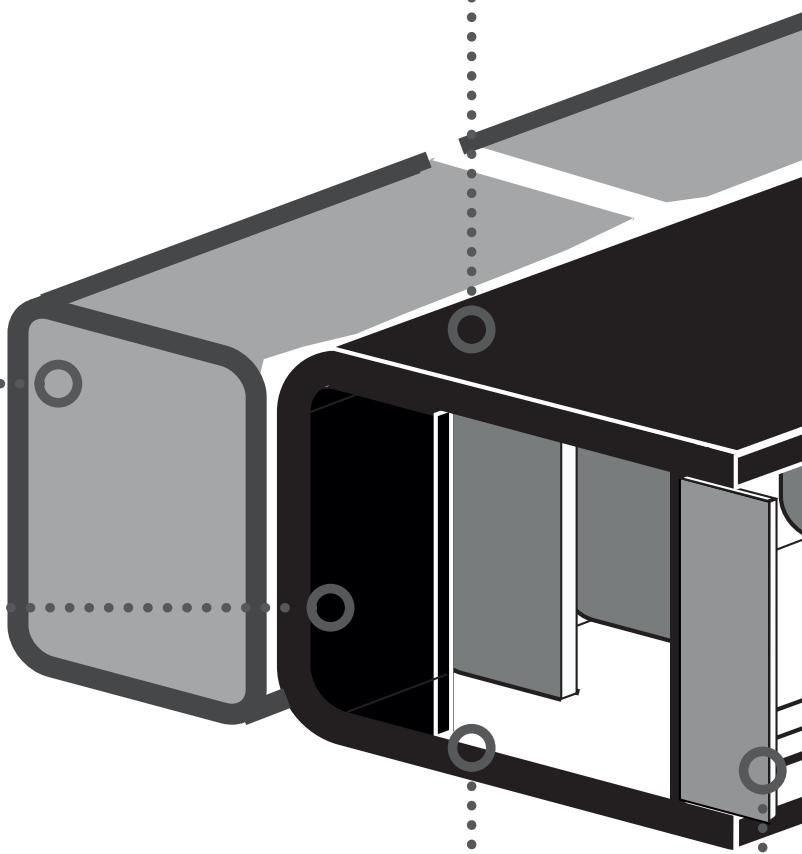
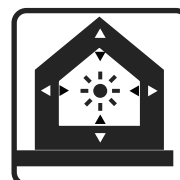


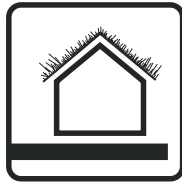
IMPLANTATION SUR UN VERSANT SUD
L'implantation sur un versant sud permet, outre une orientation favorable, de dégager un espace semi-enterré dans lequel intégrer les réservoirs permettant le stockage d'énergie.



ISOLATION
Réduire la conductivité thermique de l'enveloppe au maximum permet de limiter les déperditions thermiques, et de conserver la chaleur à l'intérieur de l'habitat.

INERTIE
La structure en béton absorbe la chaleur créée à l'intérieur de l'habitat. Les apports passifs étant supérieurs aux besoins de chauffage en journée, cette propriété permet un stockage de la chaleur en excès qui sera restitué de nuit, réduisant alors les besoins de chauffage.





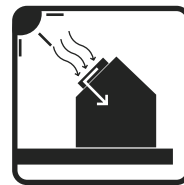
SUR-ISOLATION ET INERTIE

La température à la sous face de l'épaisseur de terre est 3 à 4 degrés plus élevée que celle de l'air pendant les périodes les plus froides.



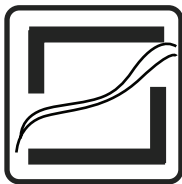
SOLAIRE PASSIF

Un verre avec un facteur solaire élevé laissera passer une large partie du rayonnement solaire et induira un effet de serre concentrant la chaleur à l'intérieur de l'habitat, permettant de se passer de chauffage en journée



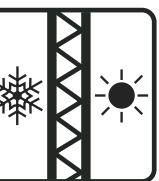
SOLAIRE THERMIQUE

La dalle et les murs irrigués font du bâtiment même un grand capteur solaire thermique, emmagasinant la chaleur dans l'eau circulée.



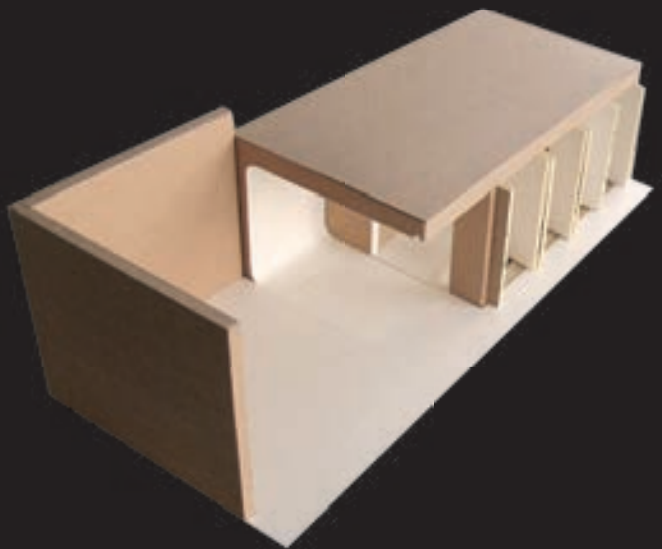
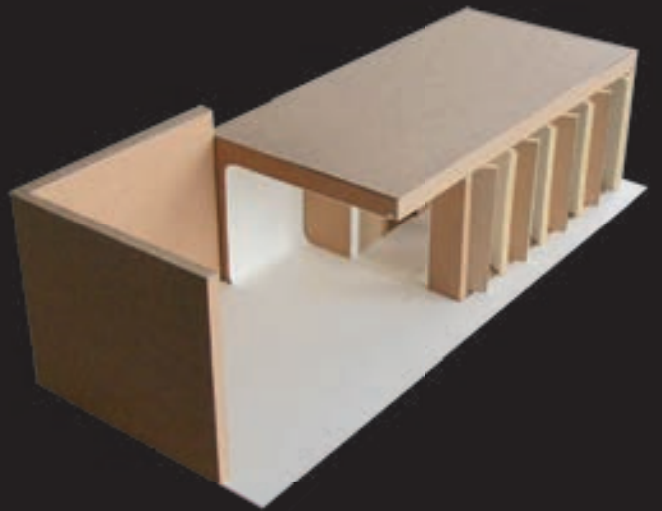
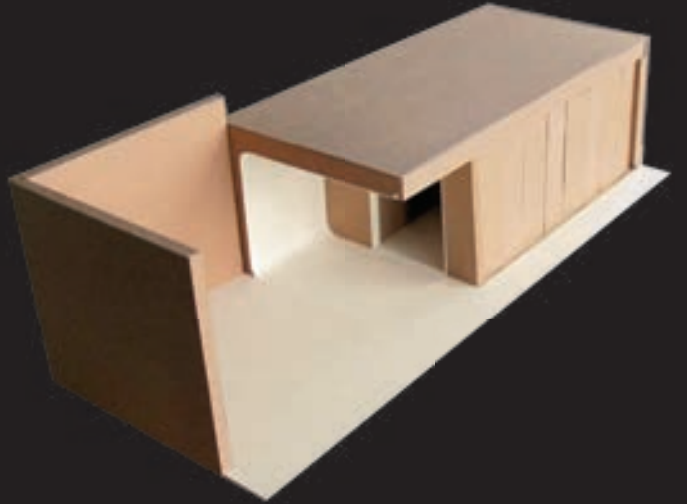
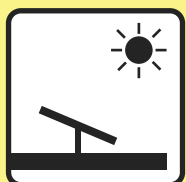
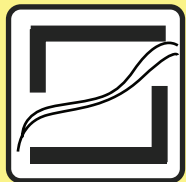
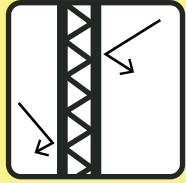
VENTILATION NATURELLE

Les lames orientables en verre permettent de ventiler naturellement l'habitat et de réguler la montée de la température due aux apports passifs.



ISOLATION VARIABLE ET PROTECTION SOLAIRE

Les volets permettent de faire varier les propriétés de la façade sud, notamment son isolation et son facteur solaire.



Climat
Géographie
Données et analyses climatiques

Concept
Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux
Descriptifs
Assemblages et détails
Alternatives et comparaisons

Energie
Besoins/Production
Conclusion

Synthèse

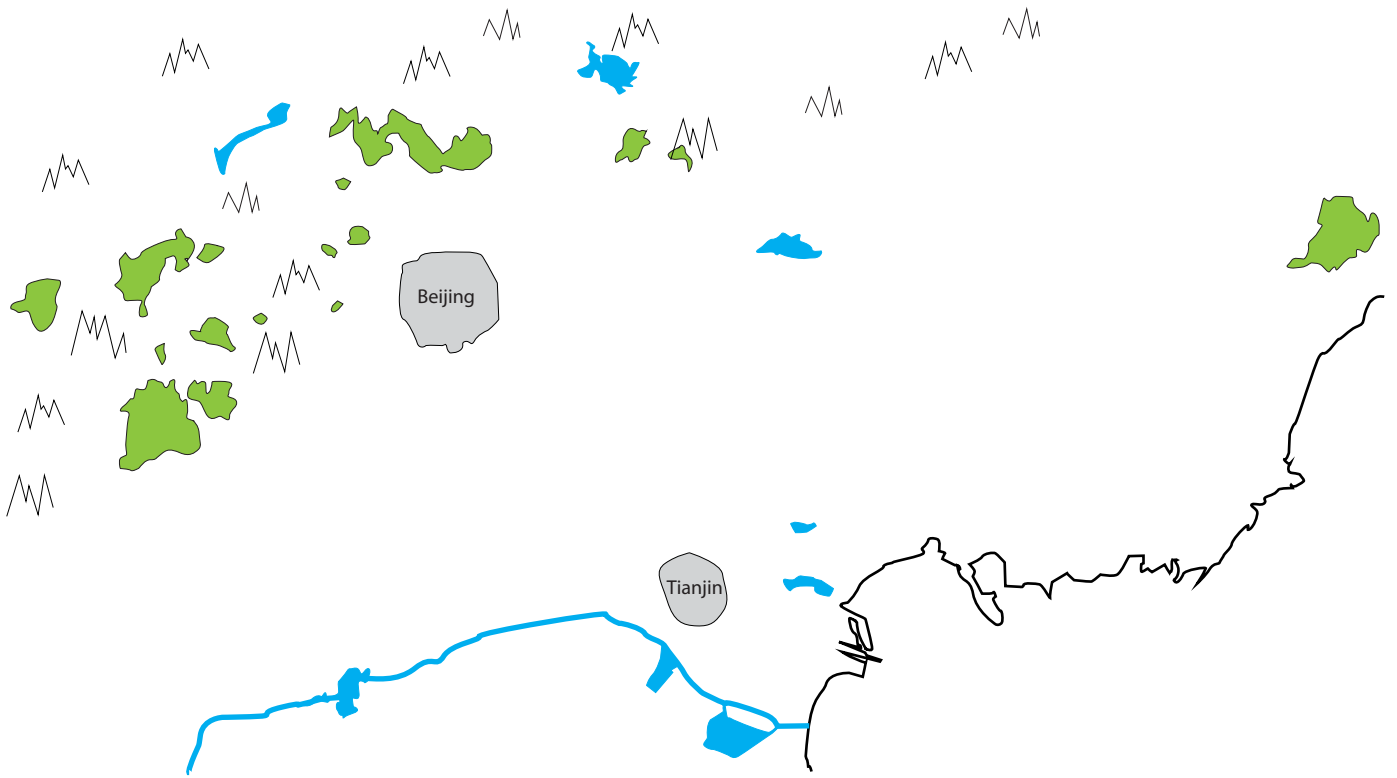
Beijing

Chine

Pierre Buhannic

Climat

Géographie
Données et analyses climatiques



Géographie

lat. **39° 55N** long. **116° 25E** alt. **44m**

Pékin se situe à 110 kilomètres de la mer de Bohai, à l'extrémité nord-est de la plaine de la Chine du Nord. La ville est entourée de montagnes à l'ouest et au nord. Plus au nord encore se trouvent des régions rattachées tardivement à la Chine. C'est la raison pour laquelle la Grande Muraille de Chine, qui marquait la limite du territoire chinois vers le nord, passe à proximité de Pékin.

Pékin n'est pas très éloigné de la mer, celle-ci se trouve à l'est et les vents dominants viennent plutôt de l'ouest. C'est la raison pour laquelle le climat de Pékin est de type continental des façades orientales des continents, comme celui de New York mais de manière encore plus marquée.

Les différences de températures entre les saisons sont très fortes comme le montre le record maximal qui est de 42,6°C et le record minimal qui est de -18,8°C. Il pleut surtout en été. En effet juillet est le mois le plus pluvieux avec 15 jours de pluie tandis qu'on compte seulement 1 jour de pluie en novembre.

Les températures moyennes vont de -10°C pour le mois le plus froid à 31°C pour le mois le plus chaud, avec une moyenne annuelle de 12,6 °C.

La pluviométrie se situe entre 600 mm et 900 mm par an, les pluies estivales sont dues à la mousson et s'abatte sous forme d'averse chaude; la ville, qui connaît un climat sec, compte tout de même 61 jours de pluie par an. Début 2008, les premières dunes du désert de Gobi portées par les vents se trouvaient à 80 km de la capitale.

Le réservoir de Guanting, qui alimente Pékin en eau, a vu son niveau baisser de moitié entre 2002 et 2007.

Le principal problème posé par le climat est la quantité impressionnante d'air pollué générée par la production d'énergie et le chauffage au charbon. Le projet vise donc à créer un habitat sain qui ne subisse pas les effets indésirables de la pollution de l'air.



