

Un Ecoquartier à Fribourg, pour demain ?

Travail interdisciplinaire centré sur un projet

EPAI/GIBS

Synthèse

**Fabrice Wicht
Guillaume Probst**

**Accompagnateur :
Economie et droit : Anna Compaoré
Physique : Philippe Morand**

1. Introduction

- a. Choix du sujet
- b. Nos attentes et nos peurs
- c. L'organisation de notre travail
- d. Choix des branches
 - i. Physique
 - ii. Economie
- e. Description du sujet

2. Quartiers écologiques en Europe et en Suisse.

- a. Exemple de quartiers écologiques en Europe
 - i. Londres, Bedzed
 - ii. Malmö, Bo01
 - iii. Freiburg Im-Brisgau, Vauban
- b. Etat des différents projets de quartiers en Suisse

3. Notre projet d'écoquartier dans le canton de Fribourg

- a. Objectif à atteindre
 - i. Environnemental
 - ii. Social
 - iii. Economique
- b. Projet
 - i. Lieux
 - ii. Forme des bâtiments et aménagement du plan
 - iii. Enveloppe des bâtiments
 - iv. Technique du bâtiment
 - v. Appareils électriques du bâtiment
 - vi. Calcul des besoins énergétiques et émissions de CO2
 - vii. Calcul du rendement locatif
 - viii. Calcul du taux de rendement brut de l'investissement
- c. Démarche de réalisation
 - i. Sondage, interview de la population
 - ii. Etude de marché
 - iii. Plan / maquette

iv. Rencontre avec le conseil communal

4. Conclusion

- a. Physique
- b. Economie

5. Bilan personnel du travail

- a. Notre collaboration
 - i. Fabrice
 - ii. Guillaume
- b. Notre sujet
 - i. Fabrice
 - ii. Guillaume
- c. Nos attentes
 - i. Fabrice
 - ii. Guillaume

6. Sources consultées

- a. Livres
- b. Internet
- c. Personnalités / autres

Un Ecoquartier à Fribourg, pour demain ?

1. Introduction

a. Choix du sujet

Après une rapide discussion, nous nous sommes très vite mis d'accord sur les principes de notre TIP. Le sujet devait tenir compte de plusieurs points : il devait être tourné vers le futur, être en rapport avec notre métier, ne jamais avoir été réalisé dans notre canton. Nous voulions donc nous tourner vers un bâtiment à faible consommation d'énergie. En affinant toujours un peu plus le concept, nous nous sommes arrêtés sur le développement d'un écoquartier dans le canton de Fribourg. Ce projet répondait à tous les critères que l'on s'était fixés. Quoi de plus intéressant que de réfléchir sur notre manière d'habiter de demain pour deux futurs dessinateurs en bâtiment.

Notre génération est baignée dans les problèmes liés à l'écologie, à l'épuisement des ressources naturelles, à la densification de nos communes et ce depuis sa naissance. Voilà donc un beau défi que de développer un écoquartier. Gardons toujours en tête cette citation de St Exupéry : « Nous n'héritons pas la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants ».

b. Nos attentes et nos peurs

Nous espérons dans le cadre de ce TIP connaître un enrichissement personnel, et découvrir différents modes de fonctionnement d'écoquartiers par de là nos frontières. C'est aussi pour nous la première fois que nous avons l'occasion de nous concentrer sur un projet, et non pas simplement de faire un exposé sans réelles réflexions. Nous souhaiterions rencontrer et discuter avec des personnes qui de par leur fonction ont la possibilité d'influencer notre futur, tels que des politiciens et des architectes soucieux de l'environnement.

Néanmoins, nous avons encore quelques questions en suspens. Sera-t-il possible d'approfondir chaque point de l'écoquartier ? Aurons-nous les compétences requises pour mener à bien notre projet ? La population aux alentours de notre quartier acceptera-t-elle l'idée de participer à l'effort

commun pour le bien de notre communauté et de la planète.

c. L'organisation de notre travail

Après avoir choisi le sujet de notre travail, nous nous sommes rencontrés pour établir une méthode de travail. Après une petite réflexion, nous avons trouvé un système : nous aurions périodiquement un RDV de mise en commun, lors de ce RDV, on échangerait nos recherches, nos travaux et notre conclusion. Dans une deuxième partie du rendez-vous, on ferait le point sur les thèmes que chacun devrait travailler de son côté et l'on fixerait le prochain rendez-vous de mises en commun.

Ce système nous a semblé le plus rationnel : il évite le travail à double, il nous permet de toujours être au courant des recherches de l'autre, et surtout, celui qui se verra présenter un chapitre aura le recul nécessaire afin de se mettre dans la position d'une personne qui lirait notre TIP. Il est important que chacun de nous sache ce qui a été trouvé lors de nos recherches.

Il faut comprendre que le rendu de notre travail, ne sera pas un enchaînement de textes écrits, une fois par l'un, et une fois par l'autre mais le fruit de notre collaboration comme si nous avions fusionné pour ne devenir qu'un seul être ayant écrit ce projet.

Dans une même optique, l'organisation informatique sera la suivante : chaque membre du groupe possède un fichier TIP-(initiale)-(date à l'envers).doc. Ce qui nous donne 2 fichiers : TIP-GP-091116.doc ; TIP-FW-091116.

Lors de mise à jour sur ce fichier, la date doit être changée et lors de nos rendez-vous de mises en commun, nous remplirons un nouveau fichier : TIP-FW_GP-091116.doc, qui sera cette fois le mix de nos travaux.

d. Choix des branches

i. Physique

La physique sera utile dans les calculs de consommation d'énergie pour le chauffage, la production d'eau chaude, la consommation d'électricité et le calcul de la quantité d'émission de CO₂. Nous effectuerons une comparaison entre un bâtiment de notre écoquartier et un bâtiment quelconque afin de voir la différence d'émission de CO₂. La physique sera principalement liée aux objectifs environnementaux de l'écoquartier.

ii. Economie

L'économie sera utile pour tout ce qui est lié aux coûts de notre écoquartier. Nous allons calculer le rendement du bâtiment, en comparant l'argent investi et le gain d'argent annuel. Donc, cette matière sera étroitement liée aux objectifs économiques. Nous incluons aussi dans l'économie, tout l'aspect social de notre projet.

e. Description du sujet

La définition d'un écoquartier reste à écrire, car leur nombre est encore trop peu élevé. Par contre, l'écoquartier ne se résume pas à la construction d'une multitude de logements durables éparpillés. En effet, son échelle supérieure permet une réflexion beaucoup plus large et donne des solutions beaucoup plus satisfaisantes qu'un simple logement. Un exemple qui illustre parfaitement les avantages de l'écoquartier et les limites d'un bâtiment écologique : la mobilité. Prenez un bâtiment construit selon des standards écologiques et imaginez-vous qu'il est implanté loin de toute alternative à la voiture individuelle. Ne pensez-vous pas que les efforts réalisés d'un côté sont alors réduits à zéro à cause de l'utilisation d'une voiture ?

Un écoquartier est une suite de réflexion qui permet de créer une synergie entre un grand nombre d'activités humaines et ainsi à maîtriser leurs impacts sur l'environnement.

On peut, par expérience, des quelques exemples européens de quartiers à

faible impact sur l'environnement, définir un certain nombre de points clés existentiels pour le bon fonctionnement d'un quartier de ce genre.

- Préserver le sol.
- Empêcher toute pollution de l'air.
- Gérer nos ressources d'eau.
- Limiter la formation de futurs déchets.
- Favoriser les mobilités douces.
- Utiliser des matériaux locaux et durables.
- Développer une économie locale et responsable.
- Intégrer les habitants aux réflexions sur le quartier.
- Organiser un quartier confortable, convivial, solidaire.

Chacun de ces principes sera intégré dans le cadre de notre travail.

2. Quartiers écologiques en Europe et en Suisse

Avant de vous présenter notre projet nous allons vous faire connaître plusieurs écoquartiers qui se trouvent dans différents pays européens et bien sûr aussi en Suisse.

a. Exemple de quartiers écologiques en Europe

i. Londres, Bedzed

L'écoquartier se situe dans la ville de Sutton au sud de Londres. En 2000 le projet BedZed (BEDdington Zero Energy(fossil) Development) devient le lauréat du prix de l'IRCA (Institut Royal des Bâisseurs et des Architectes). En 2002, les premiers habitants arrivent dans ce petit quartier qui abrite une centaine de logements. Ce projet avait deux grands objectifs: l'environnement et l'énergie. Plus précisément, une consommation d'eau réduite de 30%, moins de déchets et plus de recyclages, matériaux indigènes pour l'environnement. Les objectifs énergétiques étaient les suivants: un bilan carbone de zéro (impact neutre) sans l'utilisation d'énergie grise, une réduction de 60% d'énergie consommée par rapport à la demande moyenne, une consommation réduite de 90% pour le chauffage et une plus grande utilisation des transports publics afin de baisser de 50% l'énergie liée aux transports.

Le quartier a atteint ses objectifs, comme par exemple: la consommation d'énergie pour le chauffage est réduite de 88%, ou encore: la consommation d'eau est réduite de 50%.

ii. Malmö, Bo01

Le quartier Bo01 se trouve à Malmö, dans la troisième ville de Suède. Le Bo01 a été construit sur les bords de l'Öresund où se trouvaient des entreprises qui ont été victimes de fermeture au début des années 1990. Le projet a vu le jour en 2001 pour une démonstration, en réalité, de la cité du futur. Le quartier subvient lui-même à la plupart de ses besoins. En effet, il a pour objectif : 100% d'énergie renouvelable grâce à des pompes à chaleur aquifères et des capteurs solaires. L'électricité provient des éoliennes. L'eau de pluie est récupérée par des toits végétalisés et est chauffée selon les besoins par des chauffe-eau solaires. L'eau chaude provient aussi de la géothermie. Les déchets sont récoltés grâce à des canalisations qui évitent l'émission de CO₂. L'incinération des déchets engendre une production de biogaz qui sert à faire circuler certains bus publics de la ville. En plus, les rues sont majoritairement piétonnes et cyclables pour inciter les habitants à laisser leur véhicule personnel. Le quartier se trouve sur une superficie d'environ 1000 m². La construction des logements ne dépasse pas une superficie de 500 m². Sur les 500m² restants, on trouve sur 300m² les espaces verts, et les 200 derniers m² sont réservés aux zones semi-imperméables (graviers).

iii. Freiburg Im-Brigau, Vauban

Le quartier Vauban se trouve sur un terrain de 38'000 m² qui abritait plusieurs casernes militaires françaises, qui ont été abandonnées en 1992 après la réunification de l'Allemagne. Après quelques années de squattage, les autorités de la ville décident de réaménager ce lieu avec un concept de développement durable. Le quartier abrite environ 5500 habitants dans des maisons à énergie positive. Ces logements sont alimentés par l'énergie solaire récupérée par des capteurs solaires et produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment, du fait qu'ils sont construits sur les bases des normes très strictes jusque dans le moindre détail. De plus, le quartier est desservi par un tram le reliant au centre ville qui se trouve à 4 kilomètres, soit environ 15 minutes à vélo. Seulement 25% des habitants des logements peuvent se parquer dans le quartier, les autres doivent laisser leurs véhicules dans des

parkings silo au bord du quartier, ce qui privilégie la mobilité douce dans le quartier.

b. Etat des différents projets de quartiers en Suisse

En Suisse, il n'y pas encore vraiment d'écoquartiers construits, par contre beaucoup de projets sont à l'étude, voir en réalisation. Voici quelques projets suisses:

L'écoquartier Pontaise-Blécherette se trouvera au nord de Lausanne sur le site de l'ancien stade de foot et pourra accueillir 2000 logements sur une surface de 30'000 m². Un concours d'urbanisme sera lancé en 2010.

L'écoquartier Malley se trouvera sur les communes de Lausanne, Renens et Prilly. Le projet prévoit 2800 logements ainsi que 8000 habitants-emplois sur 70'000 m². Travaux prévus entre 2010 et 2020.

