

# LES GRANGES FONT UN TABAC !

Transformation d'un séchoir à tabac...  
en logement collectif à énergie positive



Laurent HENNINGER - Samuel KOCH - Audrey WETTERWALD

Concours E+ Cardonnel Ingénierie - INSA de Strasbourg - septembre 2014

**CARDONNEL Ingénierie**  
*le confort durable du bâtiment*

# INTRODUCTION

Pour ce concours, nous avons choisi de travailler à la réhabilitation d'un séchoir à tabac, afin de le transformer en logement collectif à énergie positive. Étudiants ingénieurs et étudiante architecte, nous avons voulu faire ce projet ensemble, afin de combiner nos expériences et nos connaissances respectives et de nous confronter à une autre approche d'un projet.

Les bâtiments à énergie positive sont un moyen de répondre aux problématiques environnementales de demain. Mais rendre un bâtiment positif sans une maîtrise des consommations est un non-sens. Avant d'être positif, le bâtiment doit d'abord être performant. Afin de rester dans une logique environnementale efficace, le bâtiment doit donc être pensé de manière à optimiser les consommations énergétiques depuis la conception, notamment grâce au dialogue ingénieur-architecte.

page 1 - INTRODUCTION

# REHABILITER UN SECHOIR A TABAC...

## 1.1 La culture du tabac et les séchoirs à tabac

En France, le tabac est essentiellement cultivé en Alsace et dans le Sud-Ouest.. Avec 1000 ha de plantations et 200 producteurs, l'Alsace figure parmi les principales régions productrices de tabac.

Les feuilles sont récoltées puis séchées. La culture du tabac a nécessité d'adapter puis de construire des bâtiments spécifiques pour assurer le séchage des feuilles dans les meilleures conditions. Peu à peu un type de bâtiment caractéristique s'est imposé: le séchoir à tabac, un bâtiment long, haut et relativement étroit.

Un séchoir à tabac est composé d'une structure en bois reposant la plupart du temps sur un soubassement maçonné qui la protège des remontées d'humidité. Les murs extérieurs, non-porteurs, se limitent à un simple bardage qui permet la libre circulation de l'air. Les feuilles de tabac sont séchées grâce à la ventilation naturelle. Pour sécher le tabac, on peut aussi utiliser des fours prévus à cet usage.

Aujourd'hui, les séchoirs ne sont plus guère utilisés pour leur fonction première car les propriétaires ont cessé leur activité. La plupart de ces constructions sont laissées à l'abandon ou simplement utilisées comme lieu de stockage d'engins ou d'outils agricoles.

## 1.2 Choix du projet

Les séchoirs à tabacs marquent le paysage des villages alsaciens (essentiellement dans la plaine du Ried) et constituent un patrimoine bâti à part entière. Ces grands bâtiments sombres sont le plus souvent imbriqués dans l'urbanisation et jusqu'à maintenant peu valorisés.

# page 2 - REHABILITER UN SECHOIR A TABAC

# REHABILITER UN SECHOIR A TABAC...



Les séchoirs à tabac sont présents dans de nombreuses régions de France. Certains départements, comme le Lot par exemple, sont en train de mettre en place une démarche pour répertorier ces bâtiments, afin de définir leur potentiel par rapport aux problématiques actuelles. En Dordogne essentiellement, plusieurs séchoirs ont déjà été restaurés et transformés en gîtes ruraux ou résidences principales.

Cependant, pour notre part, nous souhaitons transformer notre séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive et de nouvelles questions se posent donc.

Nous avons choisi de travailler à partir d'un bâtiment existant et non sur un modèle général de séchoir à tabac. Notre choix s'est porté sur un séchoir à tabac se situant à Guémar, dans le Haut-Rhin (68). Il fait partie d'un groupe de quatre séchoirs construits en enfilade le long de la route, à la sortie du village. Ils ont tous été construits en 1950, suite aux destructions occasionnées par les bombardements pendant la seconde guerre mondiale.

*<- Groupe de quatre séchoirs à tabac à Guémar*

## page 3 - REHABILITER UN SECHOIR A TABAC

Dossier Concours E+ Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
INSA de Strasbourg Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014

# REHABILITER UN SECHOIR A TABAC...



## 1.3. Généralisation possible de notre projet

Les séchoirs à tabac de Guémar sont construits selon un modèle standard. Le travail que nous allons effectuer sur l'un d'entre eux peut donc être réutilisé et adapté dans de nombreux autres cas.

Pour donner une idée du potentiel dans la rénovation des séchoirs à tabac, nous avons répertorié ces bâtiments à Osthouse, un village de la plaine d'Alsace situé dans un des principal foyer de production de tabac de la région. Nous avons recensé environ 80 séchoirs ou granges dédiées au séchage du tabac. Certaines sont encore utilisées aujourd'hui, mais ce n'est pas une majorité...

En admettant que seule la moitié de ces séchoirs environ puisse être réhabilitée, le village d'Osthouse (environ 1000 habitants) pourrait accueillir à terme 300 à 400 personnes supplémentaires !

<- Plan cadastral d'Osthouse : séchoirs répertoriés

## page 4 - REHABILITER UN SECHOIR A TABAC

# ... UNE REPONSE AUX ENJEUX ACTUELS !

## 2.1. Un constat initial : perte de dynamisme des centres de village

De tout temps, le centre des villes ou des villages a été le lieu de vie et d'activité par excellence. Mais depuis quelques décennies, un nouveau phénomène se répand, résultat de nos nouveaux modes de vie, de nos moyens de communication et de déplacement de plus en plus performants : l'étalement des villes. Parallèlement, avec le développement du tourisme, les habitants quittent les centres-villes, devenus simples vitrines, et se regroupent près des lieux d'activités en périphérie.

Concernant l'habitat, de nombreux lotissements sont nés de cette nouvelle façon de vivre, souvent au détriment des surfaces agricoles ou des espaces naturels. Hors, nous avons besoin de ces surfaces, autant pour nous nourrir que pour sauvegarder une certaine biodiversité. Il n'est donc plus possible de continuer de s'étendre si nous voulons préserver notre environnement.

La solution la plus simple est alors de densifier les zones déjà construites. Ce constat est valable autant pour les centres-villes (réhabilitation et requalification des friches industrielles, investissement des parcelles laissées vierges...) que pour les centres de villages (réhabilitation des anciens corps de ferme ou de leurs dépendances par exemple).

Cependant, bien que de plus en plus de problèmes environnementaux se posent, nos aspirations en terme de logement n'évoluent pas, ou pas assez vite. Un des modèle de notre société reste la maison individuelle : 70% des français rêvent encore d'un habitat individuel. A l'inverse, les réalisations d'habitats collectifs manquent de réflexion dans le domaine de la durabilité car l'accent est souvent mis en priorité sur l'aspect économique et la rentabilité.

## page 5 - UNE REPONSE AUX ENJEUX ACTUELS

# ... UNE REPONSE AUX ENJEUX ACTUELS !

## 2.2. Un impact urbain, social et environnemental

Notre projet se place dans ce contexte actuel et tente de répondre à ces problèmes environnementaux et sociétaux.

Il apporte une réponse à l'étalement des villes en développant et en donnant une nouvelle vie à l'habitat existant au cœur des villages, dans des quartiers habités par une population vieillissante. Réhabiliter les séchoirs à tabac est également un gain de place et d'énergie. En effet, sans nouvelle construction, il y a moins de matière première à produire. Les pertes d'énergies et les déplacements sont moindre grâce à la compacité.

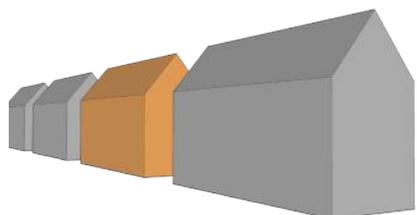
Notre projet se compose d'habitations individuelles sous une enveloppe collective : c'est un bon moyen de transition vers un habitat plus dense et plus partagé ! De plus, les séchoirs à tabac font souvent partie d'un corps de ferme. A l'époque, la cour de la ferme était un lieu social par excellence, pourquoi ne pas en profiter et le réinvestir aujourd'hui ?