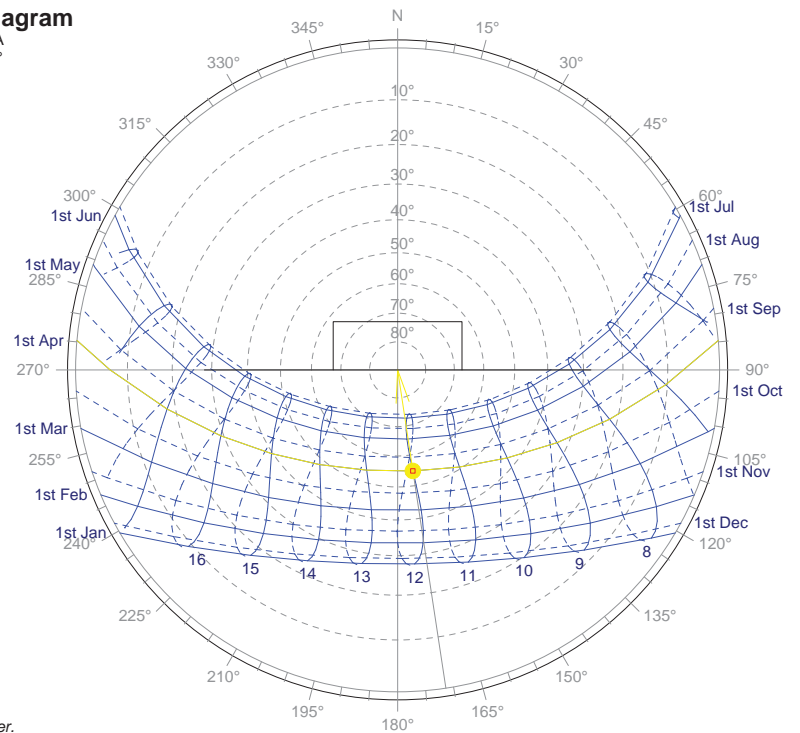
Abaque solaire

Orientation

L'orientation optimale indiquée par le diagramme solaire est 170 degrés, c'est-à-dire quasiment face au sud.

Stereographic Diagram

Location: BEIJING, CHINA
 Sun Position: 171.4°, 54.8°
 HSA: 171.4°, VSA: 124.9°
 © Weather Tool



Time: 12:00
 Date: 1st April
 Dotted lines: July-December.

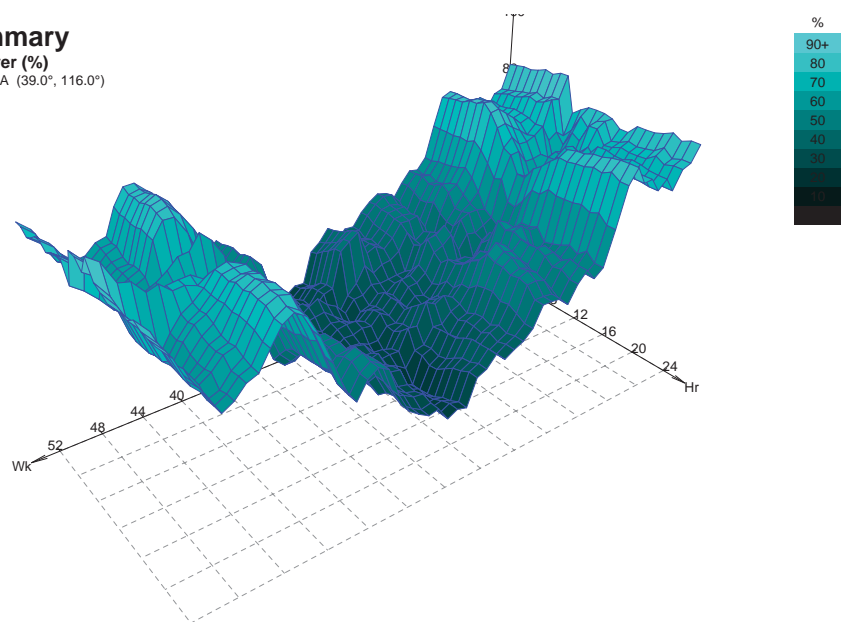
Couverture nuageuse

Energie solaire

La couverture nuageuse est surtout présente en hiver, ce qui déséquilibre la production solaire le long de l'année.

Weekly Summary

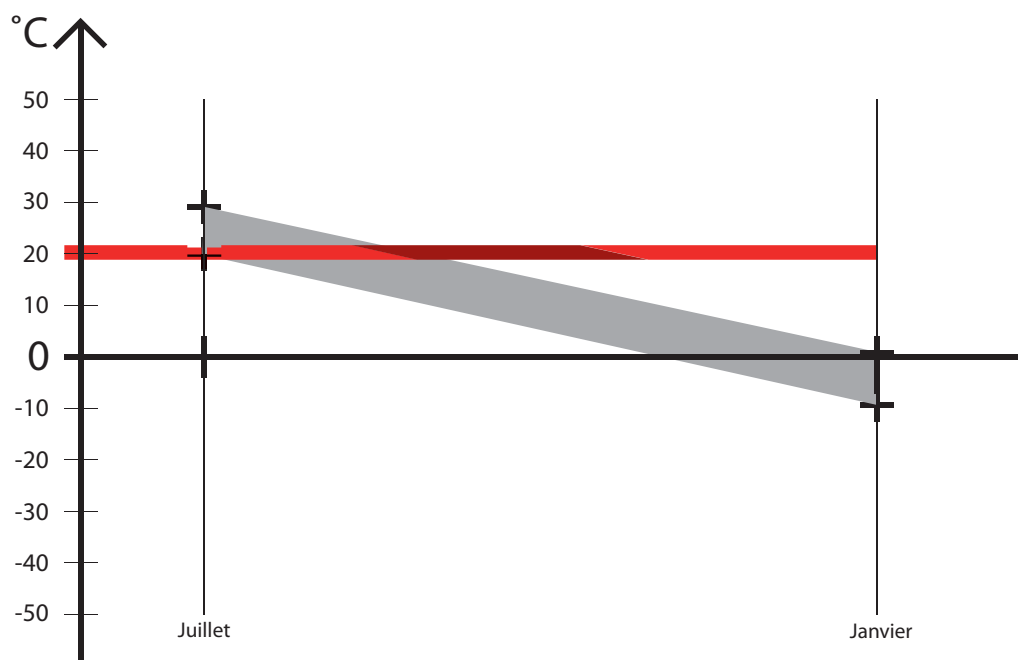
Average Cloud Cover (%)
 Location: BEIJING, CHINA (39.0°, 116.0°)
 © Weather Tool



Profil des températures

Températures maximales/ minimales et moyenne

Les températures à Beijing sont extrêmes, aussi bien dans le négatif que dans le positif.

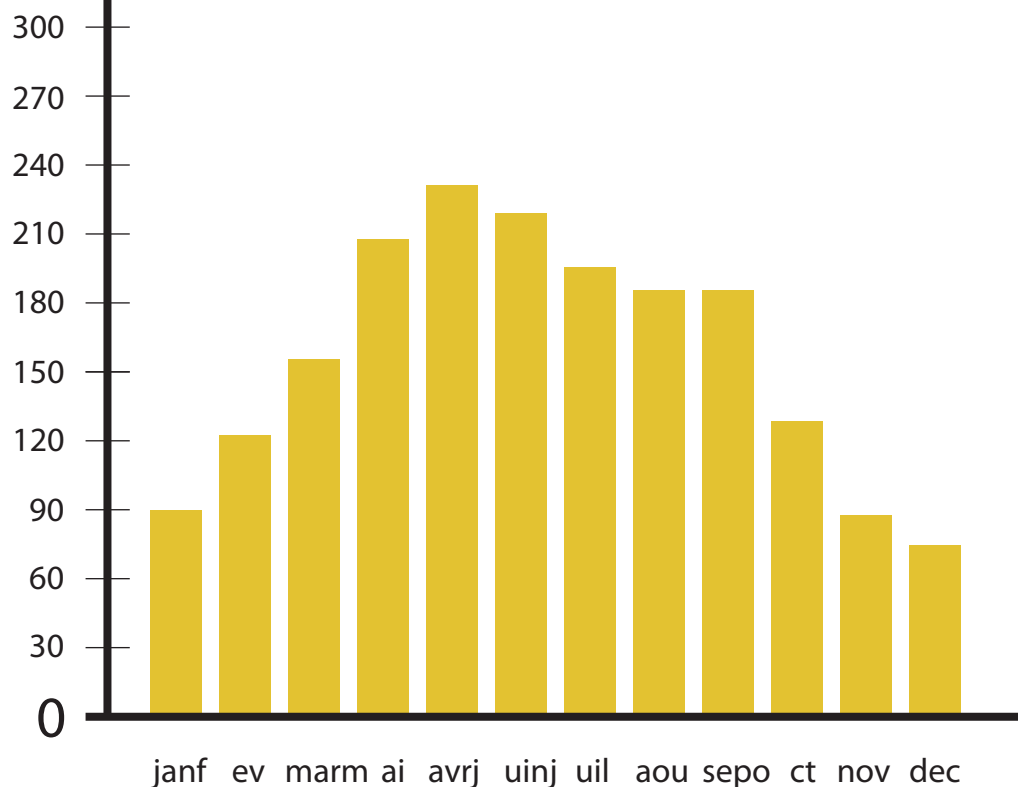


Moyenne mensuelle du rayonnement solaire

(W/m²)

Source photovoltaïque

Le rayonnement solaire n'est pas impressionnant mais il constitue la seule source d'énergie renouvelable et rentable disponible.



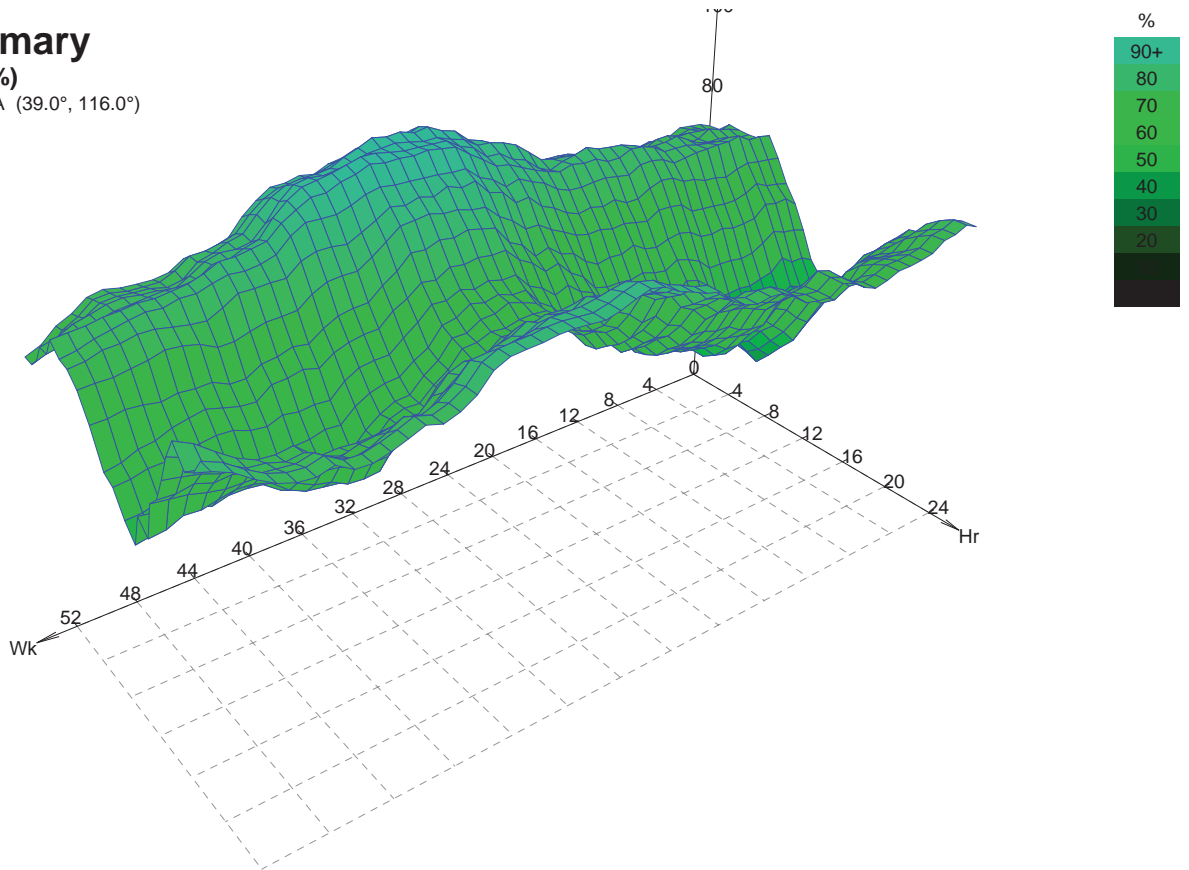
Humidité relative

Weekly Summary

Relative Humidity (%)

Location: BEIJING, CHINA (39.0°, 116.0°)

