

PERSPECTIVES POUR UN IMMEUBLE DE LOGEMENTS DES ANNÉES 1970

ROUTE DE SCHIFFENEN 2 A FRIBOURG



SOMMAIRE

Remerciements	02
Introduction	03
PRÉSENTATION DE L'OBJET	
1. Immeuble d'habitation route de Schiffenen 2 à Fribourg	05
2. Contexte géographique	06
3. Contexte historique	10
4. Contexte socio-économique	13
5. Données du registre foncier	14
6. Caractéristiques de l'immeuble	16
7. Normes et prescriptions légales	24
8. Plans, coupe et façades	34
PARTIE I: ANALYSE JURIDIQUE	
Le plan d'aménagement de détail en droit fribourgeois	38
PARTIE II: EXPERTISE TECHNIQUE	
Expertise de l'enveloppe thermique	88
PARTIE III: EXPERTISE ÉCONOMIQUE	
Quelle stratégie de rénovation pour maintenir des loyers modérés ?	172
Conclusion	235
Dossier "Annexes", joint au présent mémoire:	
● I Plans 1:50 de 1979 et images des façades	
● II Document "état des lieux", janvier 2016	
● III Bilans énergétiques: diagrammes des flux et formulaires de performance globale	
● IV Calculs DCF de l'état locatif minimum requis	
● V Exemples de logements partagés	
● VI Comparaison des appartements d'après le système d'évaluation "Situation - Environnement immédiat - Logement"	

REMERCIEMENTS

Ce mémoire a été réalisé dans le cadre du Master of Advanced Studies (MAS) en expertise dans l'immobilier, sous la direction, dans l'ordre des cours suivis, des professeurs Jean-Baptiste ZUFFEREY, Stefanie SCHWAB, et Philippe THALMANN, associés par les professeurs Jacques DUBEY, Jean-Luc RIME et Philippe FAVARGER, que je remercie ici chaleureusement pour la qualité de leur enseignement, leur grande disponibilité et leurs nombreux conseils avisés.

Mes remerciements vont également à Monsieur Jean-Marc PACHE, directeur de la coopérative immobilière Sodalitas à Fribourg pour son amicale collaboration, sa confiance ainsi que la mise à disposition sans réserve de tous les documents et renseignements souhaités.

Ce travail est le résultat de nombreux échanges avec des professionnels qui m'ont fait bénéficier de leur expérience et ont partagé leurs connaissances dans leurs domaines respectifs. Merci en particulier à:

- Monsieur Patrick Ramuz, conseiller juridique au Service des constructions et de l'aménagement du canton de Fribourg et Monsieur René Egger du service de l'Edilité de la Ville de Fribourg pour le temps qu'ils m'ont consacré et leur aide précieuse.
- Monsieur Olivier Ragonesi, directeur de la régie Gerama SA à Fribourg, pour m'avoir donné accès aux vastes archives du quartier.
- Monsieur Marcel Aebischer architecte associé du bureau LZA Architectes SA à Fribourg, pour sa disponibilité et les informations fournies tout au long de mon travail.
- Monsieur Aloys Lauper chef de service des Biens Culturels du canton de Fribourg pour le partage de ses larges connaissances concernant les questions patrimoniales.
- Monsieur Raphaël Compagnon, professeur à l'école d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg pour la mise à disposition de la caméra thermique et des logiciels de calcul, ainsi que pour ses conseils dans le domaine des bilans énergétiques.
- Monsieur Gilbert Bielmann, expert technique, pour ses conseils en matière d'interprétation des images thermographiques.
- Monsieur Hans-Rudolf Bärtschi, développeur de projet auprès de l'entreprise Element AG à Tafers, pour son expérience dans le domaine du béton préfabriqué et son enthousiasme pour le développement des bétons armés en fibres de verre.
- Monsieur Bruno Eltschinger, responsable de la centrale de chauffage des Hauts de Schiffenen, pour ses explications au sujet du fonctionnement des installations.
- Madame Maryline Pasquier, professeure et chercheuse auprès de la Haute école de gestion de Fribourg, et Monsieur Pascal Krattinger, chef de section à l'office cantonal du logement, pour avoir pris le temps de partager leurs réflexions et leur connaissance du marché immobilier fribourgeois.
- ainsi qu'à tous les locataires qui ont répondu à mes questions et m'ont aimablement ouvert leurs portes.

Enfin, ces remerciements s'achèvent avec une pensée pour les membres de ma famille, pour leur soutien durant ces quatre années, leurs encouragements, ainsi que la méticuleuse relecture finale!

INTRODUCTION: CADRE DE L'ÉTUDE

Datant de 1979, le bâtiment à analyser est situé à la route de Schiffenen 2 à Fribourg. Il est représentatif de la "construction de logements de masse" des années de croissance économique et présente certaines caractéristiques communes à de nombreux immeubles de la même époque:

- Il fait partie d'un ensemble d'habitations situé en périphérie de ville, et a été réalisé suite à l'élaboration d'un plan d'aménagement de détail (PAD).
- Les logements sont conçus selon un plan répétitif et la construction est réalisée à l'aide de certains éléments préfabriqués.
- L'isolation thermique est insuffisante, voire inexistante par endroit.
- Les appartements, mis en location, sont au bénéfice de loyers modérés.

● PARTIE I: ANALYSE JURIDIQUE

Aménagement du territoire

Conséquence d'un étalement urbain excessif, le processus de **densification** est aujourd'hui au cœur des préoccupations. Dans le canton de Fribourg, le **plan d'aménagement de détail** est un instrument de planification qui permet de fixer, à l'échelle d'un quartier par exemple, des prescriptions particulières d'aménagement du territoire. Les procédures et les particularités de cet outil sont abordés dans la première partie de ce mémoire.

● PARTIE II: EXPERTISE TECHNIQUE

Evaluation de la substance matérielle / rénovation énergétique

Sous la forme d'un **état des lieux** rigoureux, l'évaluation de la substance matérielle de l'immeuble constitue la base indispensable à une réflexion quant à l'opportunité d'effectuer des travaux de rénovation, à en déterminer la nature, les parties concernées en priorité et le degré d'urgence des interventions.

L'**assainissement énergétique** des immeubles d'habitation construits avant la crise pétrolière est l'un des enjeux principaux de la stratégie énergétique 2050 de la Confédération suisse. Un bâtiment non rénové des années 1970, comme celui qui fait l'objet de la présente analyse, consomme environ quatre fois plus d'énergie qu'une construction isolée selon les normes actuelles.

● PARTIE III: EXPERTISE ÉCONOMIQUE

Logements à loyers modérés

Dans un troisième temps, l'étude vise à **optimiser les investissements** conséquents nécessaires à l'assainissement énergétique de l'enveloppe du bâtiment. L'objectif est de proposer au propriétaire une stratégie lui permettant de continuer à offrir des appartements à **loyers modérés**, malgré l'importance des coûts de rénovation.

En présentant le bâtiment sous 3 angles de vue différents, le présent mémoire associe les contextes de densification, économies d'énergie et loyers abordables. Il met en évidence la manière dont ces thèmes juridique, technique et économique sont étroitement liés. Ils constituent les 3 facettes complémentaires et indispensables à l'expertise complète d'un bien immobilier.

L'immeuble "La Rose des Vents", sis au quartier du Windig, est réservé en priorité aux personnes âgées ainsi qu'aux handicapés légers. Il comprend 60 studios avec cuisinette, coin à manger, salon-chambre, salle de bain et hall, de même que 10 appartements de deux pièces. Conçu selon les dernières normes en vigueur pour ce genre d'habitation, il n'entre pas pour autant dans la catégorie des homes. Son but n'est pas de concurrencer les maisons existantes en ville de Fribourg, mais plutôt de les compléter et d'offrir de nouvelles possibilités aux personnes du 3e âge.

Situé au coeur du complexe des Hauts de Schiffenen qui comprend aujourd'hui plus de 300 logements, le bâtiment permet aux personnes âgées une parfaite intégration à la vie de la cité tout en tenant compte de leurs besoins spécifiques et de leur esprit d'indépendance.

Grâce à une situation géographique idéale, les appartements jouissent tous d'une magnifique vue sur la ville et les préalpes, d'un ensoleillement maximum et d'une grande tranquillité.

Le quartier s'étend sur une surface de plus de 10 ha et comprend en outre 3 ha de forêt qui garantissent un accès au lac de Schiffenen et des possibilités intéressantes de promenade. Des emplacements pour la construction d'un centre commercial avec restaurant et boutiques sont réservés et les infrastructures préparées. Ce quartier possède, en fait, toutes les caractéristiques d'un village.

Les personnes âgées ont accès à tous les jardins, cheminements et installations du complexe des Hauts de Schiffenen. Elles sont donc intégrées à un quartier vivant, très diversifié et en plein développement.

Permettre aux personnes âgées de posséder un petit appartement sans pour autant se sentir dépayées et ainsi vivre une vieillesse heureuse, tels sont les objectifs de "La Rose des Vents".

1. IMMEUBLE D'HABITATION ROUTE DE SCHIFFENEN 2 A FRIBOURG

Numéro de parcelle:

Commune de Fribourg, article n° 8183

Année de construction et maître de l'ouvrage:

1979, Schuler SA

Architecte:

Philippe Joye, Genève

Programme des locaux:

**63 studios et 10 appartements de 2.5 pièces
salle commune avec cuisine au rez inférieur**

Affectation à l'origine:

résidence pour personnes âgées.

Affectation actuelle:

studios et petits appartements en location

occupés par des personnes âgées, des étudiants, des personnes ayant des revenus modestes ou au bénéfice de l'aide sociale.

Propriétaire actuel (depuis 2000) et régie:

Société immobilière coopérative Sodalitas, Fribourg

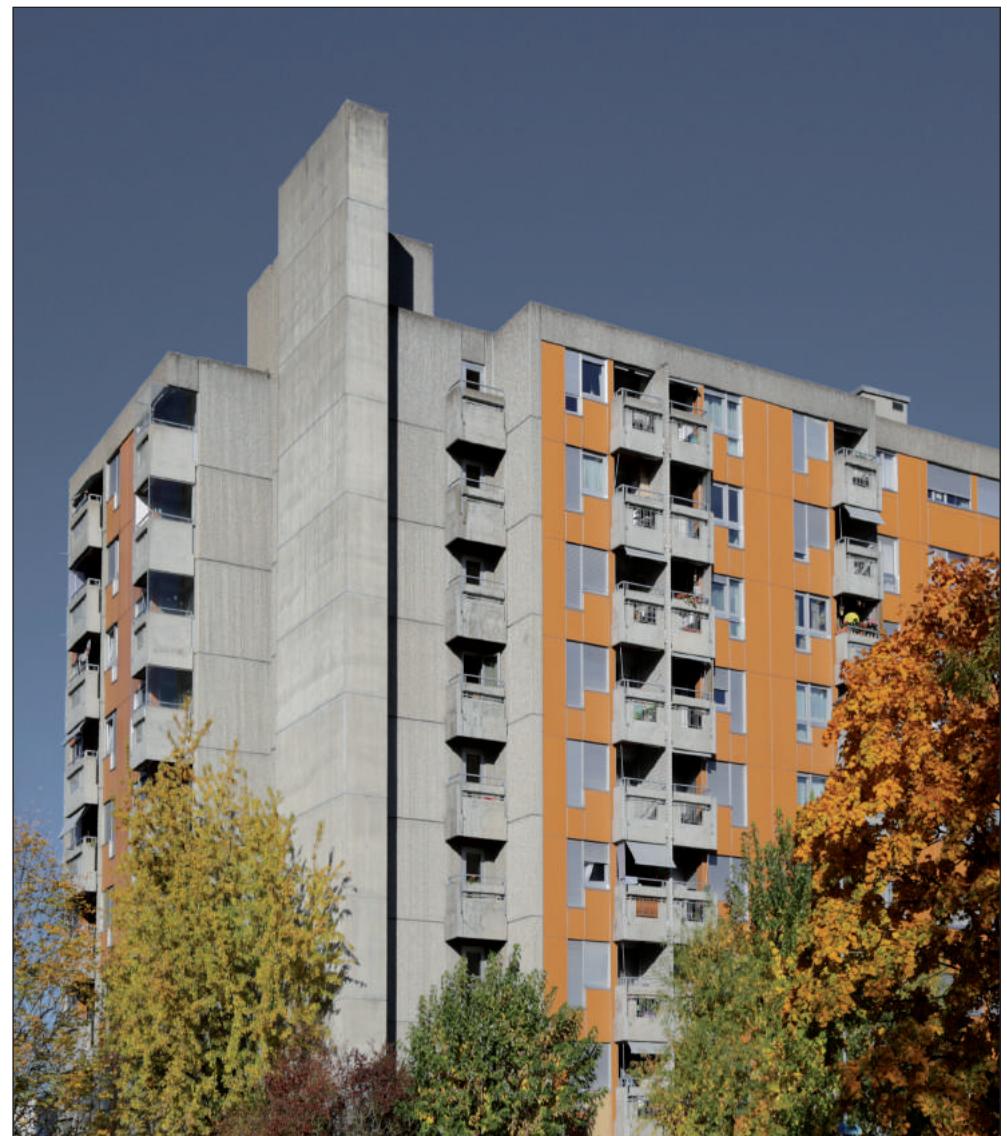
Valeur patrimoniale:

Bâtiment recensé valeur B en décembre 2016 par le Service des biens culturels car faisant partie d'un ensemble typique et emblématique de son époque. Il est considéré comme "de bonne qualité" car sa structure d'origine et les éléments essentiels sont conservés.

Prix d'achat (août 2000) 6'000'000 frs

Valeur d'assurance ECAB 2015 8'468'000 frs

Valeur fiscale: 5'920'000 frs



2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE: MACRO-SITUATION

2.1 La colline du Schönberg à Fribourg

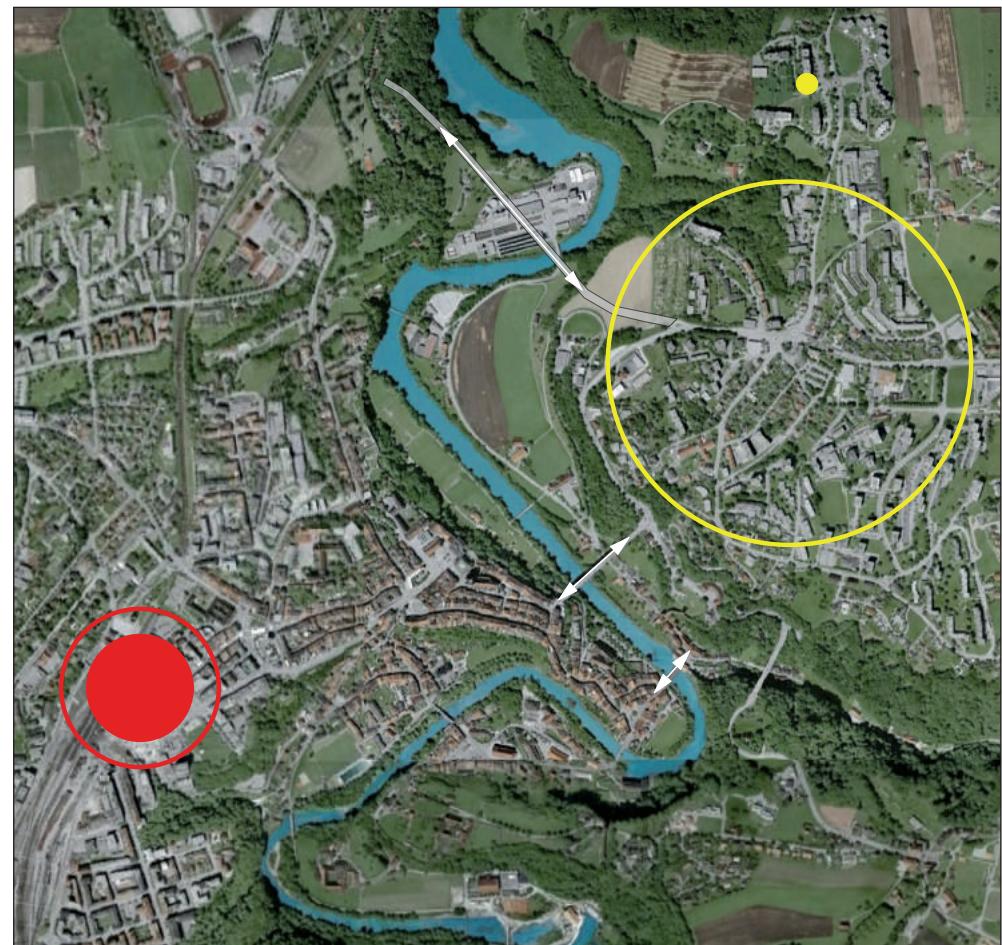
Le Schönberg est une "belle colline" située dans la partie nord-est de la ville de Fribourg. Le quartier est caractérisé par une topographie en pente et constitue la limite entre ville et campagne.

Le quartier du Schönberg est un grand quartier périphérique de la ville de Fribourg. Etabli sur la rive droite de la Sarine, il est totalement détaché du centre historique situé quant à lui sur la rive gauche. Les connexions routières entre le quartier du Schönberg et la ville sont donc limitées et s'effectuent par trois ponts: le pont de Berne situé en Basse Ville, le pont de Zaehringen ouvert uniquement aux transports publics et aux piétons et le pont de la Poya qui relie le quartier du Schönberg à la commune périurbaine de Granges-Paccot. Si l'ouverture en 2014 du pont de la Poya offre au quartier du Schönberg un accès direct à l'autoroute, la fermeture simultanée du pont de Zaehringen déconnecte le quartier du Schönberg du centre de la ville de Fribourg.

Du point de vue de l'ensemble bâti, le quartier du Schönberg présente une forte densité de constructions et de population. C'est un quartier à fonction essentiellement résidentielle, constitué de grands ensembles dans le style architectural des années 1960-70.

La population du quartier avoisine les 9'000 habitants et se distingue par l'importance de sa population étrangère. Selon le Plan d'Aménagement Local de la ville de Fribourg datant de 1992, la route de contournement du pont de la Poya (et donc l'accès facilité à l'autoroute) occasionnera une augmentation des habitants d'ici 2020 et donc de nouvelles constructions. Ce développement pourrait être l'occasion de revivifier un lieu qui tend à devenir une zone résidentielle peu attrayante.

Photo aérienne de la ville de Fribourg (centre-ville: rond rouge) situation du quartier du Schönberg (rond jaune) sur la rive droite de la Sarine avec au nord, l'immeuble de la route de Schiffenen 2 (point jaune)



2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE: MACRO-SITUATION

2.2 Infrastructures

Pour compléter le quartier, de nombreuses infrastructures étaient prévues lors de sa conception: une école primaire, une école enfantine, un home pour personnes âgées, une maison de quartier ainsi qu'un grand supermarché, un café et un kiosque.

Malheureusement, à l'exception de la maison pour personnes âgées, aucune de ces infrastructures n'a été réalisée et le petit commerce situé au rez-de-chaussée de l'un des immeubles a même fermé récemment.

2.3 Accès, modification de l'environnement

Une route de desserte circulaire et un grand parking souterrain libèrent le quartier du trafic motorisé et permettent l'aménagement de places de jeux et d'espaces verts entre les immeubles.

Le quartier est desservi par une ligne de bus des Transports publics fribourgeois (TPF) avec une cadence de 15 min.

Depuis octobre 2014, le pont de la Poya donne au quartier un accès direct à l'autoroute mais entraîne également une augmentation du trafic motorisé sur la route de Berne qui borde le quartier.

2.4 Caractéristiques du terrain

Situé en bordure de la route cantonale Fribourg-Berne, le terrain de l'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen s'étend sur une surface d'environ 1 ha ayant entre 100 m et 200 m de largeur sur 600 m de longueur. Il est bordé par la forêt et descend en pente douce vers l'ouest, en direction de la Sarine. Il dispose d'une situation géographique remarquable avec une vue dégagée et d'un excellent ensoleillement.

Le pont de la Poya, en arrière-plan le quartier des Hauts de Schiffenen
www.flickr.com/photos/123517778@N06/15467387256



2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE: MICRO-SITUATION

2.5 L'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen

(260 appartements)

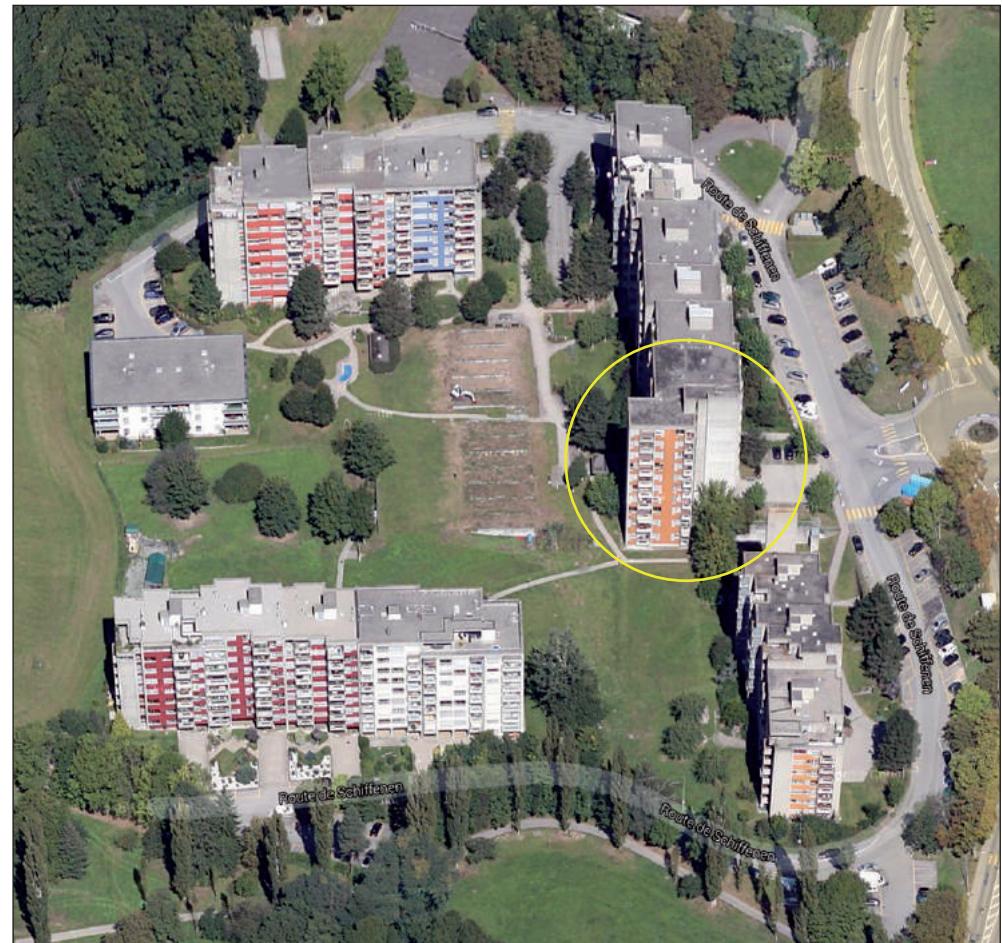
Les immeubles sont composés d'unités de hauteurs, largeurs et profondeurs différentes. Cette typologie caractéristique des années 60 et 70, est apparue en réaction aux grandes "barres d'habitation" monolithiques et monotones.

La volumétrie est fragmentée par des décalages en plan et en hauteur afin de rendre lisible les unités de logements.

Contrairement à d'autres cités, comme le quartier des Avanchets à Vernier/GE, il n'y a ici aucune volonté de l'architecte de recourir à de nombreuses couleurs différentes pour introduire de la diversité. La seule raison pour laquelle le bâtiment de la famille Esseiva est bleu et celui de Swissair bordeaux, c'est la volonté des propriétaires de distinguer leur bâtiment des autres.

L'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen n'ayant pas été réalisé dans sa totalité, il fait figure de "petit" grand ensemble, en regard de ceux réalisés en France ou dans d'autres villes suisses comme Genève notamment. Pourtant, c'est l'un des plus important de la ville de Fribourg,

L'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen à Fribourg vue aérienne: local.ch



2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE: MICRO-SITUATION

2.6 Evaluation de la situation de l'immeuble

Points positifs, avantages

- Malgré la densité des constructions en béton, l'environnement naturel constitue une qualité du quartier, car il se situe en limite de la ville et le bâti côtoie les prés, la forêt ou les surfaces agricoles.
- Situé en bordure de la route cantonale Fribourg-Berne, le terrain est bordé par la forêt et descend en pente douce vers l'ouest, en direction de la Sarine. Il dispose d'une situation géographique remarquable avec une vue dégagée et un excellent ensoleillement.
- Côté ouest: situation calme.
- Bonne desserte du quartier par les transports publics (bus).
- Accès rapide à l'autoroute par le Pont de la Poya depuis 2014.
- Dans le contexte de densification du tissu urbain et de saturation du territoire communal, le terrain situé en aval de l'ensemble d'habitation est l'un des derniers sites d'envergure qui permette le développement de nouveaux quartiers en ville de Fribourg.

Points négatifs, inconvénients

- Côté route (est): l'augmentation de trafic consécutive à la mise en service du pont de la Poya, entraîne un surplus du bruit et de pollution.
- Quartier populaire, assez peu attrayant, population bénéficiant de revenus modérés.
- Déconnecté du centre de la ville (outre Sarine).
- Grand ensemble des années 1970, aspect des immeubles peu attractif.

en haut: façades ouest, "côté nature" avec, au 1er plan, le terrain du PAD des Hauts de Schiffenen descendant vers la Sarine
en bas: façades est, "côté route"



3. CONTEXTE HISTORIQUE

3.1 Urbanisation du quartier du Schönberg

Le développement du bâti sur la colline du Schönberg s'est opéré par strates. Construites de bas en haut, les différentes typologies sont apparues successivement.

En 1824, la construction du **Grand Pont suspendu**, actuel pont de Zaehringen, a marqué le début du développement. Il a été suivi, dès 1905 par les premières constructions de **villas**, disposées sur la colline de manière très aérée et ponctuant la route reliant Fribourg à Berne.

La destinée du Schönberg a été modifiée par l'importante pénurie de logements qu'a connu la commune de Fribourg dans la période de l'après-guerre. Dans les années 50, pour remédier au problème de la surpopulation dans la vieille ville de Fribourg, les terrains vierges du Schönberg sont investis par les **cités-jardins**.

Dans les années 60, les immeubles prennent de la hauteur et le quartier du Schönberg voit s'élever, au-dessus des cités-jardins, des **constructions locatives** qui vont bien au-delà des 4 à 5 niveaux habituels. D'un point de vue architectural, on assiste à une densification des locatifs ainsi qu'à une standardisation des types d'immeubles et de logements, provoquée par la nécessité de procurer des appartements à des loyers abordables.

Les coopératives "La Solidarité", "Sodalitas" et "Sicoop" construisent au Schönberg de **nombreux logements collectifs sociaux**. Le quartier du Schönberg se couvre de tours locatives et constitue un exemple de la "construction de masse" de cette époque.

Le Schönberg dans les années 60
BCU: fond photographique fribourgeois



3. CONTEXTE HISTORIQUE

3.2 La construction dans les années 1965-1980

Durant la période de prospérité allant de 1965 à 1980, le plein emploi était assuré et la démographie galopante. Ceci explique l'intense activité du secteur de la construction pour lutter contre la pénurie de logements. Les prix des matériaux étaient bas en raison du faible coût de l'énergie et des transports, et les salaires bien inférieurs à ceux d'aujourd'hui. En raison de l'importance des volumes construits, de nouvelles techniques se sont développées:

- mode de construction très rationnel, donc économique nécessitant une conception rigoureuse (trames),
- systèmes modulaires permettant une construction industrialisée (préfabrication) et ainsi une construction à grande échelle dans des délais très courts,
- construction de bâtiments élevés avec répétition de plans identiques.