## page 6 - UNE REPONSE AUX ENJEUX ACTUELS

# APPROCHE ARCHITECTURALE

Pour réhabiliter le séchoir à tabac de notre projet, nous nous sommes d'abord appuyés sur ce que le bâtiment nous offrait déjà, car l'architecture vernaculaire est très qualitative : vaste espace intérieur et grande hauteur, jeux de lumière, principe de ventilation naturelle, matériaux locaux, très belle structure porteuse en bois capable de supporter de lourdes charges (une fois enfilées sur leur fil et accrochées, les feuilles de tabac pèsent leur poids !)

Nous avons ensuite réinterprété toutes ces données, afin de les adapter aux exigences actuelles, notamment au niveau thermique. Ainsi, il est possible de vivre au cœur du patrimoine tout en étant dans son temps !

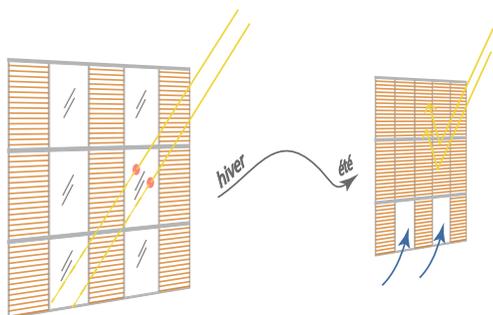


## 3.1. Conservation du volume extérieur du séchoir à tabac

La largeur convenait à une disposition des espaces intérieurs répondant aux économies d'énergie. Reprendre le volume de la grange permettait aussi de garder une forme traditionnelle qui s'intègre parfaitement dans le paysage urbain.

## 3.2. Reprise l'aspect général des façades avec le bardage en bois ajouré

Le bardage ajouré crée de beaux jeux de lumière semblables à ceux que l'on peut avoir dans les séchoirs à tabac. D'un point de vue thermique, le bardage est utilisé comme brise-soleil. Sur la façade sud, les panneaux de bardages coulissent pour protéger entièrement la verrière en été, alors qu'en hiver le maximum de surface vitrée reste exposé au soleil !



## page 7 - APPROCHE ARCHITECTURALE

# APPROCHE ARCHITECTURALE

## 3.3. Réutilisation et mise en valeur de la structure porteuse en bois

Le travail du bois est un élément essentiel dans les séchoirs à tabac. Nous avons voulu le mettre en avant, comme reconnaissance du savoir faire des artisans de l'époque. Les baies vitrées au nord et au sud permettent de montrer la structure porteuse en bois, tout en la protégeant des intempéries. Nous avons aussi voulu conserver de grands espaces qui bénéficient de toute la hauteur disponible, notamment au niveau des circulations.

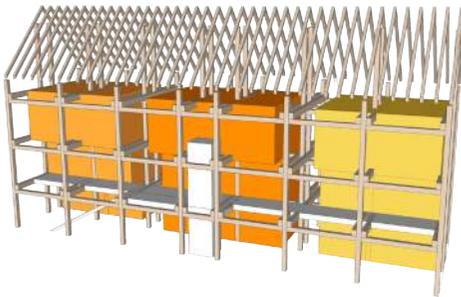
## 3.4. Blocs d'habitation greffés sur la structure

Les trois logements composent chacun un bloc d'habitation. Chaque bloc peut accueillir une famille de 3 ou 4 personnes, soit un total compris entre 9 et 12 personnes.

Les blocs d'habitation s'insèrent entre les portiques en bois de la structure porteuse et prennent appui dessus. Il se crée des jeux de volume intéressants, entre imbrication et emboîtement !

A l'intérieur des logements, les pièces de vie se situent au sud et les espaces de circulation et autres espaces tampon se trouvent au nord. Toute les façades sud des logements sont vitrées. Les blocs d'habitation sont aussi disposés de façon à être protégés des rayons directs du soleil en été et de bénéficier de leur chaleur en hiver.

-> voir plans et coupes détaillés des logements en annexe



page 8 - APPROCHE ARCHITECTURALE

# APPROCHE ARCHITECTURALE

## **3.5. Espace d'entre-deux, réflexion sur l'intériorité et l'extériorité**

Parce que notre projet présente une double enveloppe, on obtient un espace d'entre-deux qui permet de mettre en avant l'ambiance très particulière que l'on peut trouver dans un séchoir à tabac.

Ces espaces permettent aussi de poser la question de la limite entre l'intérieur et l'extérieur, notamment pour les terrasses de toit ou les circulations. La réponse n'est pas forcément la même d'une saison à l'autre, d'autant plus que la façade sud ouvre directement sur le jardin...

Thermiquement, cet espace sert d'espace tampon.

## **3.6. Réinterprétation des matériaux de construction ancestraux**

Pour les matériaux de construction, nous nous sommes inspirés du torchis, traditionnellement utilisé pour les maisons alsaciennes. Cependant, ce matériau n'est pas suffisamment performant pour répondre aux normes thermiques actuelles. Il faut donc le réinterpréter : il existe aujourd'hui le matériau terre-paille, qui diffère du torchis par sa teneur plus élevée en paille. L'isolation est donc meilleure mais la mise en œuvre est lente et nécessite beaucoup de main d'œuvre. C'est une technique dédiée à l'auto-construction et il était donc difficilement envisageable de l'utiliser pour notre projet.

Il existe encore deux autres techniques constructives, plus faciles d'emploi pour construire à une échelle plus grande : le mur en pisé (très bonne inertie) et la paille (très bon isolant). De plus, ces matériaux présentent de nombreuses qualités : ils proviennent du site, ne coûtent quasiment rien, ont une empreinte carbone quasi-nulle et sont facilement recyclables.

Nous avons donc utilisé du pisé pour l'enveloppe de l'espace tampon et une ossature bois isolée avec de la paille pour les blocs d'habitation. Le mur en pisé est recouvert d'un enduit respirant naturel. Les blocs d'habitation sont bardés de bois.

## page 9 - APPROCHE ARCHITECTURALE

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.1. Mise en œuvre, composition

### 4.1.1 Espace tampon

Initialement le bâtiment était un séchoir à tabac de grande hauteur offrant un volume suffisant pour y insérer des logements. Nous avons choisi de valoriser l'enveloppe extérieure autant au niveau architectural que thermique en créant un système de double-peau avec, entre les deux, un espace tampon.

Les logements sont contenus dans le volume intérieur de la grange dont les murs sont rénovés en pisé. La façade sud et la toiture côté nord sont en grande partie vitrées. Au nord la proportion de vitrage est plus faible car les apports sont moins intéressants. Cela permet aussi d'éviter les déperditions. La taille des ouvertures vitrées pratiquées dans l'enveloppe de l'espace tampon est 10% plus grande que celle des ouvertures correspondantes dans les logements, afin d'avoir suffisamment de lumière naturelle et ainsi d'éviter d'utiliser trop d'éclairage artificiel.

### 4.1.2. Enveloppes

Pour obtenir des performances intéressantes il fallait une isolation efficace. Le contexte du séchoir à tabac nous a incités à utiliser des matériaux naturels, qui, bien qu'encore assez peu répandus, sont performants et ont l'avantage d'avoir une énergie grise très faible.

#### Murs espace tampon :

Ils sont réalisés en pisé, sans isolation pour limiter les coûts mais possèdent une inertie intéressante. Le pisé est un matériau local, bon marché et avec un faible impact environnemental

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Pisé enceinte ext	↓	45.0	848	1.100	0.41

*Caractéristiques thermiques du pisé*

## page 10 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

## Toiture espace tampon :

Elle est isolée par des panneaux de laine de bois, un isolant naturel à faible énergie grise, pour conserver la chaleur accumulée par l'espace tampon en hiver. L'isolation reste faible pour ne pas créer de disproportion de résistance thermique par rapport aux murs.