© Weather Tool



Vents dominants mensuels

Prevailing Winds

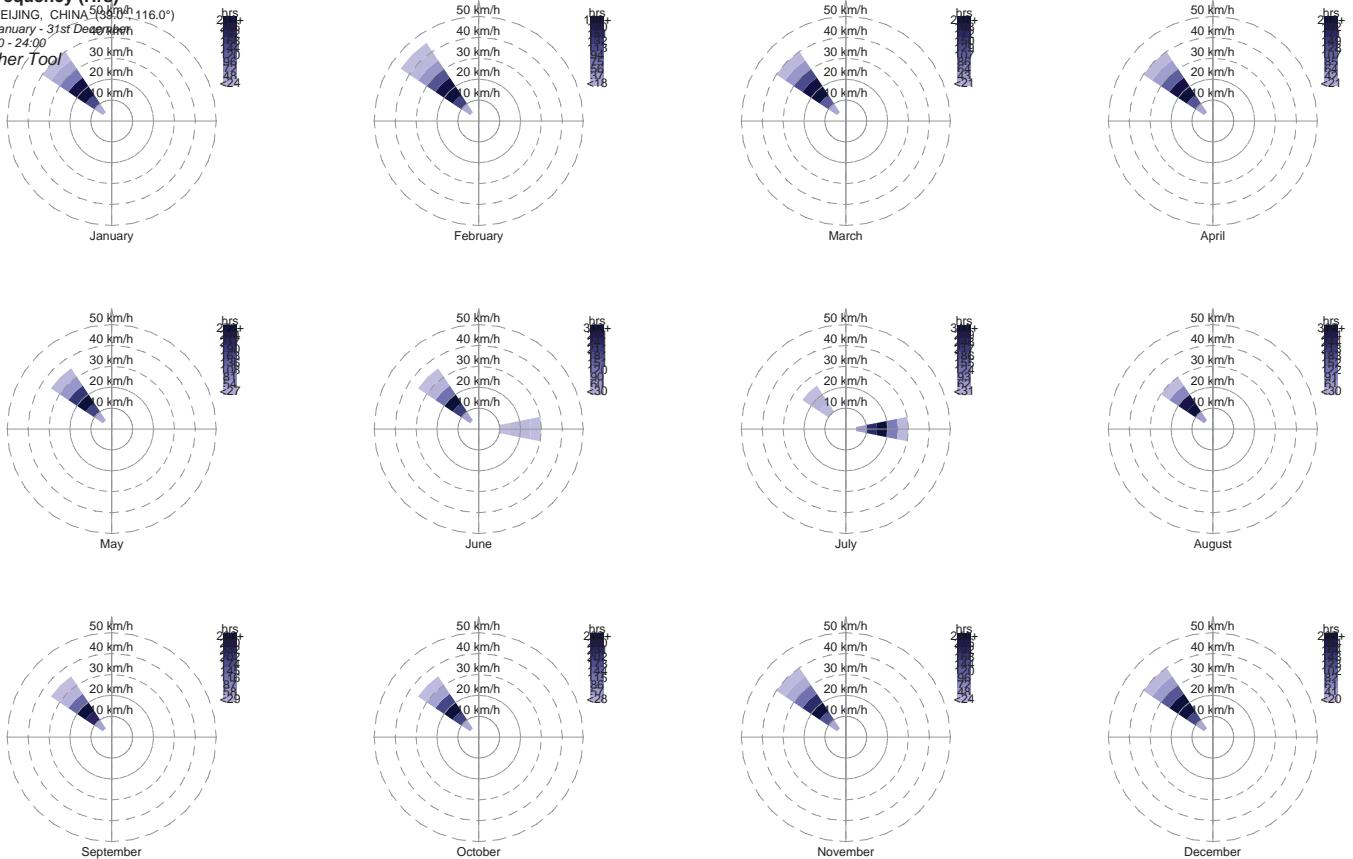
Wind Frequency (Hrs)

Location: BEIJING, CHINA (39.0°, 116.0°)

Date: 1st January - 31st December

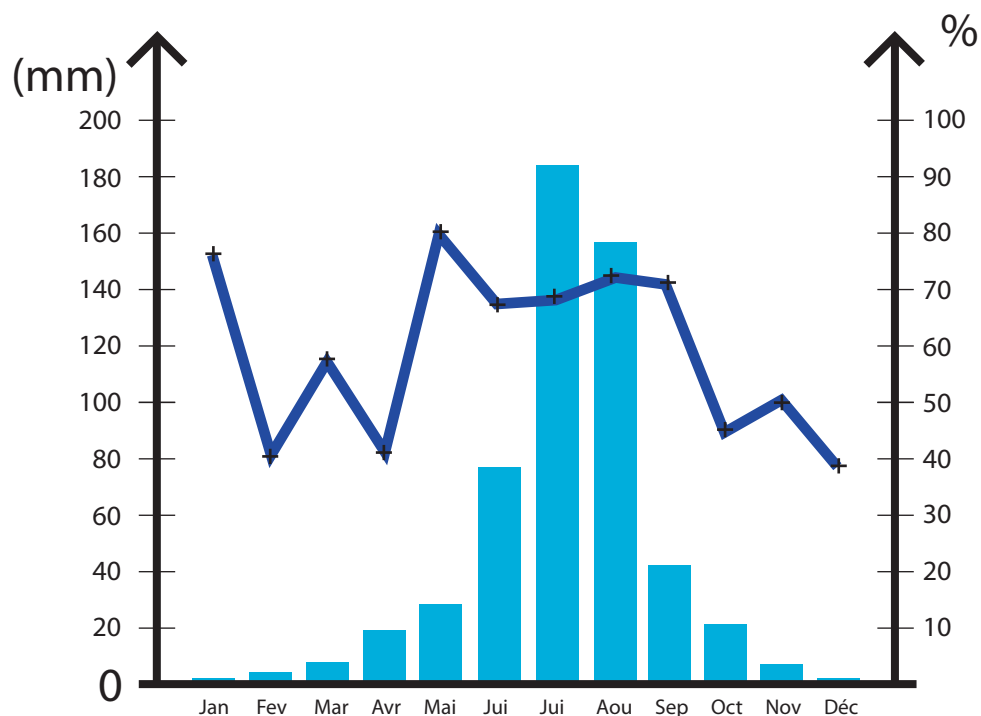
Times: 00:00 - 24:00

© Weather Tool



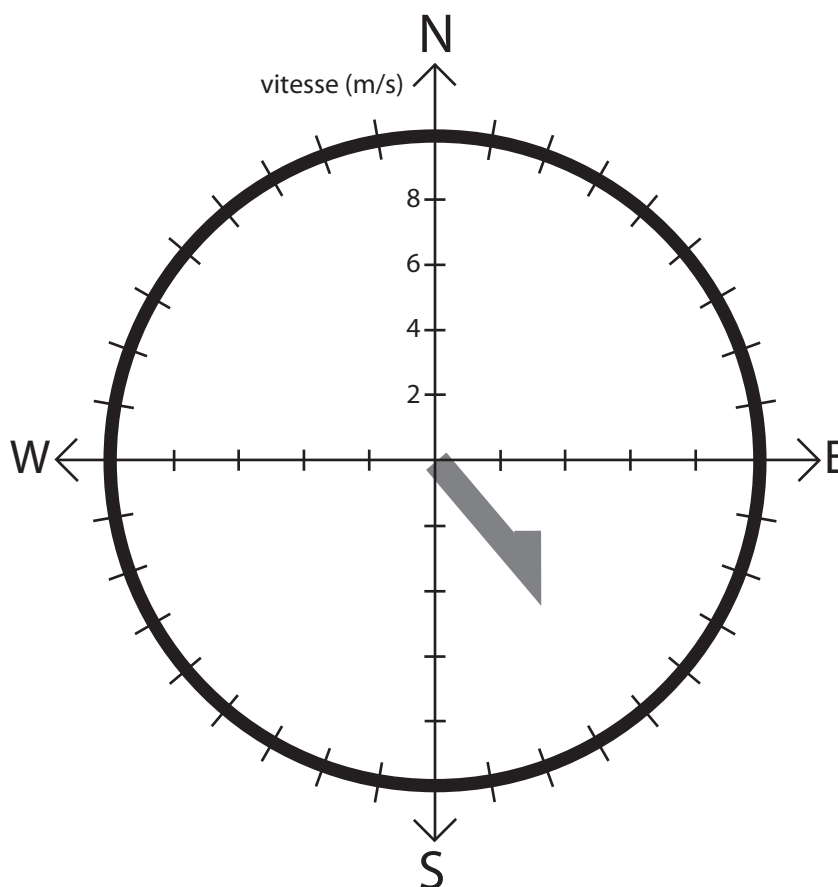
Pluie / Humidité

Pluie abondante
La pluie à Beijing est abondante mais elle se concentre principalement sur deux mois de l'année.



Vents dominants

Vents Nord-Ouest
Les vents dominants sont orientés vers le Nord-Ouest. Cependant un léger vent vers l'est apparait pendant les mois d'été.





Zone de confort

Un climat extrême

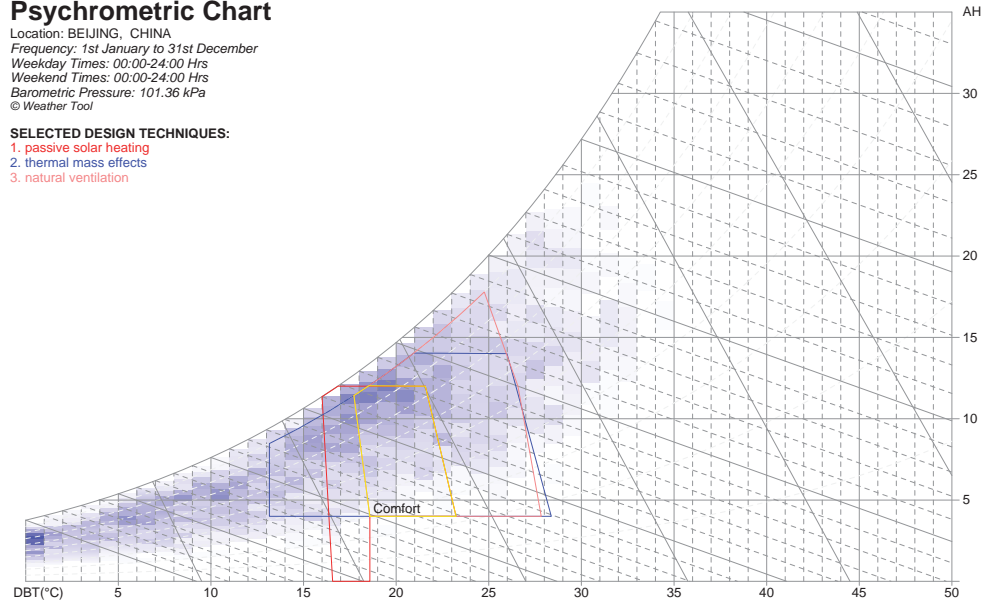
Les températures extrêmes de Pékin sont atténuées par l'inertie du bâtiment, le chauffage solaire passif et la ventilation naturelle.

Psychrometric Chart

Location: BEIJING, CHINA
Frequency: 1st January to 31st December
Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs
Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs
Barometric Pressure: 101.36 kPa
© Weather Tool

SELECTED DESIGN TECHNIQUES:

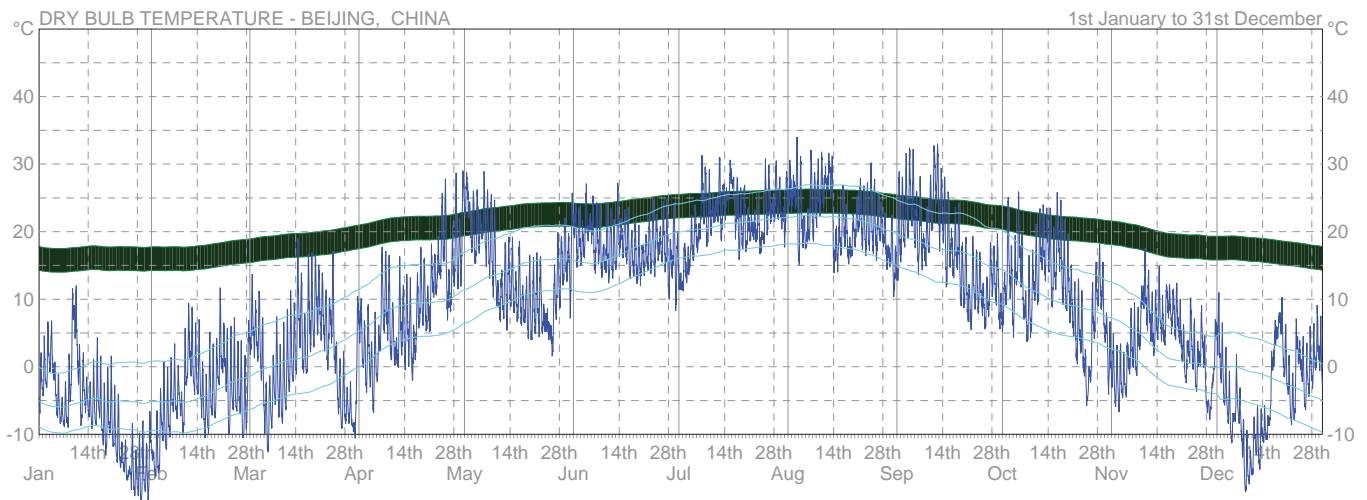
1. passive solar heating
2. thermal mass effects
3. natural ventilation



Température et confort

Peu de confort thermique

La température atteint rarement des valeurs confortables sur l'ensemble de l'année. Cependant les valeurs étant principalement en dessous, le projet se concentrera sur les besoins en chauffage.



Concept

Ressources
Stratégies
Usages

Matériaux



Brique

La brique est fabriquée localement en chine depuis plusieurs siècles, elle est souvent choisie pour ses propriétés d'inertie et sa solidité. Ici un mur à deux épaisseurs en brique est mis en oeuvre pour conserver la chaleur au maximum.



Béton

Le béton est utilisé pour la toiture de la serre et celle du logement, son inertie permet d'éviter les surchauffes en été et de réduire les déperditions en hiver. Le béton est également produit sur place sous forme d'éléments préfabriqués.



Aluminium

Les menuiseries en aluminium sont utilisées pour leurs performances nettement supérieures à celles en bois ou en PVC. Bien que l'aluminium ne soit pas fabriqué localement, les menuiseries sont assemblées dans la région de Tianjin.

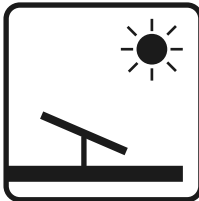


Verre

Un verre triple vitrage est utilisé pour les menuiseries intérieures tandis qu'un simple vitrage cintré à chaud est utilisé pour la serre. Le premier fournit une grande efficacité pour le chauffage solaire passif tandis que le second permet d'obtenir une forme complexe. Le verre est également fabriqué dans la région de Tianjin.