Les principales différences constructives entre les bâtiments des années 65-80 et ceux d'aujourd'hui résident dans le peu d'importance accordée alors aux thèmes écologiques: faibles épaisseurs d'isolation (<6cm), peu d'intérêt pour les ponts thermiques ainsi que mise en oeuvre de matières dangereuses comme l'amiante ou les PCB.

3.3 Les grands ensembles

La période qui suit la Seconde Guerre mondiale se caractérise par la recherche de solutions urbanistiques, architecturales et constructives permettant de faire face à la croissance urbaine et d'offrir de bonnes conditions d'habitation à toutes les catégories sociales.

Des cités nouvelles accueillent de nombreux logements ainsi que les équipements nécessaires aux diverses activités de la vie quotidienne (enseignement, commerces, espaces de jeux).

Cité des Avanchets, Vernier, Genève, années 70
www.rsr-prod.ch/archives/urbanites/files/2010/05/avanchets.jpg



3. CONTEXTE HISTORIQUE

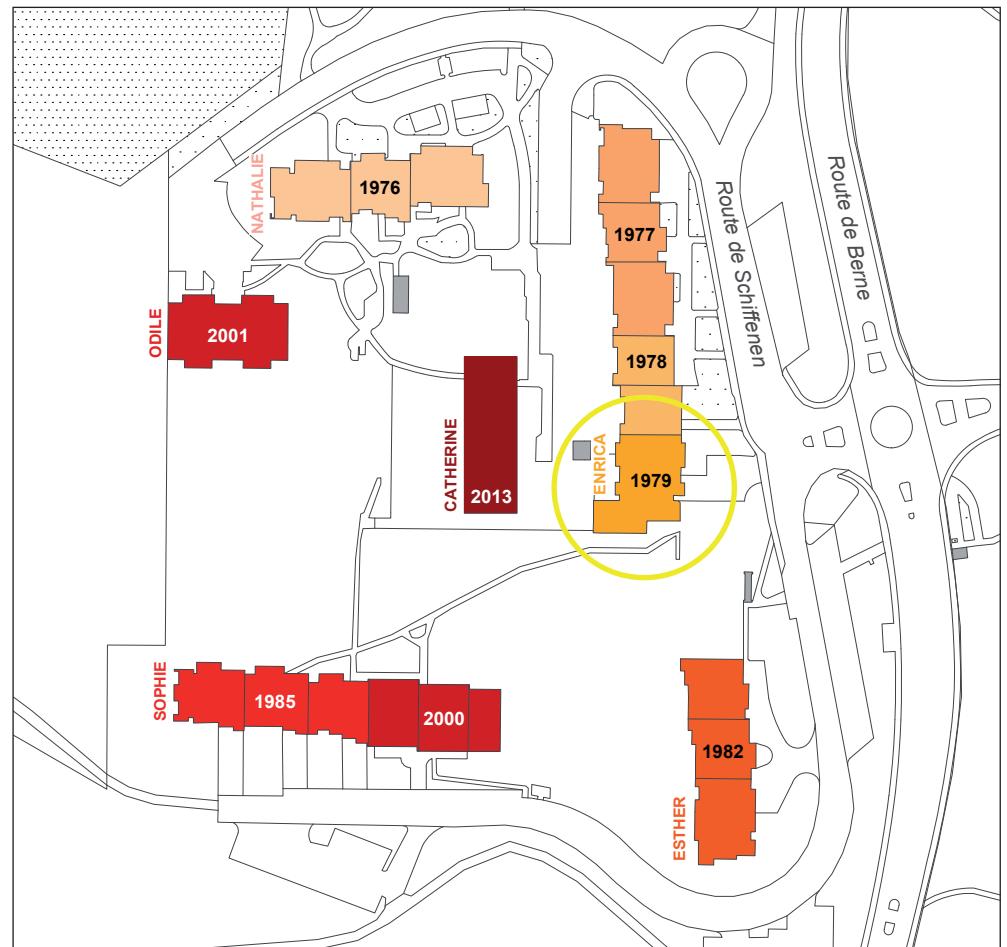
3.4 Chronologie de la construction de l'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen

Le bâtiment analysé fait partie d'un ensemble d'habitation planifié au début des années 70. Lors de la conception de cet ensemble, les maîtres d'oeuvre ont exprimé leur volonté de mélanger les personnes et les activités afin de reconstituer dans le quartier une population diversifiée quant à l'âge, la structure familiale, les formes de propriété et les revenus.

Dans ce but, le bâtiment réalisé à la route de Schiffenen 2 avec l'aide de la Confédération a été conçu comme une résidence pour personnes âgées. Il abrite 70 studios et petits appartements de 2.5 pièces. Le rez inférieur se compose d'une salle commune équipée d'une grande cuisine.

Les divers bâtiments de l'ensemble des Hauts de Schiffenen ont été baptisés de noms de filles en fonction de leur position sur la rose des vents: **Nathalie** au nord, **Sophie** au sud, **Enrica** au nord-est, **Esther** au sud-est, etc...

Chronologie des constructions
Ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen



4. CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE: PRÉSENTATION DU PROPRIÉTAIRE

Société coopérative immobilière Sodalitas, Fribourg

En tant que forme juridique, la société coopérative est un sujet de droit défini dans le Code des Obligations. Elle vise principalement à favoriser et garantir les intérêts économiques de ses membres. Ce mode de financement de l'habitat, pas très répandu en Suisse, s'est développé dès le début du XXème siècle.

La coopérative "Sodalitas" a été fondée à Fribourg, le 25 octobre 1947 par le mouvement chrétien-social, pour construire des logements à la portée des familles à revenus modestes et répondre à la grande pénurie de logements bon marché. Durant la période de guerre 1939-1945, la construction de logements avait été suspendue. Par conséquent, l'offre de logements se faisait à des prix qui n'étaient plus à la portée des familles ouvrières.

La coopérative immobilière Sodalitas est une coopérative de type "ouverte" dans laquelle les coopérateurs ne sont pas locataires. Agissant comme un promoteur immobilier à but social, elle se charge du financement, de la maîtrise de l'ouvrage et de la gestion afin d'assurer des loyers accessibles aux revenus modestes.

Bien qu'assumant dans une large mesure les objectifs de l'idéal coopératif (réalisations de logements offrant un bon rapport qualité/prix, stabilité et garantie des loyers, modèles de logements alternatifs aux immeubles locatifs standardisés) cette société coopérative n'associe pas activement les locataires à la conception et à la gestion de leur habitat.

Structure et fonctionnement:

- Les statuts de la société indiquent que celle-ci poursuit un but social, non lucratif. Elle n'a toutefois pas le statut de coopérative d'"utilité publique" et ne bénéficie pas de soutien des pouvoirs publics.
- La société coopérative compte une trentaine de membres qui possèdent entre 1 et 10 parts. Chaque membre possède une voix, indépendamment du nombre de parts. Les membres ne sont ni des locataires, ni des entreprises. Ce sont des institutions, associations et fondations associées aux Organisations chrétiennes sociales de Fribourg ou des personnes physiques poursuivant un but non lucratif.

Les immeubles propriété de la coopérative immobilière Sodalitas offrent des logements à loyer modéré, attribués de manière prioritaire aux familles à revenus modestes avec enfants, ainsi qu'aux personnes âgées.

Les loyers de ces logements sont très avantageux par rapport au marché, notamment grâce aux facteurs suivants:

- La gérance des immeubles est assurée par la coopérative, sans recours à des régies.
- L'entretien des immeubles est également suivi par Sodalitas.
- Les logements se louent aisément, sans frais de publicité, et de nombreuses demandes sont en attente. Le taux de vacance est faible.

5. DONNÉES DU REGISTRE FONCIER: IMMEUBLE 8183

Immeuble route de Schiffenen 2 à Fribourg

Numéro de la parcelle:

Commune de Fribourg parcelle n° 8183

Bâtiments, constructions:

Habitation collective, place revêtue

Propriété:

**Société coopérative immobilière Sodalitas, Fribourg,
achat 16.08.2000**

Données concernant la géométrie du bâtiment (selon SIA 416):

Surface totale de la parcelle	ST	966 m ²
Emprise au sol / surface bâtie	SB	439 m ²
Surface des abords aménagés	SA	527 m ²

Commune de Fribourg, extrait du plan cadastral



5. DONNÉES DU REGISTRE FONCIER: IMMEUBLES DÉPENDANTS

Immeubles dépendants

Sept immeubles sont dépendants du fonds dominant Fribourg 8183.

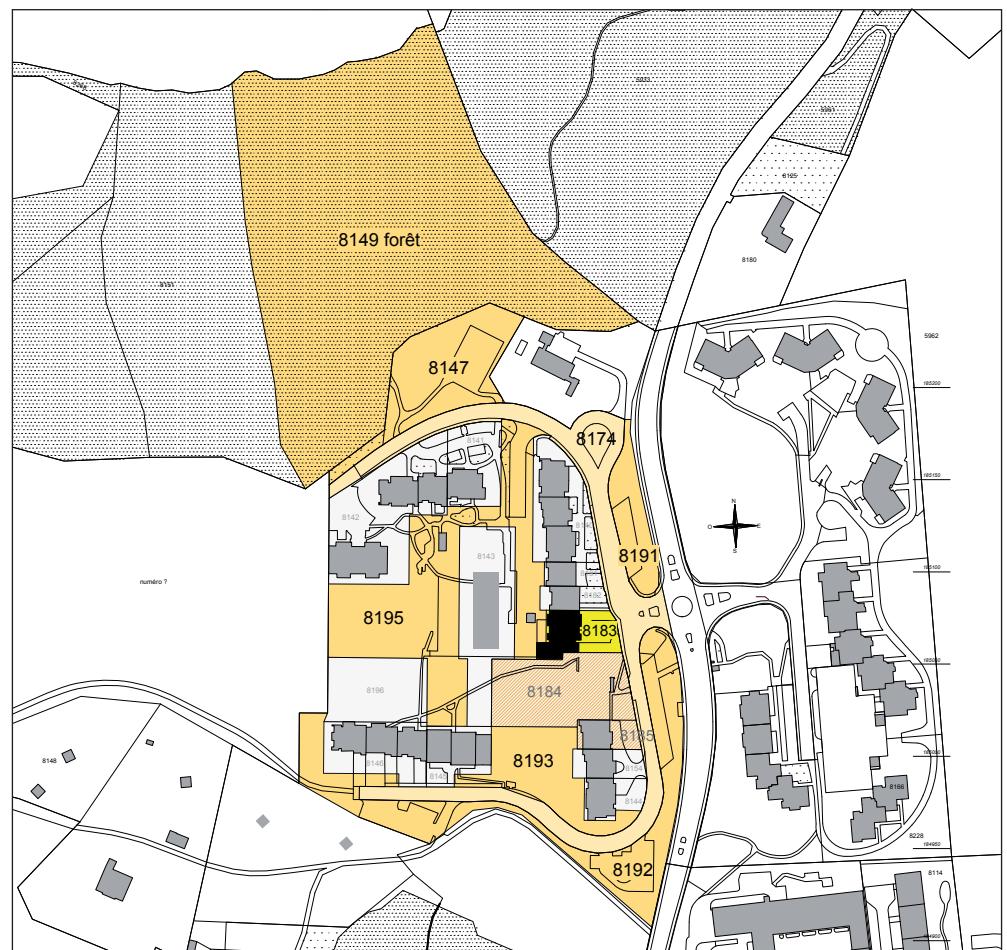
Il s'agit d'une copropriété dans laquelle la société Sodalitas possède une quote-part de **746/10'000**.

Fribourg 8147	3'380	m ²
Fribourg 8174	5'909	m ²
Fribourg 8191	1'333	m ²
Fribourg 8192	5'258	m ²
Fribourg 8193	2'373	m ²
Fribourg 8195	6'893	m ²
Total	25'146	m²
+ <u>parcelle de forêt, Fribourg 8149</u>	<u>25'839</u>	<u>m²</u>
Total	50'985	m²

Une servitude accordant un "droit de raccordement pour l'exploitation d'une centrale thermique et installation de citernes à mazout" à la charge des immeubles 8184 et 8185 est inscrite au registre foncier.

Le contrat de servitude est complété par un avenant, daté du 22 septembre 1980, dans lequel les bénéficiaires de cette servitude déclarent s'obliger à utiliser exclusivement la centrale thermique du quartier des Hauts de Schiffenen pour le chauffage et la production d'eau chaude dans leurs immeubles respectifs.

Immeubles dépendants, extrait du plan du registre foncier



6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE: CONSTRUCTION

6.1 Typologie

La typologie des immeubles des Hauts de Schiffenen est celle d'un système de construction moderne, constitué d'une façade libre et légère en parois minces de panneaux de fibres ciment, de **murs de refend porteurs** (en rouge sur le plan ci-contre) et de dalles en béton armé.

Ce système, caractéristique de nombreux immeubles du milieu du 20e siècle, modifie complètement l'apparence des bâtiments jusqu'alors constitués de façades porteuses. Les murs porteurs ne sont perçus en façade que par la tranche. Ainsi, les façades peuvent être composées librement et recevoir de grandes ouvertures.

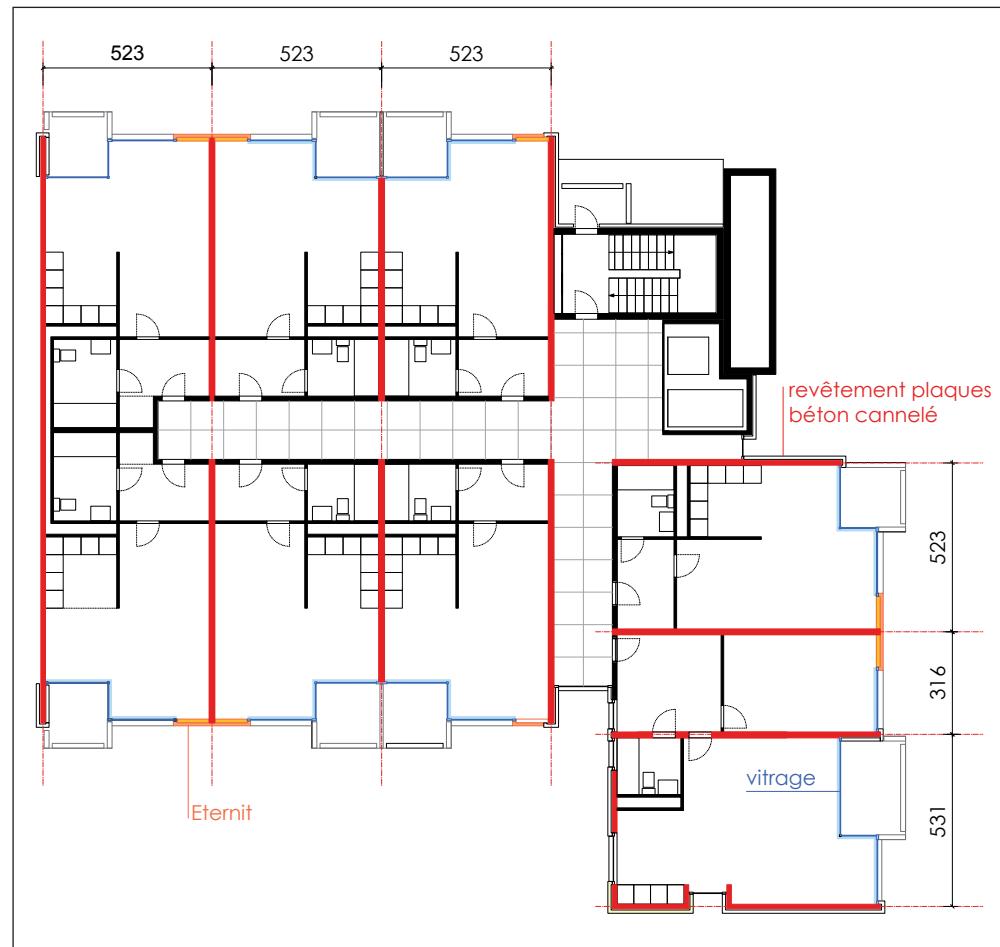
La rotation de 90° du sens de portée dans les bâtiments de logements entraîne les conséquences suivantes:

- l'immeuble de la route de Schiffenen 2 possède une profondeur de presque 20 m, ce qui entraîne des zones sombres au centre du bâtiment. Ces zones regroupent les salles de bains et la cuisine dont l'éclairage et la ventilation sont assurés mécaniquement.
- La "logique constructive" du mur de refend porteur explique également la présence de balcons-loggias, en partie en retrait par rapport à la façade. En effet, la dalle du balcon ne file plus au-dessus d'un mur porteur et les loggias, sont plus faciles à réaliser.

La structure porteuse des murs de refend est disposée selon une trame relativement grande d'environ 5.20 m, ce qui permet de bénéficier d'une grande liberté de cloisonnement intérieur.

En façade, les murs porteurs sont habillés de panneaux en béton à structure cannelée, caractéristique des années 70. La façade légère se compose quand à elle de **parties vitrées** (en bleu) et de **parties opaques** en brique, **revêtues de plaques d'Eternit** coloré (en orange).

Plan d'étage type: Le bâtiment de la route de Schiffenen 2 est un élément de tête de l'ensemble d'habitation. Il possède la particularité d'avoir des murs de refend disposés dans 2 directions perpendiculaires.



6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE: DIMENSIONS

6.2 Géométrie (selon SIA 416)

			Quelques chiffres de référence	
Surface du terrain (ST) commune de Fribourg, parcelle n° 8183	ST	966 m ²	Nombre de logements	71 logements
Emprise au sol ou surface bâtie (SB)	SB	439 m ²	Types de logements	60 studios de 1.5 pièces 10 appartements de 2.5 pièces 1 appartement de 4.5 pièces
Surface de plancher totale (sans loggias)	SP	4'948 m ²		
Surface externe plancher (loggias, terrasses)	SEP	324 m ²	Circulations verticales	1 escalier et 2 ascenseurs
Surface de référence énergétique	SRE	4'290 m ²	Agent énergétique	mazout
Linéaire des façades	LF	79 ml	Consommation énergétique annuelle moyenne	env. 60'000 litres
Hauteur façade est / sud, ouest	H	24.50 / 27.90 m	Consommation électrique annuelle moyenne	env. 113'230 kWh
Surface totale de façade (SF = LF x H) dont:	SF	2'137 m ²	(chaufferie + appartements)	
surface de vitrage	803 m ²	38%	Consommation électrique annuelle par m ² :	env. 26 kWh/m ² an
surface de revêtement Eternit	558 m ²	26%	= 113'230 kWh par an / 4'290 m ²	
surface de revêtement béton	776 m ²	36%		
Nombre de niveaux	sous-sol + rez inf. + rez sup + 8 étages			
Volume bâti (SP x hauteurs corrélatives)	VB	13'560 m ³		

6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE: MATÉRIALITÉ

6.3 Matériaux

Les murs porteurs et les dalles sont en béton.

Les éléments constituant la partie visible de l'enveloppe du bâtiment sont préfabriqués:

- garde-corps des balcons en béton brut et lisse,
- plaques en béton structuré recouvrant les murs porteurs,
- Eternit coloré pour le remplissage non porteur.

Les couleurs vives du revêtement en Eternit contrastent avec les teintes grises des différentes plaques de béton brut. Certains murs secondaires (balcons) sont en briques de béton léger.

Voici quelques matériaux caractéristiques du bâtiment, fréquemment utilisés dans les années 1970:

A. Le terrazzo

Le terrazzo est un matériau très ancien et très robuste constitué de fragments de pierre naturelle agglomérés à du ciment, le tout poli jusqu'à lui donner le brillant d'une pierre naturelle.

Dans les années 20/30 de nombreux sols et escaliers ont été réalisés en terrazzo coulé "sur place". Le matériau devient alors un matériau incontournable dans la fabrication des sols d'écoles, d'espaces publics, de terrasses...

Dans les années 50/60, la recherche de produits à mise en oeuvre et séchage rapide aboutit à des terrazzos prêts à la pose sous forme de dalles préfabriquées 20×20 ou 30×30 cm.



6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE: MATÉRIALITÉ

B. L'Éternit

L'amiante-ciment, matériau composite breveté en 1901 était composé de 90% de ciment et 10% de fibres d'amiante mélangés à de l'eau.

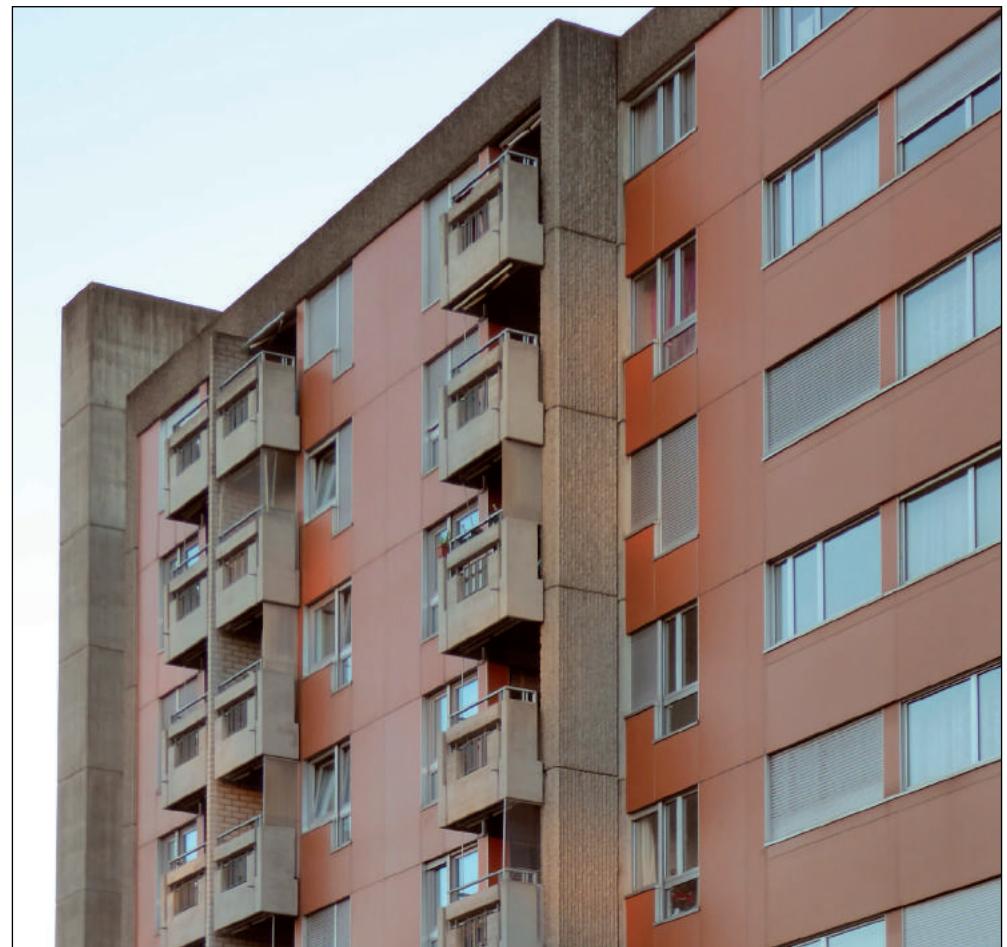
L'amiante est un matériau qui a été beaucoup utilisé dans la construction car il est ininflammable, résistant sur le plan chimique, élastique, isolant électrique et thermique, résistant à la traction...

Dans les années 60/80, les plaques d'amiante-ciment étaient souvent utilisées pour réaliser les parements de façade suspendue car elles représentaient une alternative bon marché aux parements en pierre naturelle. Elles sont rapides à monter et faciles d'entretien et d'un prix avantageux, d'où leur emploi fréquent dans le secteur du logement.

Au début des années 70, les travaux de recherches scientifiques ont fait apparaître une relation entre l'inhalation de microscopiques fibres d'amiante et des maladies pulmonaires, telles l'asbestose ou le cancer du poumon. Des produits exempts d'amiante ont été fabriqués dès 1980 et, dès 1993, les fibres artificielles ont remplacé l'amiante dans tous les produits utilisés dans le bâtiment.

Lors de la transformation d'un bâtiment des années 60/80 contenant probablement de l'amiante (comme celui de la route de Schiffenen 2), il faut tenir compte des spécificités de l'élimination des déchets toxiques. Celle-ci doit être faite conformément à la loi sur la protection de l'environnement (LPE), à l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) et à l'ordonnance sur les mouvements des déchets (OMoD). Ceci occasionnera des coûts supplémentaires non négligeables.

Revêtement de façade en Eternit



6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE: MATÉRIALITÉ

C. Façade préfabriquée en panneaux de béton structure «Rudolf» (Élement AG Tafers)

Les méthodes d'industrialisation, dont fait partie la préfabrication, ont contraint la construction à émerger des méthodes ancestrales. tant sur le plan de la conception des projets que du matériel et des techniques de réalisation.

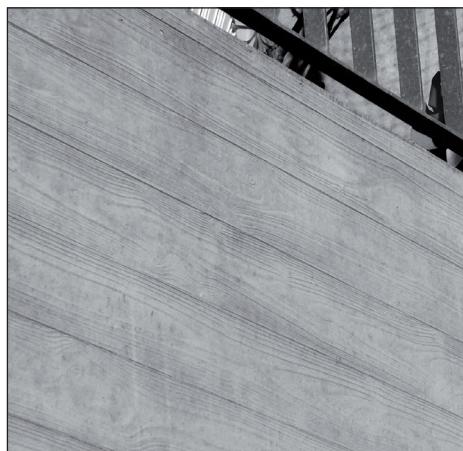
La façade préfabriquée des Hauts de Schiffenen est composée de panneaux de 3 m x 2.50 m ayant une épaisseur de 10 cm au minimum. Les éléments de parement sont ancrés au béton par des fixations en acier inoxydable. Une lame d'air de 3 à 4 cm (ventilation) entre le placage et l'isolation permet d'éliminer les condensations.

Le rendu de surface est obtenu par les nervures du revêtement à structure "Rudolf" du nom de l'architecte américain Paul Rudolf qui développa ce type de structure du béton pour le bâtiment de l'université de Yale dans les années 60.

D. Garde-corps en béton préfabriqué

Les balustrades des balcons sont également réalisés à l'aide d'éléments préfabriqués. L'aspect est lisse et la structure horizontale du coffrage et les veines du bois se lisent dans le béton.

<http://adfilmfest.com/files/attach/images/91eb072fa0ef156da72389db1.jpg>





6. CARACTÉRISTIQUES DE L'IMMEUBLE

6.4 Modifications et entretien

La structure et l'organisation du bâtiment n'ont subi aucune modification depuis la construction. Les plans 1:50 de 1976 sont toujours d'actualité.

La toiture plate a été entièrement refaite (jusqu'à la dalle) il y a une quinzaine d'années; coûts des travaux environ 100'000 frs.

L'ascenseur bénéficie d'un entretien périodique régulier de la part du constructeur (Otis). La machinerie a fait l'objet de travaux pour un montant de 80'000 frs en 2006 et les câbles ont été changés en 2012 (15'000 frs).

Le propriétaire envisage de changer prochainement les fenêtres.

6.5 Agent énergétique

Agent énergétique: mazout

L'immeuble est relié à la grande centrale de chauffage du quartier par un canal technique. Les installations de chauffage actuelles datent de 1997.

Diverses variantes sont envisagées en prévision du moment où les chaudières devront être changées: chauffage au gaz, aux pellets ou raccordement au chauffage à distance de la station d'épuration.