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Bois léger	↓	2.0	10	0.150	0.13
Panneau de laine de bois agglomérés	↓	10.0	53	0.100	1.00

*Caractéristiques thermiques des composants de toiture*

## Murs unités de logement :

L'enveloppe extérieure du séchoir ayant déjà une inertie conséquente, les murs sont réalisés en structure légère, en ossature bois. Entre les deux plaques de contreplaqué est insérée de la paille compactée (25cm d'épaisseur). Celle-ci est un isolant intéressant, qui, contrairement aux idées reçues, résiste bien au feu (tenue supérieure à 90 minutes) et aux insectes grâce à sa compression. La structure est en bois et, pour pallier aux ponts thermiques, de la laine de bois est rajoutée sur toute la surface. Tous les matériaux sont renouvelables et possèdent une faible énergie grise. Malgré la constitution de la structure, l'inertie est tout de même intéressante grâce à la paille.

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Panneaux contreplaqués (500 < ρn ≤	↓	2.5	14	0.150	0.17
Laine de bois maisons	↓	5.0	7	0.042	1.19
Paille compactée maison	↓	25.0	88	0.120	2.08
Laine de bois maisons	↓	5.0	7	0.042	1.19
Panneaux contreplaqués (500 < ρn ≤	↓	2.5	14	0.150	0.17

*Caractéristiques thermiques des composants du mur en structure bois isolation paille*

## page 11 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.2. Fonctionnement hivernal

### 4.2.1. Espace tampon

L'espace tampon et sa grande baie vitrée au sud exposée au maximum permettent de capter les apports solaires en hiver. Les brise-soleil ne couvrent que la moitié de la façade sud et permettent quand même aux rayons du soleil de pénétrer à l'intérieur. Le soleil réchauffe l'air de l'espace tampon qui est donc à une température supérieure à la température extérieure. Or les déperditions des habitations dépendent directement de la différence de température intérieure-extérieure, on réduit donc par cette manière les pertes à travers les parois.

Vitrage espace tampon		
	Uw	Facteur solaire
Double vitrage	1.5	0.459

Vitrage maisons		
	Uw	Facteur solaire
Triple vitrage	1.1	0.533

*Caractéristiques thermiques des vitrages*

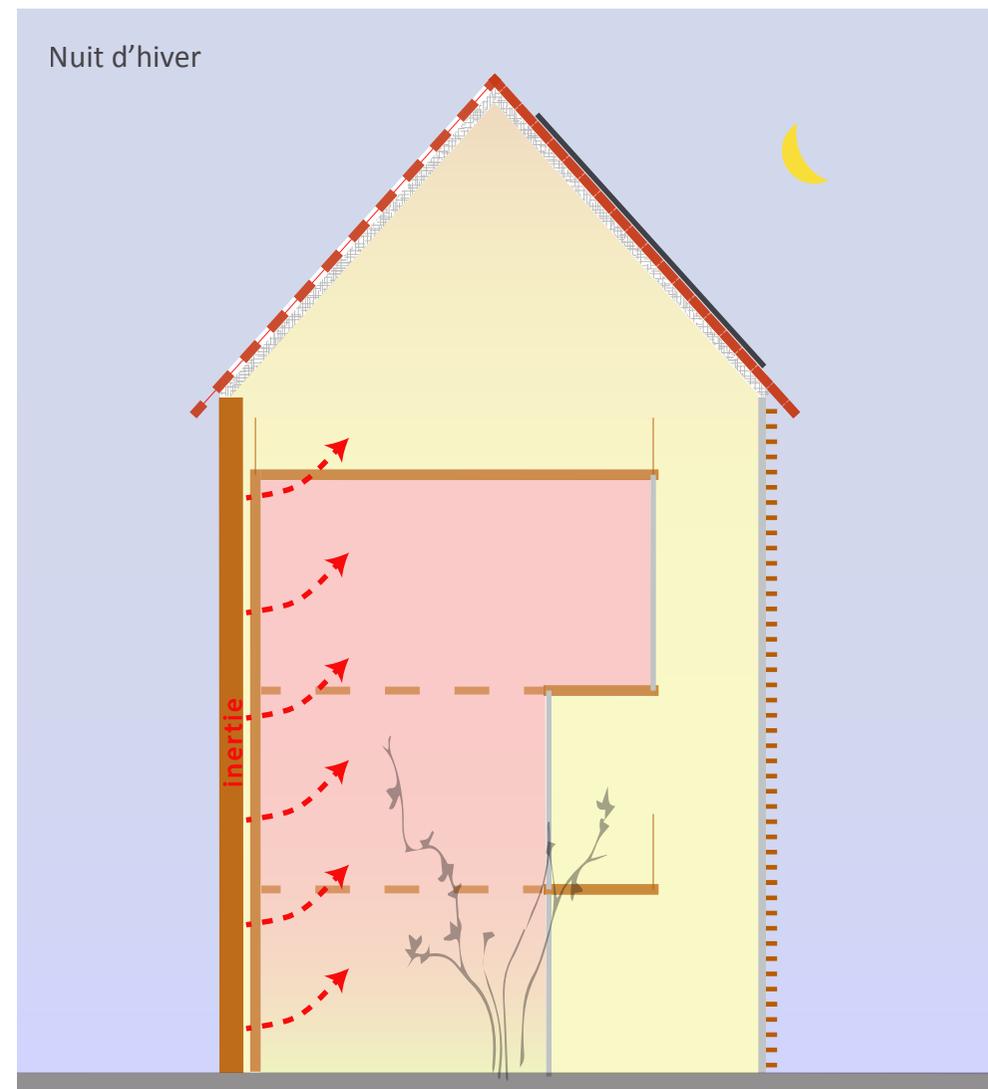
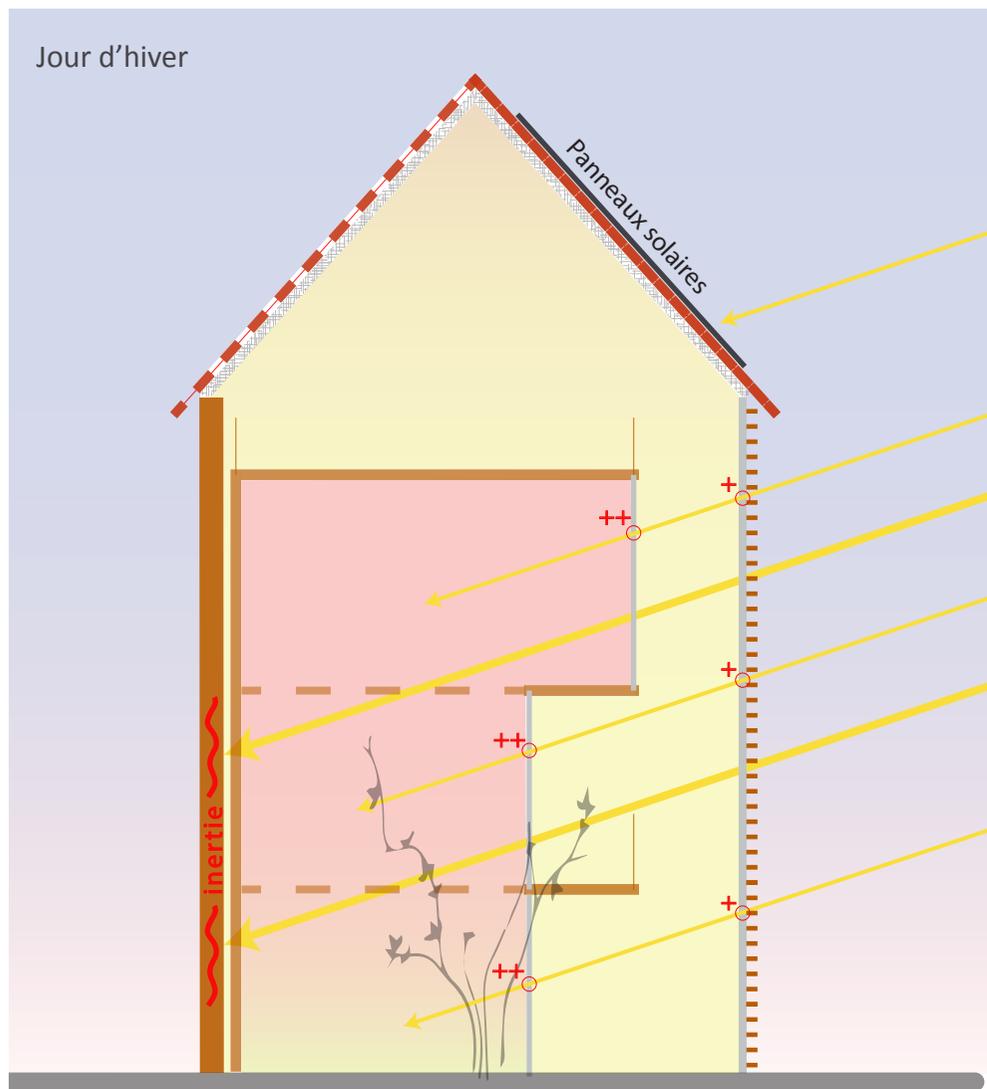
### 4.2.2. Vitrages

Les vitrages utilisés sont performants afin de minimiser les pertes au niveau de ces surfaces. Cependant, les ouvertures doivent quand même être suffisamment importantes pour bénéficier des apports gratuits et de l'éclairage naturel.