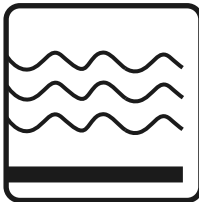


Ressources



Energie et climat

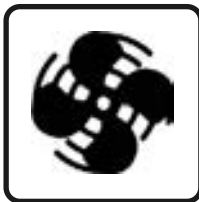
Soleil (156W/m2 moyen) : Solaire photovoltaïque
Vent humide et pollué (10 - 40km/h) : Filtre CO2
Dry coolers: Source de chaleur à partir de l'air vicié





David Keith, Inventeur du filtre à CO2 dans l'air ambiant

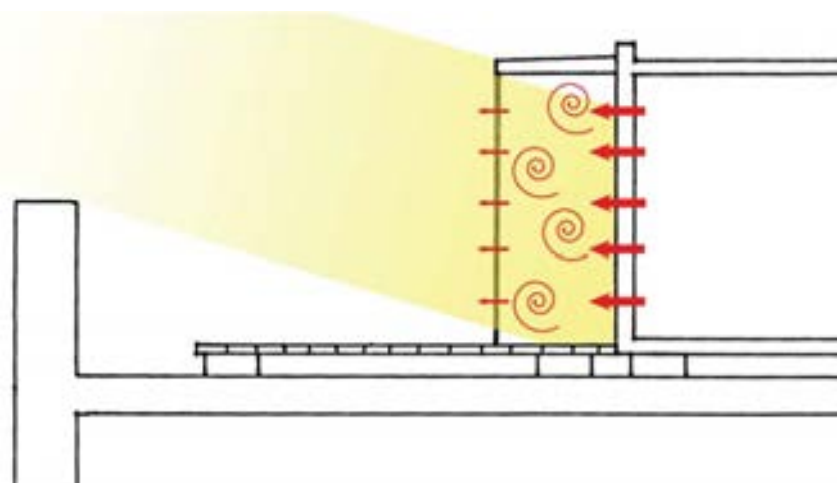
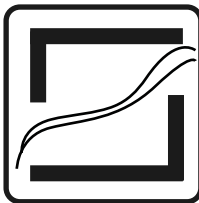
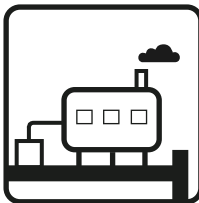
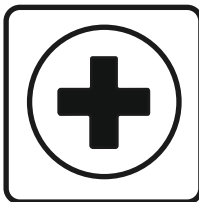
Stratégies



Créer un tampon thermique

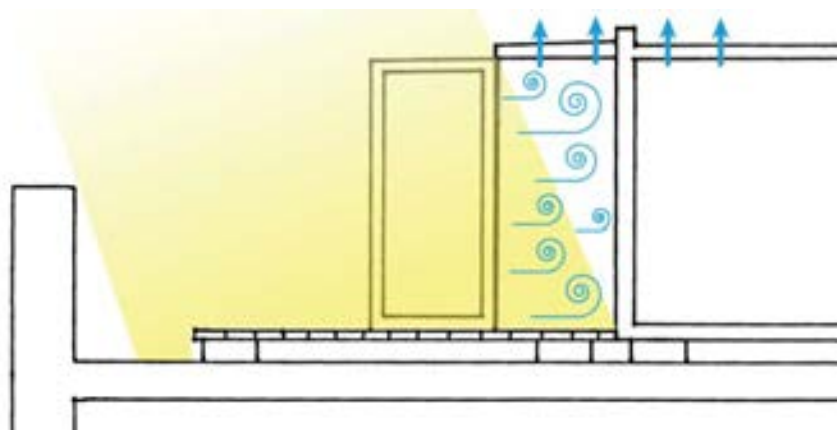
Le Projet s'appuie sur un principe simple: créer un espace tampon entre l'intérieur et l'extérieur sur les façades recevant la majorité des apports solaires. Cet espace fonctionne comme une serre, conservant la chaleur en hiver lorsqu'il est fermé et permettant une ventilation naturelle en été.

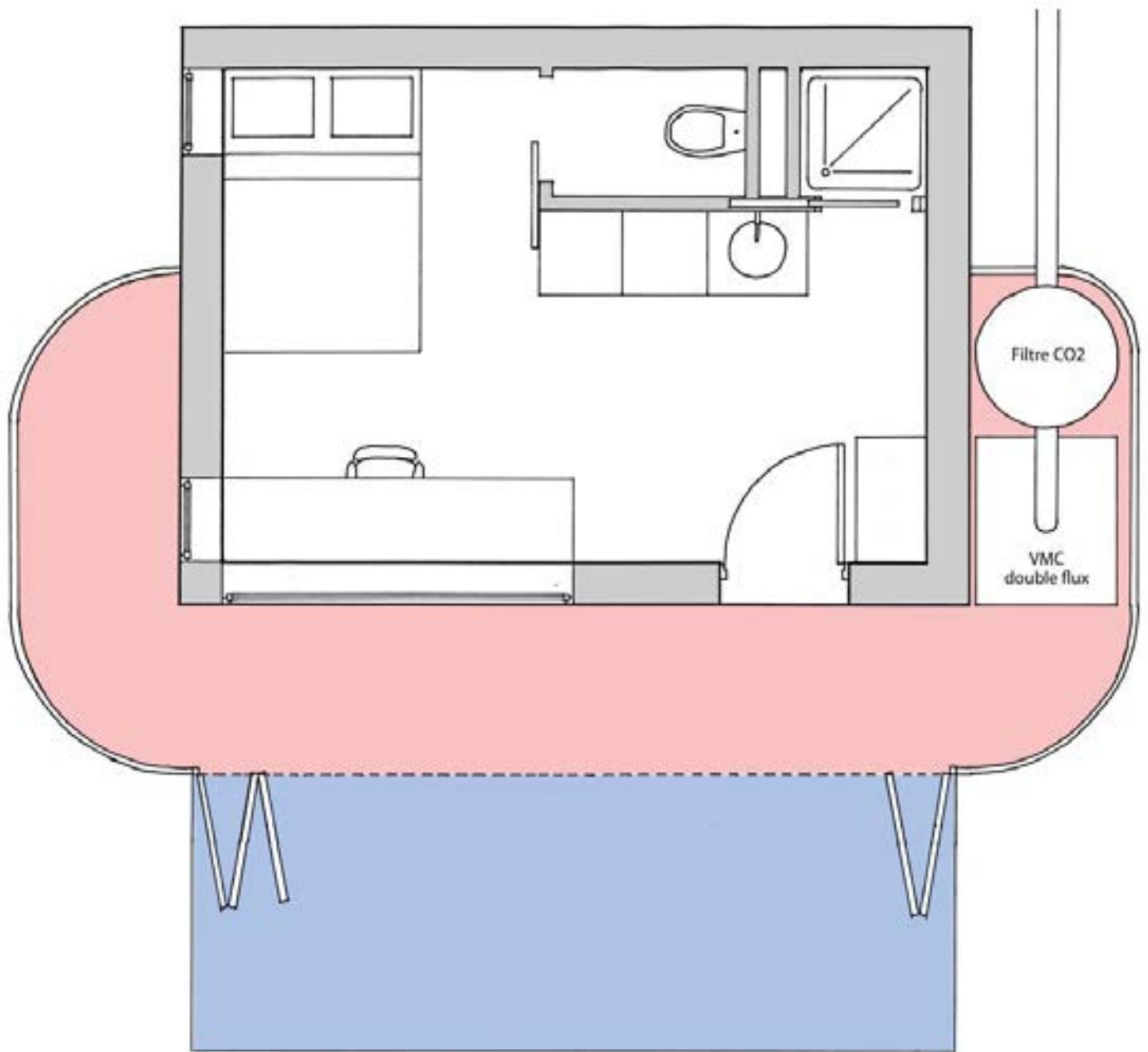
En hiver, la serre permettra donc de maximiser les apports solaires mais aussi de filtrer l'air ambiant lourdement pollué étant donné la pollution générée par les chaudières au charbon utilisées dans la région. l'air issu des dry coolers du supermarché sera donc purifié grâce à un dispositif de filtration de CO2 dans l'air ambiant. La chaleur de cet air vicié sera également récupérée grâce à un dispositif de VMC double flux.



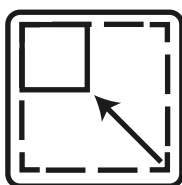
En été, la serre est ouverte pour éviter une surchauffe et laisser le vent ventiler naturellement le projet. Celui-ci étant orienté face aux vents dominants pour simplifier ce processus et dispose d'une soupape d'extraction d'air pour éviter de créer une dépression intérieure. De plus, la toiture de la serre agit comme un brise soleil dimensionné pour réduire les apports solaires passifs pendant les mois nécessitant une climatisation.

En somme le projet se transforme au gré des saisons pour s'adapter aux écarts de température conséquents entre été et hiver.



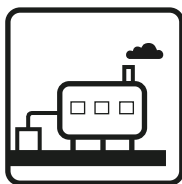


Usages



Compacité et symbiose

Le logement est conçu comme la cellule la plus compacte qui puisse accueillir un couple dans des conditions acceptables. Le fonctionnement du plan est relativement simple, regroupant toutes les fonctions nécessitant un apport en eau sur l'angle le plus froid du bâtiment du fait de son orientation, et toutes les autres fonctions sur les façades les mieux exposées. La compacité du bâtiment joue un rôle clé dans les économies d'énergie résultant de cette implantation. La seconde peau sert de tampon thermique mais également d'espace extérieur pour conserver une partie de ses plantes en hiver et pouvoir les ressortir en été. C'est en été que la terrasse est véritablement exploitable pour d'autres activités que celle d'entrée. Elle offre le luxe peu commun de pouvoir prendre un bain de soleil chez soi à Beijing. Le projet fonctionne en fait comme un parasite en symbiose avec son hôte qui exploite les ressources à sa disposition pour limiter ses propres besoins.

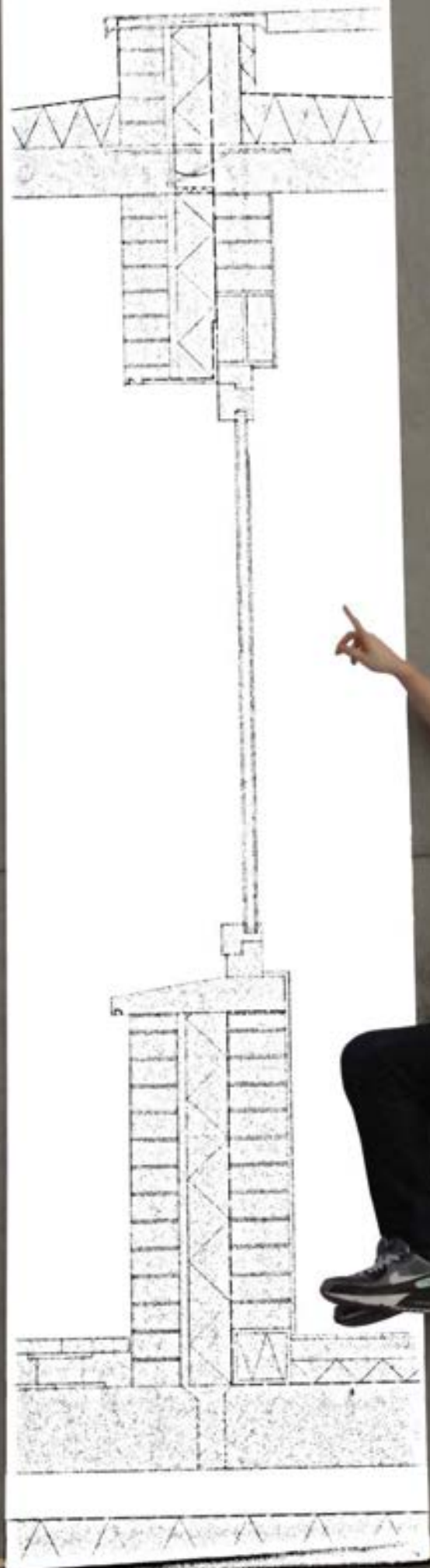


Matériaux

Descriptif et propriétés physiques recherchés

Assemblages et détails

Alternatives et comparaison



Descriptif

Propriétés physiques recherchées



Ossature: double peau en Briques

Cette option est choisie pour son inertie, sa solidité ainsi que pour son caractère local et traditionnel.



Toitures: Béton préfabriqué

Le béton est choisi pour ses propriétés physiques proches de la brique et sa rapidité de mise en oeuvre.



Peau extérieure: Verre

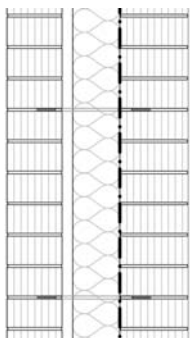
Le verre est utilisé pour des raisons évidentes de transparence et de captation du rayonnement solaire.



Menuiseries: Aluminium

Les menuiseries en aluminium sont choisies pour leur capacités thermiques ainsi que pour leur aspect qui s'allie aisément avec la brique.