Façades sud et est (côté route)



6. PLANCHE PHOTOS

Revêtement du plafond de la loggia



Accès à la loggia



Equipement des cuisines (1979)



Tourelle de ventilation sur toiture plate



Revêtement de sol de la loggia



Fenêtre en bois métal et radiateur



Aménagement des salles de bain (1979)



Dépôt calcaire bouchant la tuyauterie



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.1 Aménagement du territoire:

Plan de zone (PAZ) et Plan d'aménagement de détail (PAD)

L'ensemble d'habitations des Hauts de Schiffenen a été construit sur la base d'un plan d'aménagement de détail (PAD) élaboré en 1972. Celui-ci prévoyait un ensemble de 600 logements, réalisés en 2 étapes successives. Toutefois seule la première phase et l'un des trois parkings souterrains ont été réalisés. La superficie totale des terrains concernés est de 13.6 ha dont 4.5 sont déjà urbanisés.

Les bâtiments offrent une grande variété d'appartements (1 à 5 pièces) destinés à une population diversifiée (âge, structure familiale, forme de propriété et revenus). Le quartier compte actuellement environ 260 appartements. Depuis quelques années, ceux-ci connaissent des taux de vacance élevés, particulièrement en ce qui concerne les appartements de taille moyenne.

La conception centralisée du chauffage permet de rationaliser l'exploitation et concentre les chaudières à mazout en un seul endroit. La chaufferie est dimensionnée pour desservir environ 1000 appartements.

Bien que la partie non urbanisée du PAD soit mise en culture, la totalité des terrains sont inclus dans les zones à bâtir du plan d'affectation de la commune de Fribourg (PAZ). Ils se situent dans les zones urbaines de moyenne et de forte densité ZRU II et III.

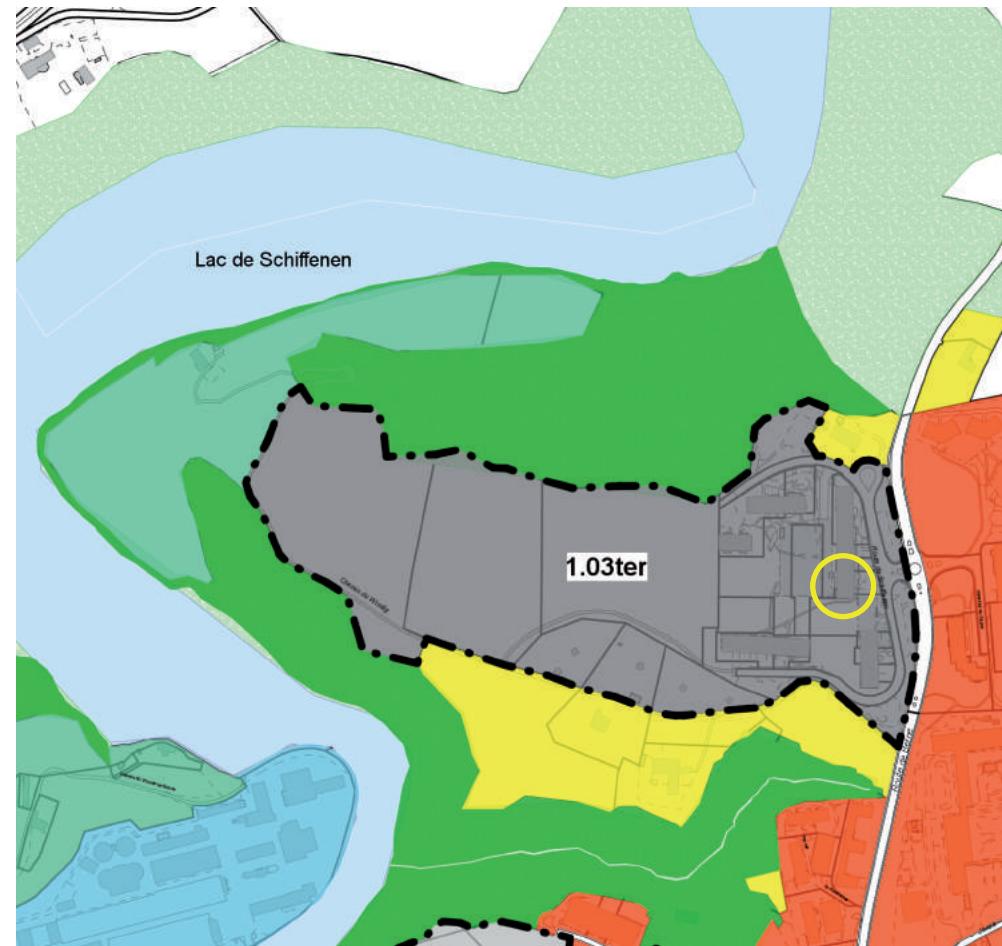
Suite à l'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur l'aménagement du territoire (LAT), des modifications du PAZ et du PAD ont été demandées par les autorités afin d'augmenter les indices bruts d'utilisation du sol (IBUS). Ce processus est actuellement en cours. Voir à ce sujet la "Partie I: analyse juridique" du présent mémoire.

Lois sur les constructions (LAT 1979, LATeC 2008, ReLATeC 2009)

Plans d'affectation (PAZ, PAD 2010) et règlements de construction (RCU)

Plan de zones: en gris la zone soumise à PAD obligatoire (1.03ter)

Extrait du plan d'aménagement local (PAL) consulté sur www.sitecof.ch, 23.01.2018



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.2 Inventaire du patrimoine, ISOS

Le service des biens culturels du canton de Fribourg a achevé fin 2015 le **recensement** de la ville de Fribourg. Cet outil est indispensable à la révision du Plan d'aménagement local (PAL) de la ville. Le PAL est un document qui fixe les objectifs de développement du territoire communal et contient également le plan d'affectation des zones et son règlement. La ville de Fribourg dispose de l'un des plus anciens PAL du canton qui date de 1992. Selon le calendrier actuel, la mise à l'enquête du PAL est prévue courant 2018 et son entrée en force en 2019.

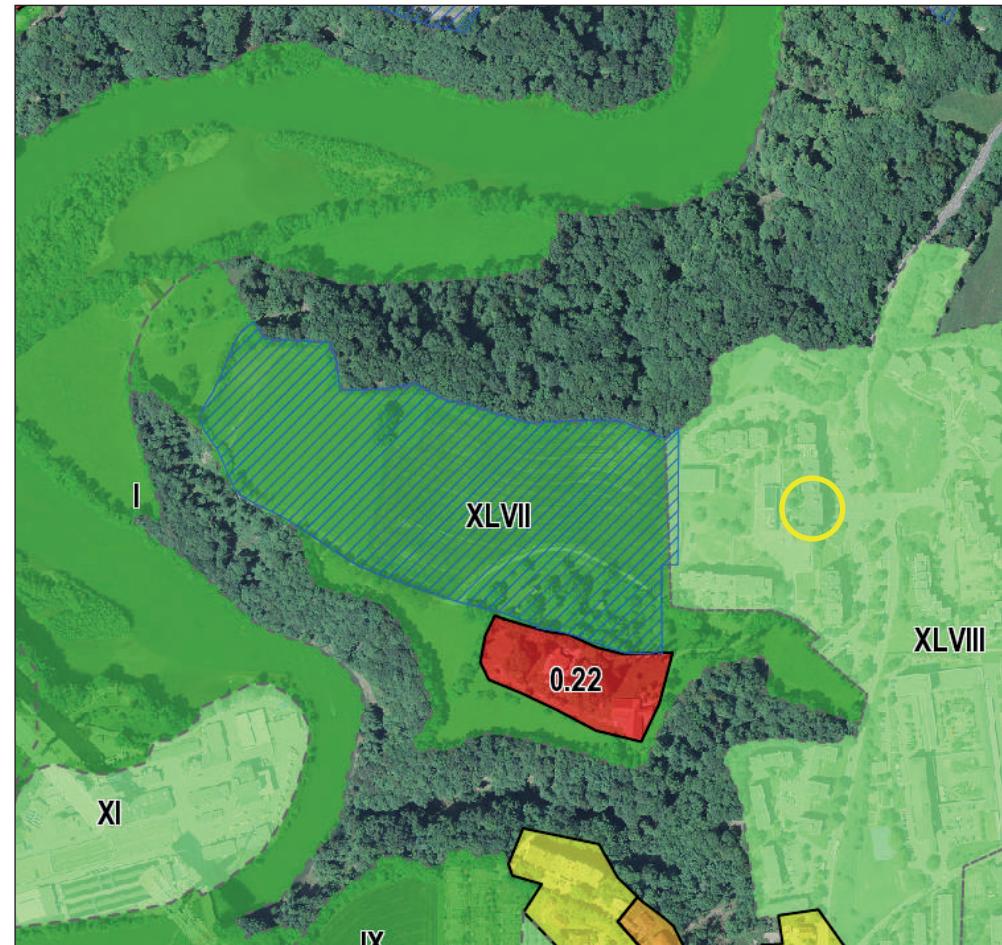
L'un des enjeux de ce recensement réside dans le classement et la protection du patrimoine du XXème siècle. Dans le quartier du Schönberg notamment, il existe de très beaux ensembles et certains immeubles des années 60-70 offrent des organisations de quartier de qualité et une gestion de l'espace très rationnelle. Malheureusement certaines façades ont déjà été fortement dénaturées après avoir été "emballées" dans les années 90.

Le recensement rend attentives les autorités à la valeur patrimoniale d'un objet. Le **classement** est quant à lui de la compétence communale puisque l'exécutif doit avaliser les suggestions du SBC. Celui-ci a récemment recensé les bâtiments des Hauts de Schiffenen en **catégorie B** et propose à la ville de Fribourg de les placer sous protection afin de sauvegarder un ensemble typique et emblématique de son époque.

D'autre part, le périmètre d'implantation est protégé au titre de "périmètre environnant" par l'inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger (ISOS), en raison de sa proximité avec le manoir du Windig datant de 1840.

*Inventaire sites construits d'importance nationale à protéger ISOS
map.geo.fr.ch _ thème "patrimoine inventaire ISOS", 8 mars 2018*

Ensemble des Hauts de Schiffenen: **périmètre environnant XLVIII**
Manoir du Windig: **périmètre construit de catégorie 1**



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.3 Sismique

D'un point de vue sismique, les bâtiments des années 70 ne sont souvent pas adaptés en cas de séisme, notamment en raison de leur légèreté, de leur préfabrication ou de la présence fréquente de pilotis. Le bâtiment de la route de Schiffenen 2 présente quant à lui une configuration plutôt favorable. En effet les murs de refend descendant les charges jusqu'aux fondations sans interruption ni piliers aux niveaux inférieurs. De plus, ces voiles de béton armé sont disposés dans 2 directions perpendiculaires ce qui offre une bonne stabilisation latérale en permettant aux deux parties d'être sollicitées différemment et de se soulager mutuellement.

Le noyau des circulations, même s'il n'est pas disposé de manière optimale au centre du plan, évite que le bâtiment ne vrille sur lui-même.

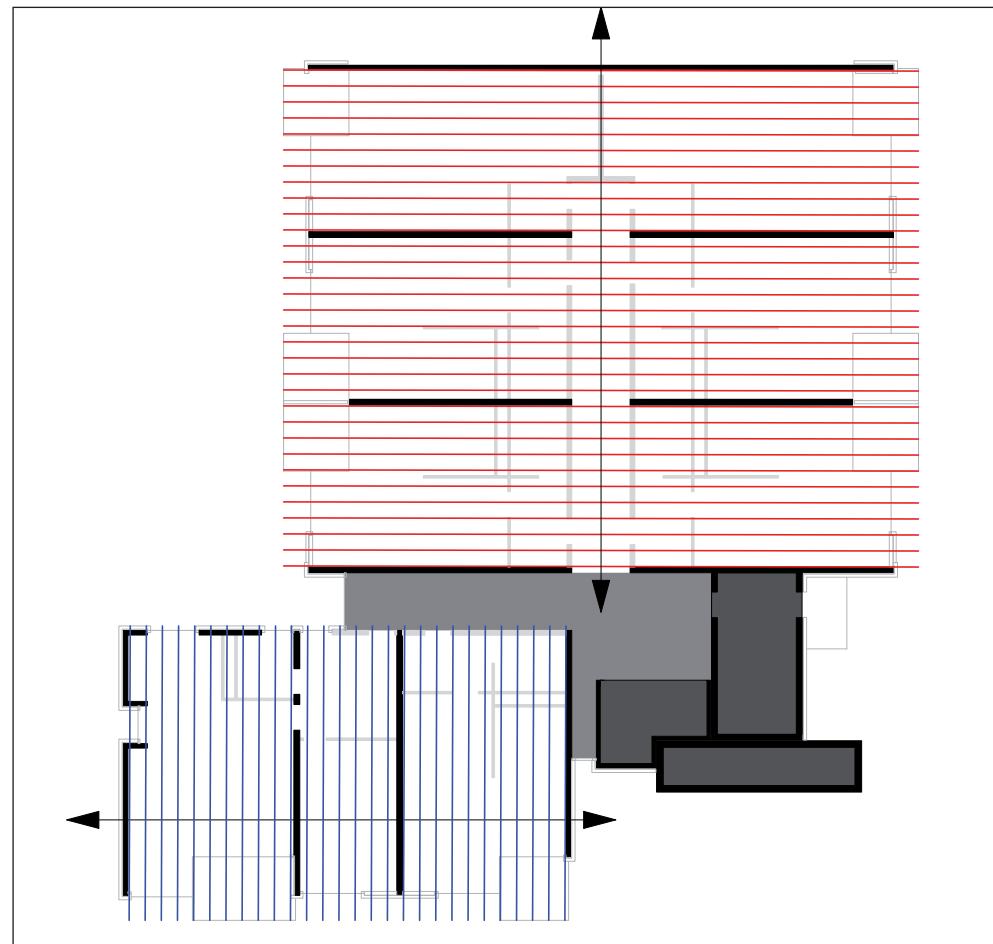
Côté nord, la proximité immédiate du bâtiment voisin ne pose pas de problème particulier; il est si proche (2 murs de béton séparés par 2 cm d'isolation) que les deux bâtiments oscilleront de la même manière et il n'y aura pas de choc entre eux.

Par contre, lors d'un séisme, il est fréquent de voir les plaques de béton préfabriqué suspendues en façade de ce type de bâtiment se détacher et tomber.

Le bâtiment ne présente pas de faiblesses patentées d'un point de vue sismique. Toutefois, pour évaluer de manière plus approfondie sa résistance en cas de séisme, il faudrait procéder à une analyse complète des détails constructifs de la structure et des fondations. Il n'y a pas d'exigence légale mais il est à rappeler que l'art. 58 du Code des Obligations prévoit que le propriétaire du bâtiment répond en cas de dommage (responsabilité causale).

zone sismique déterminée selon la norme SIA 261 (2014): carte F
"carte des zones de risques sismiques": Fribourg zone 1

Schéma du système porteur



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.4 Protection incendie

En cas de transformation, les prescriptions de protection incendie s'appliquent et entraînent une mise aux normes du bâtiment.

Ces directives sont notamment déterminées par le type de construction, les matériaux utilisés, la géométrie du bâtiment, le nombre de niveaux ou encore le nombre d'occupants.

En fonction de leur hauteur, les bâtiments sont répartis en 3 catégories: jusqu'à 11 mètres, de 11 à 30 mètres et plus de 30 mètres. Avec ses 27.90 mètres, le bâtiment de la route de Schiffenen 2 fait donc juste partie de la catégorie des bâtiments de moyenne hauteur.

Catégorie de bâtiment

Lors de sa construction, le bâtiment a été conçu comme un home pour personnes âgées. Il était donc considéré comme un "établissement d'hébergement" particulier, où séjournent de façon permanente des personnes ayant besoin de l'aide de tiers en cas d'incendie.

Cette particularité explique pourquoi, à tous les étages, la cage d'escalier et les corridors sont pourvus d'un éclairage de secours alimenté par un monobloc autonome. A chaque niveau, une signalisation lumineuse indique la voie d'évacuation et un extincteur portatif est placé à côté de la porte de la cage d'escalier, ce qui n'est pas exigé dans le cas d'un bâtiment d'habitation "standard". Ces équipements ont été maintenus malgré le changement d'affection de l'immeuble.

Prescriptions de protection incendie AEA1 2015 (dès 1.1.2017), www.bsvonline.ch

Compartiments coupe-feu

Le bâtiment est séparé de l'immeuble mitoyen par des murs en béton garantissant un compartimentage coupe-feu.

Les appartements doivent former des compartiments coupe-feu distincts. Pour cela les portes palières doivent être homologuées EI30, tout comme les portes de la cage d'escalier (voie d'évacuation verticale) qui constitue également un compartiment coupe-feu. Ceci n'est pas le cas avec les portes actuelles et, en cas de transformation, toutes ces portes devraient être remplacées.

Voies d'évacuation et de sauvetage

Conformément aux prescriptions AEA1, la cage d'escalier est construite en béton, matériau résistant au feu (min. REI 60 bâtiment de moyenne et REI 90 bâtiments élevés).

Les revêtements des voies d'évacuation horizontales (corridors) et verticale (cage d'escalier) doivent être réalisés à l'aide de matériaux incombustibles (RF1). Ce qui est le cas, à l'exception des corridors où il y a un faux plafond en bois (rez inférieur et rez supérieur). La gaine électrique placée derrière une porte d'armoire en bois dans la cage d'escalier devrait également être modifiée.

Au dernier niveau, est installé un exutoire de fumée commandé par des boutons-poussoirs placés à chaque niveau. La cage d'escalier donne accès à des «balcons de fuite» placés à chaque niveau en façade est. Ils ont été aménagés pour être en tout temps accessibles aux véhicules des sapeurs-pompiers. La cage d'escalier possède également un accès direct à l'extérieur, ce qui est optimal du point de vue de la sécurité incendie.

7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.5 Protection contre le bruit

Bruit extérieur:

Les valeurs figurant au cadastre du bruit de la ville de Fribourg pour le bâtiment de la route de Schiffenen 2 datent de 1994:

valeurs d'immission: jour 54.5 dB / nuit 43 dB

Ces valeurs respectent les valeurs limites d'immission (VLI) fixées par la loi (valeurs limite jour: 60 dB / nuit: 50 dB pour le degré de sensibilité II / habitation). Mais, la charge de trafic sur la route de Berne a sensiblement augmenté ces dernières années, notamment depuis la mise en service du pont de la Poya en 2014 (augmentation de 14% selon les prévisions). Les valeurs mesurées ont donc logiquement subi une hausse (aucune nouvelle mesure mise à disposition à ce jour par les services de l'environnement ou de la mobilité).

En cas de dépassement des VLI, les moyens d'assainissement suivants peuvent être adoptés, par ordre de priorité:

1. mesures à la source: pose d'un revêtement phono-absorbant, abaissement des vitesses, modérations ou limitations du trafic.
2. mesures aménagées sur le chemin de propagation de l'onde par la réalisation de murs ou parois antibruit.
3. mesures appliquées au récepteur, notamment par le biais de fenêtres isolantes.

La législation fédérale accorde aux propriétaires de routes (en l'occurrence et depuis peu la commune), un délai jusqu'au 31 mars 2018 pour procéder à leur assainissement. Afin de limiter les nuisances dues au trafic routier sur la route de Berne, il a été posé un revêtement phono-absorbant devant permettre la réduction du bruit de 5 à 6 décibels.

[Loi fédérale sur la protection de l'environnement LPE \(1983, état 1.1.2018\)](#)

[Ordonnance sur la protection contre le bruit OPB \(1986, état 1.1.2016\)](#)

[Norme SIA 181 \(2006\)](#)

Vue des immeubles depuis la route de Berne

4'000 véhicules/jour (TJM 2015), données fournies par le Service de la mobilité (SMo)



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

Bruit de l'intérieur:

L'isolation acoustique a été prise en compte lors de la conception du bâtiment, notamment par les mesures suivantes:

1. Isolation contre les **bruits aériens** (transmis par l'air). Les dalles et les **parois massives** en béton garantissent une isolation acoustique suffisante entre les appartements. Les murs de béton (18 cm + enduit sur les 2 faces) ont un indice d'affaiblissement Rw d'environ 59 dB. La norme SIA 181 (2006) exige une valeur limite d'isolation au bruit aérien Di de 52 dB entre 2 appartements.

Par contre, les **gaines** entre les appartements peuvent être source de transmission de bruits aériens. Les portes palières également.

2. Isolation contre les **bruits de chocs** (vise à interrompre les voies de transmission à la structure par des matériaux mous). Les dalles d'étages sont constituées d'une dalle en béton (18 cm) d'une **sous-couche d'isocork** (liège 15 mm) + Véetroflex (laine de verre 12 mm) et d'une chape flottante de 7 cm.

Les volées d'escaliers reposent sur des **joints Néoprène** qui les désolidarisent de la structure du bâtiment

3. Isolation contre les **bruits des installations**. La technique est placée dans des **gaines** (et non encastrée dans les murs) ce qui contribue à lutter contre les bruits solidiens.

La **cage d'ascenseur** est indépendante de la structure du bâtiment (2 murs en béton 18 et 14 cm séparés par 2 cm d'isolation).

Les locataires interrogés ne se disent pas gênés par les bruits de leurs voisins ou ceux de la technique et sont globalement satisfaits du confort acoustique de leur logement. Peut-être est-ce dû au fait que l'enveloppe extérieure n'est pas phoniquement très performante et "atténue" la perception des bruits intérieurs. Il faut également tenir compte du prix modéré des loyers qui limite souvent les exigences des locataires.

*Loi fédérale sur la protection de l'environnement LPE (1983, état 1.1.2018)
Norme SIA 181 (2006)*

Rouleau d'Isocork 2 mm

www.shop.floorhouse.be/dbcork-ondervloer-isocork-op-rol-2mm-10m.jpg



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

7.6 Isolation thermique, énergie

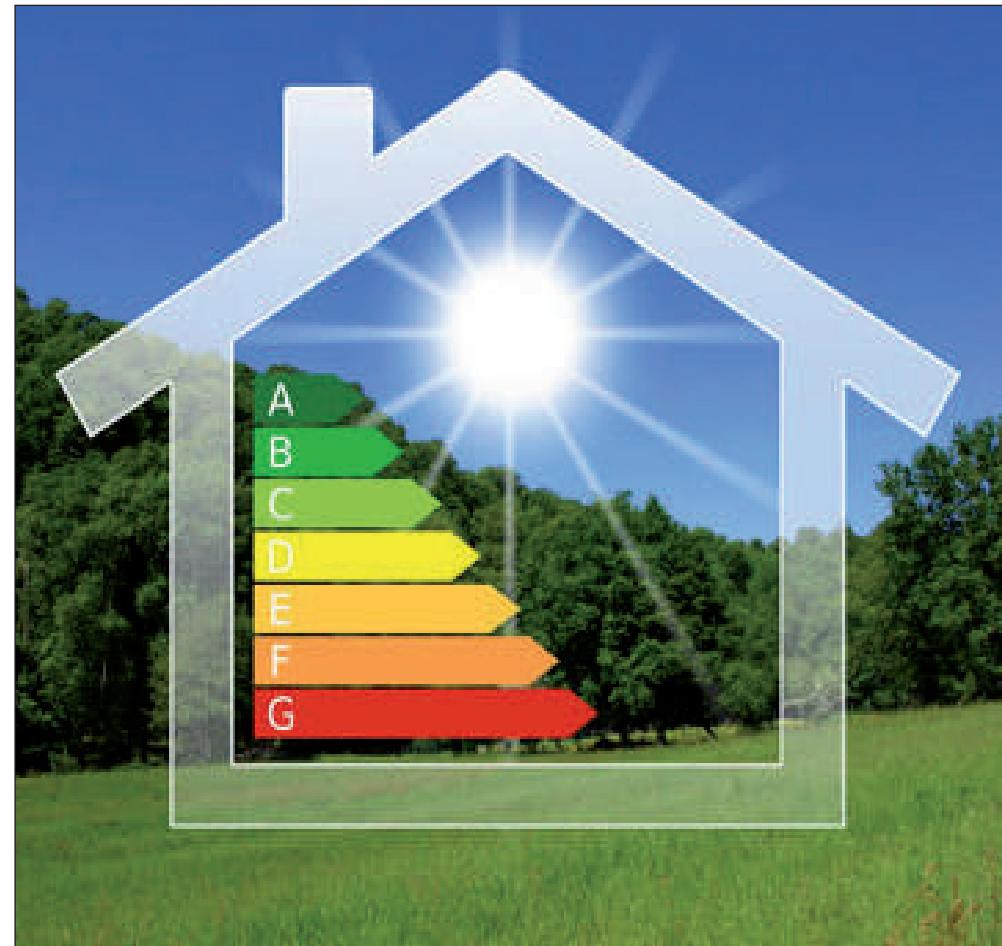
Le but premier des bâtiments est d'offrir une protection face au climat extérieur (chaleur, froid, vent, intempéries). Une grande quantité d'énergie est alors indispensable pour assurer le chauffage, la climatisation et la production d'eau chaude. Construire des ouvrages performants du point de vue énergétique est aujourd'hui une nécessité. Les réglementations thermiques actuelles (**Loi fédérale et cantonale sur l'énergie, norme SIA 380/1 (2009)**) fixant les valeurs limites pour les besoins en chaleur d'un bâtiment) ont fortement renforcé leur niveau d'exigence. Les bâtiments conçus aujourd'hui ne consomment qu'1/7 de la quantité d'énergie utilisée par les bâtiments des années 1970. En Suisse, le parc immobilier à réhabiliter est particulièrement important car plus de la moitié des bâtiments ont été construits avant les premières normes thermiques (SIA 180, 1977). Le bâtiment de la route de Schiffenen 2 date de 1979 et dispose d'une isolation thermique minime, bien en dessous des valeurs actuelles.

Dans le canton de Fribourg, le **modèle de prescriptions énergétiques des cantons** (MoPEC 2014 et 2017) a pour objectif de réduire progressivement les émissions de CO₂ des anciens bâtiments. Le remplacement des systèmes de chauffage basés sur les énergies fossiles par des énergies renouvelables, ou par le biais de mesures efficaces d'un point de vue énergétique (assainissement de l'enveloppe) doit permettre une compensation équivalente à 10% de l'énergie consommée jusqu'à maintenant.

Il rend également obligatoire l'établissement d'un **certificat énergétique cantonal des bâtiments** (CECB) à chaque transfert de propriété. Il renseigne sur l'état énergétique de l'immeuble et sur le potentiel d'amélioration de l'enveloppe et de la technique du bâtiment.

Loi fédérale (LEne 2016, 1.1.2018) et cantonale (2000, état 1.8.2013) sur l'énergie
Normes SIA 180 (2014), 380/1 (2016)
MOPEC (Modèle prescriptions énergétiques des cantons, 2014 et 2017)

Certificat énergétique cantonal des bâtiments (CECB)
romande-energie.ch/image/engagements/efficience-energetique.jpg



7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

Pour garantir le bon comportement énergétique d'un bâtiment, l'enveloppe thermique doit être clairement délimitée, ce qui n'est pas le cas dans le bâtiment de la route de Schiffenen 2. En effet, si les murs extérieurs et le radier possèdent une isolation minimale de 4 ou 8 cm, la dalle sur sous-sol et les murs du sous-sol ne sont pas isolés. L'enveloppe thermique doit également garantir une bonne étanchéité à l'air pour limiter les pertes par renouvellement d'air, ce qui n'est pas le cas des fenêtres d'origine de ce bâtiment.