### 4.2.3. Ventilation

Le renouvellement d'air participe de manière importante aux consommations d'un bâtiment, surtout s'il est performant sur le reste des points. Pour une ventilation classique l'air neuf est à température extérieure. L'espace tampon nous permet de gagner quelques degrés et donc de moins consommer. L'utilisation d'un échangeur double flux performant permet alors d'avoir des déperditions aérauliques très faibles. Cette ventilation est également couplée avec des sondes dans la zone tampon et à l'extérieur. Ces sondes permettent d'activer le renouvellement d'air uniquement quand celui-ci est intéressant ( $T^\circ \text{ tampon} > T^\circ \text{ extérieure}$ ).

page 12 - APPROCHE THERMIQUE



## page 13 - Schémas thermiques Hiver

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.3. Fonctionnement estival

### 4.3.1. Espace tampon

L'espace tampon présente de nombreux avantages en hiver. Cependant, il est vital de gérer les apports en été, car sans réflexion préalable sur cet espace, la surchauffe est assurée. Par la baie vitrée de la façade sud, le soleil réchauffe fortement l'air de l'espace tampon, selon le principe de l'effet de serre. La température devient rapidement plus élevée qu'à l'extérieur. Or nous avons tenu à prendre en compte le confort des usagers. Et ceux-ci n'apprécieraient pas d'avoir 40°C dans leur logement en été, même si ce-dernier leur permet d'avoir une facture d'énergie nulle.

### 4.3.2. Brise-soleil

La grande baie vitrée au sud doit être bien protégée du soleil en été. Des brise-soleil horizontaux permettent de bloquer les rayons estivaux, très hauts à cette période. Grâce à un système de panneaux coulissants, la façade sud est entièrement recouverte de brise-soleil en été, et donc protégée au maximum. Le retrait des logements par rapport à la façade sud permet d'éviter le soleil direct sur les façades vitrées et limite ainsi les apports.

La façade nord est moins vitrée, et les apports sont moins intenses par ce côté. La mise en place de brise-soleil devant les baies vitrées n'est donc pas nécessaire.

A l'ouest les apports sont très difficiles à gérer en fin de journée, malgré les brise-soleil verticaux (il y a un pic d'apport aux alentours de 20h avec un soleil très bas dans cette direction), les ouvertures sont donc réduites au maximum sur cette façade.

page 14 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.3.3. Inertie

Un autre moyen d'éviter les surchauffes est d'avoir une bonne inertie. C'est là qu'intervient le pisé, matériaux très intéressants à ce niveau. Lorsque les rayons pénètrent l'enceinte de l'espace tampon, une partie de ces rayons est absorbée par les murs qui la réémettent la nuit, avec une amplitude moindre. L'avantage de ce déphasage est que la chaleur peut être évacuée pendant la nuit par ventilation.

## 4.3.4. Ventilation naturelle de l'espace tampon

La nuit, il faut évacuer l'ensemble des apports de la journée. De plus il est préférable d'avoir une température basse la nuit qui permet aux habitants de dormir dans des conditions de confort acceptables. Les larges baies au sud sont donc ouvertes automatiquement, ainsi que le vitrage en toiture au nord, lorsque la température de l'espace tampon devient supérieure à la température extérieure. Cela permet de créer une ventilation naturelle par tirage thermique. Les surfaces étant importantes il n'y a pas besoin de recourir à la ventilation forcée qui génère des nuisances sonores.