L'écoquartier Sihlbogen se situe dans la ville de Zürich où il accueillera 200 logements, sur une surface de 2'100 m².

L'écoquartier Oberfeld, à la périphérie de la ville de Berne, pourra abriter 200 logements sur 7'500 m² de terrain agricole. Début des travaux, probablement en 2010.

Par contre à Neuchâtel, on peut trouver un quartier Minergie regroupant 91 logements.

3. Notre projet d'écoquartier dans le canton de Fribourg

a. Objectif à atteindre

i. Environnemental

Normes de construction et du standard énergétique :

Il existe plusieurs normes et standards pour les nouvelles constructions en Suisse. Tout nouveau bâtiment doit être construit au minimum selon les normes légales qui sont établies par la société suisse des ingénieurs et architectes (SIA). Elle fixe les exigences minimales pour l'isolation thermique des différents éléments de construction et pour les besoins de chaleur de chauffage de tout le bâtiment. Des standards peuvent être obtenus à condition que le bâtiment réponde à des exigences plus élevées définies par le standard lui-même, c'est le cas des standards MINERGIE. Il existe deux standards Minergie : MINERGIE et MINERGIE-P.

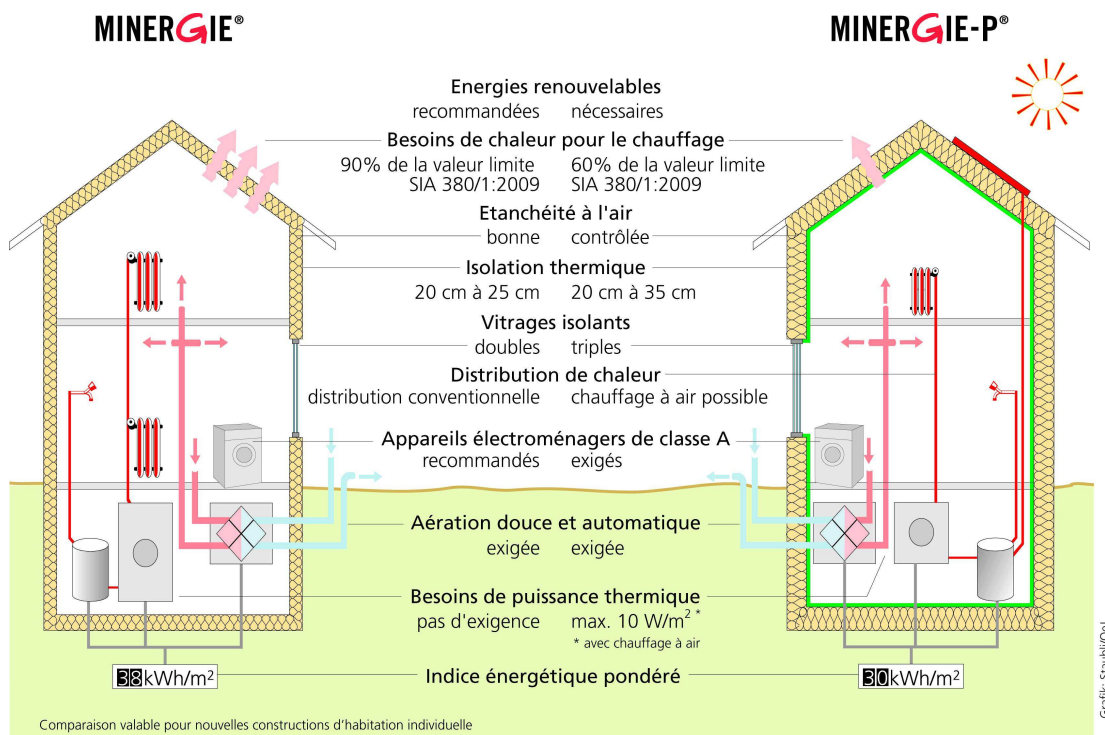


Schéma 1

Ce schéma explique d'une manière simplifiée les différences entre MINERGIE et MINERGIE-P.

MINERGIE-ECO est un complément qui peut être obtenu en plus des deux standards MINERGIE et MINERGIE-P à condition que des exigences supplémentaires pour une construction saine et écologique soient respectées.

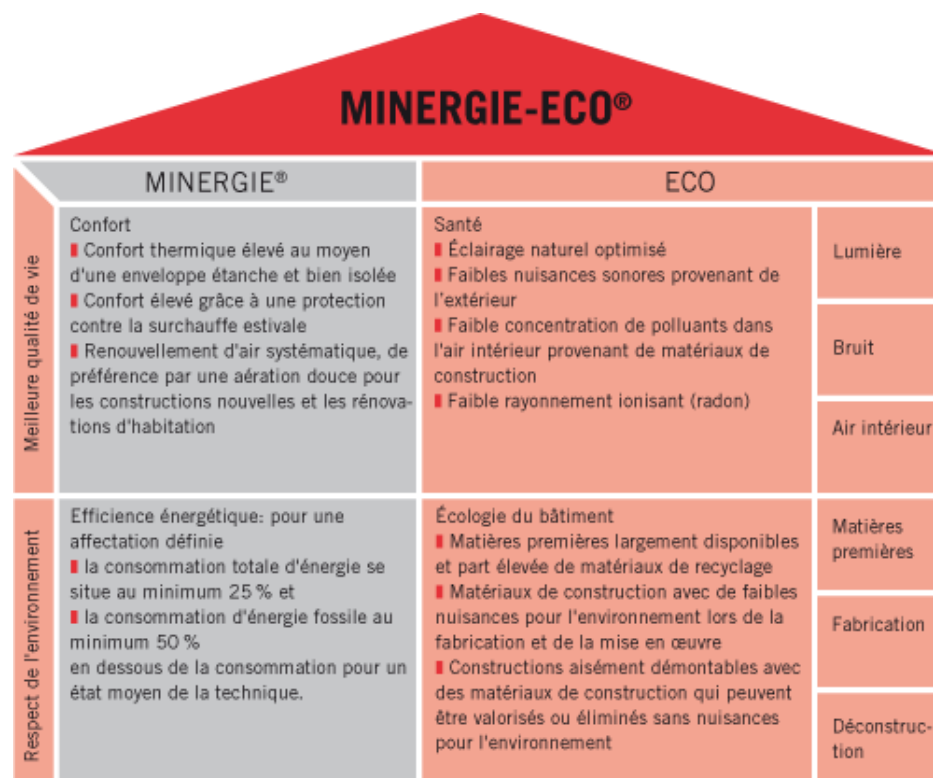


Schéma 2

Ce schéma montre les exigences supplémentaires sine qua non à l'obtention du standard complémentaire MINERGIE-ECO.

Pour notre projet, il nous semble important que notre bâtiment réponde aux normes et standards les plus aboutis et exigeants de Suisse. C'est pour ces raisons que notre bâtiment répondra aux exigences élevées du label combiné : MINERGIE-P-ECO.

L'un des avantages d'un quartier bien pensé est de pouvoir se fixer des objectifs plus grands. Nous nous sommes donc fixés des objectifs environnementaux supplémentaires tels que :

- Aucune voiture à l'intérieur de l'écoquartier.
- Possibilité de covoiturage.

- Réserver des espaces pour des potagers ou des vergers.
- Contenir l'étalement urbain.
- Avoir une sorte de parc naturel ou du moins un espace vert.
- Récupérer les eaux de pluie.
- Accès rapide aux transports en commun.
- Utilisation d'énergie verte pour le quartier.
- Se rapprocher le plus possible d'un quartier avec 0 émission de CO2.

ii. Social

Les objectifs sociaux à l'échelle du quartier sont les suivants :

- Assurer une mixité sociale, générationnelle et culturelle représentative de la population.
- Rendre les habitants du quartier responsables, solidaires, et collaborateurs du bon fonctionnement du quartier.
- Prévoir des services de proximité

Nous avons pensé à quelques moyens de parvenir à ces objectifs :

- Prévoir des logements de plusieurs standings, à prix différents. Par exemple des logements spécialement aménagés et conçus pour des personnes âgées, pour des étudiants, pour des gens aisés, pour des familles etc...
- Prévoir des assemblées de quartier où les choix, l'avenir du quartier seront débattus.
- Prévoir des formations et des explications sur le logement durable pour les nouveaux arrivants.
- Offrir la possibilité aux habitants de prendre le contrôle du quartier en devenant responsables de différents postes comme : concierge, responsable de la garderie, responsable du parc, responsable de l'organisation de l'assemblée, président de l'assemblée etc...
- Offrir aux habitants des locaux modulables à souhait : garderie, magasins, commerces équitables, boulangerie, fromagerie, magasin de légumes, épicerie etc...

iii. Economique

Un des objectifs est que l'écoquartier soit rentable, afin d'attirer des investisseurs. Il faudra qu'une fois le quartier construit, il puisse se subvenir à lui-même financièrement : les charges ne devront pas dépasser les gains, afin de laisser un bénéfice aux investisseurs.

b. Projet

i. Lieux

Nous voulions créer un écoquartier en ville de Fribourg, mais ce type de construction demande beaucoup de place, c'est pourquoi nous avons cherché une parcelle dans l'agglomération de Fribourg. La parcelle devait avoir certaines exigences telles que :

- Proche des transports publics sur plusieurs axes routiers.
- Proche du centre ville, entre 10 et 20 minutes.
- Grande parcelle pour permettre un logement de 500 personnes au minimum.
- Possibilité d'agrandissement futur du quartier.

Nous avons finalement trouvé un terrain correspondant à nos exigences dans la commune de Givisiez sur le champ de Corberayes à côté de la Chassotte.

Ce terrain comporte les avantages cités ci-dessus, en effet les TPF circulent en direction de la ville de 06h à 24h avec une cadence de 1 bus toutes les 15 minutes. De plus le terrain n'est pas ombragé par des immeubles ainsi le gain lié au soleil sera maximal.

Néanmoins le quartier se situe proche de l'autoroute N12, mais ce point-là n'est que très peu gênant, vu qu'un mur antibruit et anti-pollution existe déjà.

Quelques photos du terrain que l'on a choisi :





ii. Forme des bâtiments et aménagement du plan

Selon nos recherches, il est judicieux que la forme du bâtiment soit la plus compacte possible, afin de réduire les pertes d'énergie et de chaleur. Le but est d'avoir un grand volume pour un minimum de surface d'enveloppe du bâtiment. D'un point de vue financier, plus le bâtiment est compact, plus le prix en sera réduit.