Les coefficients U (estimés à l'aide du logiciel U-Wert) pour les façades du bâtiment route de Schiffenen 2 sont les suivants:

- façade en parement béton cannelé: enduit intérieur 1,5 cm / béton 14 cm / isolant Styropor 4 cm / parement en béton 10 cm -> $U = 0.84 \text{ W/m}^2\text{K}$
- façade en Eternit: enduit intérieur 1,5 cm / isolant laine minérale 8 cm / plaque Eternit 1 cm -> $U = 1.21 \text{ W/m}^2\text{K}$
- fenêtre: châssis bois/métal avec double vitrage des années 1965-1985) -> $U = 2.82 \text{ W/m}^2\text{K}$

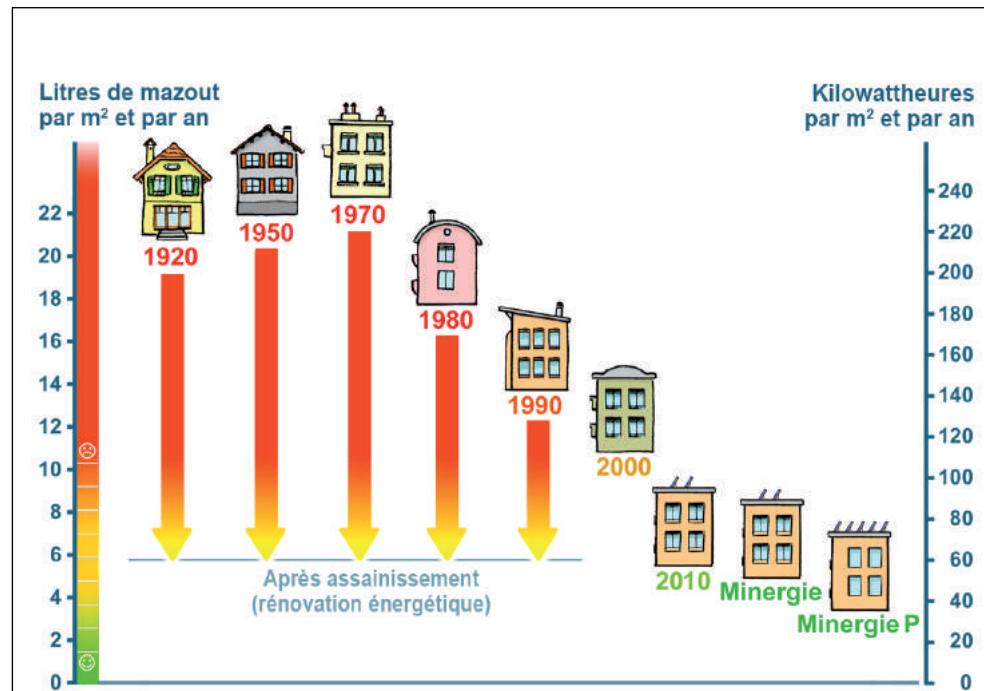
Pour rappel un coefficient U inférieur à $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ est considéré actuellement comme très bon. Supérieur à 0.5, il est insuffisant.

L'analyse du bâtiment à l'aide d'une caméra thermique et le calcul du bilan effectué au moyen d'un logiciel certifié par l'OFEN, par exemple ENERCAD, permettrait d'affiner l'analyse énergétique du bâtiment et de proposer une amélioration de l'enveloppe.

Il est à noter que, dans sa demande de renouvellement au label «Cité de l'énergie», la ville de Fribourg mentionnait en 2011 sa volonté de planifier un approvisionnement sous forme de récupération de chaleur pour le quartier des Hauts de Schiffenen, actuellement chauffé par une grande centrale à mazout.

Besoins en chaleur du bâtiment de la route de Schiffenen 2 (1979) chauffage et EC: env. **15 litres de mazout/m² an**

energie-environnement.ch/images/chauffage-1/indice-energetique-graf.gif



Le MoPEC sert de guide pour la révision des lois cantonales sur l'énergie. En se basant sur la norme SIA 380/1 (2016), il impose notamment que les besoins de chaleur - pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire - d'un bâtiment entièrement rénové selon le standard Minergie ne dépassent pas 6 litres d'équivalent mazout par m².

7. NORMES ET PRESCRIPTIONS LÉGALES

L'immeuble de la route de Schiffenen 2 est copropriétaire de la centrale de chauffage à mazout du quartier et participe à ses frais de fonctionnement à hauteur de 5.38%. Les pourcentages sont définis en fonction des surfaces brutes de plancher des différents immeubles. Les copropriétaires ont l'obligation de se fournir en énergie auprès de la centrale du quartier.

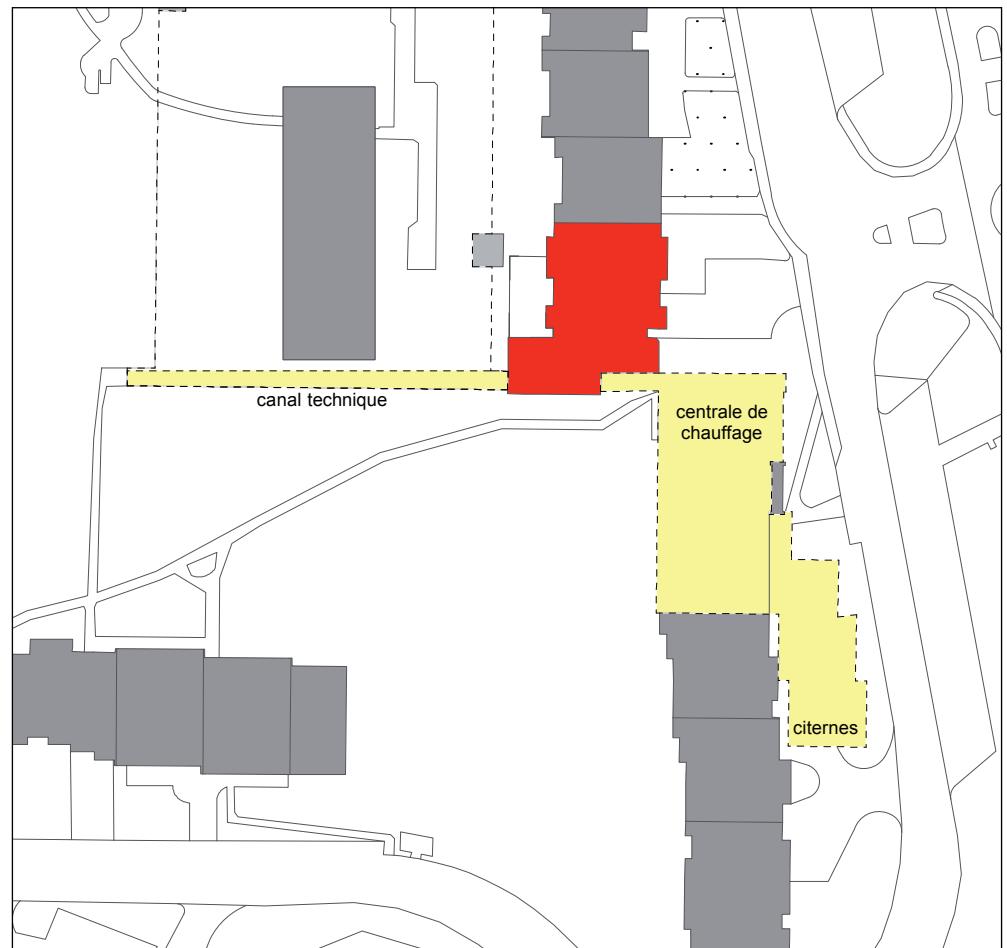
En 1979, la centrale de chauffage avait été dimensionnée pour desservir les 1'000 appartements prévus dans le PAD des Hauts de Schiffenen et était équipée de 4 citerne de 120'000 litres. Tous les immeubles prévus n'ayant pas été réalisés, seules 2 citerne sont actuellement utilisées (les 2 autres sont hors d'usage).

La consommation annuelle moyenne de la centrale de chauffage s'élève à environ 930'000 litres de mazout (pour 82'278 m² de surface brute de plancher chauffée). Pour une année, les coûts de chauffage globaux (y.c. ramonage, frais d'entretien, taxe d'épuration, révision des citerne...) s'élèvent à plus d'un million de francs (dont environ 30'000 frs uniquement pour la consommation électrique des brûleurs).

La consommation énergétique annuelle moyenne du bâtiment Schiffenen 2 s'élève à env. 60'000 litres, ce qui correspond à une consommation de 15 litres au m². Il s'agit d'une valeur courante pour les bâtiments des années 70 mais qui se situe bien au-dessus des prescriptions actuelles en matière de consommation énergétique.

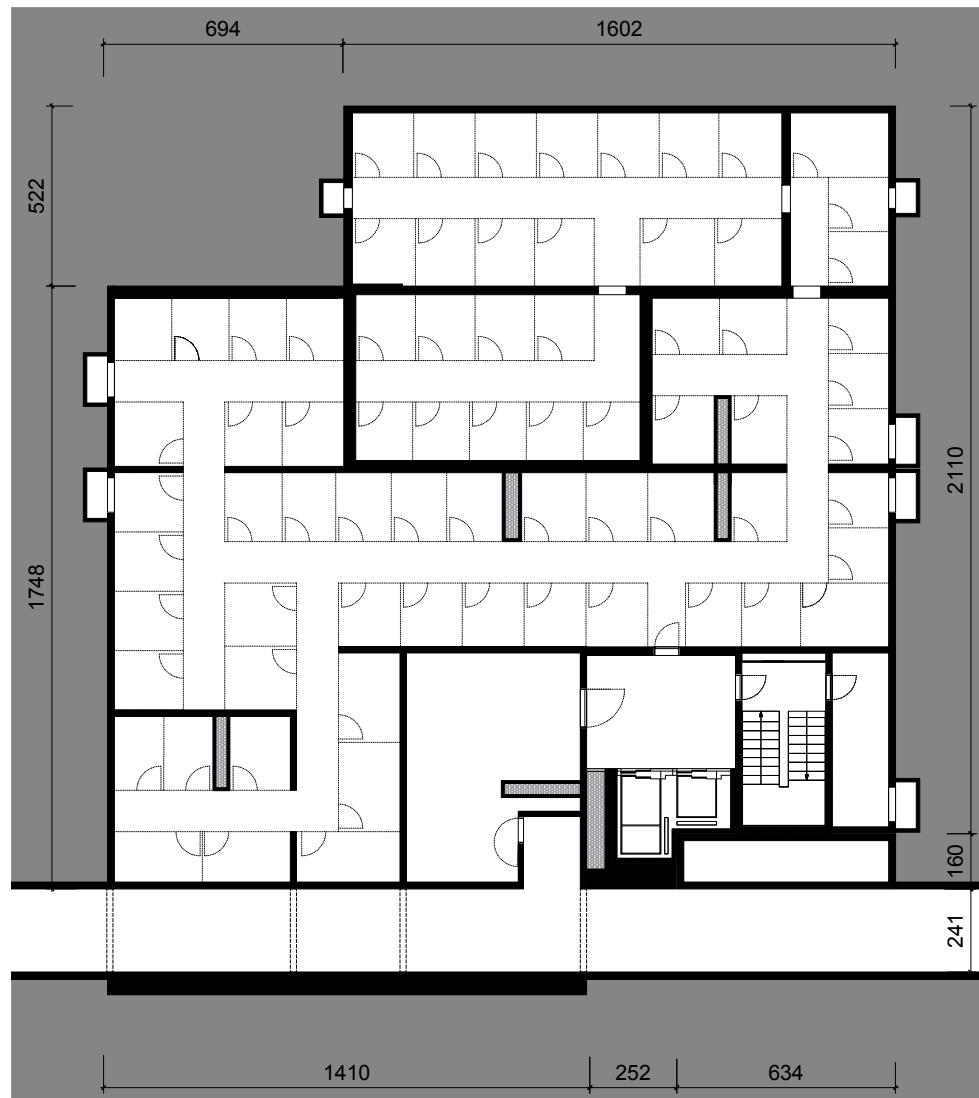
Du côté des locataires, la vétusté de l'enveloppe thermique se traduit par des charges très élevées, principalement dues aux coûts énergétiques.

Plan de situation avec, en jaune, la centrale de chauffage et le canal technique
En rouge le bâtiment de la route de Schiffenen 2



8. PLANS

PLAN DU SOUS-SOL (caves, abris de protection civile)



réduction

PLAN DU REZ INFERIEUR (entrée côté jardin)



réduction

8. PLANS

PLAN REZ SUPERIEUR (entrée côté rue)

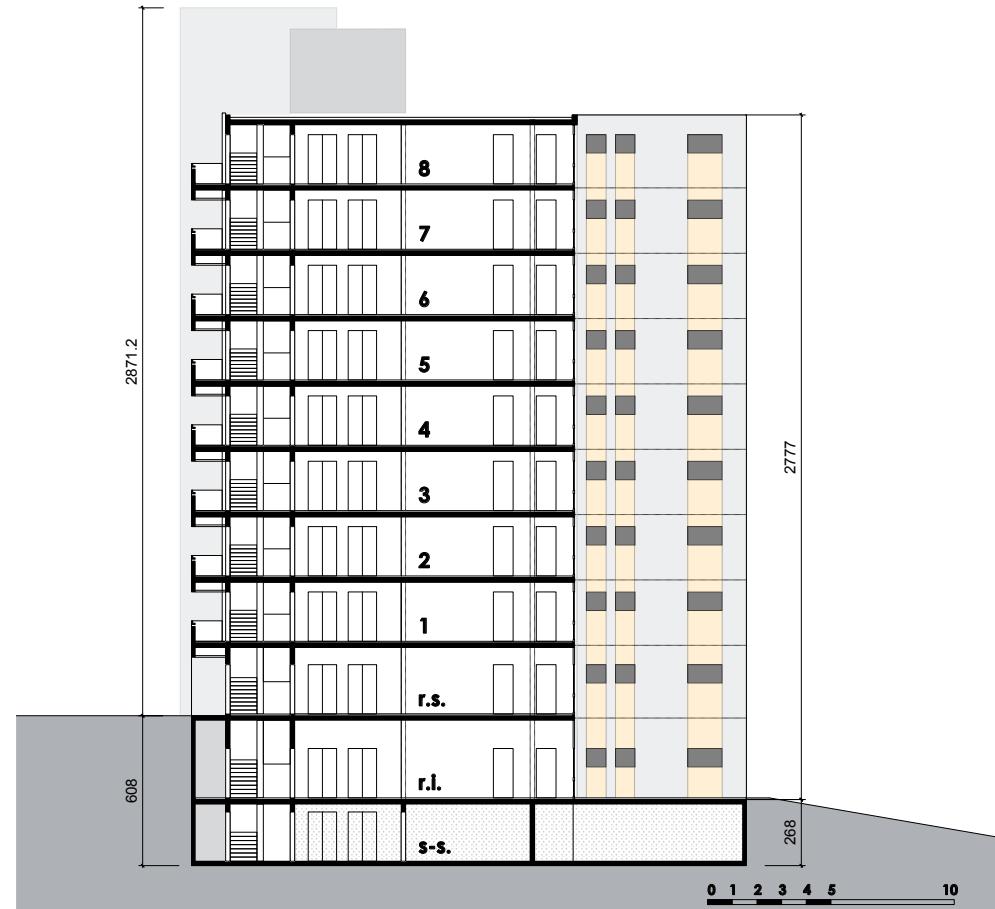


PLAN ETAGE TYPE (appartements et studios étages 1 à 8) réduction

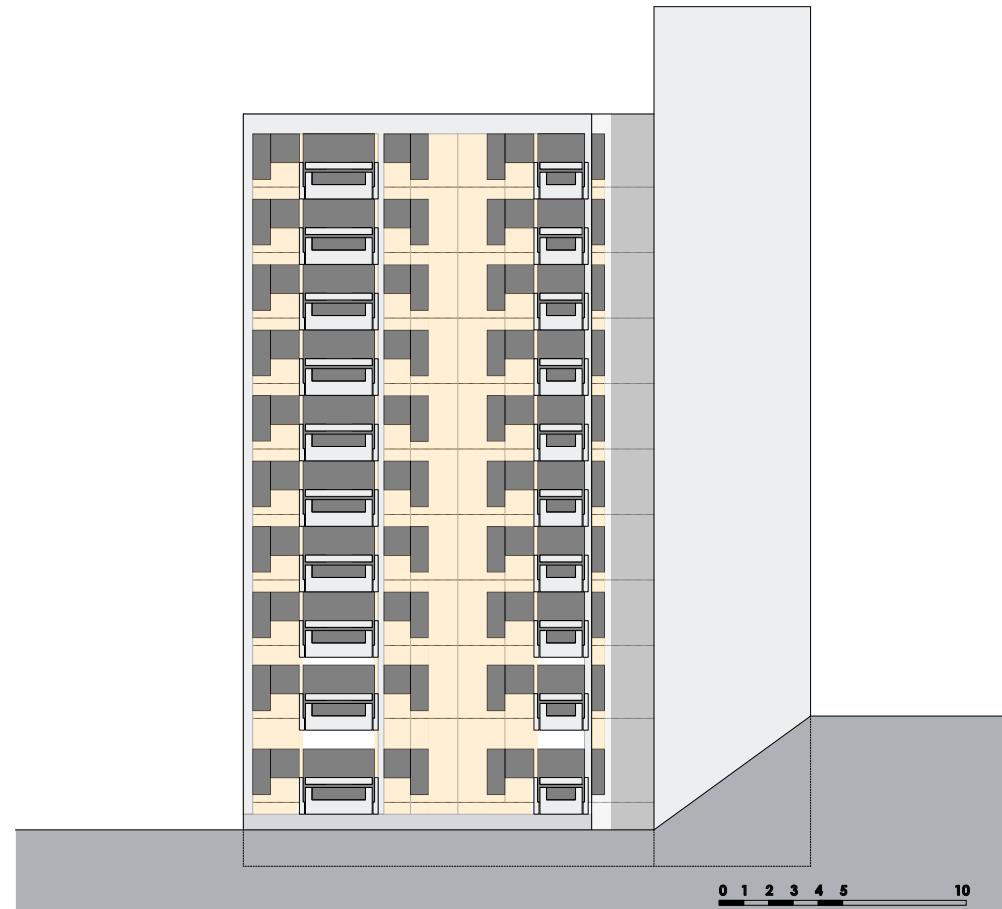


8. COUPE ET FAÇADES

COUPE TRANSVERSALE ET FAÇADE NORD



FAÇADE SUD

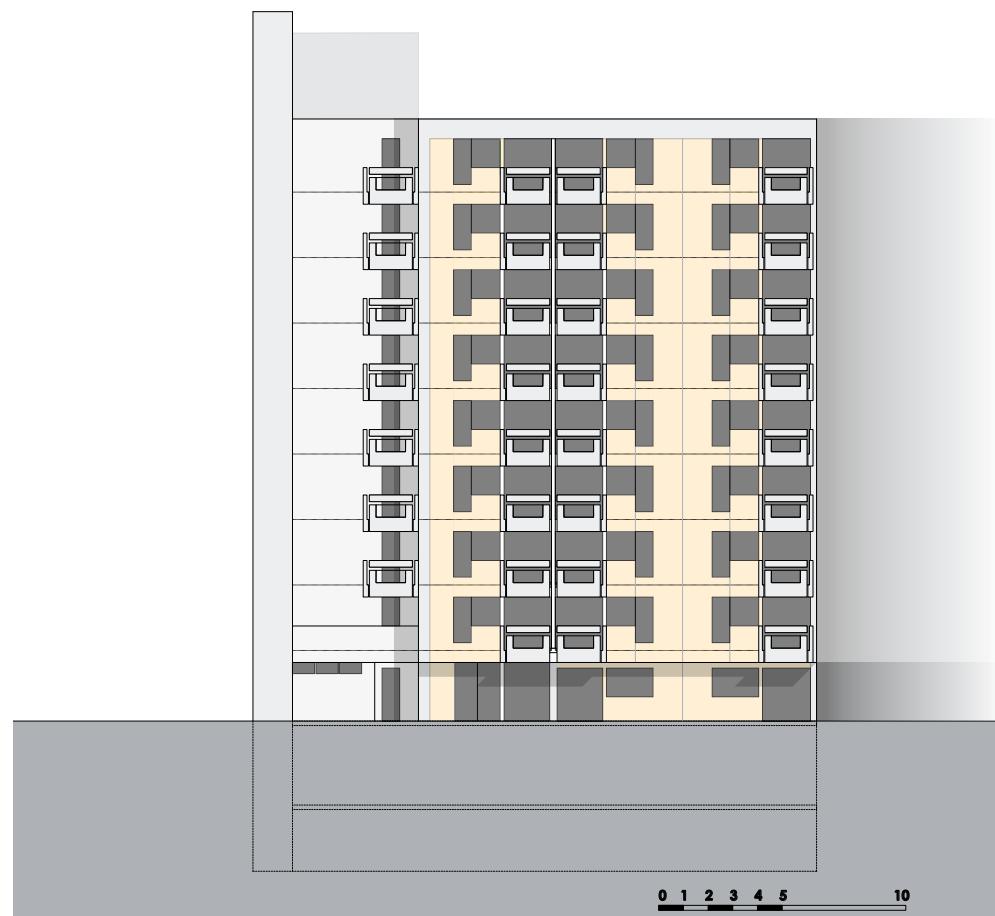


8. FAÇADES

FAÇADE OUEST (côté jardin)



FAÇADE EST (côté route)



LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL EN DROIT FRIBOURGEOIS

PAD DES HAUTS DE SCHIFFENEN QUARTIER DU SCHÖNBERG FRIBOURG



INSTITUT POUR LE DROIT SUISSE
ET INTERNATIONAL DE LA CONSTRUCTION
FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE FRIBOURG

PARTIE I - analyse juridique sous la direction du Professeur Jean-Baptiste Zufferey

TABLE DES MATIÈRES

Bibliographie.....	40
Introduction	41
1. Contexte général de l'aménagement du territoire	
1.1 Bref historique	42
1.2 Les buts de l'AT	42
1.3 Les sources de l'AT	43
1.4 Les différents instruments de l'aménagement du territoire	44
1.4.1 Les plans sectoriels.....	44
1.4.2 Les plans directeurs	44
1.4.3 Les plans d'affectation	44
1.5 Les instruments d'aménagement dans le canton de Fribourg	45
2. Le plan d'aménagement de détail "Les Hauts de Schiffenen" à Fribourg	
2.1 Élaboration du PAD (1972)	48
2.2 Modification et extension du PAD (2010)	50
2.3 Division et densification du PAD (2018)	52
3. La notion de plan de détail PAD	
3.1 Le PAD comme plan d'affectation spécial.....	56
3.2 Position du PAD dans le processus d'aménagement du territoire.....	57
3.3 Mise en œuvre	57
3.4 Stabilité des plans.....	57
3.5 Effet anticipé des plans	58

4. La nature juridique du plan d'aménagement de détail

4.1	La nature juridique du plan d'aménagement de détail	62
4.2	Les limites matérielles	62
4.2.1	Respect du droit en général	62
4.2.2	Respect de la garantie de propriété	62
4.2.3	Limites relatives aux plans en vigueur	63
4.3	Les possibilités de dérogations offertes par le PAD	63

5. Le contenu du plan d'aménagement de détail

5.1	Généralités	66
5.2	Le rapport explicatif	66
5.3	Les plans du PAD	70
5.4	Le règlement	72
5.5	Les études et rapports complémentaires spécifiques	72

6. La procédure d'approbation du plan d'aménagement de détail

6.1	Exigences du droit fédéral et particularités cantonales	77
6.2	Initiative et travaux préparatoires	78
6.3	Élaboration du projet de plan	78
6.4	Examen préalable	78
6.5	Mise à l'enquête publique (+ voie de recours: opposition)	79
6.6	Adoption du plan (+ voie de recours à la DAEC)	81
6.7	Examen final	82
6.8	Approbation du plan (+ voie de recours au TC/TF)	82
6.9	Révision du plan d'aménagement de détail	84
6.10	Abrogation du plan d'aménagement de détail	84
	Conclusion	86

BIBLIOGRAPHIE

Nathalie ADANK, Le contrat de planification: utilité, admissibilité, régime du contrat d'aménagement du territoire, thèse Faculté de droit de l'Université de Fribourg, Schulthess Editions Genève 2016

Marc-Olivier BESSE, Le régime des plans d'affectation, Schulthess Editions Genève 2010

Lukas BUHLMANN, Introduction à l'aménagement du territoire, VLP-ASPAN Association suisse pour l'aménagement national Bern 2011

Alain CHABLAIS, Protection de l'environnement et droit cantonal des constructions, Editions universitaires Fribourg 1996

Confédération suisse, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Fiche d'information "L'aménagement du territoire en Suisse", 2012

Raymond DIDISHEIM, Le permis de construire face à l'adaptation des plans et règlements en droit vaudois de la construction, Revue de droit administratif et droit fiscal Lausanne 2010

Jacques DUBEY, Jean-Baptiste ZUFFEREY, Droit administratif général, Helbing Lichtenbahn Bâle 2014

Jacques DUBEY, Avis de droit: Démocratie communale fribourgeoise: Analyse et perspectives, Fribourg 2014

Etat de Fribourg, DAEC, Service des constructions et de l'aménagement, Guide de l'aménagement local, 2013

Alexandre FLÜCKIGER, Le régime juridique des plans, Editions Staempfli + Cie SA, Berne 1996

Nicolas MICHEL, Droit public de la construction, Editions universitaires Fribourg 1996

Patrick RAMUZ, Quelques questions sensibles liées à l'application du droit fribourgeois sur l'aménagement du territoire et des constructions, Revue fribourgeoise de jurisprudence, Fribourg 2012

Thierry TANQUEREL, La participation de la population à l'aménagement du territoire, Collection juridique romande Payot Lausanne 1988

Piermarco ZEN-RUFFINEN, Christine GUY-ECABERT, Aménagement du territoire, construction, expropriation, Précis de droit Berne 2001

Jean-Baptiste ZUFFEREY, Isabelle ROMY, La construction et son environnement en droit public, PPUR Lausanne 2010

INTRODUCTION

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les particularités du plan d'aménagement de détail (PAD) dans le canton de Fribourg, afin d'évaluer sa pertinence et son utilisation pratique actuelle, ainsi que la manière dont il est appelé à évoluer, suite à la révision de la Loi fédérale sur l'Aménagement du Territoire (LAT), et à la modification de la loi cantonale (LATEC), en abordant différents aspects de cet instrument d'aménagement du territoire.

Dans un premier temps, le **contexte général de l'aménagement du territoire** en Suisse sera évoqué, en rappelant les buts et les sources de la planification territoriale. Les principaux outils mis à la disposition de la Confédération, des cantons et des communes pour organiser leur territoire seront également présentés. Il s'agit des plans sectoriels, des plans directeurs et des plans d'affectation, dont fait partie le PAD. Ceci permettra de comprendre les interactions de ces divers instruments.

La **notion de "plan d'aménagement de détail"** sera approfondie, notamment en ce qui concerne sa position dans le processus d'aménagement du territoire. Dans le canton de Fribourg, le PAD occupe, au sein de l'instrument-clé qu'est le plan d'aménagement local (PAL), une place située aux côtés du règlement communal d'urbanisme (RCU) et du plan d'affectation des zones (PAZ).

Par ailleurs, la durée des procédures de planification étant relativement longue, il sera également question de l'application des dispositions cantonales permettant d'accorder un effet anticipé au plan d'aménagement de détail.

ANALYSE JURIDIQUE

Il faudra également évoquer la **nature juridique** des plans en général, et du PAD en particulier. Ceci permettra de s'interroger sur les problèmes juridiques qu'il engendre, notamment en raison de la possibilité qu'il offre de déroger au plan d'affectation des zones.