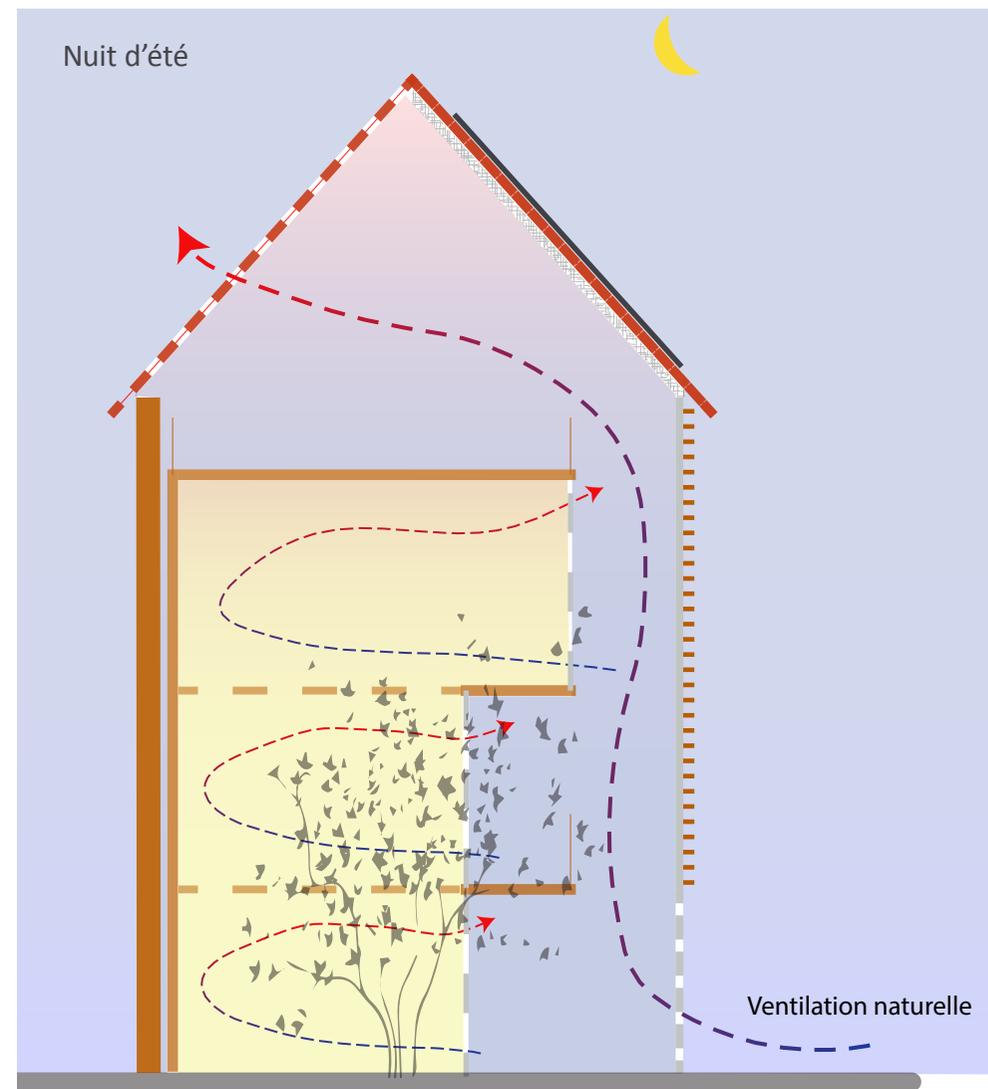
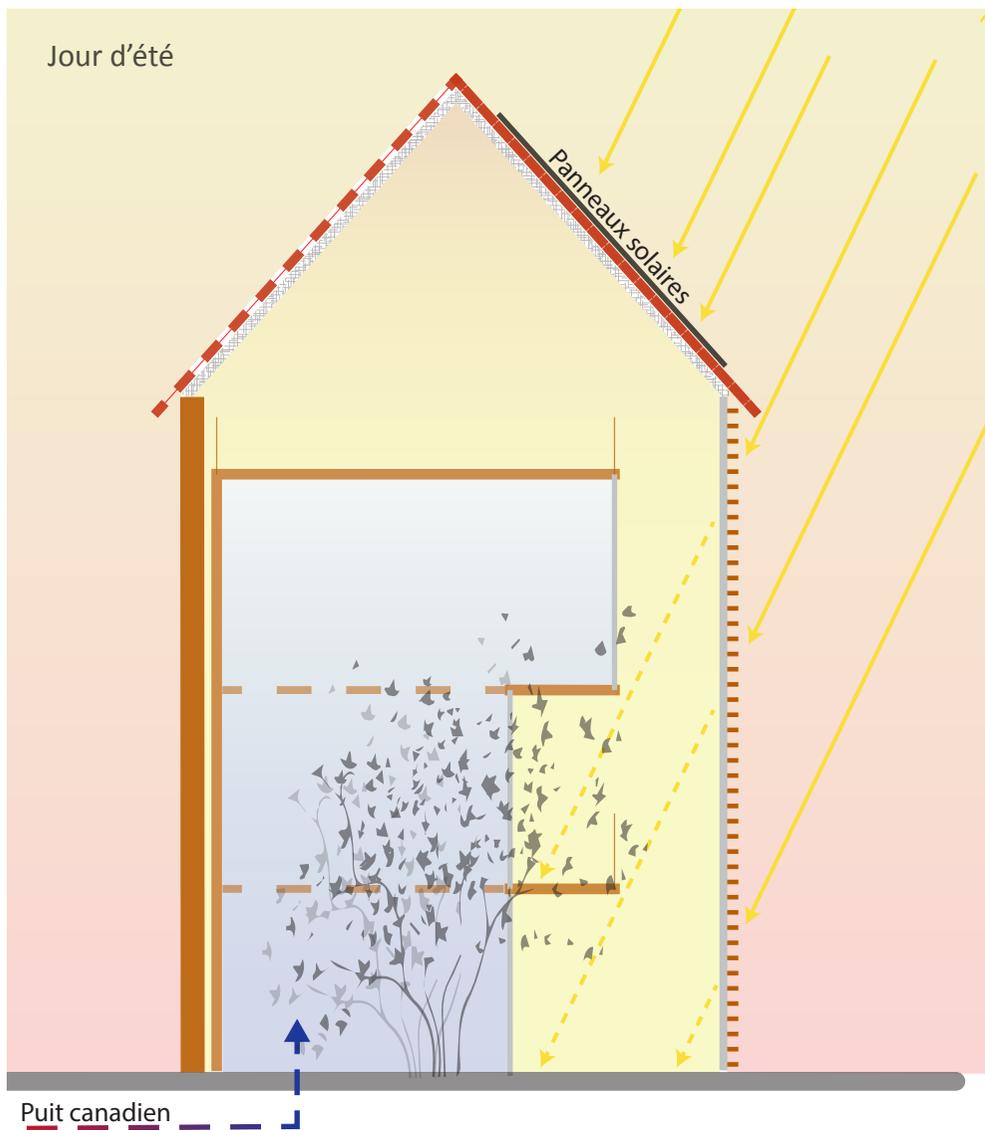
## 4.3.5. Puits canadien

La terre est une source de fraîcheur gratuite en été. En y faisant passer un puits canadien dont l'air est utilisé pour la ventilation des logements, on réduit de quelques degrés la température intérieure. Le débit de ventilation est augmenté en été, afin de profiter au maximum de cette fraîcheur. Cependant elle doit rester à un niveau convenable afin de limiter les nuisances sonores.

## 4.3.6. Ventilation naturelle des logements

La nuit la température extérieure est plus faible, l'ouverture des fenêtres lorsque la température des logements est supérieure à la température de l'espace tampon permet d'améliorer le confort nocturne.

page 15 - APPROCHE THERMIQUE



## page 16 - Schémas thermiques Été

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.4. Simulation Thermique Dynamique

Les principes ci-dessus doivent permettre d'obtenir un bâtiment performant et confortable, cependant il reste à vérifier qu'ils fonctionnent et à les préciser. Le projet fait intervenir des principes complexes dynamiques. La température de l'espace tampon, les apports solaires, sont variables. Pour obtenir une hypothèse réaliste de consommation ainsi que de confort d'été, il est nécessaire de réaliser une étude dynamique de ces phénomènes. Nous avons donc réalisé une Simulation Thermique Dynamique avec un Pléiades Comfie. Afin de réaliser les calculs selon la RT2012, les scénarios et les fichiers météo sont ceux de la méthode ThBCE.

### 4.4.1. Hypothèses

Les principes de fonctionnement étant très différents, la simulation a été découpée en deux parties, une pour l'hiver et une pour l'été. La simulation hiver permet de calculer les consommations au sens de la RT, alors que celle d'été permet d'optimiser le confort d'été.

Pour l'hiver :

- Composition des parois décrite plus haut
- Scénarios de la méthode ThBCE
- Fichier météo de la zone H1b
- Ventilation double flux entre l'espace tampon et les logements
- Occupation des appartements par une famille de 4 personnes
- Apports internes divers non négligés
- Brise-soleil de la baie sud de l'enceinte extérieure en mode « hiver »

page 17 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

Pour l'été :

- Composition des parois décrite plus haut
- Scénarios ajustés selon le bâtiment
- Fichier météo de Strasbourg, plus réaliste que celui de la RT
- Ventilation naturelle de l'espace tampon
- Occupation des appartements par une famille de 4 personnes
- Apports internes divers non négligés
- Brise-soleil de la baie sud de l'enceinte extérieure en mode « été »
- Ventilation des logements par puits canadien
- Occultations des baies vitrées des logements à 70% du facteur solaire la journée
- Ventilation naturelle nocturne par ouverture des fenêtres

## 4.4.2. Résultats

**Hiver :** Les consommations pour le chauffage et l'éclairage sont données par la simulation. Cependant la RT intègre également les besoins en eau chaude sanitaire. Ils ont été estimés avec le ratio de 180 l/jour à 60°C, ce qui nous donne 3900 kWh au total. On les suppose répartis de manière homogène entre les appartements.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.
Année		
espace tampon	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
RDC - 4 - Abri vélo	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 1 ouest	602 kWh	19 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 2 ouest	553 kWh	12 kWh/m <sup>2</sup>
Zonnes communes centre	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 1 centre	844 kWh	22 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 2 centre	438 kWh	8 kWh/m <sup>2</sup>
RDC - 2 - Locaux communs pra	762 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 1 est	520 kWh	16 kWh/m <sup>2</sup>
Etage 2 est	562 kWh	12 kWh/m <sup>2</sup>

Sortie Pléiades : détail des zones

Appartement	Besoins chauffage	Besoins éclairage	Besoins ECS	Besoins totaux	surface	Ratio
	kWhEF/an	kWhEF/an	kWhEF/an	kWhEF/an	m <sup>2</sup>	kWhEF/m <sup>2</sup> /an
Ouest	1155	217	1300	2672	77.0	35
Centre	1282	264	1300	2846	96.2	30
Est	1082	223	1300	2605	78.6	33
Partie commune	799	114	0	913	32.0	29

Récapitulatif des besoins

## page 18 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

**Eté** : la température ne doit pas dépasser 27 degrés pendant une durée trop longue, afin de ne pas générer d'inconfort. Les solutions utilisées permettent d'avoir des maximaux acceptables dans les habitations. Le confort des utilisateurs est garanti.