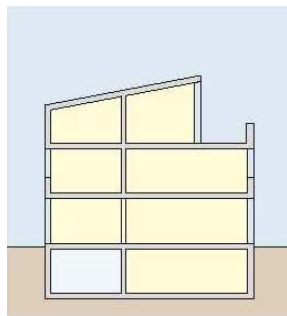


Schéma 3
Judicieux du point de vue énergétique
Plus petite surface d'enveloppe du bâtiment

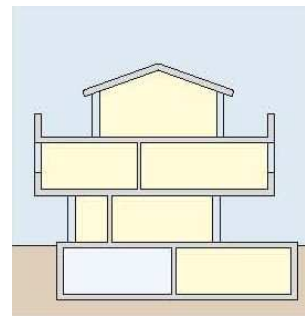
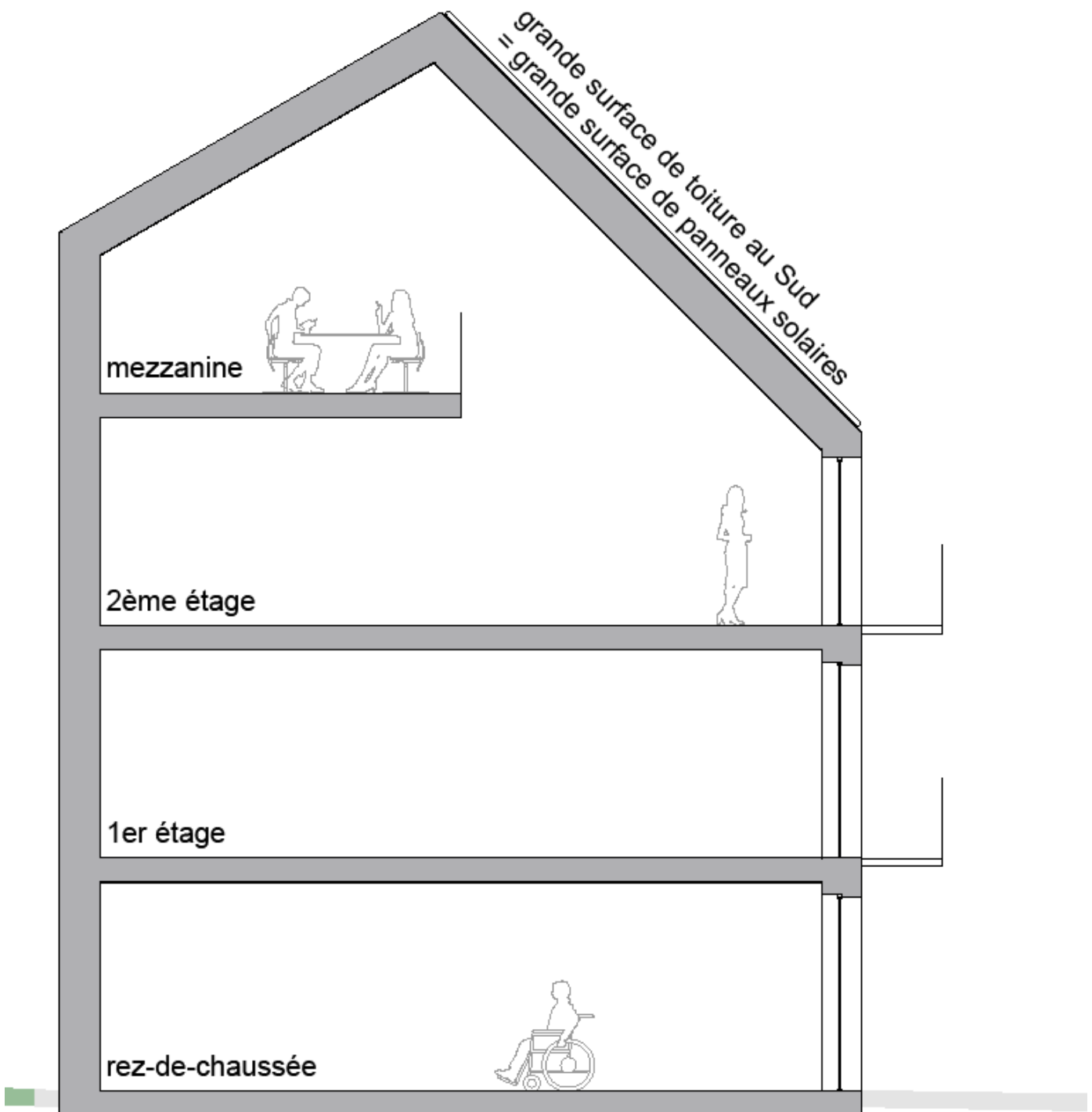


Schéma 4
Peu judicieux du point de vue énergétique
Plus grande surface d'enveloppe du bâtiment

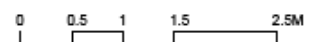
La façade orientée vers le sud sera composée de grandes fenêtres, afin de profiter du rayonnement solaire et de balcons pour permettre une protection solaire en été.

En tenant compte de toutes ces remarques nos bâtiments auront la forme suivante, voici une coupe d'un bâtiment de notre écoquartier :



TIP UN ECOQUARTIER A FRIBOURG, POUR DEMAIN ?
GUILLAUME PROBST & FABRICE WICHT
PARCELLE 97 CORBERAYES / 1782 GIVISIEZ
COUPE TRANSVERSALE

PLAN No 011
FORMAT -
ECHELLE 1:50
Date du dessin 22.01.10
Dessinateur GP, FW

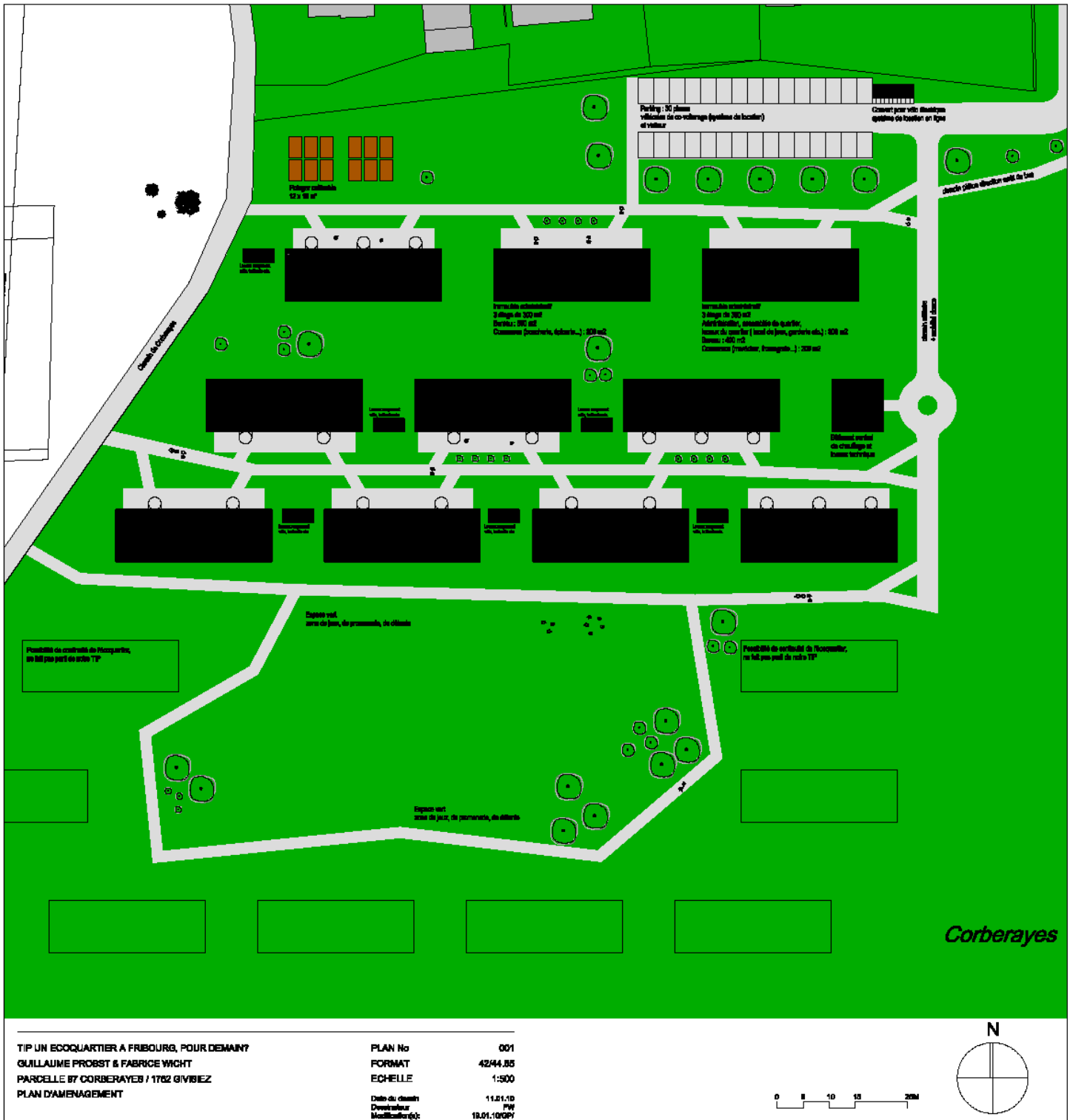


La coupe est disponible en annexe à l'échelle 1 :50 et donc plus grand et plus lisible.

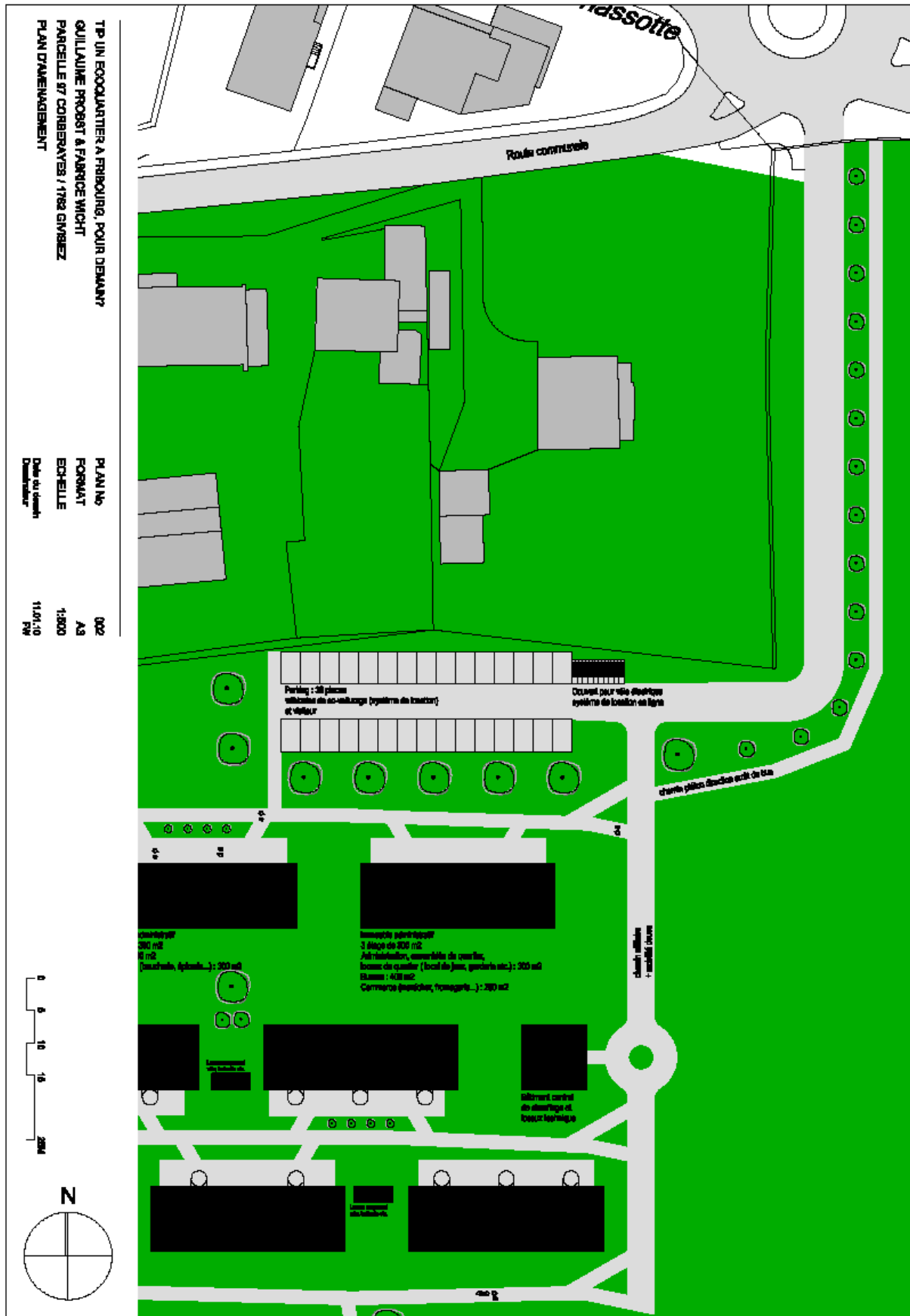
Afin que l'écoquartier soit piéton, nous avons décidé d'aménager un parking à l'entrée du quartier. Ce parking est destiné aux visiteurs et au covoiturage. Les habitants auront la possibilité de réserver une voiture via internet ou à l'administration du quartier en indiquant le jour et l'heure de l'emprunt. Un chemin piétons sera construit afin de relier le quartier à l'arrêt de bus de Mont-Carmel. Les bâtiments seront reliés entre eux par un réseau de chemins piétons et de mobilité douce (vélos, trottinettes, rollers etc.).