La présentation de l'un des plus anciens PAD de la commune de Fribourg, le PAD des Hauts-de-Schiffenen élaboré en 1972, étayera cette étude par un exemple concret. Ce qui permettra également de présenter en détail le **contenu** et la **procédure d'adoption** des PAD dans le canton de Fribourg,

Cette analyse juridique s'attache essentiellement à la période allant de la planification à l'entrée en vigueur du PAD, sans aborder la phase de sa mise en œuvre. Celle-ci se fait généralement par le biais d'un remaniement parcellaire où les droits et servitudes sont traités et les valeurs des terrains de tous les propriétaires prises en compte. Dans les cas extrêmes, le recours à une expropriation peut être envisagé.

1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

1.1 BREF HISTORIQUE

L'aménagement du territoire en Suisse date du 20ème siècle. Les premiers plans sont apparus entre les 2 guerres. L'aménagement au niveau cantonal s'est développé après la seconde guerre mondiale. Au niveau national, les Suisses ont adopté en 1969 le premier article constitutionnel établissant le principe d'une utilisation judicieuse et mesurée du sol et d'une occupation rationnelle du territoire.

Ce n'est que 10 ans plus tard, en 1979, que la Confédération concrétise son mandat constitutionnel en adoptant la Loi d'aménagement du territoire (LAT).

La mise en œuvre de la LAT, tant dans les cantons que dans les communes, a été un travail de longue haleine: 10 ans supplémentaires ont été nécessaires pour que soient établis des plans directeurs et des plans d'affectation respectant les exigences fédérales.

Alors que les premières règles de construction s'attachaient aux bâtiments à proprement parler (Bauplanung), l'aménagement du territoire a par la suite cherché à agir à une échelle supérieure: celle du quartier, de la ville, du canton, jusqu'à celle du territoire suisse dans sa totalité (Raumplanung).

Dans ce contexte d'aménagement global, le plan d'aménagement de détail permet de concrétiser, dans un périmètre restreint et en collaboration avec les propriétaires concernés, certaines options établies à plus grande échelle. Il permet par exemple de densifier un territoire de manière attractive, en proposant des solutions alternatives à la villa individuelle, en permettant la mixité des affectations ou en favorisant la mobilité douce et le rattachement aux transports en commun.

1.2 LES BUTS DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Les buts de l'aménagement du territoire sont énoncés à l'art. 1 al. 1 LAT qui assigne trois buts généraux à la Confédération, aux cantons et aux communes:

1. assurer une utilisation mesurée du sol
2. coordonner leurs activités
3. assurer un développement harmonieux du pays

L'art. 1 al. 2 énonce les objectifs à atteindre, notamment: "*créer un milieu bâti compact*" et "*orienter le développement de l'urbanisation vers l'intérieur du milieu bâti...*" mais précise également "...en maintenant une **qualité** de l'habitat appropriée".

Pour atteindre ces buts, la loi impose aux autorités de suivre certaines procédures de planification afin d'adopter des "plans d'aménagement". Ainsi l'art. 2 al 1 LAT indique que pour les tâches ayant "*des effets sur l'organisation du territoire, la Confédération, les cantons et les communes établissent des plans d'aménagement en veillant à les faire concorder*".

L'art.1 al. 1 de l'ordonnance fédérale sur l'aménagement du territoire OAT donne la définition des "*activités ayant des effets sur l'aménagement du territoire*": ce sont "*les activités qui modifient l'utilisation du sol ou l'occupation du territoire*". L'établissement ou l'approbation de plans (let. a) ou encore l'octroi d'autorisations concernant des constructions ou des installations touchant l'utilisation du sol (let. c) font partie de ce type d'activités.

1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

1.3 LES SOURCES DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'aménagement du territoire procède à une répartition fédéraliste des tâches; il est à la fois du ressort de la Confédération, des cantons et des communes.

Les bases légales fédérales et cantonales en vigueur en matière d'aménagement du territoire sont les suivantes:

1. la Constitution fédérale suisse du 18 avril 1999 (Cst.)

état le 1^{er} janvier 2018

La législation en matière d'aménagement du territoire trouve son fondement direct à l'art. 75 Cst: "La Confédération fixe les principes applicables à l'aménagement du territoire. Celui-ci incombe aux cantons et sert une utilisation judicieuse et mesurée du sol et une occupation rationnelle du territoire."

Il faut également citer l'art 26 Cst. qui garantit la propriété. En effet les mesures prises, à des fins d'intérêt public, par les autorités en matière d'aménagement du territoire ont un impact important sur le droit de propriété des particuliers. Chaque zone est régie par des normes qui prescrivent de manière impérative les genres de constructions admises. Lorsqu'elles sont particulièrement graves, ces atteintes à la propriété appellent une compensation (art. 26 al.2 Cst.).

2. la législation fédérale

- Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT), état le 1^{er} janvier 2018
- Ordonnance fédérale du 28 juin 2000 sur l'aménagement du territoire (OAT), état le 1^{er} janvier 2016

La LAT est une loi qui se limite aux principes en prévoyant l'obligation de planifier et les types de zones pouvant être attribuées aux parcelles. Elle fixe également des règles régissant les procédures d'adoption et de modification, telle l'obligation de consulter la population. La LAT est complétée par une ordonnance et certaines lois annexes.

3. la législation cantonale fribourgeoise

Selon l'article 36 al. 1 LAT, les cantons ont l'obligation d'édicter les prescriptions nécessaires à l'application de la législation fédérale. Le canton de Fribourg dispose depuis 1983 de la LATeC, révisée en 2008 complétée par son règlement d'exécution.

- Loi du 2 décembre 2008 sur l'aménagement du territoire et les constructions (LATeC), état le 1^{er} janvier 2018
- Règlement du 1er décembre 2009 d'exécution de la loi sur l'aménagement du territoire et les constructions (ReLATeC), état le 1^{er} janvier 2018

4. la réglementation communale

Les communes décident souverainement de l'affectation des parcelles de leur territoire aux différentes catégories de zones. Elles sont également chargées de définir le contenu des zones par le biais d'un règlement d'urbanisme (RCU).

1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

1.4 LES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'activité administrative en général est définie et mise en œuvre par la **loi** et la **décision**. En aménagement du territoire, la loi (LAT) contient les buts mais ne se prononce pas sur la manière d'atteindre ces objectifs. Pour mettre en relation les principes énoncés et les particularités du territoire, il est nécessaire de passer par un troisième instrument, **le plan**. Les plans sont des actes intermédiaires qui ne peuvent être complètement rattachés ni à l'acte législatif, ni à l'acte administratif (voir chapitre 4: nature juridique du PAD). Ils prennent souvent la forme d'une carte et d'un texte et constituent une image (un instantané) du processus dynamique de planification.

Les instruments de l'AT prévus par la loi fédérale sont les suivants:

Confédération	> conception et plan sectoriel / "Sachpläne"
Canton	> plan directeur cantonal / "Richtpläne"
Commune	> plan d'affectation communal / "Nutzungspläne"

1.4.1 Les plans sectoriels

Les plans sectoriels (art. 13 LAT) n'existent qu'au niveau du droit fédéral. Le sol appartenant aux communes et aux cantons, la Confédération oblige les cantons à tenir compte de certaines activités spécifiques par le biais des plans sectoriels. Il existe de nombreux plans sectoriels traitant de domaines variés: infrastructures aéronautiques, voies navigables, Rail 2000, gestion des déchets nucléaires...

En plus des plans sectoriels de compétence fédérale, la LAT institue deux sortes de plans relevant de la compétence des cantons et des communes: les plans directeurs (art. 6 ss LAT) et les plans d'affectation (art. 14 ss LAT).

1.4.2 Les plans directeurs cantonaux

L'aménagement du territoire incombe principalement aux cantons. Ils établissent un **plan directeur cantonal**, à l'aide duquel ils planifient l'ensemble de leur territoire. Ce plan contient les directives relatives au développement de l'urbanisation et des infrastructures de transport, à la protection du paysage, à l'occupation du territoire et à l'établissement des plans d'affectation. Le plan directeur cantonal est contrôlé par les autorités fédérales et soumis à l'approbation du Conseil fédéral. Il est doté de la **force obligatoire pour les autorités** (art. 9 LAT). Ils n'ont en revanche aucune force contraignante pour les administrés car ceux-ci ne sont pas directement touchés dans leurs droits par l'adoption de tels plans.

1.4.3 Les plans d'affectations communaux

La loi fédérale demande aux autorités de répartir le territoire en zones (art. 15 à 18 LAT), en fonction de l'utilisation du sol qui semble la plus adéquate. Ceci conduit à la création des plans d'affectation qui constituent les derniers maillons de la chaîne puisqu'ils allouent chaque parcelle du sol suisse à une certaine utilisation (logement, agriculture, activités commerciales et industrielles zone de protection...). L'élaboration des plans d'affectation incombe généralement aux communes car elles bénéficient d'une bonne connaissance des spécificités locales. Les plans d'affectation sont soumis à l'approbation du canton car ils doivent être conformes à ceux adoptés par les autorités supérieures. **Ils ont force contraignante pour les autorités et les propriétaires fonciers.**

Les plans d'affectation sont constitués de 2 éléments centraux:

- le plan-carte (dessin des secteurs)
- le règlement (RCU) qui précise ce qu'il est possible de faire dans chaque secteur du plan.

1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

1.5 LES INSTRUMENTS DE L'AMÉNAGEMENT DANS LE CANTON DE FRIBOURG

La révision de la LAT a donné lieu à diverses adaptations des instruments d'aménagement du territoire dans le canton de Fribourg:

A. **modifications de la loi cantonale (LATEC)**, visant à lutter contre le mitage du territoire et la thésaurisation des terrains. Elles portent sur l'introduction d'une taxe sur la plus-value ainsi que sur la gestion de la zone à bâtir, concrétisant notamment l'obligation de construire prévue à l'art. 15a LAT. Concernant les PAD, la révision de la LATEC introduit principalement trois nouveautés:

- l'obligation de définir les objectifs du PAD obligatoire dans le RCU
- la nécessité de prendre en considération les nouvelles notions de l'AIHC dans la réglementation du PAD
- l'obligation de réexaminer si le maintien de PAD légalisés est nécessaire en cas de révision générale du PAL.

Il est à relever que l'article 63a de la LATEC introduit un nouvel outil de mise en œuvre de la LAT appelé "**Plan d'aménagement de détail-cadre**" destiné à mieux gérer l'urbanisation par exemple dans les cas de densification ou de requalification du tissu bâti existant en milieu urbain.

Il offre aux communes une possibilité supplémentaire de maîtriser le développement d'un **secteur de grande ampleur** en permettant de coordonner l'urbanisation, l'environnement et la mobilité d'un secteur urbain étendu.

B. **révision totale du plan directeur cantonal (PDCant)**. Les lignes directrices de la révision du plan directeur cantonal suivent la stratégie d'urbanisation fixée par le Grand Conseil dans son décret du 2 février 2016: privilégier les zones existantes, densifier vers l'intérieur et garantir la mobilité.

Le PDCant révisé a été mis en consultation publique du 10 novembre 2017 au 10 janvier 2018. Parallèlement il a été présenté à la population à l'occasion de séances d'informations publiques dans les différents districts du canton. Son adoption par le Conseil d'Etat est prévue en octobre 2018 et son approbation par le Conseil Fédéral en mai 2019.

C. **révision générale du plan d'aménagement local (PAL)**

Le PAL en vigueur en Ville de Fribourg date de 1992. Instrument légal de plus de 15 ans, il est désormais obsolète et ne répond plus aux enjeux actuels et futurs de la Ville. En effet, selon les prévisions, environ onze mille nouveaux habitants sont attendus en ville de Fribourg à l'horizon 2030. L'un des enjeux de la révision du PAL, qui sert de base au développement de la capitale fribourgeoise, est de concilier cette croissance démographique importante avec la préservation de la qualité de vie en ville, en particulier dans les domaines de l'habitat, des emplois, de l'énergie ou de la mobilité.

Selon le calendrier actuel la mise à l'enquête du PAL est prévue en 2018 et son entrée en force en 2019.

1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Le futur PAL de la ville de Fribourg contient entre autres les intentions de planification suivantes:

- compléter le tissu existant en comblant les "trous" en ville, en construisant en hauteur ou en densifiant les zones de villas actuelles.
- construire dense sur des terrains encore non bâties comme le secteur des Hauts de Schiffenen qui s'y prête particulièrement.
- favoriser la mixité afin de créer une vie locale. Des commerces et autres activités devraient accompagner les nouveaux logements afin d'éviter de créer des cités-dortoirs. La qualité des espaces extérieurs et des paysages ainsi que la qualité de la construction et de la composition urbaine joue également un rôle important.

Le PAL est l'instrument-clé de l'aménagement au niveau des communes fribourgeoises. Il est constitué des éléments suivants:

1. un **dossier directeur** comprenant:

- le plan directeur communal (**PDCom**) composé de plusieurs "plans d'action" qui fixent les objectifs de la commune en matière d'utilisation du sol, de ressources du sous-sol, de mobilité, de sites, de paysages et d'énergie.
- le programme d'équipement qui indique à quel moment et avec quels moyens financiers la collectivité publique équipera les terrains probablement nécessaires à la construction pour les quinze ans à venir.

2. un **dossier d'affectation** se composant:

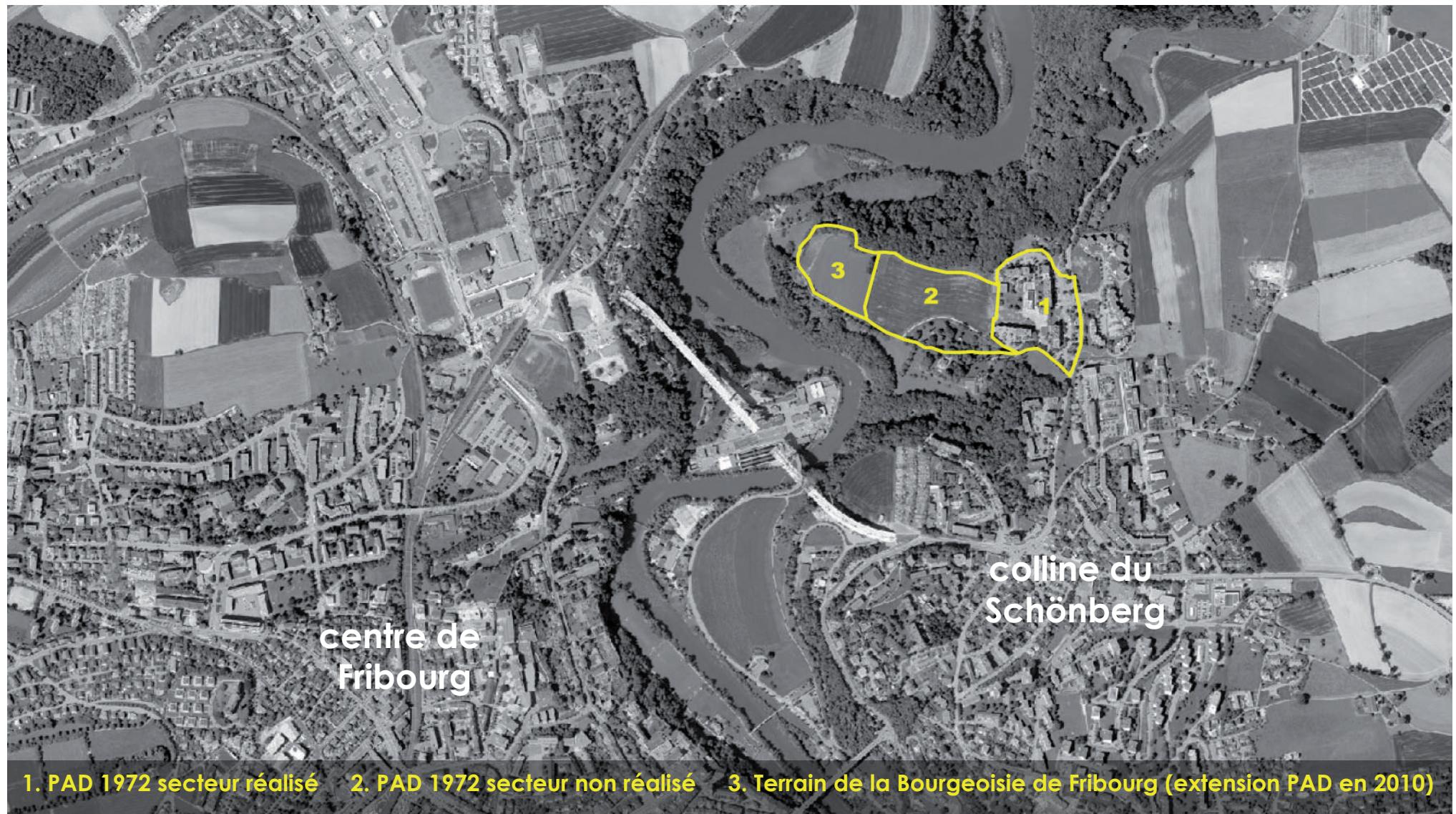
- du plan d'affectation des zones (**PAZ**) qui donne, en combinaison avec le règlement communal d'urbanisme, toutes les informations ayant des conséquences sur l'utilisation des parcelles.
- du règlement communal d'urbanisme (**RCU**) fixant les règles de droit public qui doivent être appliquées par le conseil communal dans le cadre des demandes de permis de construire; le recours à la dérogation devant rester l'exception.
- d'éventuelles études complémentaires

3. les **éventuels plans d'aménagement de détail** (PAD) et plans d'alignement existants.

- Le **PAD** contient des prescriptions relevant du droit public de l'aménagement et des constructions, pour un périmètre défini de la zone à bâtir d'une commune. Il fixe de manière détaillée les droits et les obligations des propriétaires et des autorités.

Une seule et même procédure, prévue aux articles 77ss LATeC et 30ss ReLATeC, est applicable aux plans et au règlement constituant le PAL.

SITUATION DU PAD "HAUTS DE SCHIFFENEN" AU NORD-EST DE FRIBOURG



2. LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN" A FRIBOURG

2.1 ÉLABORATION DU PLAN EN 1972

En décembre 1971, l'hoirie Esseiva, propriétaire d'un terrain situé dans le quartier du Schönberg au nord-est de la commune de Fribourg et un groupe de caisses de pension de grandes entreprises suisses décident de construire un ensemble d'habitations sur les terrains du Windig. Il s'agit d'une belle parcelle descendant en pente douce vers le sud, bordée par une forêt qui fait la transition entre le plateau du Windig et le lac de Schiffenen, environ 60 mètres plus bas.

Réalisé par le bureau d'architecte Philippe Joye de Genève, un plan de quartier est mis à l'enquête du 24 juillet au 23 août 1972. Malgré la nécessité de l'octroi d'une dérogation en raison de la hauteur des bâtiments prévus (entre 1 à 9 niveaux) dépassant les 2 étages sur rez inscrits dans le plan d'aménagement général du Schönberg, le plan de quartier n'a rencontré aucune opposition et a été approuvé par le Conseil d'Etat le 19 décembre 1972.

Une grande partie des réflexions contenues dans le PAD de 1972 concerne des thèmes toujours bien présents dans l'aménagement du territoire actuel.

Mixité. Les bâtiments à vendre et à louer offrent une grande variété d'appartements (1.5 à 5.5 pièces). Un immeuble de 72 petits appartements prévus essentiellement pour les personnes âgées ainsi que quelques maisonnettes permettent de constituer une population diversifiée (âge, structure familiale, forme de propriété et revenus). Afin de compléter les infrastructures du quartier il est prévu un magasin, un bistrot de quartier, quelques bureaux et une école enfantine.

Energie. La conception centralisée du chauffage permet de rationaliser l'exploitation et concentre les chaudières à mazout en un seul endroit. La chaufferie est dimensionnée pour desservir environ 1000 appartements.

Aménagements extérieurs. Les habitations sont prolongées par des espaces extérieurs de qualité (promenades en forêt, places de jeux pour les enfants, tables de ping-pong...).

Stationnement. Deux cents places de parc sont réparties dans des garages souterrains. Les places de parc placées en surface seront engazonnées afin de réduire au maximum les zones asphaltées.

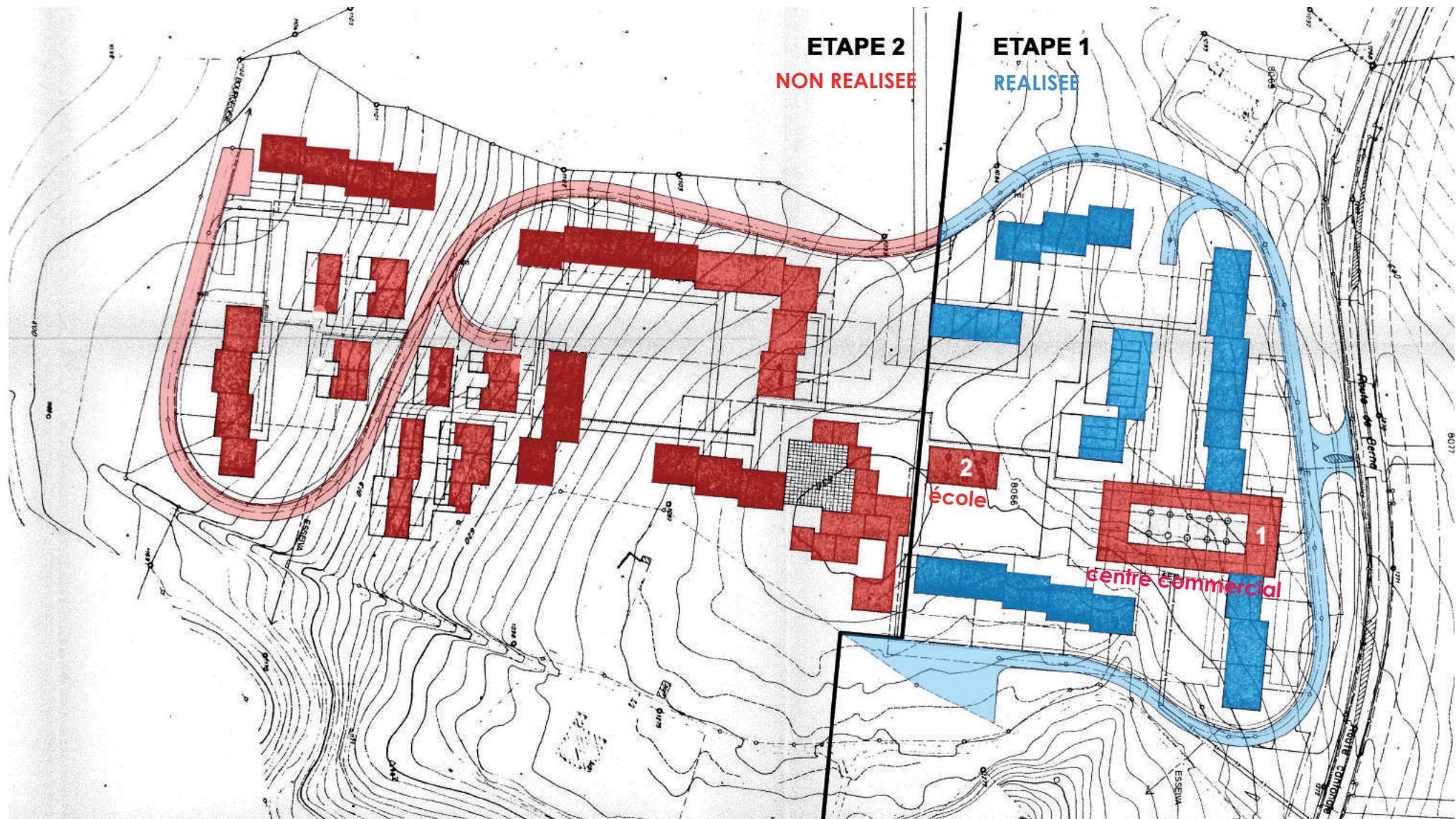
Transports en commun. Un giratoire est prévu pour permettre aux autobus de desservir le quartier.

En 1986 le nouveau plan d'aménagement local de la ville (PAL) de Fribourg prévoit l'abrogation du plan de quartier des Hauts de Schiffenen. L'hoirie Esseiva s'y oppose et le plan de 1972 est maintenu.

Le 16 octobre 1991 le Service des constructions et de l'aménagement (SeCA) a dû **confirmer** le plan de quartier "Les Hauts de Schiffenen". Cette procédure a été rendue nécessaire en raison d'une confusion dans l'intitulé des documents de 1972. En effet les documents transmis par la commune de Fribourg à la Préfecture de la Sarine le 24 octobre 1972 s'intitulaient "plan de zone partiel le Windig" et "plan d'aménagement de détail les Hauts de Schiffenen" alors que l'arrêté du Conseil d'Etat porte approbation du "plan d'aménagement partiel le Windig".

LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN"

1972



2. LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN" A FRIBOURG

2.2 MODIFICATION ET EXTENSION DU PAD EN 2010

Le plan de quartier de 1972 prévoyait un ensemble de 600 logements, réalisés en deux étapes successives. Toutefois seule la première phase et l'un des trois parkings souterrains projetés ont été réalisés, et cela dans des délais beaucoup plus longs que prévus. Le centre commercial qui complétait les infrastructures n'a quant à lui pas été construit.

Le quartier existant regroupe environ 260 appartements qui connaissent des taux de vacance élevés depuis quelques années. C'est un quartier voué essentiellement au logement collectif de location, déconnecté du reste de la ville de Fribourg. Pourtant la position du quartier à proximité de la campagne et les nombreux dégagements paysagers confèrent au site de belles qualités.

En 2002, trente ans après la mise à l'enquête du premier plan de quartier, les propriétaires des terrains, décident de relancer la réflexion sur le secteur en attente et demandent la **modification** du PAD. Exigée par la ville de Fribourg et condition préalable à la valorisation des terrains, cette modification se justifie par l'obsolescence du PAD en vigueur qui ne répond plus aux exigences, tant environnementales qu'urbanistiques.

Un avant-projet est réalisé en 2004 par le bureau LVPH architectes et présenté au service de l'Edilité de la ville de Fribourg. Il prévoit la construction d'un ensemble de logements à moyenne densité (ius: 0.6). Après discussions, l'Edilité demande d'intégrer dans la modification du PAD les terrains de la bourgeoisie situés à l'ouest de la parcelle.

L'**extension** du périmètre du PAD permet d'harmoniser l'urbanisation et d'assurer la cohérence de 2 zones résidentielles situées l'une à côté de l'autre. La superficie totale des terrains concernés est alors de 13.6 ha dont 4.5 sont déjà urbanisés. Pour ce dernier secteur le règlement de 1972 reste en vigueur.

En juillet 2006, une demande préalable pour la modification et l'extension du PAD est déposée à la commission d'aménagement.

En juin et juillet 2008 le projet de PAD est présenté aux propriétaires de la phase I puis aux habitants du quartier.

En 2010, le projet de PAD prévoit de diversifier les types d'appartements avec pour objectif d'introduire une certaine mixité des habitants. Ceci permet d'augmenter l'attractivité de la zone déjà urbanisée, en proie à une dégradation croissante due à la vétusté des immeubles et au manque d'infrastructures.

La modification et l'extension du PAD "Les Hauts de Schiffenen" sont adoptées par le conseil communal le 27 janvier 2009 et approuvées par la Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (DAEC) le 18 novembre 2010.