Zones	T° Max	heures > T°Inconfort	Taux d'inconfort
Année			
Espace tampon	30.56 °C	0 h	0.00 %
RDC - 4 - Abri vélo	27.84 °C	0 h	0.00 %
Etage 1 ouest	27.55 °C	11 h	0.16 %
Etage 2 ouest	27.40 °C	6 h	0.09 %
Zonnes communes centre	22.73 °C	0 h	0.00 %
Etage 1 centre	27.51 °C	10 h	0.15 %
Etage 2 centre	27.25 °C	7 h	0.10 %
RDC - 2 - Locaux communs pr activité divers	26.99 °C	0 h	0.00 %
Etage 1 est	27.65 °C	12 h	0.18 %
Etage 2 est	27.48 °C	9 h	0.13 %

*Sortie Pléiades : détail des zones*

## 4.5 Systèmes et équipements utilisés

Une fois les différents besoins connus, il est nécessaire de choisir et de dimensionner correctement les équipements qui permettront de les couvrir.

page 19 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

## 4.5.1. Chauffage et production d'eau chaude sanitaire

### Systemes choisis

La nappe phréatique alsacienne est remarquable par plusieurs aspects: elle est l'une des plus importantes d'Europe et est accessible à très faible profondeur. De plus, sa température varie très peu au cours de l'année (de 8 à 12 °C). Cela en fait une source d'énergie idéale pour une pompe à chaleur, et le développement constant de ce système est une illustration de sa pertinence: COP élevé et quasiment constant sur l'année, pas de nécessité d'appoint, coûts de forage et d'installation limités. C'est pourquoi nous avons choisi cette solution pratique et économe en énergie. Couplée à une émission de chaleur par plancher chauffant, cela en fait un mode de chauffage très confortable.

De plus, il était évident de compléter cette installation par un système de production d'eau chaude sanitaire solaire. En effet l'énergie fournie par le soleil est gratuite et inépuisable, et les surcoûts liés à ces installations sont très vite couverts par les économies réalisées sur la consommation d'eau chaude.

### Dimensionnement

Les besoins maximaux en hiver étant de 18 kW pour le chauffage, et d'environ 3 kW pour l'eau chaude sanitaire, nous avons opté pour une pompe à chaleur eau/eau **Viessmann Vitocal 300-G modèle WWC 301.A17**, de puissance nominale 23 kW, pour un COP de 6,2 selon la norme EN14511 (régime d'eau 35/30). Cependant, le COP d'une pompe à chaleur étant très dépendant de l'écart de température entre la source froide et la source chaude, et les besoins se situant généralement plutôt autour de 40 à 45°C pour un circuit de plancher chauffant, et à 60°C pour l'eau chaude sanitaire, nous avons considéré un COP global annuel de 5 pour le chauffage, et de 2,5 pour l'eau chaude sanitaire dans nos calculs de consommations énergétiques.

page 20 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

Les panneaux solaires sont de type **Viessmann 200-F**, couplés à un ballon solaire de 200 litres et à un ballon d'appoint séparé de 200 litres également. Deux panneaux suffisent pour une couverture optimale des besoins. En effet en rajouter plus présenterait un risque de surchauffe en été, sans apporter un gain notable d'énergie.

En utilisant le logiciel Solo2000 du CSTB, on observe qu'on peut couvrir environ 50% des besoins d'eau chaude sanitaire avec deux panneaux solaires. Le logiciel Simsol permet de vérifier qu'il n'y a pas de surchauffe en été: en paramétrant la régulation pour autoriser le ballon solaire à monter jusqu'à 90°C en cas de forte irradiation, on ne dépasse pas les 100°C en sortie de capteur. Avec trois capteurs, on obtient une vingtaine de pics à plus de 120 °C, ce qui entraîne une dégradation rapide du matériel (les différents composants solaires étant garantis pour résister jusqu'à 120°C maximum).

## 4.5.2. Production d'électricité photovoltaïque

Afin de rendre le bilan énergétique du bâtiment positif, nous avons prévu d'installer 36 modules **Centrosolar S-Class Integration 200 Wc**, soit une surface utile de 52 m<sup>2</sup>.

D'après la simulation réalisée à l'aide de Tecsol, ils permettent de produire 6075 kWh/an d'électricité qui peut être revendue à EDF. Les panneaux sont intégrés au bâti afin d'avoir un prix de revente le plus élevé possible.

## 4.6. Aspects énergétiques et environnementaux

### 4.6.1. Bilan énergétique du bâtiment

Les besoins de chauffage calculés s'élèvent à 3519 kWh/an. Les besoins en eau chaude sanitaire ont été estimés à 180l/jour à 60°C, soit 3900 kWh sur l'année. Cependant, la moitié de ces besoins sont couverts par le solaire. En intégrant les différentes pertes, le besoin en énergie d'appoint est estimé à 2000 kWh.

page 21 - APPROCHE THERMIQUE

# APPROCHE THERMIQUE

La consommation en énergie primaire de la pompe à chaleur est obtenue en multipliant sa consommation d'électricité par 2,58 (coefficient utilisé en France pour l'électricité). Enfin, les besoins électriques pour l'éclairage sont évalués dans la STD à 704 kWh/an, la consommation d'énergie primaire est donc également multipliée par 2,58.

	Chauffage	ECS	Eclairage artificiel
Besoins (kWh)	3519	2000	704
Consommation (kWhEF/an)	704	800	704
Consommation EP (kWh EP/an)	1816	2064	1816

*Récapitulatif des besoins et des consommations*

On obtient au final une consommation en énergie primaire de 5696 kWh/an. La production photovoltaïque étant de 6075 kWh/an, nous obtenons bien un **bâtiment à énergie positive**.

## 4.6.2. Performances du bâtiment

A partir des différentes consommations en énergie primaire, nous pouvons calculer les indicateurs permettant de situer le bâtiment sur l' "étiquette énergie":

L'ensemble des zones chauffées représentant une surface de 252 m<sup>2</sup>, on trouve une consommation de **22 kWhEP/m<sup>2</sup>.an**, éclairage compris. **Notre projet se situe dans la classe A de l'étiquette énergie.**

Le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh électrique est estimé à 180 g/kWh pour le chauffage et à 40 g/kWh pour les utilisations continues sur l'année. En effet, les besoins étant plus élevés en hiver, la part des combustibles fossiles dans le mix énergétique est nettement plus grande qu'en été. On obtient alors un total de 126,7 kg équivalent CO<sub>2</sub> pour le chauffage, 32 kg pour l'eau chaude sanitaire et 28,2 kg pour l'éclairage, soit au final **0,74 kgeq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an**. Ici également **le bâtiment se situe en classe A**.

page 22 - APPROCHE THERMIQUE

# ESTIMATION DES COÛTS

## Matériaux

	Prix unitaire €	Quantité	Unité	Prix total
<b>Enveloppe extérieure</b>				
Dalle béton	160 €	45	m3	7 168 €
Mur pisé	5 €	503	m <sup>2</sup>	2 517 €
Porte vitrée nord	2 000 €	4	u	8 000 €
Porte coulissante vitrée sud	600 €	5	u	3 000 €
Tuile mécanique standard	60 €	450	m <sup>2</sup>	27 000 €
Bardage vertical	90 €	181	m <sup>2</sup>	16 290 €
Bardage horizontal	100 €	123	m <sup>2</sup>	12 333 €
Double vitrage	240 €	33	u	7 920 €
Baie vitrée toit et facade nord	300 €	90	m <sup>2</sup>	27 000 €
Baie vitrée sud	300 €	313	m <sup>2</sup>	93 900 €
<b>blocs d'habitation</b>				
Structure mur ossature bois	50 €	741	m <sup>2</sup>	37 050 €
Isolation paille	1 €	741	botte	371 €
frein vapeur	1.2 €	741	m <sup>2</sup>	889 €
Plancher bois	90 €	406	m <sup>2</sup>	36 540 €
Toit bois	135 €	202	m <sup>2</sup>	27 270 €
Escaliers logements	1 000 €	3	u	3 000 €
Triple vitrage	280 €	44	u	12 320 €
Baie vitrée	300 €	6	u	1 800 €
<b>Espace commun</b>				
Ascenseur	18 000 €	1	u	18 000 €
Escalier droit	5 000 €	1	u	5 000 €
Garde-corps métallique	150 €	46.5	m <sup>2</sup>	6 975 €
Platelage bois	30 €	56	m <sup>2</sup>	1 680 €
<b>Total</b>				<b>356 023 €</b>