Composants des parois

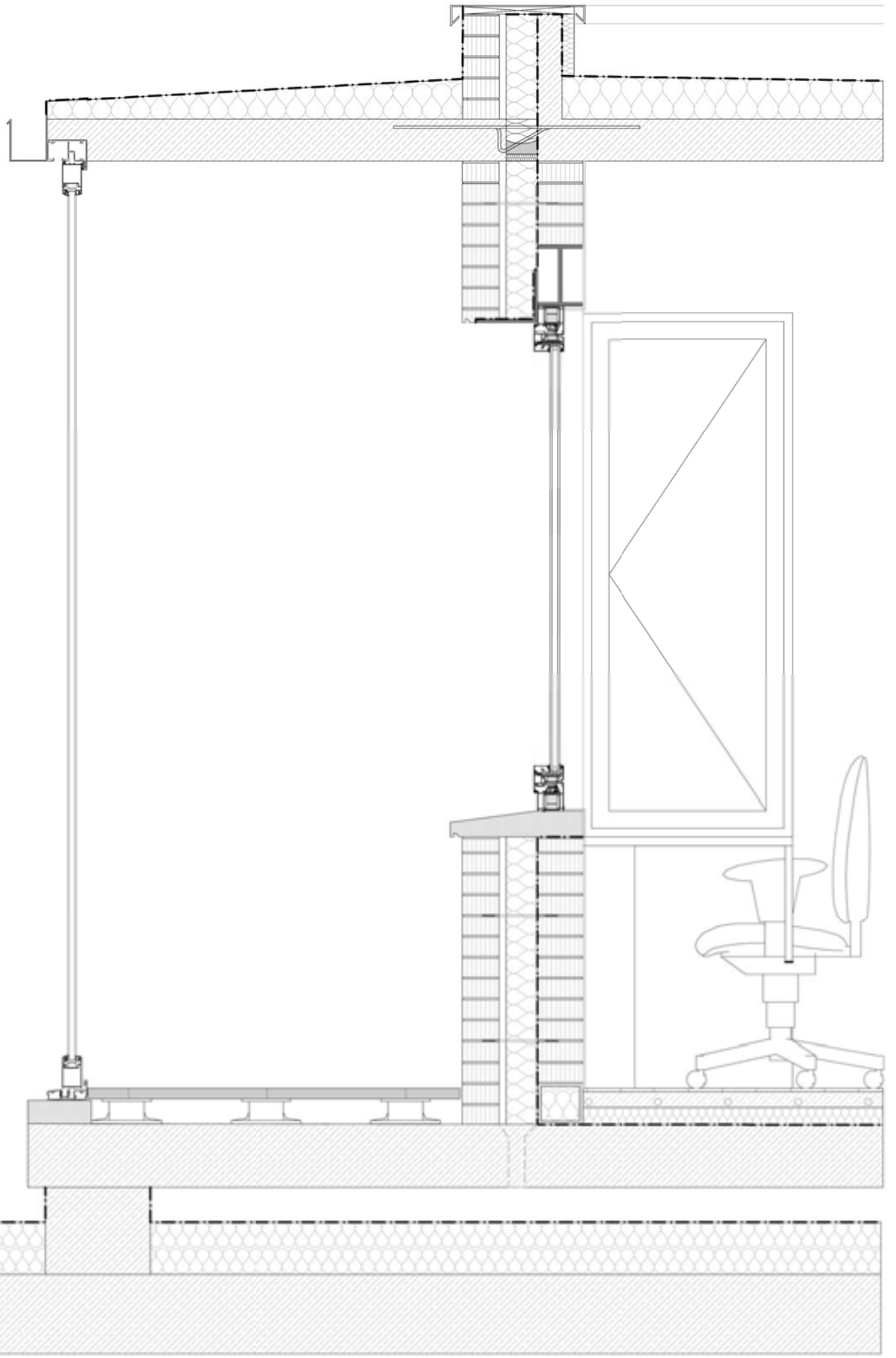


De l'extérieur vers l'intérieur:

Brique 110mm
Lames d'air 25mm
Isolant polystyrène expansé 120mm
Pare-vapeur 3mm
Brique 130mm

Propriétés obtenues

Uparoi: 0.16Wm²/K
Ubat: 0.25 Wm²/K
Heures chauffées à l'année: 5884
Heures sans production thermique: 2808
Heures climatisées à l'année: 68



Assemblage et détails

Un plug-in sur le toit

Le projet s'installe sur le toit d'un centre commercial pour plusieurs raisons. Tout d'abord le ville de Pékin est extrêmement dense et ne permettra pas l'implantation d'un si petit bâtiment, c'est pourquoi une loi permettant ce genre d'implantation a été votée en 2012. Le projet s'appuie donc sur la structure existante pour poser ses plots de fondation.

De plus, au delà des déperditions du centre commercial par sa toiture dont le logement peut bénéficier, il s'alimente également en air chaud grâce aux dry-coolers déjà présents sur le bâtiment.

Le projet utilise donc les ressources à sa disposition combinées à une enveloppe très inerte et isolée pour se protéger des températures extrêmes.

Deux peaux/ deux fonctions

La façade du projet peut être décomposée en deux peaux successives remplissant chacune une fonction essentielle au projet.

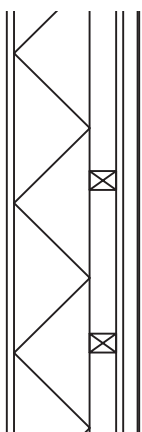
L'enveloppe intérieure en briques assure une inertie conséquente pour ne pas subir les écarts de température jour/nuit et été/hiver. Cette première enveloppe est constituée de deux épaisseurs de briques autour d'une épaisseur d'isolant de manière à être très isolé et très inerte à la fois.

La peau extérieure est constituée d'un simple vitrage qui permet de bénéficier du chauffage solaire passif en hiver et d'ouvrir le logement sur sa terrasse en été grâce à une grande porte en portefeuille.

Ces deux systèmes sont séparés par des rupteurs de ponts thermiques en partie basse et en partie haute de manière à ne pas créer de discontinuité thermique dans l'enveloppe intérieure.



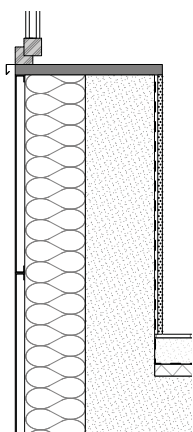
Alternatives



une enveloppe et une structure plus légère

On pourrait considérer un système constructif plus léger pour minimiser les sollicitations sur la structure du bâtiment hôte, cependant ce choix se ferait au détriment de l'inertie, ce qui augmenterait les besoins en chauffage mais aussi en climatisation. En effet une enveloppe légère et très isolante engendrerait très vite une surchauffe en été et des problèmes de condensation en hiver.

Uparoi: 0.18Wm²/K
Ubat: 0.26 Wm²/K
Heures chauffées à l'année: 5884
Heures sans production thermique: 2807
Heures climatisées à l'année: 69



Structure béton/isolation par l'extérieur

l'option d'une structure béton aurait également pu être envisagée avec une isolation par l'extérieur. Ce choix aurait également posé le problème du poids tout en réduisant l'inertie. Cette solution serait donc un compromis entre la brique et la structure légère mais induirait les inconvénients des deux options. D'autres matériaux comme le béton cellulaire ou les briques de pierre ponce pourraient peut être garantir une inertie conséquente tout en ayant un poids raisonnable.

Uparoi: 0.22Wm²/K
Ubat: 0.28 Wm²/K
Heures chauffées à l'année: 5888
Heures sans production thermique: 2787
Heures climatisées à l'année: 85

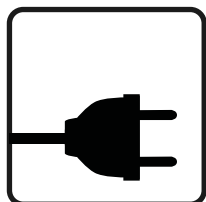
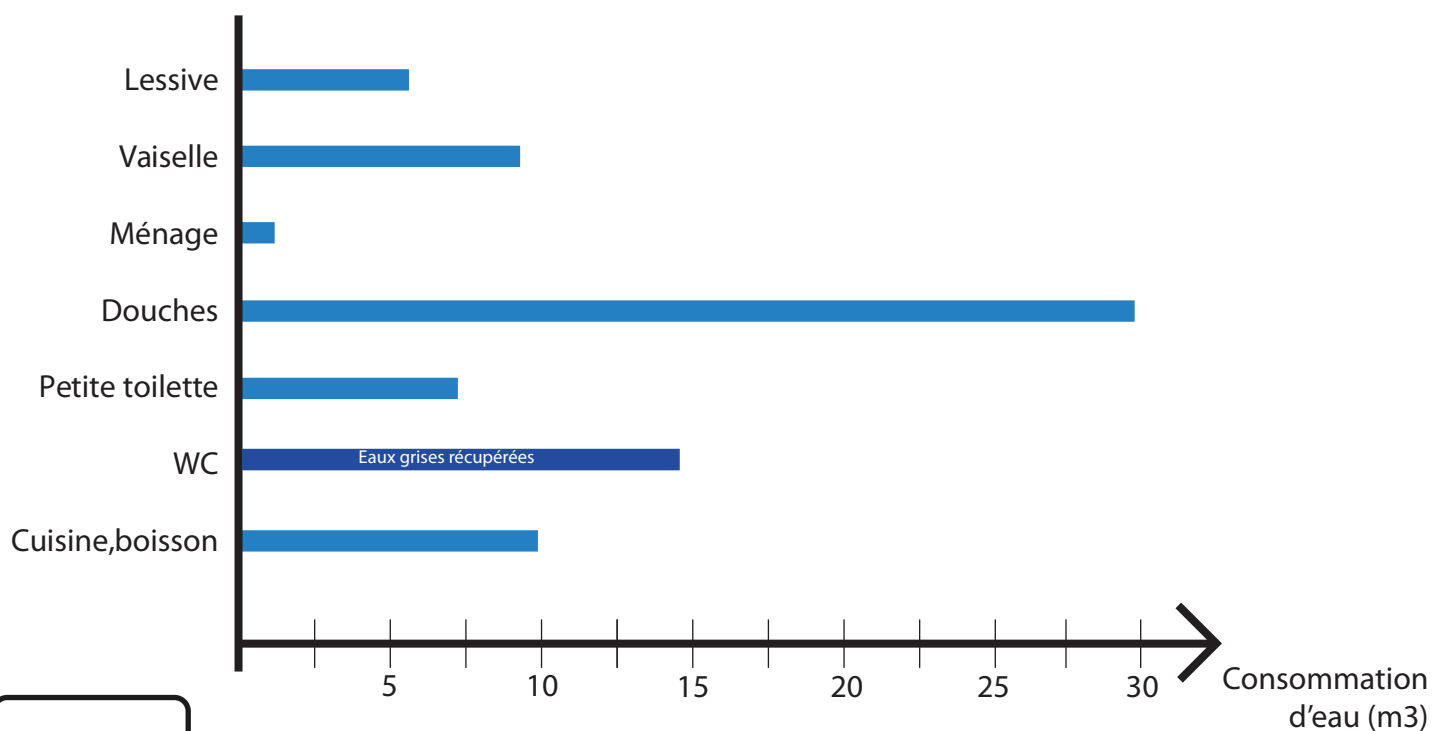
Energie

Besoins
Production
Optimisation
Conclusion

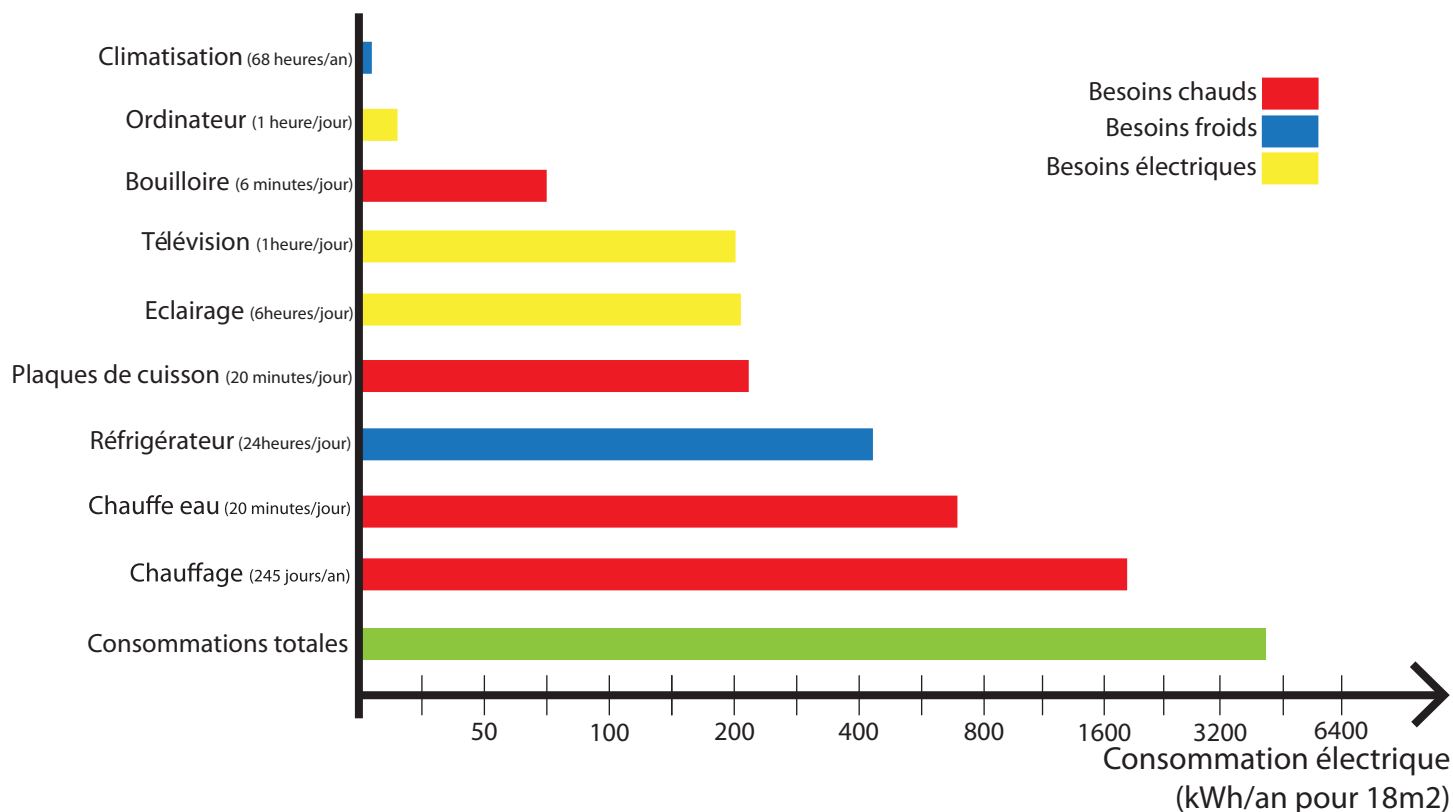
Besoins

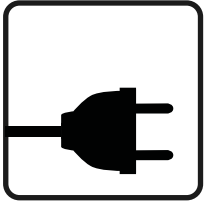


Besoins en eau



Besoins en électricité





Productions

Solaire photovoltaïque

En considérant que la puissance du rayonnement solaire à Beijing de 156W/m² en moyenne sur l'année, que le rendement des panneaux solaires est de 10% et que l'on dispose de 20m² de toiture on obtient le calcul suivant:

$$156\text{W/m}^2 \times 10\% \times 20\text{m}^2 = 312\text{ Wh}$$

Sur une journée cette valeur vaut donc:

$$312\text{W/h} \times 24 = 7.5\text{ kWh/jour}$$

Et sur une année:

$$7.5 \times 365.25 = 2739\text{ kWh/an}$$

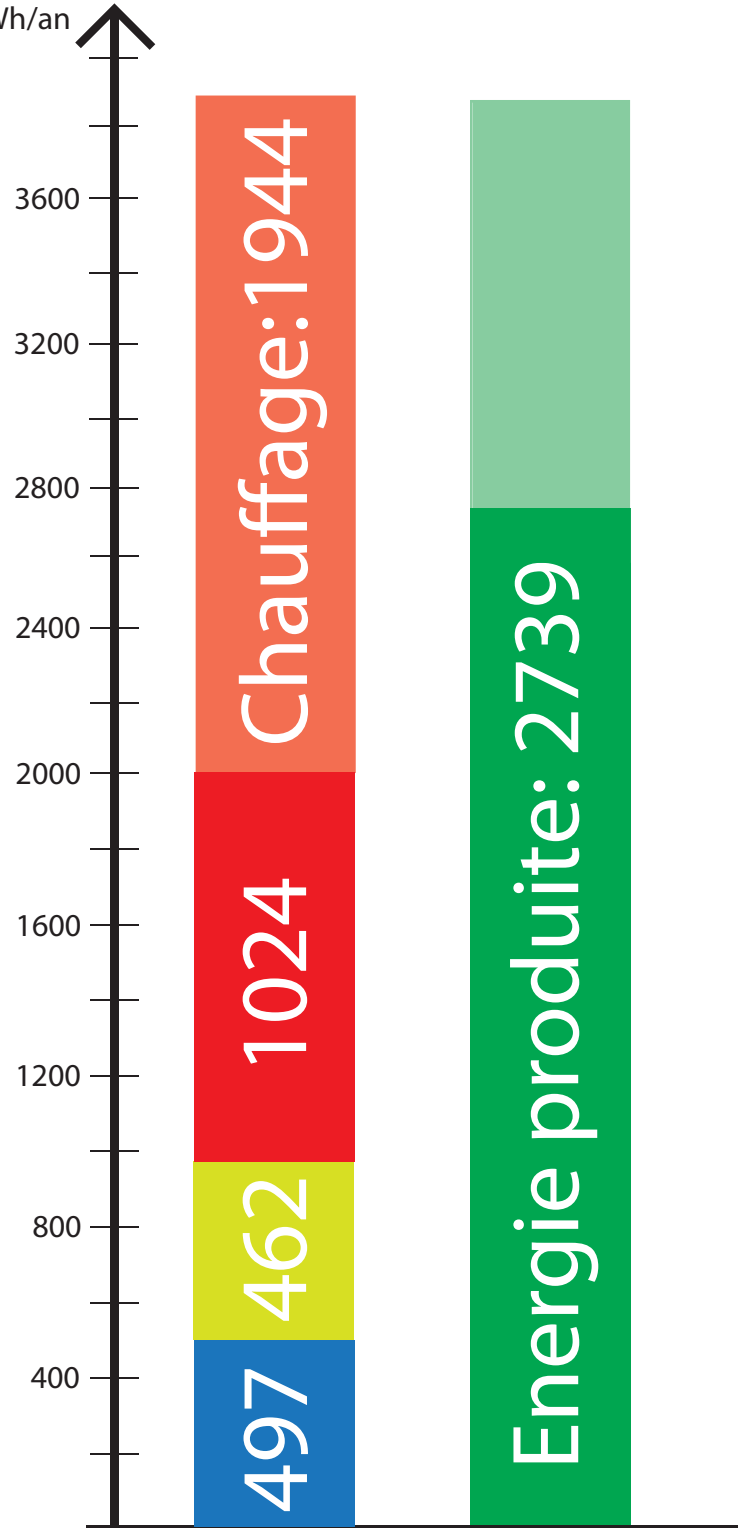
Cette quantité d'énergie est conséquente compte tenu des circonstances mais elle ne subvient pas aux besoins totaux en énergie du logement. Une solution serait d'utiliser des panneaux avec un meilleur rendement mais ils seraient plus coûteux et ne correspondraient donc pas à la réalité économique locale.

Autres sources d'énergie

Un système éolien pourrait être envisagé mais à petite échelle étant donné les caractéristiques du site (toit d'un immeuble) ce qui induirait un dispositif peu rentable et certainement pas en mesure de compenser le manque d'énergie.

Cependant le système de récupération de chaleur des dry-coolers est une source de chaleur inépuisable étant donné le nombre d'appareils sur chaque centre commercial. On peut donc considérer que les besoins en chauffage sont compensés par cet apport considérable. En définitive le projet produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Consommations
en kWh/an

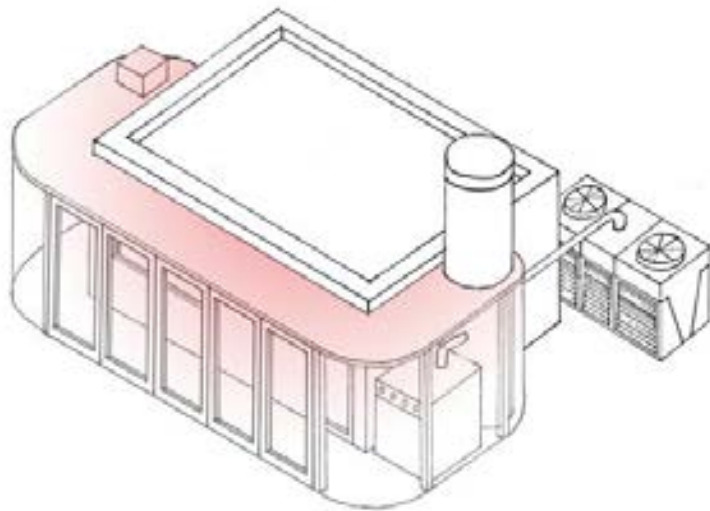




Optimisation

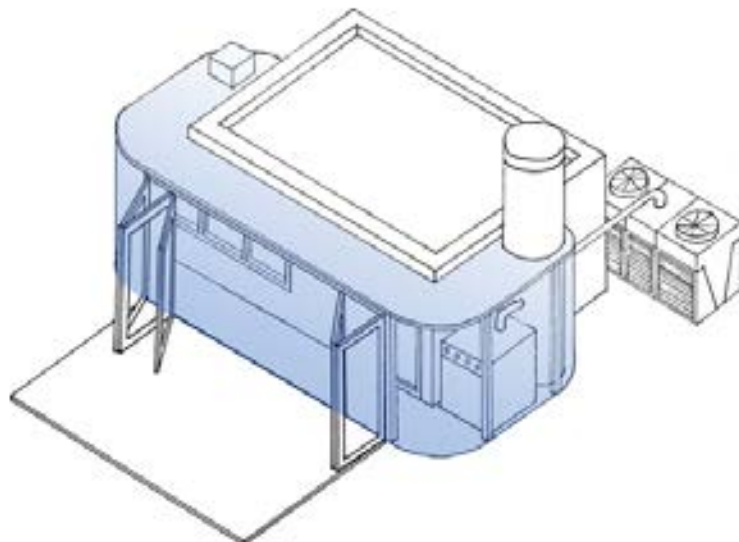
Hiver - Utiliser la double peau pour supporter les basses températures

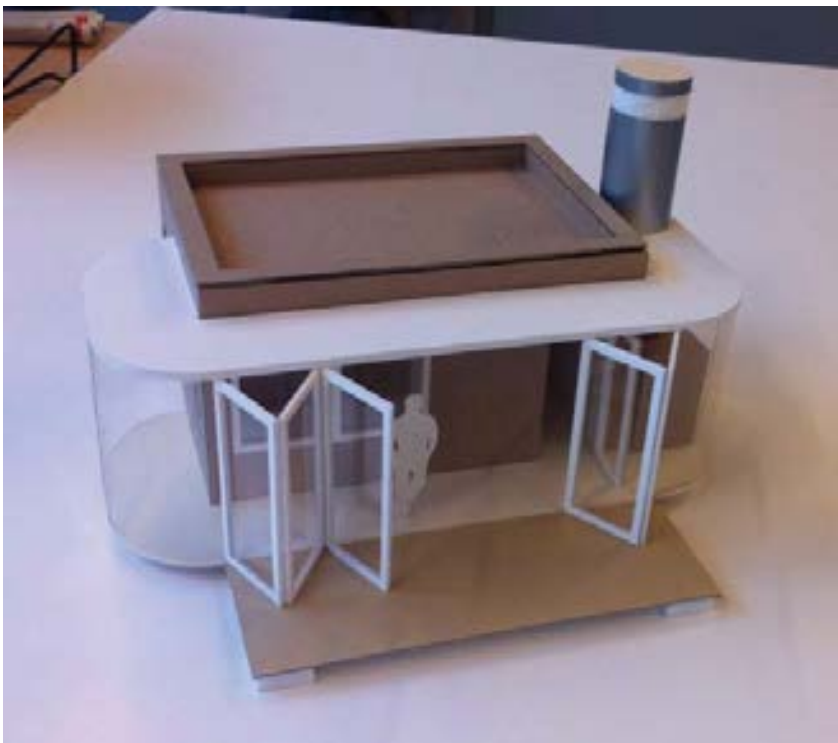
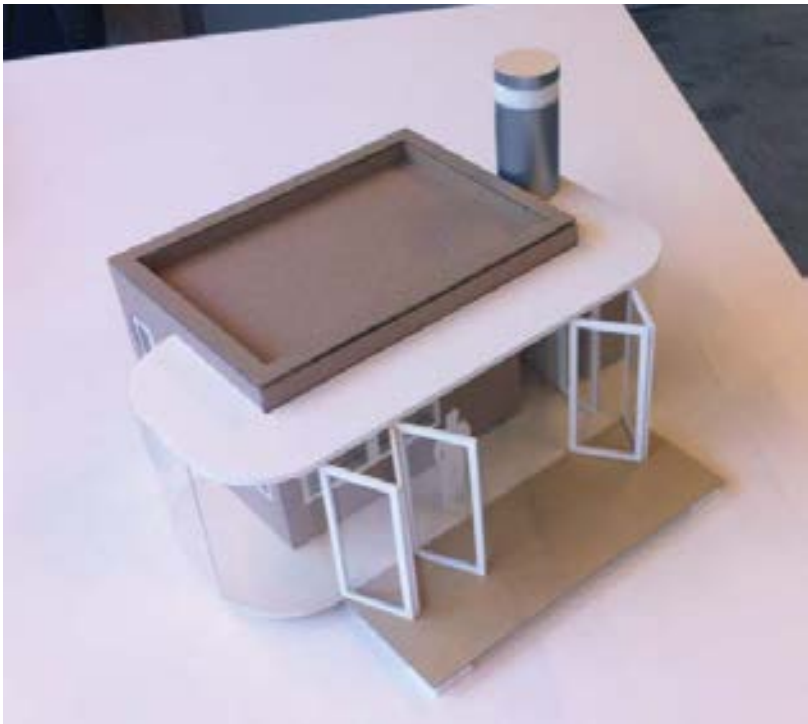
En hiver la température peut atteindre -15 degrés. L'abri fonctionne donc avec sa peau extérieure fermée pour conserver la chaleur créée par l'effet de serre. L'orientation du projet au sud-est permet de maximiser les apports solaires et donc le chauffage solaire passif. Cette chaleur combinée à celle récupérée des dry-coolers permet de supprimer les apports en chauffage. L'optimisation en hiver pourrait consister à repenser la forme de la serre, de manière à limiter encore davantage les pertes de chaleur.



Été - Ventiler et profiter de l'extérieur

En été, la serre est ouverte pour permettre une ventilation naturelle. Le projet étant situé face aux vents dominants, la serre agit comme un couloir à vent et permet de refroidir la façade sud. De plus, la casquette opaque de la serre est dimensionnée de manière à réduire les apports solaires directs pendant les mois les plus chauds et donc les besoins en climatisation. Ce système pourrait être optimisé en imaginant un système de ventelles pour la toiture de la serre de manière à favoriser davantage la ventilation naturelle.





Conclusion

Le contexte de Beijing n'est pas propice à une autonomie en énergie, les écarts de températures sont très grands, les énergies renouvelables disponibles très faibles et la ville trop dense pour envisager un logement autosuffisant pour tous. Cependant le projet produit tout de même plus d'énergie qu'il n'en consomme. L'hypothèse d'implantation sur le toit d'un centre commercial pose aussi la limite des surfaces disponibles mais également de la prolifération et de l'influence dans le temps de la surcharge appliquée sur la structure existante.

Une structure plus légère aurait pu être envisagée au détriment des capacités d'inertie de la brique pour rendre le concept plus pérenne.

Cependant la démarche de ce projet vise davantage à prouver que l'on peut améliorer la qualité de vie des habitants dans un contexte si hostile en produisant de l'énergie grâce à des dispositifs physiques et spatiaux. Le projet exprime une voie à envisager pour repenser l'habitat dans le contexte pékinois; Le concept directeur étant que le développement durable ne passe pas uniquement par la durée de vie d'un bâtiment efficace et économe en énergie mais aussi par celle de ses habitants.