PÉRIMÈTRE DU PAD DES "HAUTS DE SCHIFFENEN"



- Périmètre PAD Hauts de Schiffenen
- Zone déjà urbanisée "Est"
- Zone à urbaniser "Ouest" (haute densité)
- Zone de verdure (faible densité)
- Zone d'intérêt public
- Château du Windig

2. LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN" A FRIBOURG

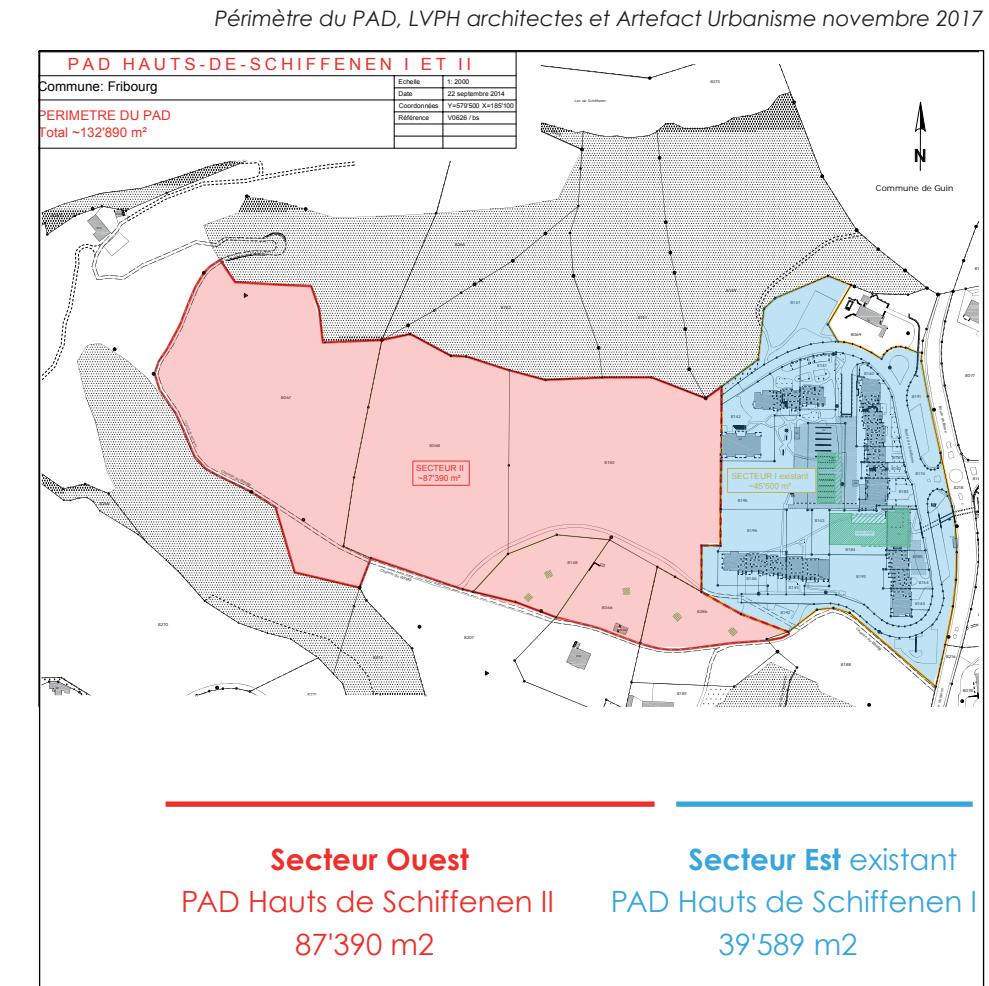
2.3 DIVISION ET DENSIFICATION DU PAD EN 2018

L'entrée en vigueur le 1er janvier 2010 de la nouvelle LATeC nécessite une nouvelle adaptation du PAD demandée par la commune de Fribourg afin de tenir compte de la valeur des indices bruts d'utilisation du sol (IBUS) qui remplacent les anciens indices d'utilisation du sol (IUS) et impliquent une modification du calcul des surfaces de plancher. Les nouveaux indices sont calculés conformément aux dispositions de l'art. 8.2 de l'accord intercantonal harmonisant la terminologie dans les domaines des constructions (AIHC) du 2 septembre 2008.

Le secteur déjà construit nécessite également une **adaptation du PAD** afin de régler les problèmes de répartition des droits à bâtir entre les différents secteurs constructibles. Pour procéder à cette modification, il est nécessaire d'attendre l'**adaptation du RCU à la nouvelle LATeC**. Ce processus étant lui-même lié à la **révision du PAL** de la ville de Fribourg, actuellement en cours.

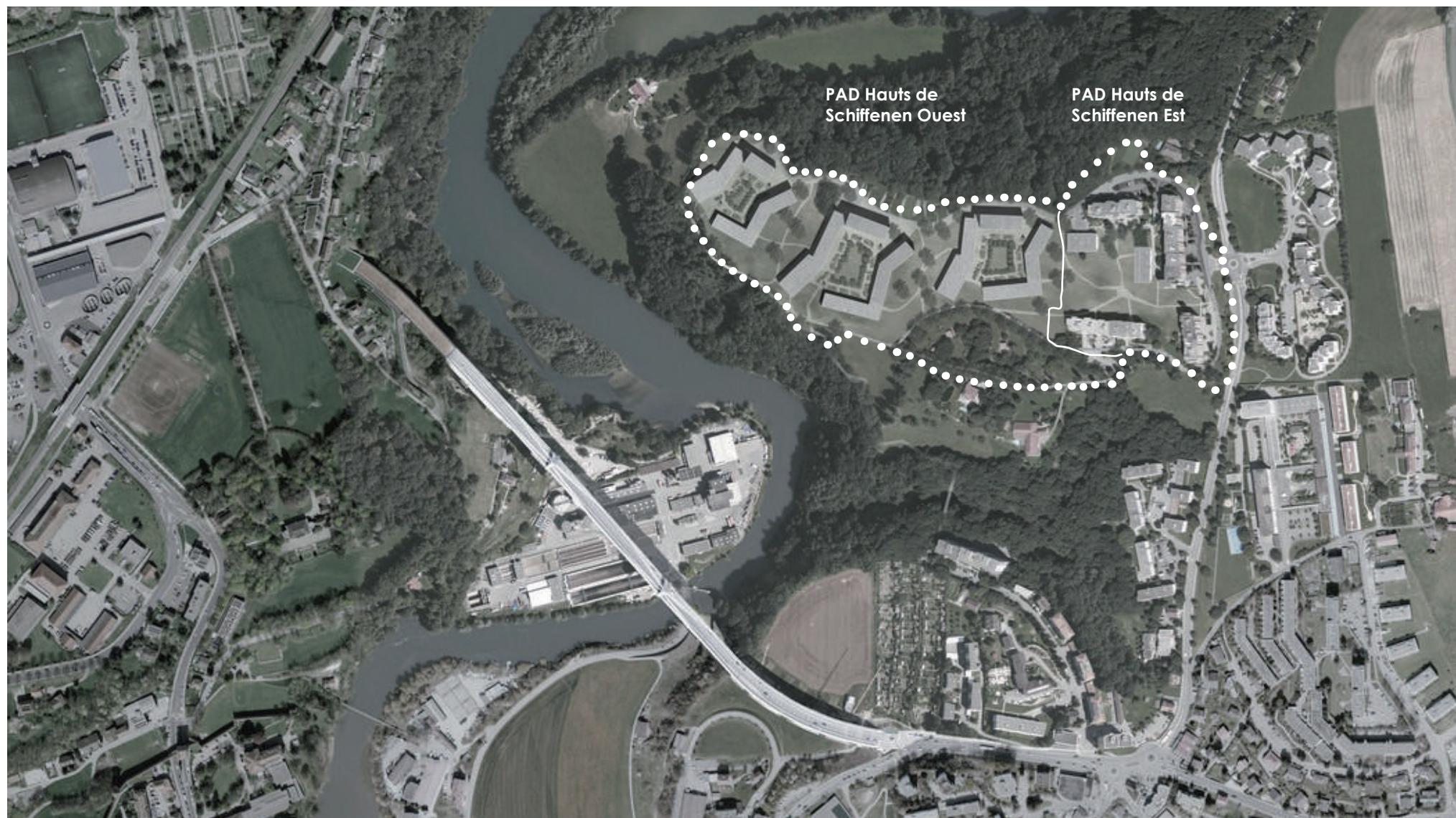
Compte tenu des différences de problématiques entre les deux secteurs et afin de permettre la mise à l'enquête du nouveau quartier des Hauts de Schiffenen sans attendre la mise à niveau du dossier du secteur déjà réalisé, le Conseil communal a décidé, en date du 18 mars 2016, de séparer le PAD en 2 PAD distincts: "Les Hauts de Schiffenen Est" pour la partie déjà réalisée et "Les Hauts de Schiffenen Ouest" pour la partie encore libre.

La séparation de ces 2 secteurs a fait l'objet d'une procédure de mise à l'enquête, du 2 décembre 2017 au 16 janvier 2018, simultanément à la modification du PAZ et à la mise à l'enquête du PAD "les Hauts de Schiffenen Ouest".



DIVISION ET DENSIFICATION DU PAD "HAUTS DE SCHIFFENEN OUEST"

2018



LVPH architectes et Artefact Urbanisme novembre 2017

2. LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN" A FRIBOURG

A. MODIFICATION DU PLAN DES ZONES ZRU III ET MODIFICATION DU PAD 1.03 ter "les Hauts de Schiffenen Ouest"

Dans le cadre de la révision générale de son PAL, le Conseil communal de la Ville de Fribourg souhaite utiliser son territoire de manière plus dense. En effet la LAT oblige à construire vers l'intérieur et à densifier. A Fribourg, la démographie continue de croître et il n'y a plus beaucoup de parcelles disponibles. Il a donc été décidé d'apporter une modification au PAZ afin de placer la totalité du PAD en zone résidentielle urbaine à forte densité (ZRU III).

Le PAD prévoit la réalisation de trois grands îlots d'immeubles avec des plateaux aménagés en jardins arborisés en leur centre et des prairies en pente parcourues de chemins pédestres. Pour atteindre la densité souhaitée, les bâtiments ont une hauteur de 8 à 10 étages maximum.

Sous réserve du temps nécessaire au traitement des oppositions, l'approbation du PAD par le canton est attendue pour le milieu de l'année 2018. La construction de chaque îlot prendra 2 ans et demi. L'ensemble devrait être terminé d'ici une dizaine d'années.

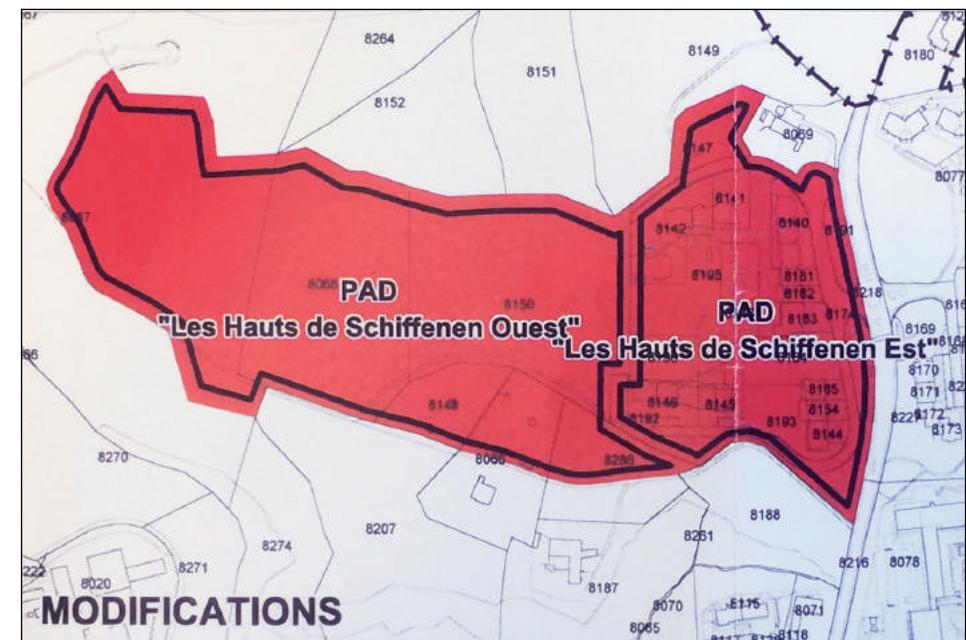
"Les Hauts de Schiffenen Ouest" en quelques chiffres:

Surface du terrain: 87'390 m²

Surface de plancher: 144'500 m² soit environ 1'000 logements

Equivalents IBUS: 2.3 (sans la zone du parc du Windig)
2.07 pour l'ensemble du PAD

plan des zones modifié, extrait du rapport explicatif de la modification du PAZ, 14.11.2017
Artefact Urbanisme Fribourg



2. LE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL "HAUTS DE SCHIFFENEN" A FRIBOURG

B. DENSIFICATION DU PAD "Les Hauts de Schiffenen Est"

Le PAD "Les Hauts de Schiffenen Est" comprend le secteur déjà construit, à l'intérieur duquel les droits à bâtir doivent être adaptés aux nouvelles dispositions de la LATeC, de manière à permettre la réalisation d'une densification souhaitée dans le cadre de la révision du PAL. En effet, les dernières constructions à réaliser nécessitent des surfaces de plancher supérieures à celles résultant du PAD de 1972. La répartition de ces nouveaux droits à bâtir sur les différentes parcelles requiert l'accord des propriétaires concernés et doit faire l'objet de négociations.

En l'état actuel des réflexions (janvier 2018), deux nouvelles constructions de 8 étages sont projetées côté ouest (Oranne 1 et 2), et une tour de 18 étages à l'emplacement du centre commercial non réalisé (Eva). Une surélévation de 2 niveaux est envisagée sur les bâtiments existants.

"Les Hauts de Schiffenen Est" en quelques chiffres:

Surface du terrain: 39'589 m²

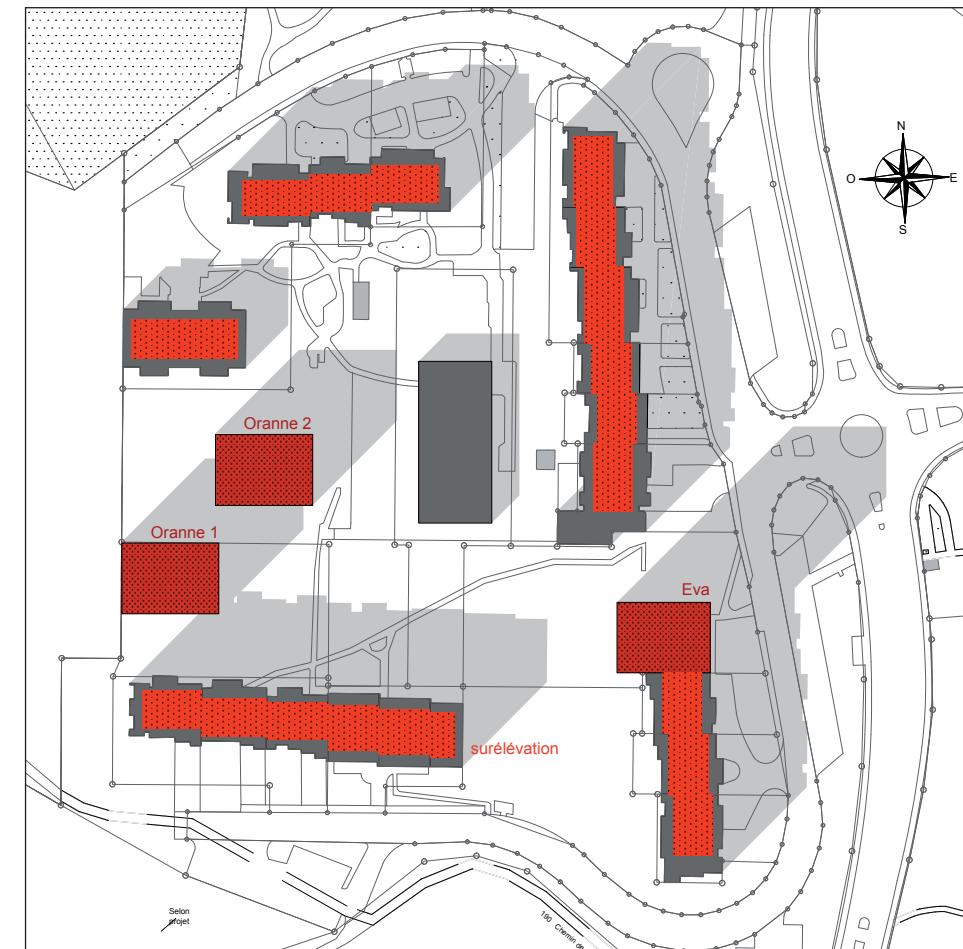
Surfaces de plancher existantes: 56'900 m² (env. 400 logements)

Equivalent IBUS existant: 1.44

Surfaces de plancher projetées: 41'900 m² (env. 105 logements)

Equivalent IBUS projeté: 2.25

Plan illustratif des constructions projetées en vue de densifier la zone Est (étude en cours, état janvier 2018)



3. LA NOTION DE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL (PAD)

3.1 LE PAD COMME PLAN D'AFFECTATION SPÉCIAL

Pour atteindre les buts de l'aménagement du territoire inscrits dans la loi, il est parfois nécessaire de disposer de plans plus précis que le plan de zones. En effet celui-ci ne tient pas compte de toutes les situations particulières qui peuvent se présenter. Les cantons ont dès lors le devoir de prévoir un instrument intermédiaire, appelé plan d'affectation spécial (*Sondernutzungsplan*), plus précis que le PAZ, mais moins qu'une autorisation de construire,

La législation fédérale ne prévoit pas clairement l'institution du plan d'affectation spécial. Les exigences minimales à respecter dans l'élaboration des plans d'affectation s'appliquent également aux plans d'affectation spéciaux, à savoir:

- l'information et la participation de la population (art. 4 LAT)
- le droit d'être entendu (art. 29 al. 2 Cst.)
- l'approbation du plan par l'autorité cantonale (art. 26 al. 1 LAT)
- la protection juridique (art. 33 et 34 LAT)
- la coordination (art. 25 a LAT)

Pour le reste, les cantons doivent faire œuvre de législateur.

Le sujet traité ici est le plan d'aménagement de détail. La dénomination de ce type de plan varie selon les cantons: plan de masse, plan de lotissement, plan de quartier, plan d'aménagement détaillé... et son contenu peut également varier. Ces différents plans ont toutefois deux caractéristiques communes: ils n'existent qu'à l'intérieur d'une zone à bâtir et ont pour fonction de **préciser le plan général d'affectation et parfois même d'y déroger**. Le PAD apporte un degré de précision et d'individualisation que l'on ne trouve pas dans le PAZ.

Le PAD appréhende de manière globale les problématiques qui se posent dans un périmètre donné afin d'apporter une réponse **cohérente**, ce qui serait difficile dans le cas d'une simple autorisation de construire. Son objectif est d'assurer un aménagement de qualité, des installations communes et une bonne insertion du quartier dans son environnement. Pour ce faire, il règle les questions liées à l'équipement et peut intégrer des notions de protection de l'environnement (air, bruit, monuments historiques). Il peut aussi donner des indications quant au nombre, aux dimensions, au style architectural et à l'emplacement des constructions.

En droit fribourgeois le PAD est traité aux art. 62 à 68 LATeC. L'art 62 LATeC donne la définition suivante: "Les plans d'aménagement de détail règlent la constructibilité de secteurs du territoire communal pour **compléter** ou **affiner** le régime de construction de base prévu par le plan d'affectation des zones et sa réglementation."

Dans le cas du PAD des Hauts de Schiffenen, le PAD complète le régime juridique prévu par le PAZ et le RCU, notamment en ce qui concerne certaines règles sur les indices et leur distribution. Il prescrit notamment un ordre des constructions contigu qui rend l'indice IBUS non applicable. Il opère une répartition d'indice différenciée par secteur en établissant des règles concernant l'implantation des bâtiments, leurs profondeurs, hauteurs et alignements.

Il fixe également des règles relatives aux étapes de réalisation permettant ainsi à la commune de coordonner les aménagements de manière échelonnée dans le temps et de contrôler la vitesse de développement du quartier.

L'adoption d'un PAD est souvent liée à la volonté de traiter les parcelles d'un même périmètre comme un tout, afin de créer un ensemble architectural cohérent et intégré de manière optimale dans son environnement, comme énoncé à l'art. 64 LATeC.

3. LA NOTION DE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL (PAD)

La LATeC définit 2 types de PAD:

1. **obligatoire** (art 63 LATeC): la loi cantonale exige l'élaboration d'un PAD.

La commune fixe, dans le plan d'affectation des zones, des périmètres dans lesquels l'établissement d'un PAD est exigé. L'article 28 ReLATeC, établit la liste des constructions et installations soumises à l'obligation d'établir un PAD. Il s'agit notamment de projets provoquant plus de 2000 trajets par jour du trafic motorisé, de centres commerciaux de plus de 3000 m², de centres sportifs d'intérêt régional ou encore de campings de plus de 5'000 m².

2. **facultatif** (art 67 LATeC): à l'initiative de la commune ou à l'initiative des particuliers.

Lorsqu'un PAD est élaboré sur l'initiative des propriétaires, il nécessite l'accord de la majorité des propriétaires possédant ensemble plus de la moitié de la surface du périmètre.

3.2 POSITION DU PAD DANS LE PROCESSUS D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Le PAD représente le dernier acte du processus de planification, la dernière occasion pour la collectivité d'exprimer ses attentes en matière d'aménagement du territoire, l'étape suivante étant le dépôt de la mise à l'enquête d'une construction.

Il se situe **entre le plan d'affectation (général et abstrait) et l'autorisation d'un projet de construction (décision individuelle et concrète)** dont il esquisse déjà le contenu en réglant de nombreuses questions de manière plus ou moins précise.

3.3 LA MISE EN OEUVRE

La mise en œuvre du PAD dépend des propriétaires. En effet, la loi n'instaure aucun suivi de la réalisation du concept élaboré dans le PAD. Ce sont les particuliers qui établissent le projet de construction et la commune l'autorisera ou non sur la base des éléments figurant dans le PAD.

La mise en œuvre du PAD peut nécessiter un remaniement parcellaire pour faire coordonner les éléments planifiés et les fonds ou afin de créer ou modifier des servitudes. Le PAD peut prévoir des étapes de réalisation facilitant sa mise en œuvre en planifiant un développement progressif du périmètre.

3.4 STABILITÉ DES PLANS

Comme il a déjà été évoqué plus haut, l'art. 21 al 1 LAT mentionne que "les plans d'affectation ont force obligatoire pour chacun." Cet effet contraignant des plans pour les particuliers, entraîne le respect du principe de la stabilité des plans par rapport à l'écoulement du temps.

Le principe fondamental de la stabilité des plans est ancré dans l'art. 21 al. 2 LAT: "**Lorsque les circonstances se sont sensiblement modifiées, les plans d'affectation feront l'objet des adaptations nécessaires.**" Les plans d'affectation doivent rester relativement stables afin de garantir les droits des propriétaires privés (stabilité des prescriptions qui régissent leur terrain) ainsi qu'une certaine égalité de traitement. A l'intérêt public de la mise en conformité régulière des plans avec la réalité s'oppose la sécurité juridique garantie par la stabilité des plans. La décision d'une adaptation résulte donc d'une pesée des intérêts: il faut que l'intérêt à la modification l'emporte sur l'intérêt à son maintien.

3. LA NOTION DE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL (PAD)

Ainsi, selon la jurisprudence, **un plan ne peut être modifié que tous les 10 à 15 ans**. Naturellement, ce principe ne vaut pas en cas de circonstances extraordinaires (avalanches, risques climatiques, accidents naturels ou autres).

La règle 21 al.2 LAT est impérative: si les circonstances se sont modifiées, la commune est obligée d'entreprendre une révision du plan. Par "circonstances sensiblement modifiées", on entend par exemple que le plan d'affectation n'est plus conforme au PDCom, à la LAT, à la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) ou de la nature et du paysage (LPN). Ainsi, s'il y a changement de situation et que le plan n'est pas modifié, il devient irrégulier!

Dans le cas des Hauts de Schiffenen, la modification du PAD est rendue nécessaire afin de respecter l'objectif du Conseil communal de la Ville de Fribourg qui souhaite, dans le cadre de la révision générale du PAL, utiliser de manière plus dense son territoire. Ceci afin de pouvoir accueillir les 11'000 habitants supplémentaires prévus par le plan directeur de l'agglomération.

3.5 EFFET ANTICIPÉ DES PLANS

Lors de chaque modification de plan se pose la question de la gestion des nouvelles constructions **pendant la durée relativement longue des procédures de planification**. Lorsque la planification n'est pas encore mise à l'enquête, la commune qui souhaite **empêcher une construction non conforme à son projet d'aménagement** dispose des articles 90 et 92 LATeC.

- L'article 90 LATeC "**Zones réservées**" traite des zones pouvant être définies sur le territoire communal par le Conseil d'Etat ou le conseil communal. Il s'agit d'**une interdiction de construire** avec un effet anticipé négatif **limité dans le temps**. (jusqu'à la mise à

l'enquête du nouveau plan d'affectation). La durée de validité maximale de la zone réservée est de **cinq ans** dès sa mise à l'enquête publique et peut être prolongée par la Direction pour au maximum trois ans. La zone réservée est une mesure d'"ultime recours" qui n'est que rarement utilisée par les communes.

- L'article 92 LATeC "**Suspension de la procédure**" prévoit que le préfet puisse, d'office ou sur requête de l'autorité communale, **suspendre la demande d'un permis de construire conforme** au droit en vigueur si la construction projetée risque de compromettre les mesures d'aménagement en cours d'étude (al 1). Cette mesure "provisoire" (possédant un effet anticipé négatif) ne peut excéder **deux ans**. Si aucune mise à l'enquête publique n'est intervenue à l'échéance de ce délai, la procédure peut reprendre son cours.

De manière analogue, la procédure d'un PAD peut être suspendue lorsque celui-ci risque de compromettre une planification en cours d'étude (révision du PAL par exemple).

Dès la mise à l'enquête publique des plans et jusqu'à leur approbation par la Direction, la législation fribourgeoise prévoit, à l'art. 91 LATeC, une interdiction temporaire de bâtir. Cet effet anticipé signifie que le nouvel acte législatif en préparation déploie ses effets alors qu'il n'est pas encore entré en vigueur. L'article 91 LATeC traite des deux types d'effet anticipé:

- **négatif:** en interdisant toute construction, il paralyse l'application de la loi actuelle jusqu'à l'entrée en vigueur du nouveau plan (art. 91 al.1 LATeC)
- **positif:** en autorisant tout de même les constructions conforme au plan mis à l'enquête, le futur droit est appliqué alors qu'il n'est pas encore en vigueur! (art. 91 al. 2 LATeC)

3. LA NOTION DE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL (PAD)

Qu'il soit négatif ou positif, l'effet anticipé est admissible uniquement s'il repose sur une base légale et qu'il est limité dans le temps.

EFFET ANTICIPÉ NEGATIF DES PLANS (art. 91 al.1 LATeC)

L'article 91 LATeC "**Interdiction temporaire de bâtir**" vise à éviter que des réalisations conformes au droit en vigueur, mais contraires au futur plan, **ne soient autorisées** et prévoit, à l'alinéa 1, qu'aucun *permis ne pourra être délivré pour des projets prévus sur des terrains compris dans le plan.*

Il ne s'agit pas d'une application anticipée du futur droit mais d'une paralysie temporaire du droit actuel qui est appelée **effet anticipé négatif**. Celui-ci est impératif et entre en force **d'office** lorsqu'un plan d'affectation (PAZ ou PAD) est mis à l'enquête publique. Il permet de refuser une autorisation de construire jusqu'à ce que le plan d'affectation soit approuvé par la Direction et qu'il entre en vigueur. Cette disposition constitue une restriction au droit de propriété et est soumise aux conditions de l'art. 36 Cst. "Restriction des droits fondamentaux", à savoir: existence d'une base légale, respect de l'intérêt public (réelle intention de planification) et du principe de la proportionnalité (mesure nécessaire).