## Équipements

	Prix uni- taire	Unité	Quantité	Prix total
<b>Solaire thermique</b>				
Global				3 000 €
<b>Solaire PV</b>				
Capteurs	490 €	u	36	17 654 €
Autres équipements				2 000 €
<b>PAC</b>				
Ensemble PAC	11 943 €	u	1	11 943 €
Ballon ECS	1 198 €	u	1	1 198 €
<b>Total</b>				<b>35 795 €</b>

## Récapitulatif

Construction	356 023	€
Équipements	35 795	€
<b>Total</b>	<b>391 819</b>	<b>€</b>
Avec	801	m <sup>2</sup>
Soit	<b>489</b>	<b>€/m<sup>2</sup></b>

Cette estimation des coûts constitue une première approche. Le prix comprend la rénovation des façades et de la toiture de la grange, la réalisation des blocs d'habitation en bois et les aménagements de l'espace commun. Les équipements thermiques sont également pris en compte. Seul l'aménagement des logements ne rentre pas dans cette estimation.

*NB:* La surface prise en compte est la somme de la surface habitable, de l'espace tampon et des terrasses des logements

# page 23 - ESTIMATION DES COÛTS

# CONCLUSION

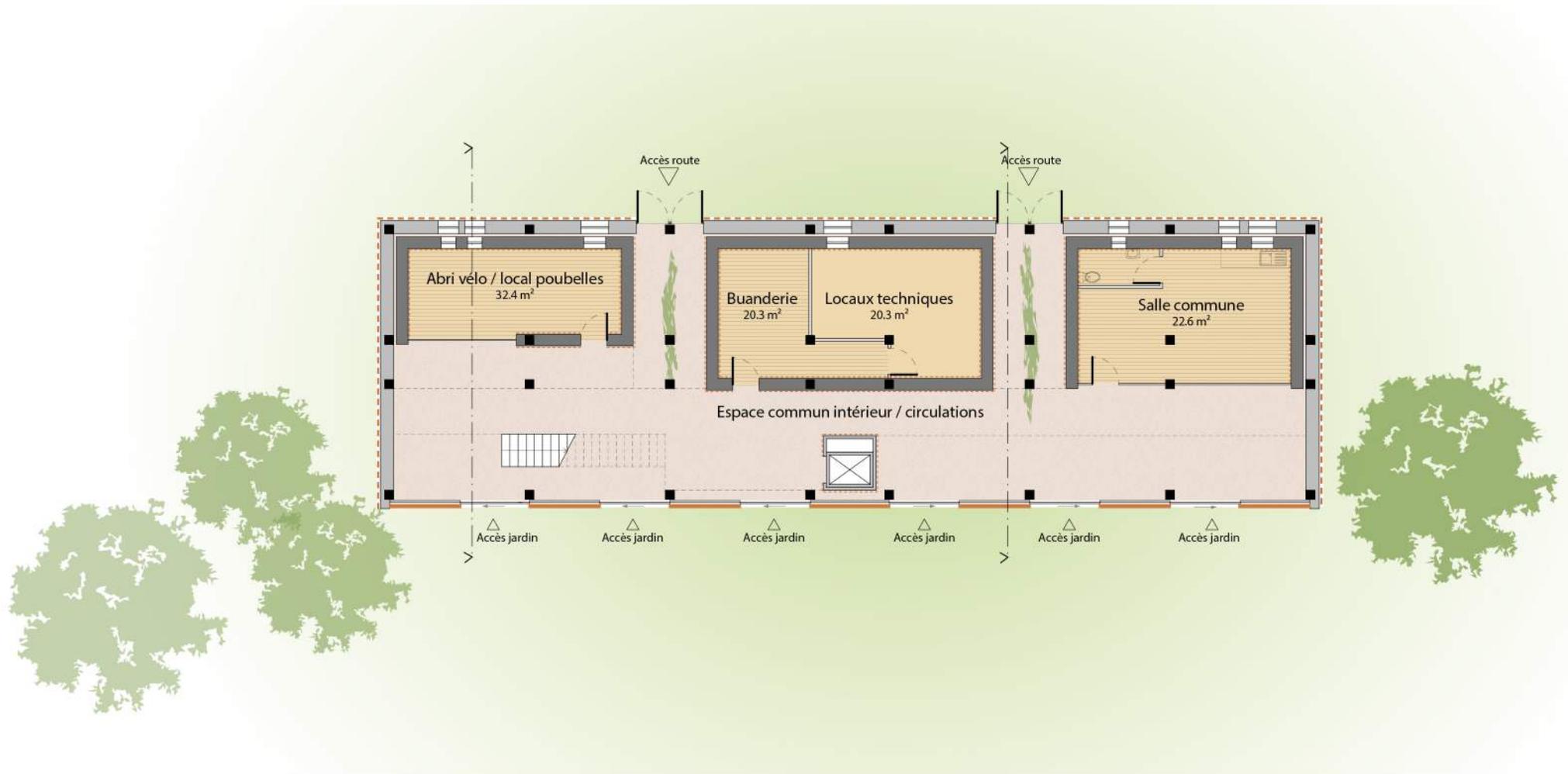
Notre projet de séchoir à tabac réhabilité allie performances énergétiques et préservation du patrimoine. Un beau pari ! De plus, c'est un modèle facilement adaptable à de nombreux autres cas et l'impact de ce projet dépasse l'aspect thermique et énergétique.

Les bâtiments à énergie positive sont une solution pour la préservation de l'environnement et pour un futur meilleur. Et c'est dès aujourd'hui que nous devons agir !

Déjà, la bonne performance thermique et la maîtrise de la consommation des bâtiments à énergie positive présentent de nombreux avantages, tant environnementaux que budgétaires et même parfois sociaux ! Le confort des usagers revêt également une importance primordiale. Ce sont les récepteurs du projet, et afin de sensibiliser un grand nombre de personnes, les critères de confort d'un bâtiment doivent pouvoir les séduire. De plus, les habitants doivent être informés du comportement à avoir dans de tels bâtiments, car les façons de vivre influent sur la performance de l'habitat.

Les bâtiments à énergie positive sont donc bien plus que de simples logements. C'est aussi un art de vivre qui va s'épanouir dans les années à venir. Et nous sommes heureux d'avoir participé à cet élan grâce à notre projet et à ce concours !

page 24 - CONCLUSION

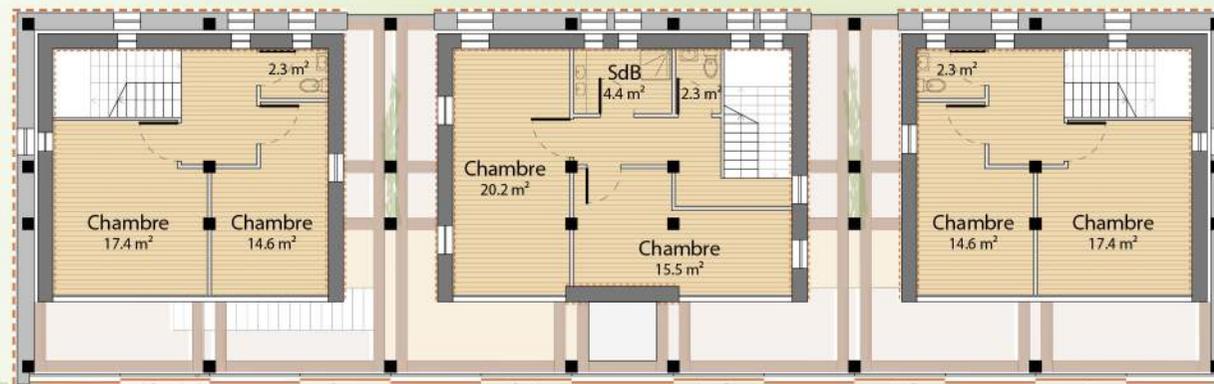


## page 25 - ANNEXES Plan RDC 1/200



## page 26 - ANNEXES Plan 1er étage 1/200

Dossier Concours E+ Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
INSA de Strasbourg Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014