En tenant compte de toutes ces remarques, nous avons créé le plan de situation de notre quartier écologique sur la base du plan informatique de la commune de Givisiez qui nous a été remis par le bureau de géomètres Jean Hodler SA. Nous avons dessiné notre écoquartier à l'aide d'un programme de dessin informatique.

Voici le plan :



Le plan est disponible en annexe à l'échelle 1 :500 et donc plus grand et plus lisible.



Agrandit sur la partie Est de notre écoquartier, avec la route d'accès.
Le plan est disponible en annexe à l'échelle 1 :500 et donc plus grand.

iii. Enveloppe des bâtiments

Afin d'éviter les déperditions de chaleur par transmission à travers les éléments de l'enveloppe, il est obligatoire dans le cadre d'une construction Minergie-P que les murs aient une valeur U de $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Les fenêtres seront des fenêtres triple vitrage avec un U de $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Une condition sine qua non à l'obtention du label Minergie-P est que l'enveloppe du bâtiment doit être étanche à l'air, ceci pour des raisons énergétiques et pour assurer un niveau de confort important.

Toutes ces exigences donnent droit au label Minergie-P, afin d'obtenir le complément ECO, il faut que les matériaux utilisés dans la construction soient :

- des matières premières largement disponibles et recyclées.
- faiblement nuisibles pour l'environnement lors de la fabrication et la mise en œuvre.
- aisément démontables et qui puissent être revalorisés ou recyclés.

C'est dans l'éco-bau de 2009, qui est une recommandation pour des constructions durables, et qui fait office de base de travail pour Minergie-ECO que nous avons trouvé les matériaux les plus propices à la construction d'un bâtiment Minergie-P-Eco. En effet, l'éco-bau classe les matériaux de construction en tenant compte des émissions de gaz à effet de serre, de l'énergie grise nécessaire à la production et à la destruction des matériaux.

Pour le système porteur, nous utiliserons du bois massif largement disponible chez nous : l'épicéa plus communément appelé sapin.

Pour l'isolation, nous utiliserons des isolants thermiques à base de papier recyclé de la marque « Isofloc ».

Afin d'assurer l'étanchéité à l'air de notre construction, nous utiliserons des panneaux en bois reconstitué OSB, étanches à l'air.

Le système constructif a été établi avec les conseils de Monsieur Nicolas Dupasquier, architecte HES.

En tenant compte de toutes ces indications, nous avons élaboré un tableau

Excel afin de calculer facilement la valeur U de 2 éléments importants de notre construction : les murs et la toiture. Pour calculer la valeur U d'un élément de construction, il faut connaître la composition exacte de cet élément. Il faut ensuite pour chacun des matériaux connaître l'épaisseur et sa valeur Lambda [λ] qui représente la conductibilité thermique d'un matériau. En divisant l'épaisseur du matériau par sa valeur Lambda, on obtient la résistance à la transmission de la chaleur pour ce matériau. Il suffit ensuite d'additionner les résistances de tous les matériaux pour obtenir la résistance totale de l'élément. La valeur U (s'exprime en W/m^2K) qui représente le coefficient de transmission thermique d'une paroi est l'inverse de la valeur R (s'exprime en m^2K/W) qui signifie la résistance thermique. Il faut donc prendre l'inverse de la valeur R pour obtenir le U de l'élément. Pour rappel nous devons obtenir un U de 0.15 pour recevoir le label Minergie-P.

Calcul valeur U - éléments opaques - murs extérieurs				
Couches	Ep. [m]	Lambda [λ]	Ep. / Lambda [m/λ]	Diff. Temp. [°C]
			Rsi = 0.13	0.39
1. Plaque platre cartonnée	0.015	0.210	0.071	0.22
2. Vide sanitaire / bois	0.030	0.140	0.214	0.65
3. Panneau OSB	0.018	0.140	0.129	0.39
4. Isolation Isofloc / bois	0.340	0.058	5.903	17.84
5. Panneau OSB	0.018	0.140	0.129	0.39
6. Couche d'air ventilé	0.024	-		
7. Revêtement extérieur bois	0.022	-		
			Rse = 0.04	0.12
Résistance total R { m²K/W } :	6.616			
Valeur U = 1/R { W/m²K } :	0.15			
Température intérieur :	20 °C			
Température extérieur :	0 °C			
Remarque :				
calcul Lambda isolation Isofloc / bois				
Isolation Isofloc	80%	0.037	=	0.058
Bois	20%	0.140		

Calcul valeur U - éléments opaques - toiture				
Couches	Ep. { m }	Lambda { λ }	Ep. / Lambda { m/λ }	Diff. Temp. { °C }
			Rsi =	0.13 0.39
1. Panneau à 3 couches	0.027	0.140	0.193	0.57
2. Isolation Isofloc / bois	0.360	0.058	6.250	18.54
3. Panneau OSB	0.018	0.140	0.129	0.38
4. Feuille de sous-couverture	-	-		
5. Contre-lattage	0.040	-		
6. Lattage	0.030	-		
7. Couverture	0.050	-		
			Rse =	0.04 0.12
Résistance totale R { m²K/W } : 6.741				
Valeur U = 1/R { W/m²K } : 0.15				
Température intérieur : 20 °C				
Température extérieur : 0 °C				
<p>EXT.</p> <p>INT.</p> <p>20° 15° 10° 5° 0°</p>				
Remarque :				
calcul Lambda isolation Isofloc / bois				
Isolation Isofloc	80%	0.037	=	0.058
Bois	20%	0.140		

iv. Technique du bâtiment

Systeme de chauffage

La production de chaleur se fera par le biais d'un poêle à pellets qui se trouvera dans le bâtiment central de chauffe. La chaleur sera distribuée via des conduites fortement isolées prévues à cet effet dans les différents bâtiments de notre quartier écologique.

La chaleur se fait par la combustion de pellets de bois. Les pellets de bois sont produits avec des déchets de scierie et ne contiennent pas d'adjuvants. La combustion de ces pellets de bois présente un bilan neutre en CO₂.

Aération douce

Comme exigée par le label Minergie dans chaque appartement il y aura une aération douce. Le principe est le suivant:

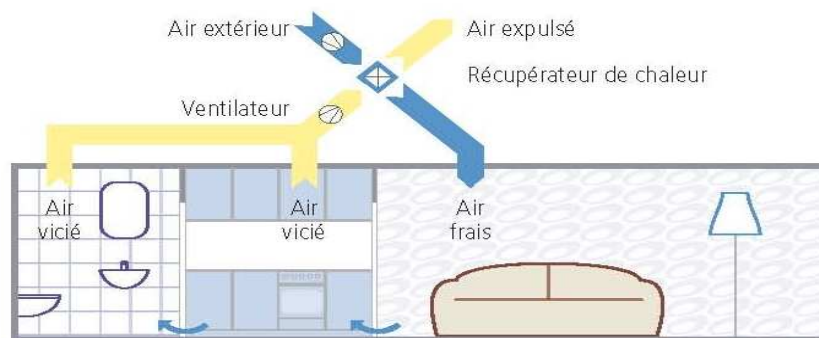


Schéma 5

Ce schéma montre le fonctionnement d'une aération douce.

Les avantages de l'aération douce:

- Une économie d'énergie, car la chaleur est récupérée lors de l'aération
- Un confort, il n'y a pas de courant d'air froid en aérant l'hiver.
- Une évacuation constante des odeurs et des polluants de l'air.
- Plus de problèmes dus à l'humidité dans les bâtiments locatifs souvent mal aérés.

Eau chaude

L'eau chaude sanitaire sera produite par des capteurs solaires qui seront placés sur la toiture d'orientation sud et inclinés à 45° afin de rentabiliser au

maximum l'exploitation. N'ayant que très peu de connaissances dans les panneaux solaires, nous nous sommes rendus à une exposition sur les alternatives énergétiques solaires et thermiques à La Tour-de-Peilz, proche de Vevey. Cette exposition était organisée par l'entreprise Nature Power. Nous avons été reçu par Monsieur El Ainan Ismaël qui nous a expliqué les différents systèmes. Pour les calculs liés à la production d'eau chaude ci-dessous, les chiffres ont été repris de cette exposition.

Production d'électricité

La production d'électricité de notre futur écoquartier sera assurée par des panneaux photovoltaïques. C'est aussi de l'exposition sur l'énergie solaire que nous tirons nos chiffres et nos connaissances.

v. Appareils électriques du bâtiment

Le label Minergie P rend obligatoire l'achat d'appareils électroménagers de classe A.

Les petits détails jouent un grand rôle dans les constructions écologiques. Petits exemples : les cuisines de nos appartements seront équipées avec une table de cuisson à induction, en effet avec ce système on ne chauffe pas la plaque de la cuisinière mais directement le fond de la casserole, le rendement est donc meilleur.

vi. Calcul des besoins énergétiques et émissions de CO2

L'idée de ce chapitre est de comparer deux quartiers : notre projet et un quartier quelconque qui aurait été construit sans les réflexions que nous avons faites. Pour ce faire, nous avons établi un tableau avec toutes les formules programmées. Il nous sera ensuite facile de changer les chiffres pour comparer un écoquartier et un quartier quelconque.

Un gros travail a donc été fourni afin de mettre en place ce tableau.

Voici quelques explications pour y voir plus clair :

- Les postes « (1) à (115) », qui concernent la partie sur les besoins de chaleur pour le chauffage, ont été tirés de la norme SIA 380/1, elle est utilisée pour définir si le bâtiment est aux normes légales. La suite

« (116) à (132) » a entièrement été conçue par nous mêmes.

- Pour les postes « (1) à (7) » et « 72 à 75 », il s'agit de données liées à l'utilisation. La norme SIA conseille certaines valeurs en fonction du type de logement et de son utilisation. Nous avons utilisé les valeurs conseillées.

- Pour les postes « (8) à (15) », il s'agit de données climatiques, qui concernent la ville de Fribourg, trouvées dans la norme SIA 381/2.

- Pour les postes « (16) à (37) » ce sont des surfaces et les longueurs de notre projet, respectivement pour 1 bâtiment. A noter que nous avons omis les ponts thermiques, car ce tableau est, en temps normal, établi lors de la mise à l'enquête publique, des plans beaucoup plus détaillés que les nôtres permettent alors de définir les ponts de froid.

- Pour les postes « (38) à (71) », il s'agit des valeurs U des éléments de construction de notre bâtiment, ainsi que des facteurs de réduction qui peuvent être appliqués en fonction du projet, de son orientation, de son implantation etc... La norme SIA 380/1 explique dans quels cas ce genre de facteurs peuvent être appliqués. Les valeurs U des murs et de la toiture ont été calculées par nos soins ci-dessus.

- Pour les postes « (76) à (114) », il s'agit de calculs liés aux données rentrées précédemment. Le but est donc de faire la somme de toutes les déperditions d'énergie et de tous les apports d'énergie (en MJ/m²) et donc d'obtenir au final le poste (115) qui définit les besoins de chaleur pour le chauffage. A noter que tous ces postes sont en MJ/m², ce qui signifie dans ce cas, Mégajoule par mètre carré de surface de référence énergétique. Les m² importent peu car au final on cherche la déperdition pour la totalité du bâtiment, c'est pour cela que pour obtenir le poste (116) on remultiplie par la surface de référence énergétique.

- Pour les postes (117) à (121), il s'agit de données trouvées sur le site ANIME (association d'information neuchâteloise en matière d'énergie, voir les sources pour le lien exact), et de données liées à notre projet. Le résultat est une multiplication de ces données.

Pour les postes (122 à 125), il s'agit de données trouvées sur un site des services cantonaux de l'énergie et de l'environnement et sur le site de l'entreprise Sunenergic SA, ainsi que de données liées à notre

projet.

- Pour le poste (126) : il s'agit d'un calcul avec pour base des données liées au pouvoir calorifique d'agents énergétiques : pour notre calcul, 18 MJ/kg de pellets et 36 MJ/litre d'huile de chauffage extra-légère (mazout), ces chiffres ont été trouvés dans une brochure de l'office fédéral de l'énergie, sur l'ANIME et sur Wikipedia.