Synthèse



La ville de Beijing est extrêmement dense et l'habitat doit donc s'adapter à ce problème de densité



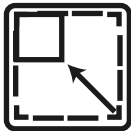
La stratégie envisagée pour le projet est un plug-in qui utilise les ressources du bâtiment hôte pour subvenir à certains de ses besoins



La pollution de l'air à Beijing est telle que ses habitants contractent des maladies respiratoires graves. Le projet propose donc de créer un environnement sain pour ses occupants



Ventilation naturelle
Un système d'extraction d'air permet de bénéficier d'une ventilation naturelle l'été



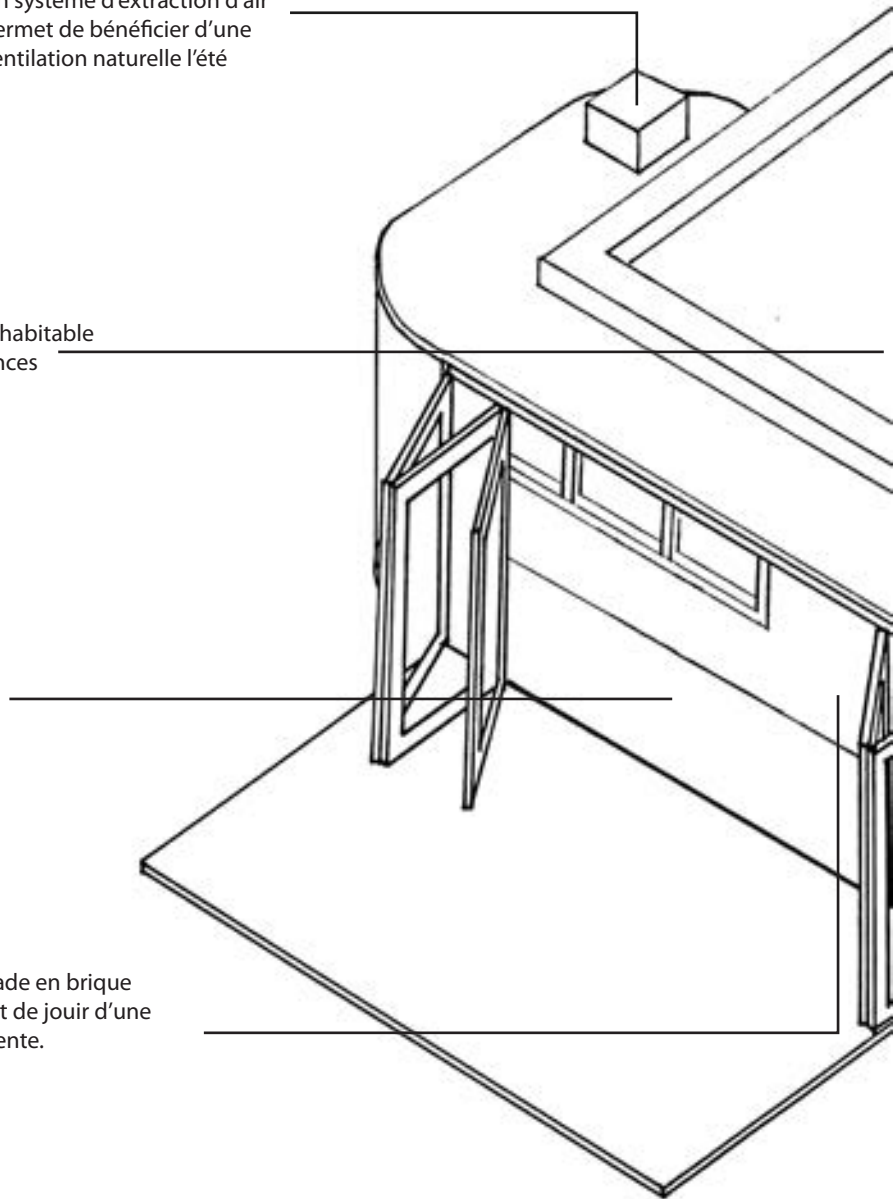
Compacité
La compacité du volume habitable lui confère des performances thermiques optimales



Solaire passif
La peau extérieure fonctionne comme une serre crée un espace thermique tampon entre l'intérieur et l'extérieur du logement



Une épaisse façade en brique permet au projet de jouir d'une inertie conséquente.

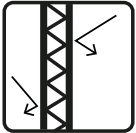


Matériaux utilisés





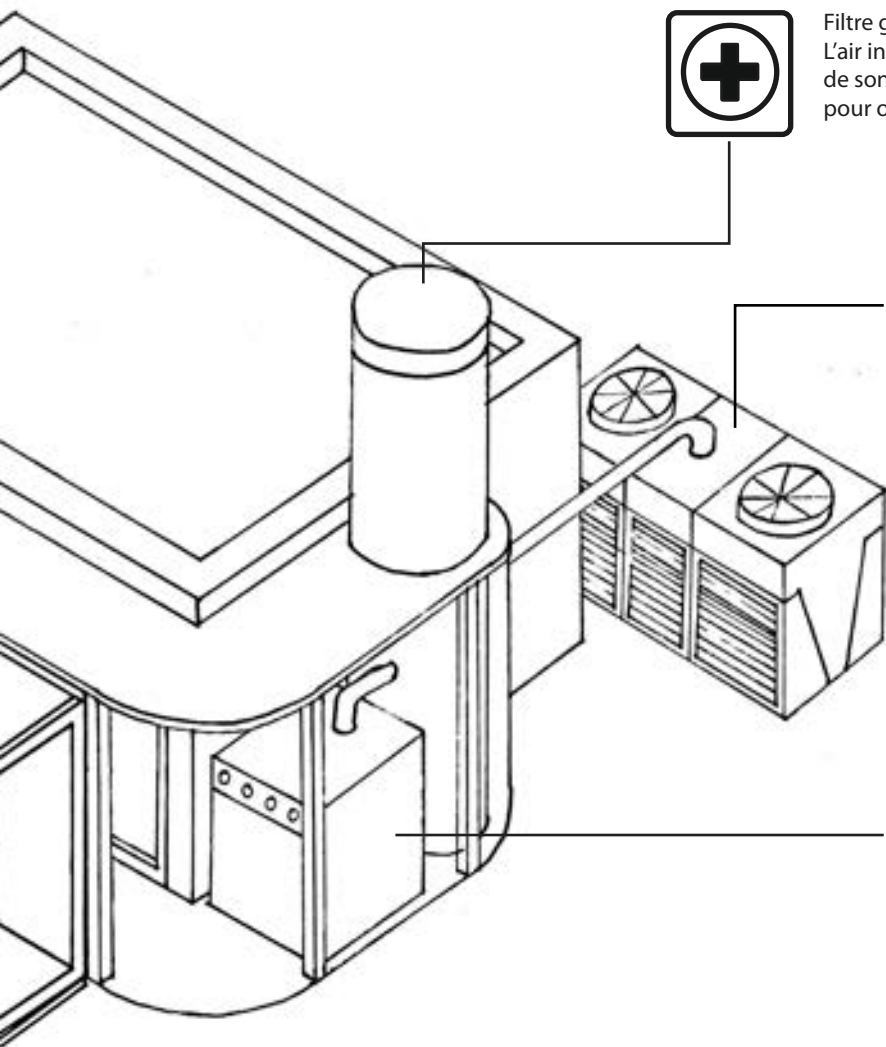
Les écarts de température conséquents à Beijing impliquent une inertie conséquente des batiments de manière à contrôler les fluctuations thermiques de l'enveloppe.



Les hivers étant très froids, il convient d'isoler le bâtiment de manière conséquente. Ici une épaisse couche d'isolant est utilisée entre les deux épaisseurs de brique.



Le site n'étant pas foisonnant en sources d'énergies renouvelables, le solaire photovoltaïque semble être la solution la plus efficace pour subvenir à une partie des besoins en électricité



Filtre gaz nocifs
L'air intérieur du logement est filtré de son CO2 et des autres gaz nocifs pour offrir un milieu sain



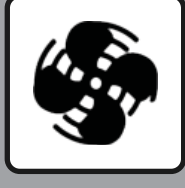
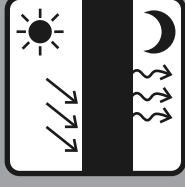
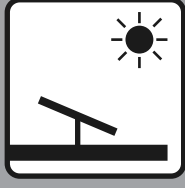
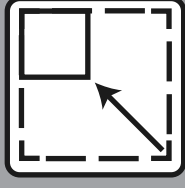
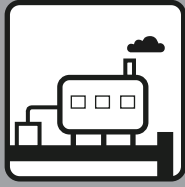
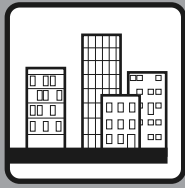
Dry cooler
Utilisation de l'air vicié du centre commercial comme source de chaleur