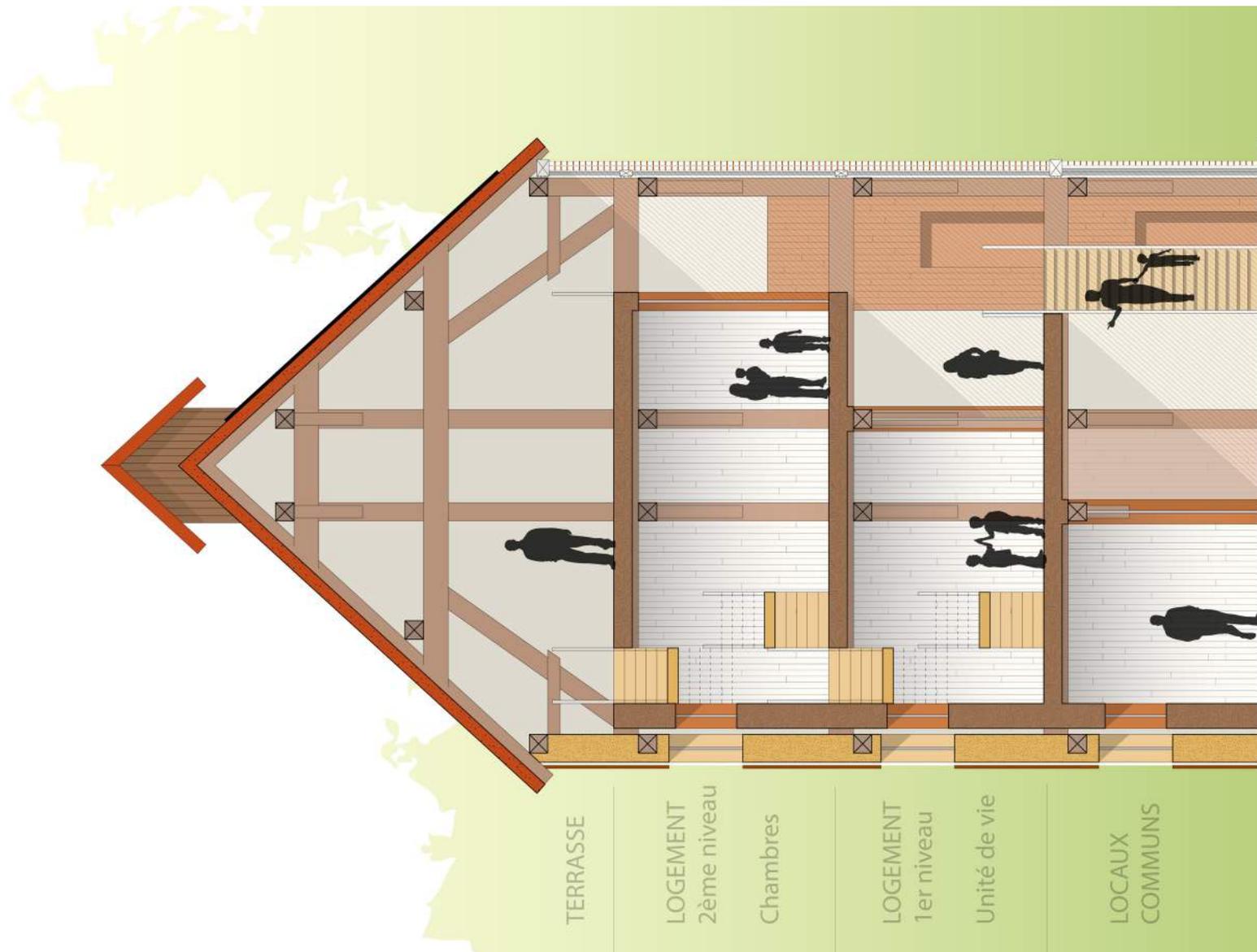
## page 27 - ANNEXES Plan 2e étage 1/200

Dossier Concours E+ INSA de Strasbourg Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014



## page 28 - ANNEXES Plan terrasses 1/200

Dossier Concours E+ INSA de Strasbourg    Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald    septembre 2014



## page 29 - ANNEXES Coupe logement 1/100

Dossier Concours E+ Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
 INSA de Strasbourg Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014



## page 30 - ANNEXES Coupe entre-deux 1/100

Dossier Concours E+ Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
INSA de Strasbourg Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014



## page 31 - ANNEXES Perspective Nord

Dossier Concours E+ Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
INSA de Strasbourg Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014



## page 32 - ANNEXES Perspective Sud

Dossier Concours E+ INSA de Strasbourg Transformation d'un séchoir à tabac en logement collectif à énergie positive  
Laurent Henninger - Samuel Koch - Audrey Wetterwald septembre 2014

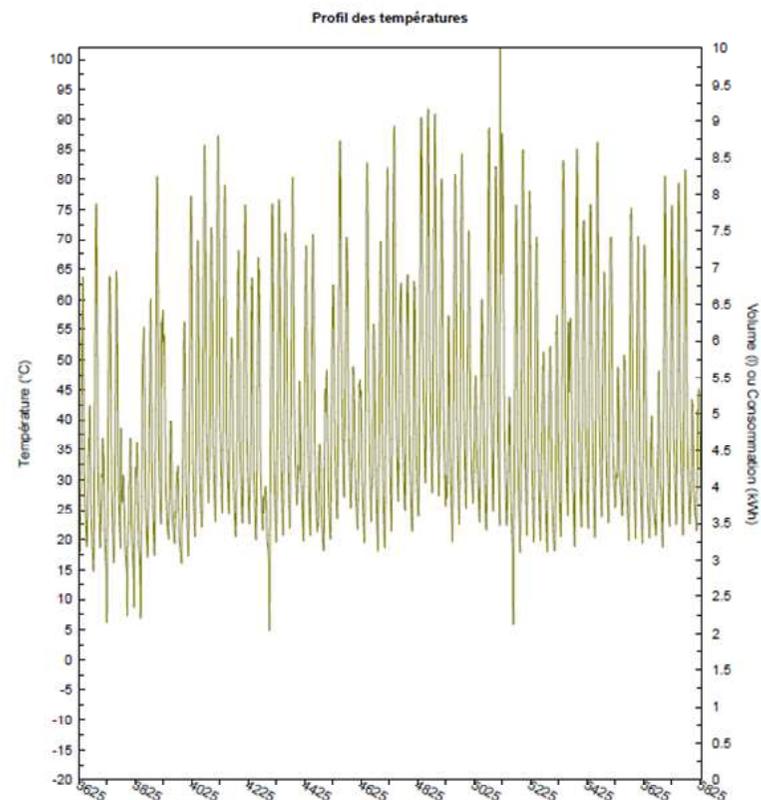



Date : 10/09/2014

Nom du fichier :	d:\sam\documents\cours\concours e+\simulation solo2.s2k
Station :	68-Haut-Rhin - Colmar
Type de système :	SYSTEME CAPTEUR BALLON
	( Sans appoint , Sans échangeur )
Type de capteur :	Capteur 01*
Inclinaison [°]:	48,00
Orientation [°]:	0,00
Surface totale [m²]:	4,66
Déperdition de la boucle de captage [W/(m².K)]:	4,03
Efficacité de la boucle de captage:	0,80
Type de ballon:	200L_Vertical
Déperdition thermique du ballon [W/(m².K)]:	1,20
Besoin journalier moyen en eau chaude [l/j]:	180,3333
Température de référence moyenne [°C]:	60

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	22	37	56	73	82	92	98	96	81	54	30	17	53
Besoins [kWh]	448	380	371	334	313	234	148	178	267	340	377	493	3882
Productivité [kWh]	99	140	206	244	257	214	145	171	216	183	114	86	2075
Productivité /m²	21	30	44	52	55	46	31	37	46	39	25	18	445

Résultat simulation SOLO 2000 pour les besoins ECS



Suivi des températures dans les capteurs solaires

## page 33 - ANNEXES Thermique