- Pour le poste (127) et (128) : il s'agit d'un calcul avec pour base le nombre de Kwh que produit un panneau solaire ou un panneau photovoltaïque par année, trouvé sur le site de l'ANIME, sur le site de l'entreprise Sunenergic SA et lors de notre visite de l'exposition sur l'énergie solaire.

- Pour les postes (129) à (132), il s'agit du calcul d'émission de CO₂. Pour le bois il est admis que le bilan de CO₂ est neutre puisque le bois brûlé ne dégage pas plus de CO₂ que s'il se désagrègerait dans la nature. Et pour l'énergie solaire, il est aussi admis qu'il n'y a pas d'émission de CO₂ une fois l'installation mise en service. Pour le mazout, une émission de CO₂ de 2,653 kg / litre de mazout, chiffre trouvé sur le site de la confédération. Pour chaque Kw/h consommé en Suisse aujourd'hui, il y a une émission de 100 grammes de CO₂, chiffre tiré d'une étude trouvée sur le site du gaz-naturel suisse.

Nous avons rempli le tableau expliqué ci-dessus, une fois avec les valeurs exactes d'un bâtiment de notre projet d'écoquartier puis avec un bâtiment au même endroit à Givisiez, mais sans les réflexions de l'écoquartier donc moins bien isolé, moins bien orienté (façades et vitrages) et surtout chauffé au mazout comme c'est encore très courant en ce moment. Les changements de valeurs (isolations, vitrages, etc) sont en rouge dans le tableau.

Voici les tableaux simplifiés (nous avons supprimé les postes qui ne contenaient pas d'information), les tableaux complets sont disponibles en annexe.

Calcul des besoins énergétiques et émission de CO₂
Pour un bâtiment de notre écoquartier

Calcul du besoin de chaleur pour le chauffage

Données d'entrée

Utilisation

Pos.	Grandeur	Symbole	Unité
(1)	température intérieure	θ_i	20 °C
(2)	surface par personne	A_p	40 m ² /P
(3)	chaleur moyenne dégagée par une personne	Q_p	70 W/P
(4)	durée de présence des personnes	t_p	12 h/d
(5)	consommation d'électricité des appareils et de l'éclairage, par année	Q_e	100 MJ/m ²
(6)	facteur de réduction des apports de chaleur des installations électriques	f_e	0.7 -
(7)	débit d'air neuf rapporté à la SRE ₀	V'/SRE_0	0.7 m ³ /(m ² · h)

Donnée climatique

(8)	durée de la période de calcul	t_c	365 d
(9)	altitude	h	677 m
(10)	température extérieure	θ_e	8.1 °C
(11)	rayonnement solaire global horizontal	G_{sH}	4392 MJ/m ²
(12)	rayonnement solaire global sud	G_{sS}	3366 MJ/m ²
(13)	rayonnement solaire global est	G_{sE}	2381 MJ/m ²
(14)	rayonnement solaire global ouest	G_{sW}	2442 MJ/m ²
(15)	rayonnement solaire global nord	G_{sN}	1156 MJ/m ²

Surfaces, longueurs et quantités

(16)	surface de référence énergétique	SRE	1050 m ²
(17)	surface de référence énergétique sans correction de hauteur	SRE ₀	1050 m ²
(18)	toit exposé à l'air extérieur	A_{Re}	387 m ²
(20)	mur exposé à l'air extérieur	A_{We}	695 m ²
(26)	plancher avec chauffage intégré contre le terrain	A_{FG}	300 m ²
(27)	fenêtre zénithale	A_{wH}	0 m ²
(28)	fenêtre orientée au sud	A_{wS}	124 m ²
(29)	fenêtre orientée à l'est	A_{wE}	18 m ²
(30)	fenêtre orientée à l'ouest	A_{wW}	18 m ²
(31)	fenêtre orientée au nord	A_{wN}	30 m ²

Caractéristiques des éléments d'enveloppe

(38)	toit exposé à l'air extérieur	U_{Re}	0.15 W/(m ² ·K)
(41)	mur exposé à l'air extérieur	U_{We}	0.15 W/(m ² ·K)
(51)	plancher avec chauffage intégré contre le terrain	U_{FG0}	0.15 W/(m ² ·K)
(52)	facteur de réduction pour plancher contre le terrain	b_{GF}	0.6 -
(53)	majoration de la température pour chauffage intégré à des éléments d'enveloppe et corps de chauffe placés devant des éléments translucides	$\Delta\theta$	0 K
(55)	fenêtre orientée au sud	U_{wS}	0.85 W/(m ² ·K)
(56)	fenêtre orientée à l'est	U_{wE}	0.85 W/(m ² ·K)
(57)	fenêtre orientée à l'ouest	U_{wW}	0.85 W/(m ² ·K)
(58)	fenêtre orientée au nord	U_{wN}	0.85 W/(m ² ·K)
(65)	taux de transmission d'énergie totale	g	0.9 -
(66)	quote-part vitrée (translucide) de la surface des fenêtres	F_F	0.7 -
(67)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, zénithal	F_{SH}	0.9 -
(68)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, zénithal	F_{SS}	0.9 -
(69)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, est	F_{SE}	0.9 -
(70)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, ouest	F_{SW}	0.9 -
(71)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, nord	F_{SN}	0.9 -

Données d'entrées spéciales

(72)	capacité thermique par unité de surface de référence énergétique	C/SRE_0	0.1 MJ/ (m ² ·K)
(73)	paramètre numérique entrant dans le calcul du taux d'utilisation	a_0	1 -
(74)	constante de temps de référence entrant dans le calcul du taux d'utilisation	t_0	16 h
(75)	facteur de réduction par rapport à une régulation idéale	F_g	0.9 -

Besoin de chaleur :

Résultat

Déperdition par transmission

(76)	toit exposé à l'air extérieur	Q_{Re}	[(1) - (10)] (8) (18) (38) 86400 / (16) 10 ⁶ 20.748 MJ/m ²
(77)	plafond contre locaux non chauffés	Q_{Ru}	[(1) - (10)] (8) (19) (39) (40) 86400 / (16) 10 ⁶
(78)	mur exposé à l'air extérieur	Q_{We}	[(1) - (10)] (8) (20) (41) 86400 / (16) 10 ⁶ 37.26 MJ/m ²
(79)	mur contre des locaux non chauffés	Q_{Wu}	[(1) - (10)] (8) (21) (42) (43) 86400 / (16) 10 ⁶

(80)	mur contre le terrain	Q_{WG}	$[(1) - (10)] (8) (22) (44) (45) 86400 / (16) 10^6$
(81)	mur contre des locaux contigus non chauffés	Q_{Wn}	$[(1) - (47)] (8) (23) (46) (45) 86400 / (16) 10^6$
(82)	plancher exposé à l'air extérieur	Q_{Fe}	$[(1) - (10)] (8) (24) (48) (43) 86400 / (16) 10^6$
(83)	plancher contre des locaux non chauffés	Q_{Fu}	$[(1) - (10)] (8) (25) (49) (50) 86400 / (16) 10^6$
(84)	plancher avec le chauffage intégré contre le terrain	Q_{FG}	$[(1) - (10) + (53)] (8) (26) (51) (52) 86400 / (16) 10^6$ 9.65 MJ/m ²
(85)	fenêtre zénithale	Q_{wH}	$[(1) - (10)] (8) (27) (54) 86400 / (16) 10^6$
(86)	fenêtre orientée au sud	Q_{wS}	$[(1) - (10)] (8) (28) (55) 86400 / (16) 10^6$ 37.671 MJ/m ²
(87)	fenêtre orientée à l'est	Q_{wE}	$[(1) - (10)] (8) (29) (56) 86400 / (16) 10^6$ 5.4683 MJ/m ²
(88)	fenêtre orientée à l'ouest	Q_{wW}	$[(1) - (10)] (8) (30) (57) 86400 / (16) 10^6$ 5.4683 MJ/m ²
(89)	fenêtre orientée au nord	Q_{wN}	$[(1) - (10)] (8) (31) (58) 86400 / (16) 10^6$ 9.1139 MJ/m ²
(96)	déperdition par transmission	Q_T	$(76)+(77)+\dots+(95)$ 125.38 MJ/m ²
Déperdition par renouvellement d'air			
(97)	capacité thermique volumique de l'air	$ra \cdot ca$	$1220 - [(0.14) * (9)]$ 1125.2 J/(m ³ ·K)
(98)	déperdition par renouvellement de l'air	Q_V	$[(1) - (10)] (7) (8) (17) (97) 24 / (16) 10^6$ 82.108 MJ/m ²
Déperditions totales			
(99)	déperditions totales	Q_t	$(96)+(98)$ 207.49 MJ/m ²
(99a)	coefficient de déperdition thermique	H	$(18) (38) + (19) (39) (40) + \dots + (26) (51) (52) + \dots + (37) (64) + (7) (17) (97) / 3600$ 580.53 MJ/m ²
Apport de chaleur			
(100)	apports de chaleur interne des installations électriques	Q_{iE}	$(5) (6) (8) (17) / (16) 365$ 70 MJ/m ²
(101)	apports de chaleur interne dus aux personnes	Q_{iP}	$(3) (4) (8) (17) 3600^{**} / (2) (16) 10^6$ 27.594 MJ/m ²
(102)	apports de chaleur interne	Q_i	$(100) + (101)$ 97.594 MJ/m ²
(103)	apports solaires zénithaux	Q_{sH}	$(11) (27) (65) (66) (67) / (16)$ 0 MJ/m ²
(104)	apports solaires sud	Q_{sS}	$(12) (28) (65) (66) (68) / (16)$ 225.39 MJ/m ²
(105)	apports solaires est	Q_{sE}	$(13) (29) (65) (66) (69) / (16)$ 23.143 MJ/m ²

(106) apports solaires ouest	Q_{sw}	(14) (30) (65) (66) (70) / (16) 23.736 MJ/m ²
(107) apports solaires nord	Q_{sN}	(15) (31) (65) (66) (71) / (16) 18.727 MJ/m ²
(108) apports solaires totaux	Q_s	(103) + (104) + (105) + (106) + (107) 290.99 MJ/m ²
(109) apports totaux de chaleur	Q_g	(102) + (108) 388.59 MJ/m ²
(110) rapport entre les apports totaux de chaleur et les déperditions totales	γ	(109) / (99) 1.8728
(111) constante de temps du bâtiment	t	(72) (17) 10 ⁶ / (99a) 3600 50.241
(112) paramètre numérique	a	(73) + {(111) / (74)} 4.1401
(113) taux d'utilisation des apports de chaleur	hg	(75) {1 - (110) ⁽¹¹²⁾ } / {1 - (110) ⁽¹¹²⁾⁺¹ }; lorsque (110) = 1: (75) (112) / {(112) + 1}; = 0, lorsque (99) plus grand ou égal à 0 0.4632
(114) apports utiles de chaleur	Q_{ug}	(109) (113) 179.99 MJ/m ²
Besoins de chaleur pour le chauffage		
(115) besoins de chaleur pour le chauffage	Q_h	(99) - (114) 27.496 MJ/m ²
(116) besoins de chaleur pour la totalité de l'immeuble		(115) x (16) 28871 Mj

Calcul du besoin de chaleur pour l'eau chaude sanitaire

Données d'entrée

(117) besoin d'eau chaude par habitant et par jour	50 litre
(118) nb d'habitants	35 habitants
(119) nb de jours	365 jour
(120) énergie nécessaire à la production de 1 litre d'eau	0.18 Mj

Résultat

(121) besoin de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire pour la totalité d'un immeuble	(117) x (118) x (119) x (120) 114975 Mj
--	--

Calcul du besoin d'électricité

Données d'entrée

(122) besoin d'électricité par habitant et pour une année	10 Mj
(123) nb d'habitants	35
(124) durée de période de calcul	365

Résultat

(125) besoin d'électricité pour la totalité d'un immeuble	$(122) \times (123) \times (124)$
	127750

Couverture des besoins :