EFFET ANTICIPÉ POSITIF DES PLANS (art. 91 al.2 LATeC)

Il semble cependant parfois disproportionné de bloquer des demandes conformes au futur plan durant de très longues périodes.

C'est pourquoi le droit fribourgeois prévoit, à l'article 91 alinéa 2 LATeC que "*moyennant l'accord préalable de la commune et du Service, l'autorité compétente peut autoriser des constructions et installations conformes au plan*".

L'alinéa 2 constitue l'exception à la règle de l'alinéa 1 et permet l'effet anticipé positif des plans. Il permet d'accorder une autorisation de construire alors que le PAD n'est pas encore approuvé. **L'effet anticipé positif** ne peut pas être demandé lorsque le projet comporte une demande de dérogation.

Selon le législateur fribourgeois, l'effet anticipé positif des plans est un instrument qui permet la mise en place d'un processus de planification respectueux des droits découlant de la garantie de la propriété. Mais, alors qu'il devrait conserver un caractère **exceptionnel**, force est de constater que l'effet anticipé positif des plans est trop fréquemment demandé lors du dépôt des mises à l'enquête.

D'un point de vue pratique, une telle disposition semble compromettre la sécurité du droit et met en question le respect du principe de la légalité. Comment à la fois respecter la loi en vigueur et appliquer une loi future dont on ne sait pas si elle sera votée? En effet, si le plan prévu n'est finalement pas approuvé, les constructions autorisées sur la base de cette réglementation ne pourront pas être démolies. En pratique, ce cas se présente rarement et les autorisations délivrées avec un effet anticipé positif ne sont généralement pas remises en question. Par contre il est possible pour un opposant de déposer un recours en révision de la décision, au motif que la construction autorisée n'est finalement pas conforme au plan.

Selon la doctrine, l'autorité ne devrait toutefois pas prendre le risque d'instaurer une telle situation. En conséquence, même s'il repose sur une base légale, **l'effet anticipé positif est un sujet controversé dans la doctrine**. Certains l'admettent à condition qu'il soit expressément prévu par la loi alors que d'autres considèrent qu'il n'est pas conforme à la Constitution.

3. LA NOTION DE PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL (PAD)

L'effet anticipé positif pose également des questions en terme de procédure. En effet un permis de construire accordé risque d'entraver une future modification du plan mis à l'enquête car on hésitera à modifier un plan ayant déjà été partiellement mis à exécution. De plus, l'organe qui délivre le permis de construire (Préfet) n'étant pas le même que celui qui est en charge d'adopter le plan (commune) et de l'approuver (DAEC), il est très délicat pour le premier de présumer de la décision future des seconds.

Il est très étonnant de constater que l'effet anticipé peut être accordé même si la mise à l'enquête du plan a provoqué des oppositions ou des recours qui n'ont pas encore été tranchés. Il appartient alors aux autorités compétentes de pondérer les risques lorsqu'elles donnent leur accord à un effet anticipé. En effet le texte légal subordonne l'octroi du permis à l'accord formel de la commune (ce qui est en pratique rarement le cas) et du SeCA.

Quand au Tribunal fédéral, il s'est prononcé de manière contradictoire sur le sujet de l'effet anticipé positif: dans un premier arrêt daté du 22 mai 1974 il a admis que, s'il était compatible avec la garantie de propriété, l'effet anticipé positif devait répondre aux mêmes exigences qu'une norme rétroactive (qui applique les effets d'un nouveau texte à une situation passée). Les exigences sont les suivantes: être expressément prévue, être limitée dans le temps, ne pas provoquer d'inégalité de traitement, être justifiée par des motifs pertinents et ne pas porter atteintes aux droits acquis.

Dans le second arrêt du même jour, le Tribunal fédéral a déclaré l'effet anticipé contraire à la Constitution (art. 26 Cst. "Garantie de la propriété") en considérant qu'accorder un effet anticipé positif à un plan le faisait entrer en vigueur avant son approbation!

Si, dans le canton de Fribourg il est admis d'appliquer l'effet anticipé positif des plans aux demandes de permis de construire, il n'existe en revanche **pas d'effet anticipé d'une planification sur une autre planification**. Ainsi, même s'il est conforme au futur PAL, un PAD en cours d'élaboration ne pourra être approuvé qu'après l'entrée en force du PAL révisé.

C'est ce cas de figure que connaît actuellement la ville de Fribourg où le PAL est en cours de révision depuis de nombreuses années déjà. Après la remise du dossier pour examen préalable aux Services de l'Etat fin 2014, la nécessité de déposer à nouveau un dossier pour un examen complémentaire en automne 2017 a retardé sa mise à l'enquête. De ce fait, l'approbation du nouveau PAL est actuellement attendue dans le courant de l'année 2019 et permettra de relancer le processus des PAD en cours.

La mise à l'enquête du PAD des Hauts de Schifffenen Ouest fin 2017, alors que le PAL est toujours au stade de l'examen préalable, est justifiée par "*la volonté d'aller de l'avant car les besoins sont là et il faut développer la ville*" selon Madame Andrea Burgener Woeffray, conseillère communale en charge du département de l'Edilité. Cette anticipation constitue un motif d'opposition relevé à l'issue de la mise en consultation publique du PAD et sur lequel l'exécutif est appelé à se prononcer.

4. LA NATURE JURIDIQUE DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

4.1 LA NATURE JURIDIQUE DES PLANS D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Lorsque les plans lient autorités et administrés, il est important de connaître leur nature juridique car elle joue un rôle essentiel dans les procédures d'adoption et de révision. Elle revêt également une grande importance dans le respect du droit d'être entendu en définissant selon quelles modalités les administrés peuvent participer à l'élaboration du plan, ou encore de quelle manière ils peuvent contester le contenu du plan.

La question est donc de savoir si le plan est un acte:

1. **législatif = norme** (générale et abstraite)

- facultés de participation et de contestation garanties par initiative et référendum
- les lois sont du ressort du législateur

2. **administratif = décision** (individuelle et concrète)

- facultés de participation et de contestation garanties notamment par le **droit d'être entendu**, le droit de **recours**.
- les décisions sont prises par l'exécutif

Dans les faits le plan s'insère entre la **norme** et la **décision**. Comme la norme, il repose sur les options générales que la collectivité fixe pour son développement. Toutefois ces options sont individualisées, ce qui tendrait à le rapprocher de la décision.

Bien que les plans ne puissent être classés dans une catégorie existante, ils ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique et sont considérés comme des actes **sui generis** "de son propre genre". Chaque question est tranchée séparément et ils sont, selon les

cas, soumis aux règles de l'une ou l'autre catégorie. Par exemple, en ce qui concerne les questions de procédure, le régime des plans est inspiré de celui des **décisions** alors que pour les questions d'ordre matériel, il est plutôt proche de celui des **normes**.

4.2 LES LIMITES MATÉRIELLES

4.2.1 Le respect du droit en général

Le PAD doit respecter le droit fédéral et cantonal dans son ensemble. Il doit aussi tenir compte des prescriptions relatives notamment à la protection contre le bruit et à la protection de l'air contenues dans la loi sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (LPE). Il est enfin également soumis au respect de certaines normes relevant du droit constitutionnel comme par exemple le droit à l'égalité de traitement (art. 8 al. 1 Cst.).

4.2.2 Le respect de la garantie de propriété

L'article 26 de la Constitution garantit l'exercice du droit de la propriété et indique qu'une indemnité est due en cas d'expropriation ou de restriction de la propriété qui équivaut à une expropriation.

La protection du droit de propriété repose sur le principe de la proportionnalité qui doit être garanti par les autorités communales responsables de la planification locale. Celles-ci disposent d'une grande marge d'appréciation qui n'est pas souvent remise en question par le Tribunal cantonal (et par la suite le Tribunal fédéral). Une violation de la garantie de propriété en raison d'une mauvaise application du principe de la proportionnalité n'est que rarement reconnue. Ainsi la délimitation de zones et l'établissement de règlements définissant les possibilités d'utilisation du sol ne sont pas considérés comme des restrictions de la propriété mais plutôt comme des précisions.

4. LA NATURE JURIDIQUE DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

4.2.3 Les limites relatives aux plans en vigueur

Lors de l'élaboration d'une planification locale, il est souvent difficile de vérifier si le plan directeur cantonal (PDCant) est respecté car il coordonne des questions à une échelle relativement grande. C'est pourquoi les communes disposent souvent à une échelle intermédiaire, d'un plan d'intention appelé "plan directeur communal" (PD-Com). A l'échelle du quartier, il permet aux autorités communales de mieux défendre les intérêts publics face aux intérêts des particuliers lors de l'établissement d'un PAD.

Quant au plan d'affectation des zones (PAZ), il ne constitue pas une limite matérielle stricte au plan d'affectation spécial. En droit fribourgeois, les rapports complexes entre le PAD et le PAZ sont abordés à l'art. 65 al. 2 LATeC: "*le plan d'aménagement de détail peut comprendre des dérogations aux prescriptions applicables dans la zone concernée (...) à condition que celles-ci ne lèsent pas les intérêts prépondérants de tiers.*"

4.3 POSSIBILITÉS DE DÉROGATIONS OFFERTES PAR LE PAD

D'un point de vue formel le PAD peut être considéré comme l'égal du plan d'affectation des zones (PAZ). D'un point de vue matériel toutefois, le PAD affine le PAZ par la mise en place d'une réglementation qui peut, à certaines conditions, déroger à celle du plan général.

Si l'on admet que les deux actes ont le même rang hiérarchique (car soumis à procédure d'adoption quasi similaire), la possibilité de s'écartier des normes du PAZ au moyen d'un PAD semble logique car, selon le principe même de la "dérogation", la réglementation la plus récente et la plus spéciale prime sur celle du plan général. Pourtant c'est le PAZ qui met en œuvre les orientations décidées

dans les plans directeurs, ce qui le place au-dessus du PAD dans le système pyramidal. De ce point de vue, la possibilité de déroger offerte par le PAD crée un problème juridique car le plan "inférieur" doit normalement être conforme à la législation "supérieure".

Le PAD peut donc faire l'objet d'une pesée d'intérêts propre, aboutissant à un résultat différent de celui figurant dans le plan général. Il n'est toutefois pas souhaitable que le PAD remette fondamentalement en question la planification globale. C'est pourquoi l'art. 65 al. 2 LATeC précise que seules des **dérogations de nature secondaires** sont possibles et à condition qu'elles se justifient pour sauvegarder des **intérêts publics importants** tels l'intégration dans le paysage ou l'utilisation économe du sol. Le RCU peut également exclure toute dérogation à une prescription particulière.

Les dérogations admises peuvent porter sur les éléments suivants:

1. la répartition de la densité
2. l'implantation, dimension et caractère architectural des bâtiments
3. le nombre de places de parc

Ces dérogations doivent être justifiées dans le rapport explicatif et précisées dans le règlement du PAD.

1. la **répartition de la densité**

Il peut y avoir une **répartition de la densité** à l'intérieur du périmètre du PAD. Mais l'**indice global** (calculé par zone lorsque le périmètre du PAD en comprend plusieurs) **ne peut pas être dépassé** et la répartition de la densité entre deux zones différentes n'est pas autorisée. En effet cela reviendrait à procéder, par une mesure administrative ou un accord de droit privé, à une modification des limites des zones établies par la commune. Il n'est également pas possible de déroger aux modes de calculs fixés dans l'AIHC.

4. LA NATURE JURIDIQUE DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

2.a L'implantation

Pour assurer la réalisation du concept retenu, il peut être nécessaire de fixer des alignements obligatoires dérogeant aux distances aux limites prévues.

2.b La dimension des bâtiments et leur caractère architectural

Il est possible de déroger aux dimensions des bâtiments fixées dans le RCU, notamment en hauteur, en définissant par exemple une altitude à ne pas dépasser. Il peut également y avoir volonté de définir une forme de toiture dérogeant aux prescriptions de la zone. En prévoyant la construction de bâtiments de 9 niveaux, le PAD des Hauts de Schiffenen de 1972 avait eu recours à cette possibilité et dérogeait de manière conséquente à la hauteur des bâtiments prévue dans le plan d'aménagement général du Schönberg, soit 2 étages sur rez!

3. Le nombre de places de parc

Le nombre de places de stationnement publiques et privées peut être calculé soit en se référant à la solution prévue par le RCU (en principe les normes VSS), soit par un règlement propre au PAD et pouvant contenir d'éventuelles dérogations. La localisation des places en surface et en sous-sol doit figurer dans le règlement et/ou sur le plan du PAD.

Il est à noter que les dérogations au moyen d'un plan d'affectation spécial sont autorisées **uniquement si le caractère de la zone est préservé**. Sinon elles constituent **un moyen de contourner la réglementation** de base.

Des dérogations supplémentaires ne peuvent avoir lieu que par le biais d'une adaptation du PAZ. Ainsi certaines dispositions contenues dans le PAL ne peuvent être modifiées par le PAD, celui-ci ne faisant que les préciser. Il s'agit notamment de:

a. L'affectation

L'affectation prévue dans le RCU ne peut pas être changée mais elle peut être réglementée plus précisément par exemple par une localisation précise des affectations.

b. Les réseaux

Le règlement du PAD précise les principes d'évacuation des eaux claires et des eaux usées en coordination avec le PGEE.

c. L'environnement

Les législations spéciales (par exemple routes, forêts, lacs et cours d'eau) doivent être respectées. Du point de vue environnemental, le règlement peut toutefois préciser, si nécessaire, les dispositions particulières relatives par exemple au bruit ou à la qualité de l'air ou certaines dispositions de la législation cantonale ou communale applicables dans le périmètre du PAD (distance à la forêt, aux routes, aux lacs et cours d'eau).

Dans la pratique pourtant, la particularité des PAD de permettre de déroger partiellement au régime général de la zone est très appréciée. Actuellement le SeCA doit faire face à de nombreuses demandes d'approbation de PAD qui se sont éloignés de leur vocation première. Ils n'ont plus véritablement pour objectif de développer des qualités environnementales particulières, mais constituent des sortes de "PAD-projets" qui souhaitent avant tout bénéficier de la possibilité d'obtenir une dérogation et entravent la liberté garantie aux propriétaires dans la réalisation d'un projet concret.

En ce qui concerne les PAD obligatoires, la révision de la LATeC en 2010 a introduit l'obligation, pour la commune, de clairement **définir les objectifs du PAD dans le RCU**. Des objectifs spécifiques sont désormais précisés pour chaque nouveau PAD exigé. Celui-ci doit y répondre en formulant des propositions claires et en garantissant une **flexibilité suffisante** pour le futur projet d'architecture.

5. LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL théorie et application au PAD des Hauts de Schiffenen

5.1 GENERALITES

Le PAD, dont le contenu est défini à l'art. 65 LATeC, traite des constructions (implantation, dimensions maximales et minimales, surfaces de plancher, aspects architecturaux...) ainsi que des questions relatives à l'équipement et aux infrastructures (accès, places de stationnement, aménagements extérieurs...). Le traitement de tous ces aspects en un seul document permet une bonne coordination et une utilisation optimale des possibilités de construction.

Le dossier du PAD comprend au minimum:

- un rapport explicatif
- des plans
- un règlement
- des études spécifiques traitant par exemple du bruit, trafic ou des dangers naturels

5.2 LE RAPPORT EXPLICATIF

Le rapport explicatif présente la démarche de planification pour la portion du territoire déterminée, explique comment les principes d'organisation spatiale vont être mis en œuvre en tenant compte des contraintes environnementales et des législations en vigueur. Ce document n'a aucune valeur contraignante et n'est donc pas opposable aux tiers.

Le rapport explicatif est composé de dispositions:

- obligatoires (zone, affectation, bruit, utilisation sol...)
- facultatives (nombre, dimension, forme bâtiments...)

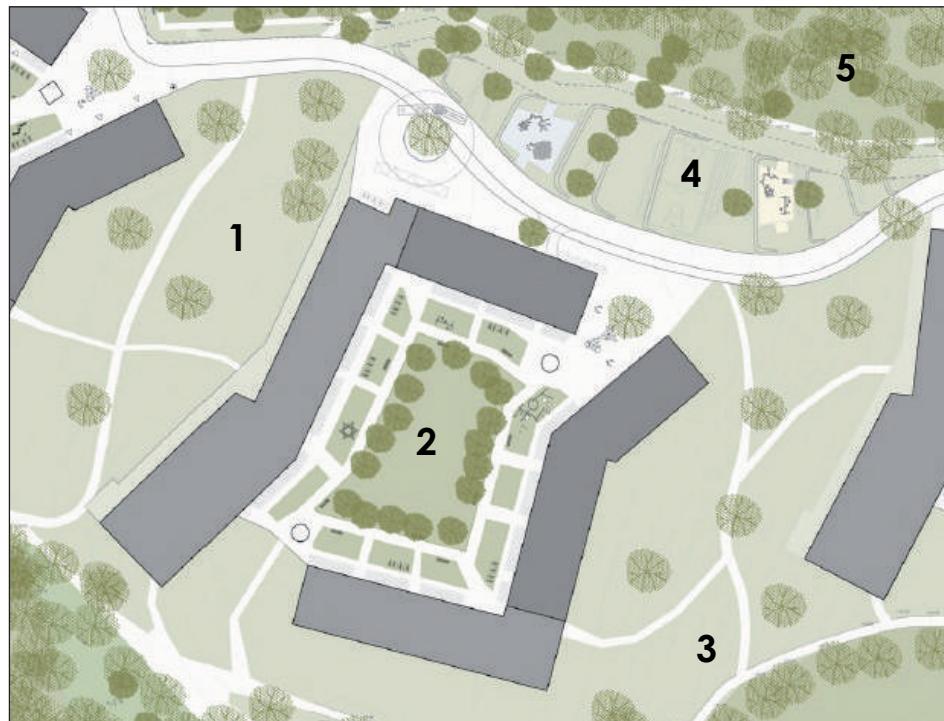
A. Réflexion urbanistique et justification du PAD

Le rapport explicatif du PAD des "Hauts de Schiffenen Ouest", daté du 14 novembre 2017, définit de manière précise le périmètre du PAD à l'aide d'un plan de situation et en indiquant les numéros des articles concernés (8067 partiel, 8068, 8150, 8148, 8066 partiel et 8286 partiel RF Fribourg).

On trouve également dans ce document l'analyse des **données de base** à prendre en compte dans l'étude du PAD et l'énoncé des principaux principes qui conduisent à la conception urbanistique retenue, soit:

- la **densification**: la réalisation du nouveau quartier mettra à disposition des citadins des logements dans un environnement naturel privilégié, à proximité du centre-ville et offrira une alternative au choix classique de la villa à la campagne. Les déplacements automobiles pendulaires seront limités, le quartier disposant d'infrastructures adéquates en matière de transports publics.
- le **développement du quartier du Schönberg** (suite à la mise en service du pont de la Poya) et l'amélioration de la qualité de vie du quartier existant; le nouvel ensemble permettra l'introduction de la mixité dans le type de logements proposés ainsi que la rénovation graduelle des immeubles existants et des investissements dans les aménagements extérieurs et les infrastructures.
- l'**intégration dans le site**: le projet tire parti des caractéristiques naturelles du site tout en permettant une densité conséquente.

RAPPORT EXPLICATIF: ILLUSTRATIONS DE LA RÉFLEXION URBANISTIQUE



Le positionnement des bâtiments "en îlot" autour d'un jardin et situés dans un parc permet de densifier le site tout en conservant un maximum d'espaces verts.

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 | parc |
| 2 | jardin |
| 3 | cheminements piétonniers |

- | | |
|---|-----------------------|
| 4 | zone de jeux, détente |
| 5 | forêt |

extraits du rapport explicatif du PAD du 14.11.2017, Artefact Urbanisme Fribourg



Image de synthèse mettant l'accent sur l'environnement naturel du nouveau quartier.

5. LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Le rapport explicatif expose enfin la **conception urbanistique** du projet: il est en effet nécessaire non seulement d'organiser les espaces afin d'offrir un cadre de vie de qualité, mais aussi de tenir compte des contraintes du site, telle que la topographie, l'environnement construit ou naturel... L'énoncé d'un concept urbanistique n'étant pas toujours aisés, il est présenté à l'aide d'illustrations sous formes de schémas, de photos-montages ou de maquettes.

La densification souhaitée nécessite un nouveau concept urbanistique qui établit deux secteurs distincts: le plus petit, au sud prévoit la création d'habitat à faible densité implanté dans une zone de verdure prolongeant le parc attenant à la maison de maître.

Le secteur principal s'organise en 3 périmètres d'évolution permettant l'implantation des bâtiments dans le parc. Une route d'accès au nord du quartier dessert les parkings placés sous les bâtiments. Les immeubles se déploient autour de vastes jardins. Les bâtiments sont destinés à de l'habitation. Les têtes d'immeubles, en contact avec les places, ainsi que les rez-de-chaussée peuvent accueillir des affectations commerciales ou administratives ou des infrastructures d'intérêt général.

B. Conformité aux instruments supérieurs et aux bases légales

Le rapport explicatif renseigne sur la conformité de l'étude du PAD aux buts et principes de l'aménagement du territoire, au PDCant, au PAL, ainsi qu'aux législations spéciales.

La modification du PAD des Hauts de Schiffenen (séparation en 2 PAD distincts et densification), s'accompagne d'une demande d'adaptation du PAL. Elle concerne uniquement le plan des zones (PAZ): elle demande que l'extension du PAD approuvée en 2010 (parcelle située en zone résidentielle à moyenne densité ZRU II) soit intégrée à la ZRU III (forte densité), comme le reste du périmètre.

Conformité au plan d'aménagement local (PAL): il faut remarquer que, dans un objectif de densification, la ZRU III (PAL de 1991, indice maximal d'utilisation: 0.85) sera remplacée par une affectation dénommée Zone Résidentielle à Haute densité (ZRH II) dans le futur PAL révisé. Les surfaces de plancher du nouveau PAD correspondent à un indice de 2.3 ce qui est en accord avec la densité admise par la future ZRH II.

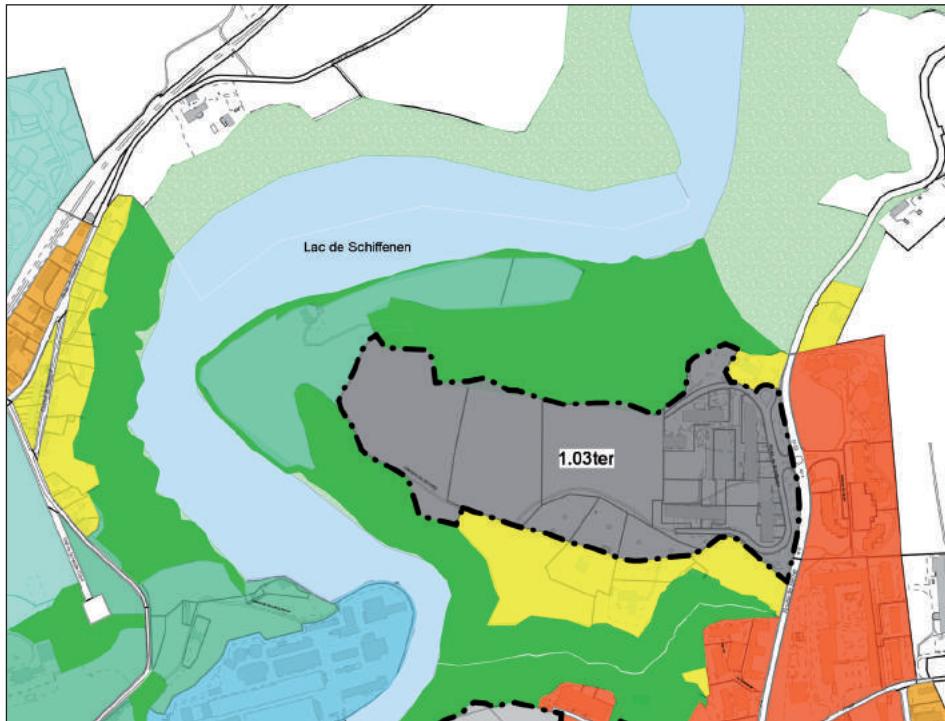
Les autres dispositions du PAD, ordre des constructions, hauteurs, distances, relèvent de ses prérogatives conformément à l'art. 65 LATeC.

Conformité du PAD au plan directeur d'agglomération (PDA): Le PDA considère le territoire concerné par le PAD comme un secteur de "parc habité" situé à l'intérieur du périmètre compact de l'agglomération pour lequel il relève un "*conflit entre l'urbanisation nouvelle et le paysage*". Cet aspect est pris en compte dans le plan des aménagements extérieurs (PAP) qui établi un concept paysager selon lequel les constructions seront implantées dans un espace de parc unitaire.

Bien que non-liant, l'objectif de densité prévu par le PDA se situe dans une fourchette comprise entre 0.9 et 1.2 à l'horizon 2030. Le conseil communal a souhaité une densification plus importante de ce secteur qui constitue une des dernières grandes réserves de terrain non bâti de son territoire.

Conformité au plan cantonal des transports (PCTr): En raison de sa bonne desserte en transports publics, le secteur des Hauts de Schiffenen est parfaitement adapté à la réalisation de logements. Pour ce qui est du transport individuel motorisé, la charge de trafic du futur quartier est considérée comme faible car il est situé à proximité d'un grand axe de transit.

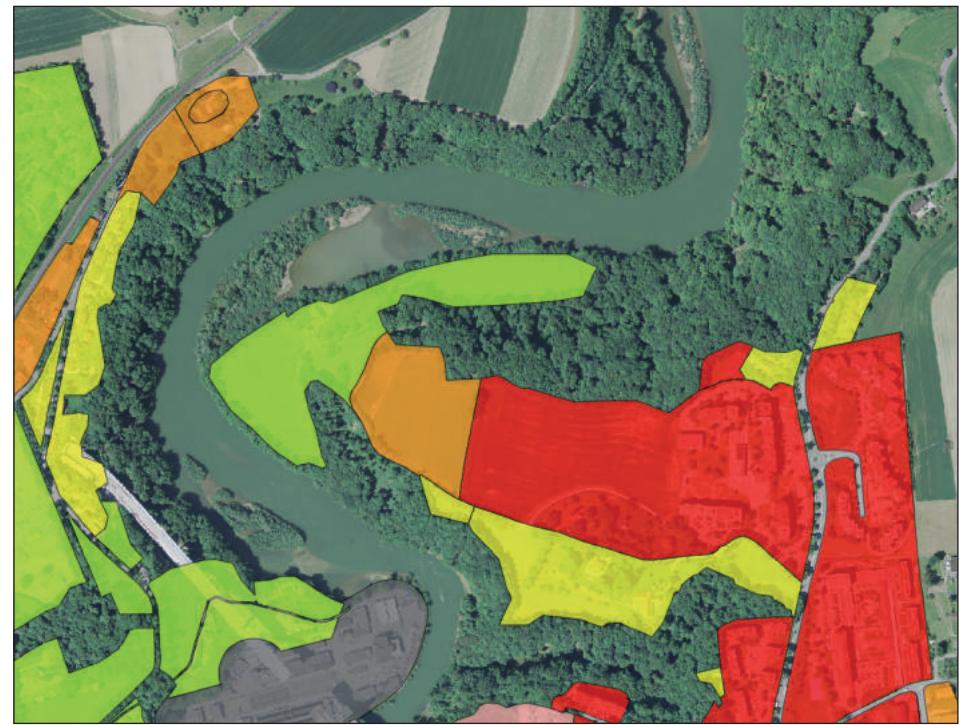
RAPPORT EXPLICATIF: CONFORMITÉ DU PAD A LA LÉGISLATION (PAZ)



Extrait du plan de zones de la commune de Fribourg (28.01.2018)

- gris: zone régie par le PAD 1.03ter "Les Hauts de Schiffenen"

extraits du plan de zone de la commune de Fribourg, www.sitecof.ch, 28.01.2018



- rouge Zone Résidentielle Urbaine à forte densité (ZRU III)
- jaune ZRU I (faible densité)
- orange ZRU II (moyenne densité)
- vert Zone Libre (ZL)

5. LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

C. Justification des choix et des mesures prévues

Le rapport explicatif du PAD expose également la manière de procéder pour atteindre les objectifs fixés, notamment pour les thèmes suivants: **aménagements extérieurs, exigences environnementales, mobilité...**

● **ordre des constructions:** l'ordre **contigu** est prescrit. De ce fait, et conformément aux articles 80 et 81 ReLATEC, **les indices d'occupation et d'utilisation du sol ne sont pas applicables**. Les règles de construction sont fixées par le biais de "périmètres d'évolution des constructions" auxquels sont attribués des cotes altimétriques maximales et des surfaces maximales de plancher. La répartition de ces surfaces dans les différents secteurs du périmètre sont libres.