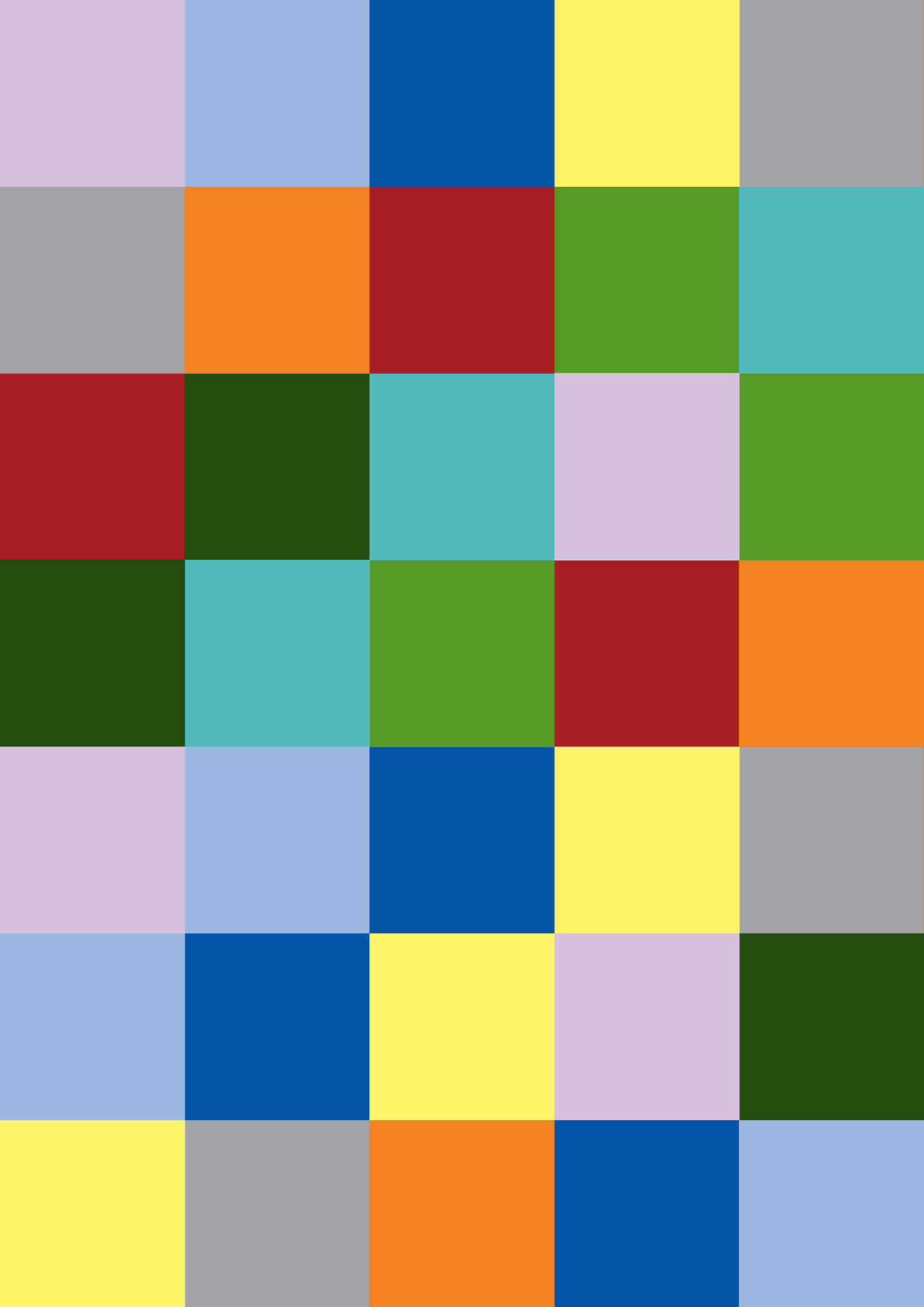


VMc double flux
Récupération de la chaleur de l'air expulsé du logement

Un corps sain dans un habitat sain

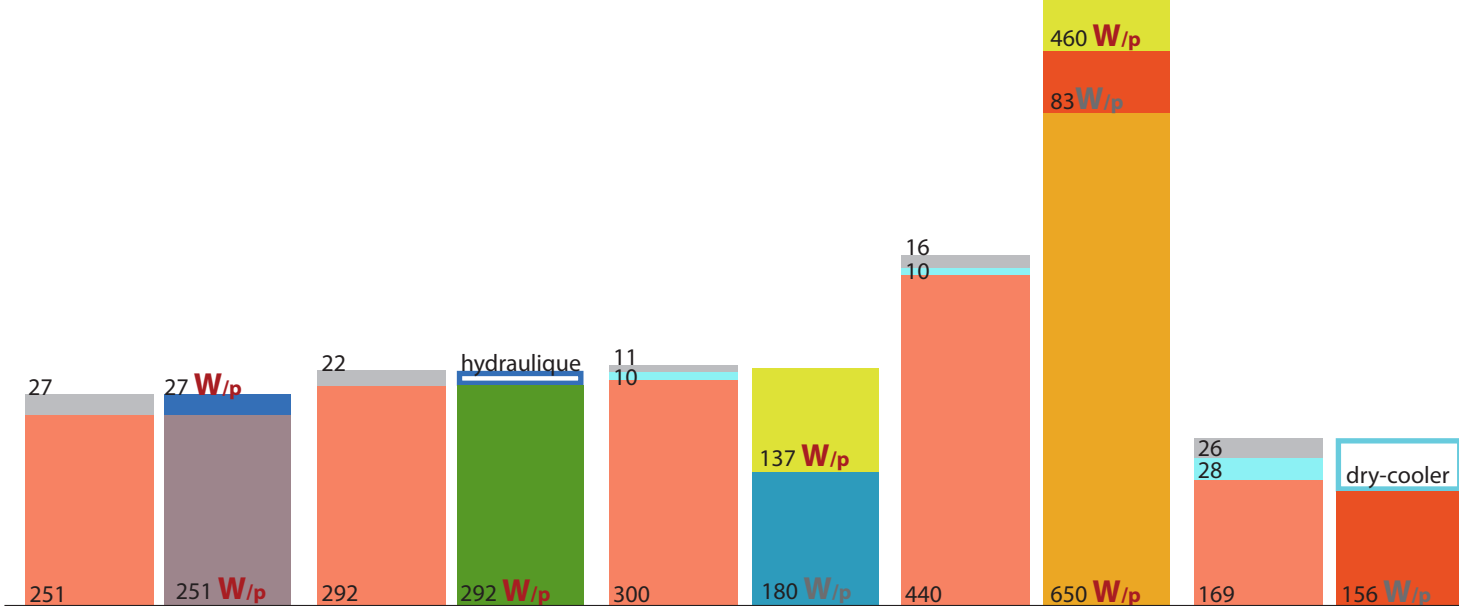
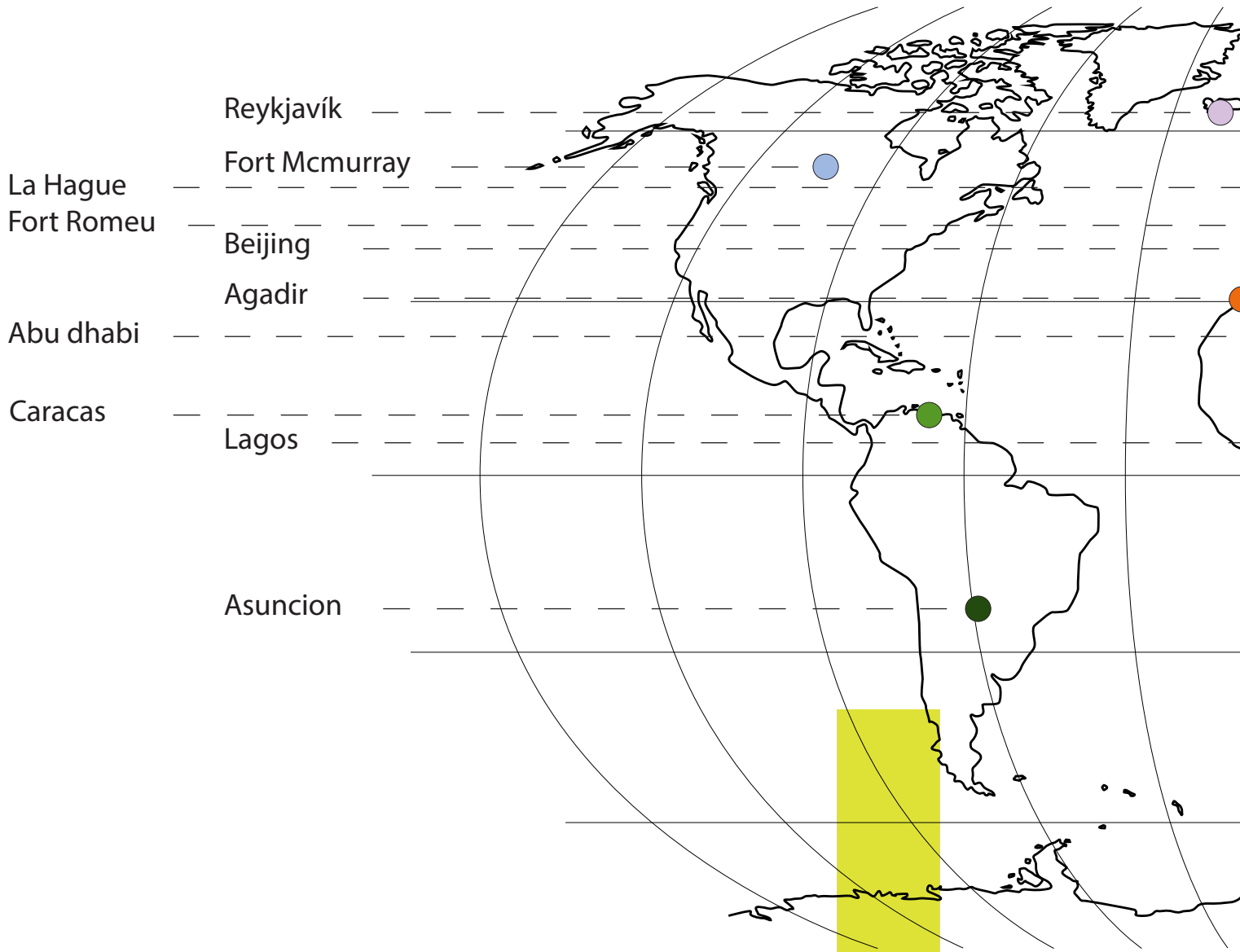
Le projet fonctionne en fait comme un plug-in qui utilise les ressources à sa disposition pour améliorer la qualité de vie de ses occupants, qu'elle soit liée à la qualité de l'air ou à la température à l'intérieur du logement.

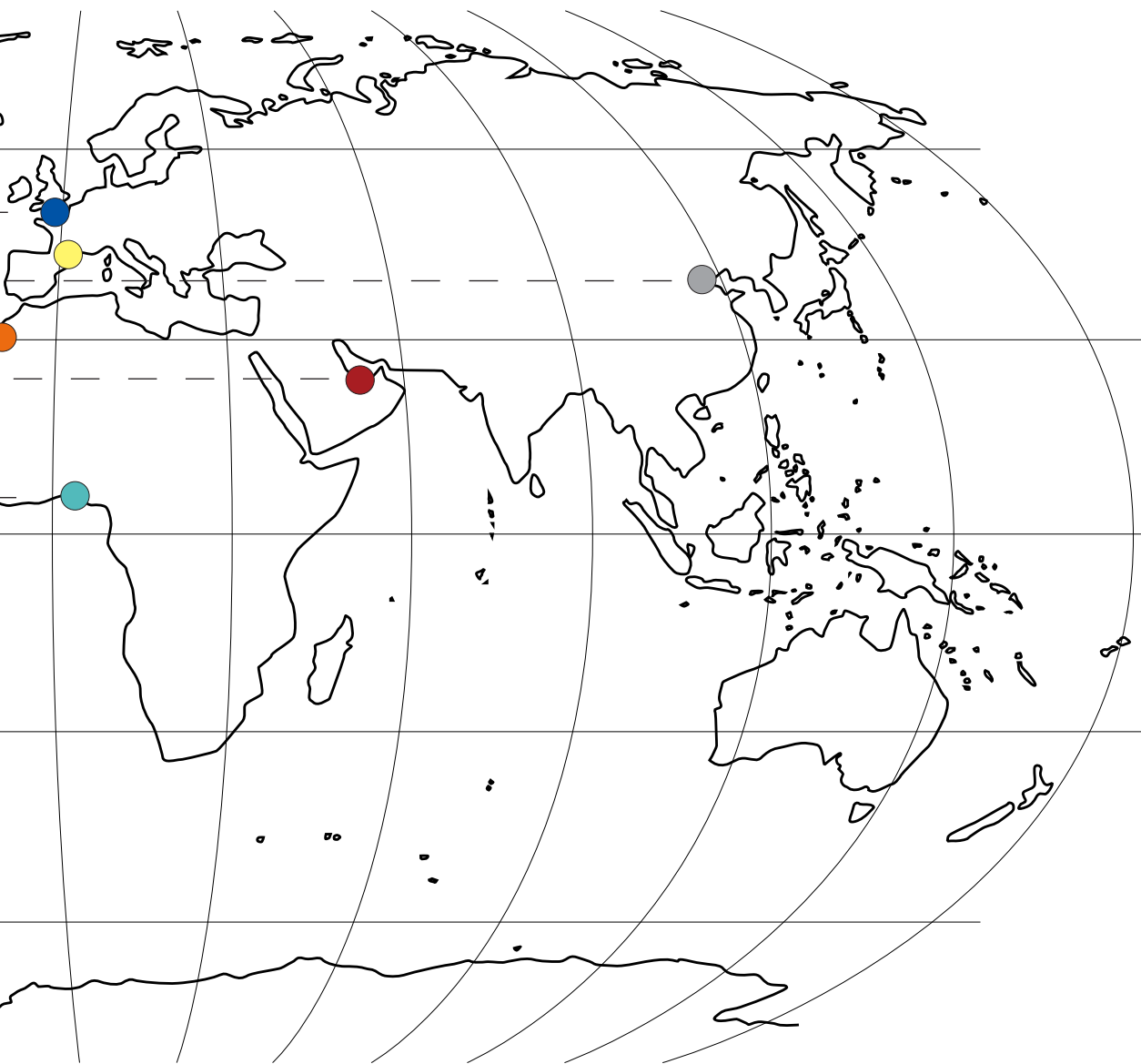




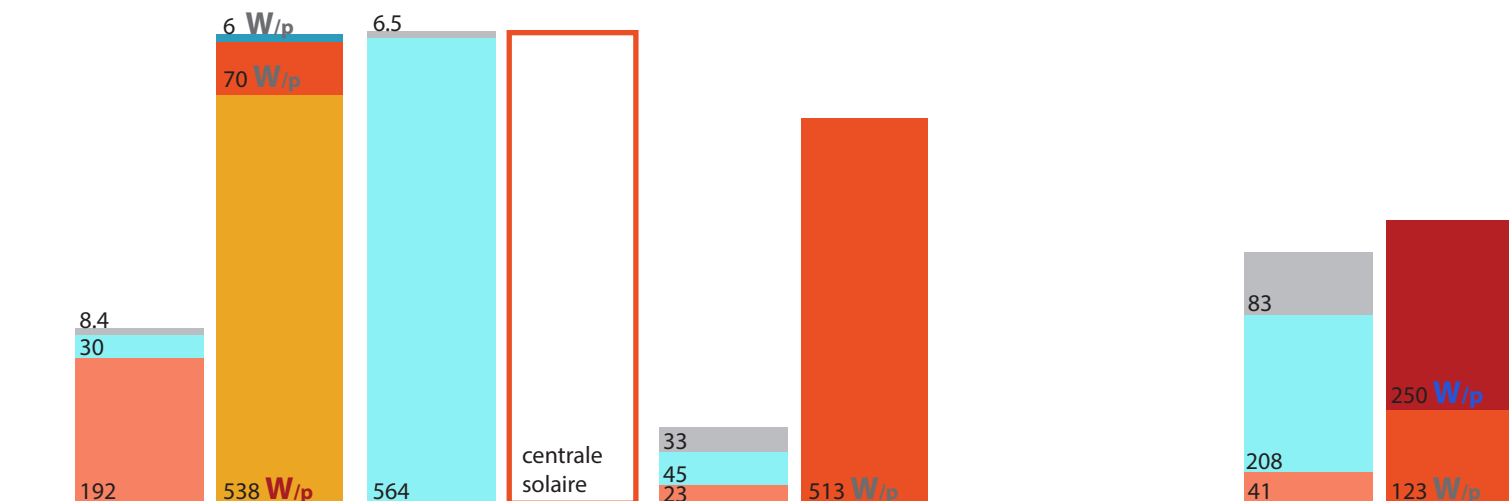
A 5x5 grid of colored squares. The colors of the squares are: Row 1: Orange, Red, Green, Teal, Dark Green; Row 2: Dark Green, Light Purple, Yellow, Blue, Light Blue; Row 3: Light Blue, Blue, Orange, Grey, Yellow; Row 4: Grey, Yellow, Blue, Light Blue, Light Purple; Row 5: Orange, Red, Green, Teal, Dark Green. The word 'Synthèse' is centered in the middle square (Row 3, Column 3) in a dark grey font.

Synthèse





- Besoins**
- Chaud
 - Froid
 - Electricité
- Productions**
- Géothermie
 - Hydraulique
 - Biomasse
 - Solaire passif
 - Solaire thermique
 - Photovoltaïque
 - Eolien
 - Puit canadien
 - Réseau public



Agadir

Abu Dhabi

Caracas

Lagos

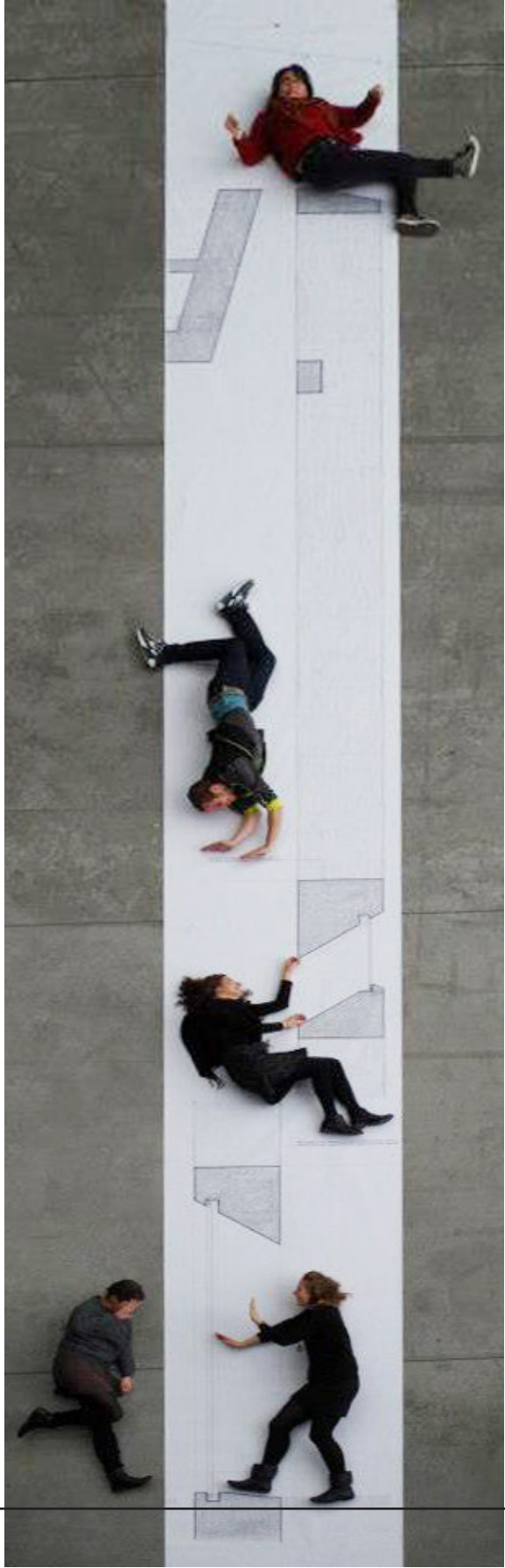
Asuncion















Ecole d'**architecture**
de la **ville & des territoires** à Marne-la-Vallée

DPEA Post-Carbone
2013 / 2014