(126) Besoin total de chaleur pour le chauffage, couvert par la combustion de pellets (1kg = 18 Mj)	$(116) / (18 \text{ Mj})$	
	1603.9 kg	
(127) Besoin total de chaleur pour l'eau chaude sanitaire couvert par les panneaux solaires (1 m ² = 638 kWh/an => 2296.8 Mj/an)	$(121) / 2296.8\text{Mj}$	50.1 m ² de panneaux solaires
(128) Besoin total d'électricité ouvert par les cellules photovoltaïques (1 m ² = 150 kWh/an=> 540 Mj/an)	$(125) / 540\text{Mj} =$	237 m ² de panneaux photovoltaïques

Emission de Kg de CO2 :

(129) Emission de CO2 par kg de pellets brûlés (la combustion de bois représente un bilan neutre en CO2)	0 Kg
(130) Emission de CO2 par m2 de panneaux solaires, l'énergie solaire ne produit pas de CO2	0 Kg

(131)	Emission de CO2 par m2 de cellules photovoltaïques, l'énergie solaire ne produit pas de CO2	0 Kg
(132)	Total des émissions de CO2 d'un bâtiment	0 Kg de CO2

Calcul des besoins énergétiques et émission de CO2
Pour un bâtiment moins bien isolé, moins bien orienté et chauffé au mazout

Calcul du besoin de chaleur pour le chauffage

Données d'entrée

Utilisation

Pos.	Grandeur	Symbole	Unité
(1)	température intérieure	θ_i	20 °C
(2)	surface par personne	A_p	40 m ² /P
(3)	chaleur moyenne dégagée par une personne	Q_p	70 W/P
(4)	durée de présence des personnes	t_p	12 h/d
(5)	consommation d'électricité des appareils et de l'éclairage, par année	Q_e	100 MJ/m ²
(6)	facteur de réduction des apports de chaleur des installations électriques	f_e	0.7 -
(7)	débit d'air neuf rapporté à la SRE ₀	V'/SRE_0	0.7 m ³ /(m ² ·h)

Donnée climatique

(8)	durée de la période de calcul	t_c	365 d
(9)	altitude	h	677 m
(10)	température extérieure	θ_e	8.1 °C
(11)	rayonnement solaire global horizontal	G_{sH}	4392 MJ/m ²
(12)	rayonnement solaire global sud	G_{sS}	3366 MJ/m ²
(13)	rayonnement solaire global est	G_{sE}	2381 MJ/m ²
(14)	rayonnement solaire global ouest	G_{sW}	2442 MJ/m ²
(15)	rayonnement solaire global nord	G_{sN}	1156 MJ/m ²

Surfaces, longueurs et quantités

(16)	surface de référence énergétique	SRE	1050 m ²
(17)	surface de référence énergétique sans correction de hauteur	SRE ₀	1050 m ²
(18)	toit exposé à l'air extérieur	A _{Re}	387 m ²
(20)	mur exposé à l'air extérieur	A _{We}	695 m ²
(26)	plancher avec chauffage intégré contre le terrain	A _{FG}	300 m ²
(27)	fenêtre zénithale	A _{wH}	0 m ²
(28)	fenêtre orientée au sud	A _{wS}	30 m ²
(29)	fenêtre orientée à l'est	A _{wE}	18 m ²
(30)	fenêtre orientée à l'ouest	A _{wW}	18 m ²
(31)	fenêtre orientée au nord	A _{wN}	124 m ²

Caractéristiques des éléments d'enveloppe

(38)	toit exposé à l'air extérieur	U _{Re}	0.25 W/(m ² ·K)
(41)	mur exposé à l'air extérieur	U _{We}	0.25 W/(m ² ·K)
(51)	plancher avec chauffage intégré contre le terrain	U _{FG0}	0.25 W/(m ² ·K)
(52)	facteur de réduction pour plancher contre le terrain	b _{GF}	0.6 -
(53)	majoration de la température pour chauffage intégré à des éléments d'enveloppe et corps de chauffe placés devant des éléments translucides	Δθ	0 K
(55)	fenêtre orientée au sud	U _{wS}	1.2 W/(m ² ·K)
(56)	fenêtre orientée à l'est	U _{wE}	1.2 W/(m ² ·K)
(57)	fenêtre orientée à l'ouest	U _{wW}	1.2 W/(m ² ·K)
(58)	fenêtre orientée au nord	U _{wN}	1.2 W/(m ² ·K)
(65)	taux de transmission d'énergie totale	g	0.9 -
(66)	quote-part vitrée (translucide) de la surface des fenêtres	F _F	0.7 -
(67)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, zénithal	F _{SH}	0.9 -
(68)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, zénithal	F _{SS}	0.9 -
(69)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, est	F _{SE}	0.9 -
(70)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, ouest	F _{SW}	0.9 -
(71)	facteur de réduction dû à l'effet des ombres, nord	F _{SN}	0.9 -

Données d'entrées spéciales

(72)	capacité thermique par unité de surface de référence énergétique	C/SRE ₀	0.1 MJ/(m ² ·K)
(73)	paramètre numérique entrant dans le calcul du taux d'utilisation	a ₀	1 -
(74)	constante de temps de référence entrant dans le calcul du taux d'utilisation	t ₀	16 h

(75) facteur de réduction par rapport à une
régulation idéale F_g 0.9 -

Besoin de chaleur :

Résultat

Déperdition par transmission

(76)	toit exposé à l'air extérieur	Q_{Re}	[(1) - (10)] (8) (18) (38) 86400 / (16) 10^6 34.579 MJ/m ²
(77)	plafond contre locaux non chauffés	Q_{Ru}	[(1) - (10)] (8) (19) (39) (40) 86400 / (16) 10^6
(78)	mur exposé à l'air extérieur	Q_{We}	[(1) - (10)] (8) (20) (41) 86400 / (16) 10^6 62.1 MJ/m ²
(79)	mur contre des locaux non chauffés	Q_{Wu}	[(1) - (10)] (8) (21) (42) (43) 86400 / (16) 10^6
(80)	mur contre le terrain	Q_{WG}	[(1) - (10)] (8) (22) (44) (45) 86400 / (16) 10^6
(81)	mur contre des locaux contigus non chauffés	Q_{Wn}	[(1) - (47)] (8) (23) (46) (45) 86400 / (16) 10^6
(82)	plancher exposé à l'air extérieur	Q_{Fe}	[(1) - (10)] (8) (24) (48) (43) 86400 / (16) 10^6
(83)	plancher contre des locaux non chauffés	Q_{Fu}	[(1) - (10)] (8) (25) (49) (50) 86400 / (16) 10^6
(84)	plancher avec le chauffage intégré contre le terrain	Q_{FG}	[(1) - (10) + (53)] (8) (26) (51) (52) 86400 / (16) 10^6 16.083 MJ/m ²
(85)	fenêtre zénithale	Q_{wH}	[(1) - (10)] (8) (27) (54) 86400 / (16) 10^6
(86)	fenêtre orientée au sud	Q_{wS}	[(1) - (10)] (8) (28) (55) 86400 / (16) 10^6 12.867 MJ/m ²
(87)	fenêtre orientée à l'est	Q_{wE}	[(1) - (10)] (8) (29) (56) 86400 / (16) 10^6 7.72 MJ/m ²
(88)	fenêtre orientée à l'ouest	Q_{wW}	[(1) - (10)] (8) (30) (57) 86400 / (16) 10^6 7.72 MJ/m ²
(89)	fenêtre orientée au nord	Q_{wN}	[(1) - (10)] (8) (31) (58) 86400 / (16) 10^6 53.182 MJ/m ²
(96)	déperdition par transmission	Q_T	(76)+(77)+...+(95) 194.25 MJ/m ²

Déperdition par renouvellement d'air

(97)	capacité thermique volumique de l'air	$ra \cdot ca$	1220 - [(0.14) * (9)] 1125.2 J/(m ³ ·K)
(98)	déperdition par renouvellement de l'air	Q_V	[(1) - (10)] (7) (8) (17) (97) 24/ (16) 10^6 82.108 MJ/m ²

Déperditions totales

(99)	déperditions totales	Q_t	(96)+(98) 276.36 MJ/m ²
(99a)	coefficient de déperdition thermique	H	(18) (38) + (19) (39) (40) + ... + (26) (51) (52) + + ... + (37) (64) + (7) (17) (97) / 3600 773.23 MJ/m ²

Apport de chaleur

(100)	apports de chaleur interne des installations électriques	Q_{iE}	(5) (6) (8) (17) / (16) 365 70 MJ/m ²
(101)	apports de chaleur interne dus aux personnes	Q_{iP}	(3) (4) (8) (17) 3600** / (2) (16) 10 ⁶ 27.594 MJ/m ²
(102)	apports de chaleur interne	Q_i	(100) + (101) 97.594 MJ/m ²
(103)	apports solaires zénithaux	Q_{sH}	(11) (27) (65) (66) (67) / (16) 0 MJ/m ²
(104)	apports solaires sud	Q_{sS}	(12) (28) (65) (66) (68) / (16) 54.529 MJ/m ²
(105)	apports solaires est	Q_{sE}	(13) (29) (65) (66) (69) / (16) 23.143 MJ/m ²
(106)	apports solaires ouest	Q_{sW}	(14) (30) (65) (66) (70) / (16) 23.736 MJ/m ²
(107)	apports solaires nord	Q_{sN}	(15) (31) (65) (66) (71) / (16) 77.406 MJ/m ²
(108)	apports solaires totaux	Q_s	(103) + (104) + (105) + (106) + (107) 178.81 MJ/m ²
(109)	apports totaux de chaleur	Q_g	(102) + (108) 276.41 MJ/m ²
(110)	rapport entre les apports totaux de chaleur et les déperditions totales	γ	(109) / (99) 1.0002
(111)	constante de temps du bâtiment	t	(72) (17) 10 ⁶ / (99a) 3600 37.72
(112)	paramètre numérique	a	(73) + {(111) / (74)} 3.3575
(113)	taux d'utilisation des apports de chaleur	hg	(75) {1 - (110) ⁽¹¹²⁾ } / {1 - (110) ⁽¹¹²⁾⁺¹ }; lorsque (110) = 1: (75) (112) / {(112) + 1}; = 0, lorsque (99) plus grand ou égal à 0 0.6934
(114)	apports utiles de chaleur	Q_{ug}	(109) (113) 191.66 MJ/m ²
Besoins de chaleur pour le chauffage			
(115)	besoins de chaleur pour le chauffage	Q_h	(99) - (114) 84.698 MJ/m ²
(116)	besoins de chaleur pour la totalité de l'immeuble		(115) x (16) 88933 Mj

Données d'entrée

(117)	besoin d'eau chaude par habitant et par jour	50 litre
(118)	nb d'habitants	35 habitants
(119)	nb de jours	365 jour
(120)	énergie nécessaire à la production de 1 litre d'eau	0.18 Mj

Résultat

(121)	besoin de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire pour la totalité d'un immeuble	(117) x (118) x (119) x (120)
		114975 Mj

Calcul du besoin d'électricité

Données d'entrée

(122)	Besoin d'électricité par habitant et pour une année	10 Mj
(123)	Nb d'habitant	35
(124)	Durée de période de calcul	365

Résultat

(125)	besoin d'électricité pour la totalité d'un immeuble	(122) x (123) x (124)
		127750

Couverture des besoins :

(126)	Besoin total de chaleur pour le chauffage, couvert par la combustion d'huile de chauffage extra-légère (mazout) (1litre = 36 Mj)	(116) / (36 Mj) = 2470.4 litre de mazout
(127)	Besoin total de chaleur pour l'eau chaude sanitaire couvert par le réseau électrique suisse (nucléaire suisse + hydraulique suisse + importation étrangère)	(121) = 114975 Mj

(128)	Besoin d'électricité total couvert par le réseau électrique suisse (nucléaire suisse + hydraulique suisse + importation étrangère)	(125) = 127750 Mj
-------	--	-------------------

Emission de Kg de CO2 :

(129)	Emission de co2 par litre d'huile de chauffage extra-légère (mazout) (la combustion mazout émet 2.653 kg de co2 par litre)	(126)*2.653 = 6553.9 Kg de CO2
(130)	Emission de CO2 produit par Mj d'électricité (100gr. de CO2 par kWh utilisé en Suisse => 0.1kg / 3.6 Mj)	(127)/3.6*0.1 = 3193.8 Kg de CO2
(131)	Emission de CO2 produit par Mj d'électricité (100gr. de CO2 par kWh utilisé en Suisse => 0.1kg / 3.6 Mj)	(125)/3.6*0.1 = 3548.6 Kg de CO2
(132)	Total des émissions de CO2 d'un bâtiment	13296 Kg de CO2

Comparaison :

Nous avons été surpris par cette comparaison, même très surpris. Le simple fait de réfléchir à un certain nombres de points clés peut considérablement influencer le futur de la planète. Le bâtiment écologique n'émet pas de CO2 pour le chauffage, les besoins électriques et les besoins en eau chaude (même si c'est une moyenne annuelle et qu'il faudrait sans doute surdimensionner l'installation afin de répondre aux besoins lors de mois plus froids et moins ensoleillés). En revanche, le bâtiment mal réfléchi produit en CO2 l'équivalent de 13'296kg de CO2. Si on compte qu'une petite voiture neuve de type Ford Fiesta produit 110 gr. de CO2 au km, on pourra donc faire (13'296 kg / 0.11 kg = 120'873 km) environ 120'000 km de voiture. Le tour du monde faisant environ 40'075 km, notre voiture pourrait donc faire plus de (120'873 km / 40'075 km = 3.02) 3 tours du monde. Donc avec notre bâtiment

on économise l'équivalent en pollution de 3 tours du monde en voiture, ceci chaque année et pour un bâtiment de notre écoquartier.

vii. Calcul du rendement locatif

Dans notre écoquartier nous avons deux bâtiments différents. Un de type A et l'autre du type B. Le premier contient huit appartements de 75 m² répartis sur les deux premiers étages de l'immeuble. Il y a aussi quatre appartements de 112.5 m² répartis sur le dernier étage et la mezzanine. L'immeuble de type B diffère un peu du type A. Il possède six appartements de 100m² répartis sur les deux premiers étages et 3 appartements de 150m² qui se trouvent sur le troisième étage et la mezzanine. Les deux bâtiments ont exactement les mêmes dimensions. C'est à dire qu'il y a trois étages de 300m² et une mezzanine de 150m². Comme dans notre projet nous n'avons pas touché à l'architecture intérieure, nous avons calculé les prix des loyers annuels en fonction des m² de chaque appartement et non pas en fonction des pièces (3^{1/2}, 4^{1/2},...). Nous nous sommes renseignés auprès de l'agence immobilière Régie de Fribourg SA pour le prix du loyer au m² par année dans la région de Fribourg et plus particulièrement à Givisiez. Le chiffre reçu est entre 180 et 200 frs le m² annuel. Connaissant la surface de nos différents appartements nous avons pu calculer le loyer mensuel puis annuel de base. En additionnant tous les loyers annuels, nous avons trouvé le rendement locatif d'un immeuble.

Voici le tableau des loyers. Le tableau est aussi disponible en annexe.

Calcul du rendement locatif
Pour un bâtiment et notre écoquartier

Immeuble du type A						
Niveau	N° appart.	Surface m ² logement	Loyer Fr/m ² /année	Loyer mensuel Frs	Loyer annuel Frs	
Rez de chaussée	0.1	75	200	1'250.00	15'000.00	
	0.2	75	200	1'250.00	15'000.00	
	0.3	75	200	1'250.00	15'000.00	
	0.4	75	200	1'250.00	15'000.00	
Etage 1	1.1	75	200	1'250.00	15'000.00	
	1.2	75	200	1'250.00	15'000.00	
	1.3	75	200	1'250.00	15'000.00	
	1.4	75	200	1'250.00	15'000.00	
Etage 2	2.1	112.5	200	1'875.00	22'500.00	
	2.2	112.5	200	1'875.00	22'500.00	
	2.3	112.5	200	1'875.00	22'500.00	
	2.4	112.5	200	1'875.00	22'500.00	
Total	12	1050			210'000.00	

Immeuble du type B						
Niveau	N° appart.	Surface m ² logement	Loyer Fr/m ² /année	Loyer mensuel Frs	Loyer annuel Frs	
Rez de chaussée	0.1	100	200	1'666.67	20'000.00	
	0.2	100	200	1'666.67	20'000.00	
	0.3	100	200	1'666.67	20'000.00	
Etage 1	1.1	100	200	1'666.67	20'000.00	
	1.2	100	200	1'666.67	20'000.00	
	1.3	100	200	1'666.67	20'000.00	
Etage 2	2.1	150	200	2'500.00	30'000.00	
	2.2	150	200	2'500.00	30'000.00	
	2.3	150	200	2'500.00	30'000.00	
Total	9	1050			210'000.00	

Total pour l'écoquartier (10 immeubles)	
Rendement locatif total :	SFr. 2'100'000.00

viii. Calcul du taux de rendement brut de l'investissement

Nous avons fait un deuxième tableau pour relater le coût de construction théorique (selon la norme SIA 416) d'un immeuble. Nous nous sommes renseignés auprès de Monsieur Nicolas Dupasquier architecte HES pour connaître le prix de construction par m³. Nous lui avons montré les plans et la coupe. On lui a expliqué le projet et il a pu grâce à son expérience nous dire un prix au m³ de 680fr. Par calcul nous avons trouvé le volume d'un bâtiment. En multipliant par le prix du m³, nous avons obtenu le coût estimatif du CFC 2 (construction du bâtiment). Théoriquement, dans une construction neuve, le CFC 2 équivaut à 90 % du coût global. Les 10% restants sont partagés entre le CFC 1, 4 et 5 (respectivement : travaux préparatoires, aménagements extérieurs, frais secondaires). Au final nous avons trouvé le coût global pour un bâtiment. Afin de trouver le taux de rendement brut de l'investissement, nous avons cherché le pourcentage entre l'investissement (coût global du quartier) et les gains (loyers totaux du quartier).

Voici le tableau du calcul du taux de rendement de l'investissement. Le tableau est aussi disponible en annexe.

Calcul du rendement brut de l'investissement
Pour un bâtiment et notre écoquartier

CFC Coût global Immeuble type A ou B

1 Travaux préparatoires				
	Estimation préliminaire			2% 47'736.00
2 Bâtiment				
	Estimation selon le prix au m ³ de la norme SIA 416			90% 2'386'800.00
		Nb de m3	Fr/m ³	Total
	1 immeuble type A ou B	3510	680.00	2'386'800.00
4 Aménagements extérieurs				
	Estimation préliminaire			3% 71'604.00
5 Frais secondaires				
	Autorisations, taxes, reproductions			5% 119'340.00
	Total des coûts de construction			100.00% 2'625'480.00 Fr.

Total pour l'écoquartier (10 immeubles)

Coûts de construction total SFr. 26'254'800.00

Taux de rendement brut de l'investissement

Rendement locatif total (selon annexe) SFr. 2'100'000.00

Coûts de la réalisation total SFr. 26'254'800.00

Taux de rendement brut de l'investissement 8.00%

Nous trouvons un taux de rendement brut de l'investissement qui est d'environ de 8%. Par comparaison, ce placement est nettement plus intéressant que de laisser dormir son argent sur un compte bancaire qui a comme intérêt entre 1 et 2 %. Néanmoins l'immobilier est moins rentable qu'un placement en actions, qui lui est par contre plus risqué.

Ce chiffre pourrait attirer des investisseurs, vu qu'à cette époque économique, les placements en actions sont volatiles. De plus étant un projet pilote en Suisse, la confédération pourrait subventionner le projet. Le canton et la commune pourrait aussi en faire de même. Bien sûr, la recherche d'investisseurs dans ce genre de projet sera beaucoup plus compliquée, car souvent, les investisseurs privés privilégient le rendement économique sur l'écologie et le social.

b. Démarche de réalisation

i. Sondage, interview de la population

Le samedi 23 janvier 2010 nous avons questionné certains habitants domiciliés à proximité du lieu de notre futur écoquartier. Nous avons aussi laissé plusieurs exemplaires de nos questions à la bibliothèque communale de Givisiez, où quelques personnes nous ont répondu. Les personnes sondées appartenaient à toutes les classes d'âges : des jeunes et des moins jeunes. Nous avons été bien accueillis par l'ensemble de la population, même par la personne qui pensait au début que nous voulions de l'argent.

La première question nous permettait de savoir si les gens étaient sensibles à l'écologie en général. Toutes les personnes sondées nous ont dit qu'elles étaient sensibles à l'écologie. Elles font du tri, utilisent dans certain cas les transports publics ou le vélo, etc...

Dans la deuxième question: « Seriez-vous d'accord d'habiter un éco quartier? », nous avons eu des réponses positives et négatives. Les personnes âgées ne voudraient pas habiter dans ce genre d'habitations pour quelques raisons différentes:

- Raisons personnelles: les gens aiment avoir leur chez soi.
- Les copropriétés ne sont pas faciles à vivre. Le comportement de

certaines personnes laisse à désirer.

- Ils sont trop âgés pour changer leurs habitudes, s'ils étaient plus jeunes, cela poserait moins de problèmes.

Pour la troisième question, il était demandé si les personnes étaient prêtes à s'investir dans le bon fonctionnement de la communauté. La plupart des personnes ont répondu favorablement à la garde d'enfants, à l'entretien des potagers. Pour le covoiturage, certaines personnes ont émis quelques réticences, de peur que les autres soient peu consciencieux avec la voiture.

Nous avons demandé dans la question quatre, si les gens étaient plus favorables à l'achat ou à la location. Pour ce point, nous avons eu toutes sortes de réponses, des acheteurs et des locataires. Pour certaines personnes, le fait de devenir propriétaire engendre des problèmes tels que:

- L'entretien coûte cher.
- Pas sûr de se plaire et de s'entendre avec les voisins.

Notre dernière question était basée sur un quartier écologique à Fribourg. On voulait savoir si la population serait favorable pour un tel projet dans sa région et pas forcément à Givisiez comme le suggère notre projet. Toutes les personnes sondées sont favorables à un écoquartier dans la région fribourgeoise, avec un petit bémol : il serait bien que les transports publics fribourgeois soient moins chers, car beaucoup de personnes nous ont dit que dans la plupart des cas, le trajet en voiture était moins cher que de prendre les transports publics ! Cette dernière information mériterait d'être approfondie, malheureusement nous ne pourrions pas plus la développer dans notre TIP.

Nous ne savions vraiment pas ce que ce sondage allait nous révéler et comment la population locale allait le prendre et nous accueillir. Mais finalement tout s'est bien passé, nous avons eu de bons moments avec les personnes sondées et les réponses récoltées sont très intéressantes et parfois surprenantes. De plus, beaucoup de ces personnes se sont intéressées à notre projet. Elles ont voulu en savoir plus et nous ont proposé pleins de petites astuces. Elles nous ont fait remarquer quelques problèmes que nous pourrions rencontrer et nous ont donné des conseils. Ce fut une expérience très enrichissante et très sympathique.

ii. Etude de marché

Nous nous sommes rendus compte dans les revues immobilières que la demande en bâtiments écologiques existe. Le simple fait que le logement possède le label Minergie augmente sa valeur et son prix. Les gens que l'on a sondés sont souvent favorables à l'idée de vivre dans un écoquartier. Selon nous, la demande existe. Afin d'en être sûrs, nous avons demandé à un professionnel de l'immobilier si nos logements auraient une chance de trouver preneurs.

A l'agence immobilière Régie de Fribourg SA, on nous a dit qu'il y avait une demande, mais que dans un premier temps les gens sélectionnent leurs futurs logements en fonction de l'emplacement par rapport à une grande ville. Souvent des bâtiments Minergie ne sont pas choisis parce qu'ils sont mal placés. Ce qui ne nous semble pas être le cas, puisque notre quartier est bien situé par rapport à la ville de Fribourg.

iii. Plan / maquette.

Le terrain trouvé et l'architecture de nos bâtiments acceptée par nous deux, il nous fallait faire un plan d'implantation. Nous avons mis quelque temps à trouver le projet d'implantation qui nous plaisait, et qui reflétait au mieux notre vision de l'écoquartier de Fribourg. Plusieurs projets sont sortis de ces jours de réflexions, des plus ou moins bons et bien sûr des plus ou moins mauvais. Dans ce plan, il fallait respecter des distances entre ceux-ci afin que les bâtiments ne se fassent pas d'ombre. La forme du quartier et la disposition des bâtiments devaient être compactes et pratiques selon leur utilité. Nous devions aussi intégrer un espace vert.

Nous avons trouvé dans le livre de Ernest Neufert (les éléments des projets de construction, édition 6) l'angle des rayons du soleil aux équinoxes d'été et d'hiver afin de calculer la distance entre les bâtiments pour avoir le maximum de soleil tout au long du jour en utilisant le moins d'espace possible.

Dans la première version du plan nous avons beaucoup trop de chemins, ce qui n'est pas le but d'un écoquartier. Nous avons réfléchi sur ce point et la solution est venue juste en modifiant certaines entrées de nos bâtiments, en les regroupant.

Pour nous, il fallait un parc dans le quartier, pour permettre aux habitants de faire de petites promenades sans devoir prendre une voiture ou traverser des lieux bétonnés pour voir un peu de verdure. Le parc permettra aux enfants du quartier et d'ailleurs de se développer et de s'amuser à l'abri des voitures et des camions. L'emplacement du parc est tout réfléchi, il est placé à l'extrémité Sud de notre TIP, mais le jour où l'écoquartier s'agrandira, il se retrouvera au centre.

Une fois tous ces détails résolus, nous avons pu commencer à parler d'une maquette. Après avoir pris contact avec un ingénieur pour se procurer les courbes de niveau du terrain, nous avons pu commencer la construction de la maquette. Nous avons réfléchi à son échelle et aux matériaux des courbes de niveau et des bâtiments. La décision de l'échelle fut vite prise, l'échelle 1/500 étant parfaite du point de vue de la grandeur de la maquette qui en découlait et de plus l'épaisseur du carton gris correspondait à la distance entre chaque courbe de niveau. Tous les bâtiments seraient en bois, mais les bâtiments existants seraient peints en une couleur et les bâtiments neufs resteraient en bois naturel. Puis nous nous sommes dit que l'on ferait plutôt une maquette de rendu c'est pourquoi nous avons collé une simulation d'herbe sur les espaces verts et du gris sur les routes. Une maquette donne beaucoup de travail, nous avons passé beaucoup de temps sur celle-ci. Mais grâce à cette maquette on se rend bien compte de la faisabilité de notre projet.

iv. Rencontre avec le conseil communal

Selon nous il serait bien de partager notre TIP. Certes ce projet dans sa forme actuelle n'a que peu de chance d'être réalisé. Néanmoins, il est possible que ce projet donne des idées à d'autres, et soit l'embryon d'un écoquartier à Givisiez. C'est pourquoi nous avons pris contact avec le conseil communal de Givisiez. Il serait intéressé de voir notre projet. Nous allons donc fixer un rendez-vous afin d'exposer notre vision de l'utilisation future du terrain en question. Nous espérons recevoir prochainement une invitation. Si c'est le cas, nous joindrons la lettre ultérieurement.

4. Conclusion

a. Physique

Nous sommes simplement scotchés de nous rendre compte par la réalité de quelques chiffres que nous avons calculés. Il faut prendre ces chiffres avec considération, car le calcul se fait normalement par des professionnels équipés de logiciels informatiques, qui permettent ainsi d'obtenir un résultat détaillé mois après mois et peut-être que notre écoquartier ne serait finalement pas neutre en CO₂ durant les mois les plus froids et les moins ensoleillés. Mais on peut quand même dire qu'il est possible au moyen de réflexions, de principes de bases et d'un peu de technologie de construire des quartiers à très faibles émissions de CO₂, et même de pousser le concept beaucoup plus loin, puisque notre écoquartier est proche de toutes les commodités qui sont à des kilomètres de voiture pour d'autres habitants. Et donc il est facile de s'imaginer la quantité d'émission de polluants qui peut être évitée en choisissant de vivre dans un écoquartier. Néanmoins pour que notre écoquartier fonctionne, il est nécessaire que les gens qui y habitent soit attentifs à certains points et œuvrent à leur manière pour le bon fonctionnement du quartier. Il faudrait donc par exemple, établir une brochure qui donnerait quelques conseils et indications que le futur habitant devrait suivre afin de limiter la consommation d'eau, d'électricité et les pertes de chaleur par une aération souvent inutile avec une ventilation mécanique. Plus les habitants limitent leurs besoins d'énergie, plus l'objectif zéro émission de CO₂ sera atteignable.

b. Economie

Après avoir traité les différents points liés à l'économie, nous sommes satisfaits des résultats financiers. Selon nos études, nous aurons peu de peine à trouver preneurs pour les différents logements. En effet, nous nous trouvons dans une période où il y a un manque de logements, la demande est donc plus élevée que l'offre. De plus le fait que ce projet soit nouveau, les journaux en parleront et feront notre publicité.

Nos craintes se situent dans l'investissement. A cause de la crise financière, le nombre potentiel d'investisseurs a nettement diminué ces derniers temps. Dans tous les cas, il nous semble préférable que le quartier soit considéré comme un quartier et ne soit pas divisé en plusieurs habitations. Donc les différents investisseurs se réuniront pour former un groupe d'investisseurs. Ils posséderont par exemple 10 % du quartier et non pas 1 immeuble du quartier. Ainsi donc les charges globales ainsi que les gains seront répartis entre tous les investisseurs au prorata de leurs investissements.

Le social n'est pas une science exacte, c'est pourquoi nous espérons que les moyens que nous avons élaborés permettront aux habitants d'être solidaires et ainsi de créer un quartier agréable à vivre pour chacun. Nous espérons que dans les locaux à disposition viendront s'installer des petits commerces, une crèche, etc... mais nous ne pouvons rien assurer à ce stade.

5. Bilan personnel du travail

a. Notre collaboration

i. Fabrice

Pour ma part, j'ai l'impression que notre collaboration s'est bien passée. Je dirais que mon collaborateur de TIP, Guillaume, m'a tiré, motivé à travailler pour notre projet. Pendant nos rencontres nous avons passé de très bons moments et bien rigolé, tout en travaillant bien sûr. Nous n'avons jamais eu de prises de bec sur les choix du TIP. Nous avons en quelque sorte les mêmes idées, la même philosophie de travail. Dès que nos avis divergeaient un peu nous en discussions pour trouver la meilleure solution. Nos rendez-vous TIP se sont très bien passés. Guillaume et moi avons beaucoup conversé par mail pour préciser nos différents travaux. Il n'y avait pas deux jours sans qu'on ne s'envoie un mail. Pour le travail fourni, je dirais que nous nous sommes complétés, j'ai l'impression que notre collaboration a fourni une bonne qualité de travail. Donc pour moi notre collaboration a été très bonne et une réussite.

ii. Guillaume

La collaboration avec Fabrice s'est parfaitement déroulée. Nous nous sommes motivés à tour de rôle. Chacun a été la locomotive du groupe à un moment donné. Avec Fabrice, nous avons formé un groupe homogène. Nous avons les mêmes objectifs et les mêmes critères de travail. Je crois sincèrement que parfois, dans un groupe, il y a une personne « boulet », que l'autre doit se coltiner. Dans notre groupe, nous étions conscients que si nous nous entendions bien et que nous travaillons fort les deux, nous parviendrions à un bon résultat. Aucun de nous deux ne voulait être le « boulet » de l'autre.

b. Notre sujet

i. Fabrice

Ce travail sur un quartier écologique m'a ouvert les yeux sur le gaspillage en énergie de notre société. Ce n'est pas pour autant que je vais adhérer à un parti politique des écologistes, mais je vais désormais faire beaucoup plus attention à de petites choses. Par exemple éviter de laisser des appareils électriques en veille et bien sûr privilégier les transports publics bien que pour le moment ils sont chers pour les petits parcours que je fais. De plus, si un jour je construisais une maison ou un appartement, j'essaierais au maximum, selon mes moyens, de tendre ma construction vers l'écologie. Je suis vraiment satisfait de notre projet, nous avons rencontré beaucoup de gens qui nous ont fait part de leurs idées et de leurs visions de l'écologie et ce fut très enrichissant pour moi. Je suis donc très satisfait de la tournure qu'a pris notre projet et je ne regrette rien de nos choix.

ii. Guillaume

Le sujet était selon moi un point clé du bon déroulement de notre TIP. En effet, il est plus simple de passer des heures entières pour quelque chose qui nous motive. Les domaines du bâtiment, de l'écologie et du développement durable sont trois sujets qui me passionnent. Je suis donc très satisfait du choix du sujet et je n'ai pas de regret lié à celui-ci.

c. Nos attentes

i. Fabrice

En général toutes mes attentes ont été comblées. Nous avons dans le cadre de notre TIP rencontré une foule de personnages différents par leurs âges, leurs métiers et par leurs activités dans la société. Ce fut des rencontres très enrichissantes pour moi. Je me réjouis et j'espère que dans un futur proche, il poussera plein de quartiers écologiques par delà nos frontières et bien sûr en Suisse aussi. De plus, il est satisfaisant de se dire que ce n'est pas qu'un banal exposé, mais un travail qui pourrait bien prendre forme avec, quelques modifications.

ii. Guillaume

J'espérais beaucoup de ce travail qui était pour moi une première, développer quelque chose de A à Z. En classe on nous donne des exposés à faire, mais il n'y a aucune part de création de notre part. Alors que dans le cadre du TIP, c'est l'inverse. Il a fallu de l'imagination, de la créativité, de la recherche et une grande part de travail. Lorsque je m'investis pour quelque chose, j'ai toujours envie de bien réussir. Honnêtement, même si ce n'est pas un cadeau de faire un TIP, je suis tout de même très satisfait du résultat. Le TIP m'a démontré que j'étais capable de collaborer avec un camarade pour écrire un travail d'une certaine importance.

6. Sources consultés

a. Livre

Brochure de l'office fédéral de l'énergie Suisse Energie : « Nouveaux bâtiments à faible consommation d'énergie ».

Schéma 1 et 2 : différences MINERGIE et MINERGIE-P, et schéma MINERGIE-ECO : www.minergie.ch

Livre Minergie-P, édition Minergie.

Brochure de l'office fédéral de l'énergie Suisse Energie : « Nouveaux bâtiments à faible consommation d'énergie ».

Plan de l'écoquartier Vauban à Freiburg.

Norme SIA 380/1 « L'énergie thermique dans le bâtiment » et Norme SIA 381/2 « Données climatiques relatives à la recommandation 380/1 » édité par la société suisse des ingénieurs et des architectes.

b. Internet

<http://ecoquartier.midiblogs.com/archive/2009/05/02/la-cite-ecologique-du-futur-a-malmo.html>

<http://fr.wikipedia.org>

Schéma 3 et 4, Office fédéral de l'énergie, Brochure, www.bien-construire.ch

Document.pdf de la société BATHITERM sur la valeur U.
<http://www.batitherm.ch/pdf/le-coefficient-u.pdf>

<http://www.animenergie.ch/>

<http://energie-environnement.ch/fr/electricite/l-electricite-du-menage>

<http://www.sunergic.com/>

http://www.gas-naturale.ch/fileadmin/authors/broschueren/heiss/heiss_sep09_f.pdf

www.ezv.admin.ch

<http://www.fr.ford.ch/Voituresdetourisme/FordFiesta>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Terre>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Fioul>

c. Personnalités / autres

8e Foire Suisse Maison et Energie 2009 à la BEA bern expo. (Des explications, des idées, des brochures).

Monsieur Nicolas Dupasquier, architectes HES

Visite de l'exposition sur l'énergie solaire et discussions avec un professionnel :
M. El Ainan Ismaël

Régie de Fribourg SA