● **répartition des affectations:** le règlement prescrit la localisation des affectations particulières telles que commerces, infrastructures d'intérêt général ou activités administratives qui peuvent être admises en plus du logement.

● **équipements:** un concept énergétique a été établi pour le quartier des Hauts de Schiffenen Ouest. Il privilégie la valorisation de l'énergie basse température (75°) issue de la station d'épuration STEP de la ville de Fribourg. Cet approvisionnement permet d'atteindre l'objectif "Minergie neuf 2017" (max 25% d'énergie fossile). La possibilité de raccorder dans un second temps les bâtiments des Hauts de Schiffenen Est est envisageable.

D. Procédure

Le rapport explicatif contient également certains éléments de procédure. En cas de modification du PAD, il mentionne la nécessité ou non d'apporter des modifications au RCU ou au PAZ. En cas d'abrogation, il renseigne sur les éventuelles conséquences au niveau du PAL et sur les possibles modifications nécessaires du RCU ou du PAZ.

5.3 LES PLANS DU PAD

Les plans du PAD sont la représentation graphique de la conception urbanistique prévue. Le terme de plan recouvre toutes les représentations, que ce soit les coupes, les perspectives ou les schémas. On distingue 3 formes de plans:

- les plans **contraignants**: dessinés à une échelle appropriées (1:500 ou 1:1'000), ils indiquent l'implantation des bâtiments ainsi que les aménagements et les équipements prévus.
- les plans **illustratifs** permettent d'avoir une vision globale des secteurs existants et planifiés ainsi que de présenter divers scénarios possibles, leur objectif étant de mettre en évidence la faisabilité des principes énoncés dans le PAD.
- les plans **explicatifs**: représentent sous forme de schémas, les principes retenus, par exemple en ce qui concerne les infrastructures techniques.

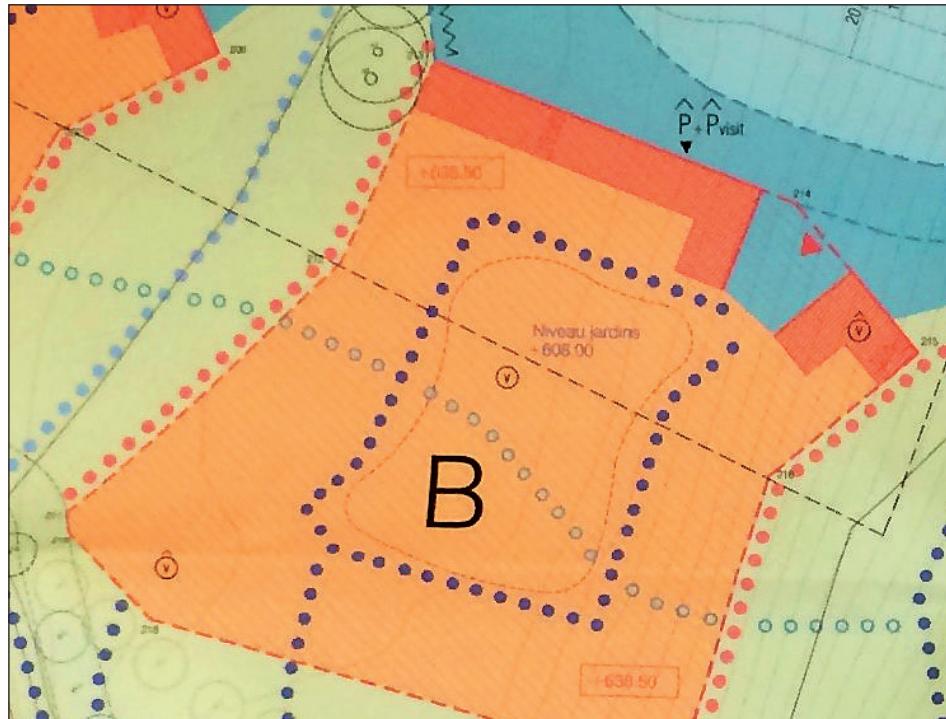
Seuls les plans contraignants sont adoptés par la commune et approuvés par la DAEC. Les plans illustratifs et explicatifs sont quant à eux intégrés au rapport explicatif.

Les plans contraignants du PAD "Les Hauts de Schiffenen" contiennent des indications variées concernant notamment le stationnement des véhicules, les éléments bâtis et naturels existants, les cheminements piétonniers, l'évacuation des eaux ou encore l'approvisionnement en énergies...

Le plan d'implantation édicte des règles précises concernant les aménagements extérieurs afin de garantir la qualité du parc. Il impose également des périmètres définis pour la construction des bâtiments.

LES PLANS DU PAD

Plan d'implantation du 14 novembre 2017, LVPH architectes et Artefact Urbanisme



Plan **contraignant**:

Réduction d'un extrait du plan d'implantation des bâtiments 1:1'000 indiquant le périmètre du PAD, les périmètres constructibles (orange), hauteurs maximales autorisées, arbres protégés, zone de parc (vert), aires de desserte (bleu), cheminements piétonniers, accès aux parkings...

Image de synthèse, LVPH architectes et Artefact Urbanisme novembre 2017



Document **illustratif**:

Image illustrant la relation harmonieuse souhaitée entre les futurs bâtiments et la nature, ici la forêt bordant le périmètre.

5. LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

5.4 RÈGLEMENT DU PAD

Le règlement du PAD contient les règles de construction applicables au périmètre donné afin d'assurer la conception urbanistique définie. C'est un document juridique intégrant des références légales précises, qui doit être concis et applicable sans devoir faire l'objet d'une interprétation à chaque demande de permis. Le règlement, établi par l'auteur du PAD, est adopté par la commune et approuvé par la DAEC. Il est contraignant pour les autorités et les tiers.

Le règlement du PAD "Les Hauts de Schiffenen" comprend 3 parties. La première traite des dispositions générales: elle indique les objectifs du PAD, son cadre légal (LATEC du 2 décembre 2008 et ReLATEC du 1er décembre 2009) et les documents joints à la mise à l'enquête.

La deuxième partie contient les prescriptions à proprement dit. Elle est composée d'articles relatifs à l'équipement (accès, circulation, stationnement, réseaux divers), à l'environnement (bruit, air, lac et cours d'eau, forêt, élément paysager...) ainsi qu'à l'aménagement et aux constructions (indices, distances, hauteurs, toitures, aménagements extérieurs). L'article 7 indique que l'ordre des constructions est contigu et l'article 8 précise qu'en conséquence, et selon les articles 80 et 81 ReLATEC, "**l'indice brut d'utilisation du sol (IBUS) et l'indice d'occupation du sol (IOS) ne sont pas applicables.**" Le plan d'implantation définit des "périmètres d'évolution des constructions" auxquels il attribue des surfaces maximales de plancher. A l'intérieur de ces périmètres la répartition des surfaces est libre. La répartition des surfaces de plancher entre les différents périmètres d'évolution est quant à elle soumise aux dispositions de l'article 131 LATEC concernant le report d'indice. L'article 12 précise également que "les distances par rapport aux parcelles voisines, aux routes et

entre les bâtiments sont fixées par les limites des périmètres d'évolution des constructions, sous réserve des dispositions du règlement cantonal sur la police du feu et la protection contre les éléments naturels." Ce qui constitue une "dérégulation admise pour des bâtiments dont l'implantation est fixée par un PAD" pour reprendre les termes de l'art. 165 de l'ancienne LATEC datant de 1983.

Enfin une troisième partie contient les dispositions finales et traite des modalités d'entrée en vigueur de la nouvelle planification ainsi que de la phase de mise en oeuvre du PAD (procédure de demande de permis de construire).

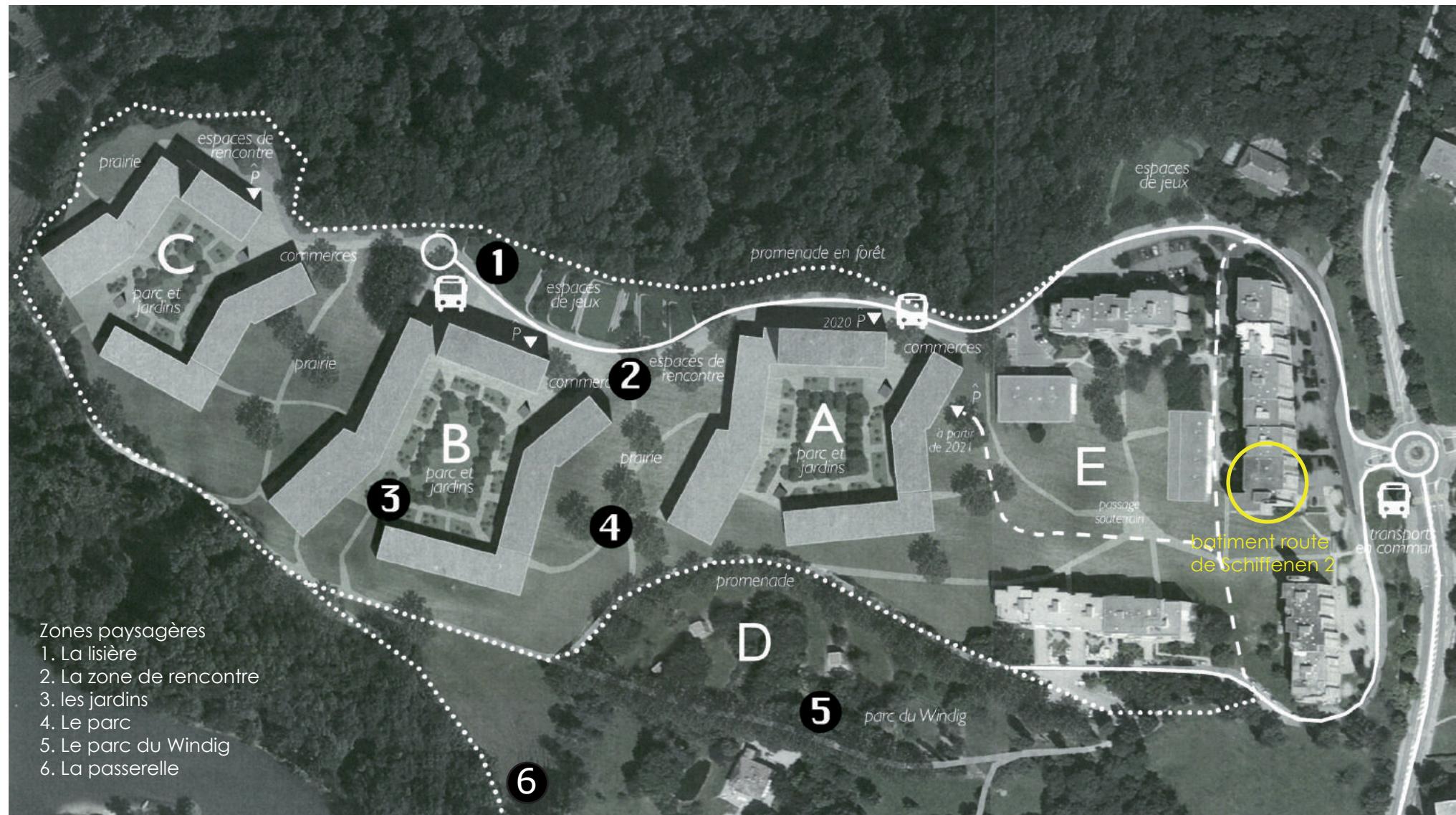
5.5 ÉTUDES ET RAPPORTS COMPLÉMENTAIRES SPÉCIFIQUES

Un **projet de paysage** accompagne la planification urbanistique. Le parc est un élément fondamental du projet; il s'agit non seulement de créer un nouvel ensemble paysager cohérent comprenant la première phase du quartier, ainsi que l'ancien verger de la maison de maître mais également de l'intégrer dans un réseau piétonnier et de mobilité douce.

Le dossier de demande de modification du PAD "Les Hauts de Schiffenen Ouest" comporte également un **rapport d'impact sur l'environnement** (RIE) demandé par le Service de l'environnement (SEn) afin de vérifier que les prescriptions, notamment en matière de bruit, soient respectées.

Ce rapport évalue les diverses incidences du projet soit: protection de l'air et du bruit (impact moyen), eaux souterraines et superficielles (négligeable), eaux à évacuer et protection des sols (faible), domaine forestier (négligeable), vestiges archéologiques (négligeable), éléments naturels et caractère paysager (faible). En conclusion les résultats de l'étude montrent qu'aucun obstacle environnemental majeur ne compromet la réalisation du projet.

PLAN DES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS (PAP)



Zones paysagères

1. La lisière
2. La zone de rencontre
3. les jardins
4. Le parc
5. Le parc du Windig
6. La passerelle

LVPH architectes et Artefact Urbanisme novembre 2017

5. LE CONTENU DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Etude de circulation: une étude de l'accessibilité et des impacts du projet sur le réseau routier est jointe au dossier. De plus, conformément à l'art. 24 ReLATEC, la Commune de Fribourg est soumise à l'obligation d'élaborer un concept de stationnement. En application de la politique de stationnement de la Ville de Fribourg de 1993, réactualisée en 2005, le nombre maximal de places de parc est de 875 pour l'ensemble du PAD (soit 0.8 place par logement).

Et finalement, un important dossier de réflexion sur les aménagements extérieurs a été réalisé. Le **plan des aménagements paysagers** (PAP) définit les affectations ainsi que les principes d'aménagement et de plantation des espaces extérieurs, de même que les types de parcours et les arbres à conserver. Le dossier du PAP est composé du plan général à l'échelle 1:1'000, de plans illustratifs et d'une série de fiches techniques décrivant de manière détaillée les caractéristiques des différents types d'aménagement projetés.

Le PAP joint au PAD des Hauts de Schiffenen a été réalisé avec soin et illustre avec précision les divers aménagements extérieurs envisagés pour le nouveau quartier. Dans le cadre de la densification le thème des espaces non construits est extrêmement important et mérite une réflexion approfondie.

Ce plan, garant de la qualité de l'ensemble des espaces publics, sert de référence pour la répartition des réalisations des aménagements extérieurs entre les différents propriétaires.

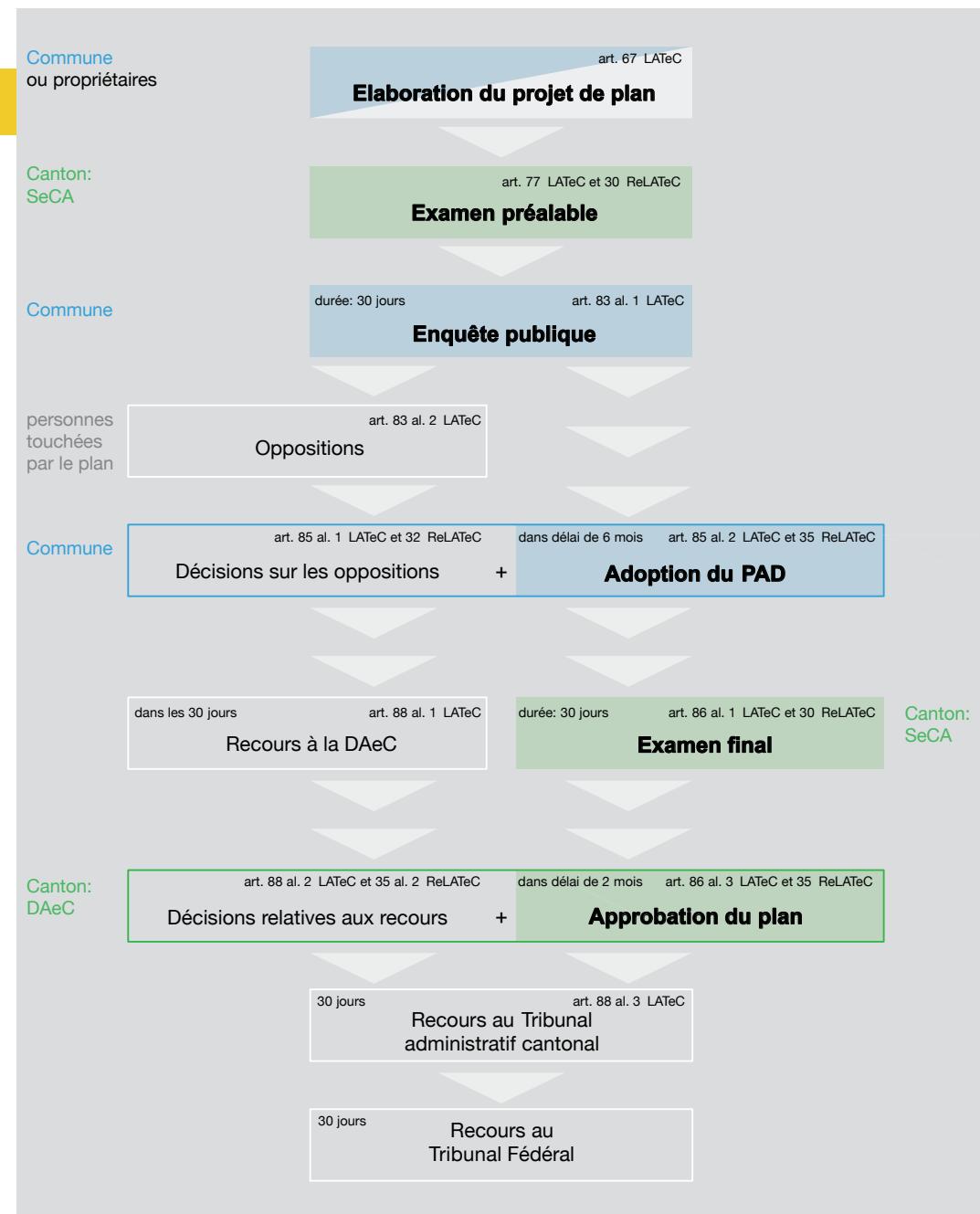
Le plan des aménagements paysagers, qui n'est pas légalisé, est garanti par une convention passée entre les propriétaires des différents secteurs et la Ville de Fribourg.

Six zones paysagères, traitées de manières différencierées, sont mentionnées sur le plan présenté à la page précédente et illustrées dans les fiches techniques:

1. La lisière: zone de transition entre la forêt et les habitations: espaces de jeux.
2. La zone de rencontre: espace partagé entre les différents modes de déplacement (piétons, vélos, véhicules, bus...).
3. Les jardins: espace vert et planté d'arbres situé au centre de chaque ensemble d'habitations.
4. Le parc: respectant la topographie, il bénéficie d'une végétalisation en prairie fleurie et de hauts arbres isolés.
5. Le parc du Windig: vaste parc entourant la maison de maître.
6. La passerelle: promenade reliant le quartier au centre du quartier du Schönberg.

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION

art. 77ss LATeC et art. 30 ReLATEC



6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

6.1 EXIGENCES DU DROIT FÉDÉRAL ET PARTICULARITÉS CANTONALES

Le droit fédéral définit les principes applicables au contenu des plans d'affectation, tant généraux que spéciaux (art. 14 ss LAT), ainsi qu'à leur procédure d'approbation (art. 26 LAT). Par contre, c'est aux cantons qu'il appartient de définir quelle est la procédure à suivre pour l'établissement des plans.

La procédure en vigueur dans le canton de Fribourg, décrite aux art. 77 et 83 ss LATeC et art. 30 ss ReLATeC, se déroule selon les quatre grandes étapes suivantes:

1. Après avoir soumis le dossier au canton (SeCA) pour examen préalable, la commune le met à l'enquête publique, traite les éventuelles **oppositions**. Le **conseil communal** -exécutif- **adopte** les plans et leur règlement. Il dispose, dans l'exécution de ses tâches de planification, d'une **liberté d'appréciation** assez étendue pour mener à bien sa mission, conformément à l'art. 2 al. 3 LAT. Il doit toutefois tenir compte des lignes directrices du Plan directeur cantonal, se conformer aux buts et principes de l'aménagement du territoire, aux dispositions du droit fédéral (art. 15 à 17 LAT) et cantonal, tout en procédant à une pesée globale de tous les intérêts en présence (art. 3 OAT Ordonnance fédérale du 28 juin 2000 sur l'AT).

2. La commune transmet ensuite ces documents au canton (SeCA) qui consulte les services concernés.

3. Au terme de la procédure, la **Direction** rend une décision d'**approbation** (avec ou sans conditions) ou de refus d'approbation des plans tout en statuant simultanément sur les éventuels **recours** déposés contre les décisions communales sur les oppositions.

4. Les décisions de la Direction peuvent être contestées devant le **Tribunal cantonal**, puis devant le **Tribunal fédéral**.

Il faut constater que le canton de Fribourg se distingue par le fait qu'il attribue à l'exécutif communal la compétence en matière d'aménagement local (art. 34 ss LATeC) puisqu'il confie au Conseil communal la compétence d'adopter les plans (directeur communal, d'affectation des zones et les PAD (art. 43 ss et 85 LATeC). Le canton de Fribourg est le seul, avec Soleure, à prévoir une compétence exclusive de l'exécutif communal dans ce domaine (voir à ce sujet le point 6.6 Adoption du plan). Ce système n'est pas considéré comme contraire aux principes de la démocratie, de la séparation des pouvoirs et de la légalité car la **participation de la population** (art. 4 LAT) est garantie par l'intermédiaire de la commission d'aménagement (qui étudie et préavise les dossiers). L'art 37 LATeC édicte également deux conditions concernant l'information et la participation de la population: le conseil communal est tenu d'organiser des séances publiques d'information et ouvrir la discussion sur les objectifs d'aménagement, le déroulement des études, le contenu des projets et des plans (al. 1) et veiller à ce que le plan d'aménagement local soit accessible à la population (al. 2).

La compétence attribuée à l'exécutif a pour conséquence que les questions d'aménagement ne peuvent faire l'objet d'une initiative ou d'un référendum. En effet, pour des motifs de séparation des pouvoirs, ces droits politiques portent sur des objets de la compétence de l'organe législatif. Il faut rappeler à ce sujet la distinction entre le pouvoir législatif dont la fonction est d'adopter les lois (actes généraux et abstraits), et le pouvoir exécutif, dont la fonction est d'appliquer les lois, par le biais d'actes administratifs (individuels et concrets).

L'information de la population a pour but de permettre de faire ressortir en temps utile les divers intérêts en jeu. Elle peut prendre différentes formes: articles dans les médias, séances d'information, distribution d'un feuillet tout-ménage...

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

L'expression la plus courante de la participation reste l'enquête publique, assortie de la possibilité, pour les personnes touchées, de déposer des oppositions.

Cette participation reste toutefois modeste et pourrait être renforcée afin de favoriser l'acceptation par la population du processus de développement de l'urbanisation vers l'intérieur. En effet, dans le cadre des projets de densification, les oppositions sont fréquentes et entravent la mise en oeuvre des planifications. Lors de l'élaboration du PAD, la mise en place de procédures associant la population concernée à la recherche de solutions de qualité permettraient de susciter l'adhésion d'une majorité de personnes.

6.2 INITIATIVE ET TRAVAUX PRÉPARATOIRES

● les acteurs: la **Commune** ou les **propriétaires**

Selon l'art. 67 LATeC, l'initiative d'établir un plan d'aménagement de détail peut être prise soit par la commune soit par les propriétaires. Dans ce cas, il nécessite l'accord de la majorité des propriétaires possédant plus de la moitié de la surface du périmètre. Ces derniers sont tenus de contribuer aux frais de planification et d'approbation.

La Commune n'est pas liée par les propositions des propriétaires (art. 67 al. 1 LATeC). Elle peut s'écartier du projet proposé, en particulier si elle estime qu'il n'est pas conforme aux buts et principes de l'AT. Ceci rend bien compte de la situation particulière du PAD: d'une part il accorde aux propriétaires un rôle important car il sert de base à des décisions concrètes, mais d'autre part il garantit l'indépendance de la commune par rapport au contenu du plan, ce qui rappelle que c'est un instrument de droit public en mains des autorités.

6.3 ÉLABORATION DU PROJET DE PLAN (art. 67 LATeC)

● les auteurs: le **bureau d'urbanisme**

"sont qualifiées pour déposer des dossiers de PAD, les personnes inscrites dans les registres des aménagistes, des architectes ou des ingénieurs A ou B de la Fondation des registres suisses des professionnels de l'ingénierie, de l'architecture et de l'environnement (REG)" (art. 8 al. 1 LATeC et 5 al. 2 ReLATeC). Selon les thématiques rencontrées, des mandataires complémentaires, tels que spécialistes en environnement (bruit, air, pollution, géologie...) ou architectes paysagistes, peuvent être appelés à participer à l'élaboration du PAD.

6.4 EXAMEN PRÉALABLE (art. 77 LATeC et 30 ReLATeC)

● les acteurs: Le **SeCA** (Service Constructions et Aménagement)

Le dossier du PAD est adressé à la commune qui va l'examiner en regard de sa propre réglementation. Accompagné du préavis communal, le dossier est ensuite transmis au SeCA.

Le SeCA est l'interlocuteur principal des communes et des bureaux d'urbanisme pour les questions relatives à l'aménagement communal. Il assure le contact entre le canton et les communes. Il coordonne l'examen des dossiers par les différents services de l'Etat (SEn, SMo, différentes sections du SPC...) et les autres organes concernés (par ex. TPF, fournisseurs d'électricité, gaz, téléphone...). Il établit ensuite un préavis de synthèse.

Une phase d'adaptation et de compléments suit en général l'examen préalable, en vue de la mise à l'enquête publique du dossier.

La liste des organes consultés peut être longue. A titre indicatif, voici les services consultés lors de la modification du PAD "Les Hauts de Schifffenen", mis en relation avec quelques thèmes abordés:

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Service du transport et de l'énergie: desserte en transports publics du nouveau quartier.

Communauté urbaine des transports de l'agglomération fribourgeoise (CUTAF): nombre de places de parc, influence de la nouvelle charge de trafic sur le fonctionnement du réseau routier, stationnement des deux-roues, cheminements piétons...

Transports publics fribourgeois TPF: modification éventuelle du trajet et de la cadence des bus, conséquences en terme de bruit, dimensionnement des voies et places de rebroussement...

Protection de la nature et du paysage: déterminer les arbres et les haies vives devant être maintenus dans le périmètre de protection des arbres.

1er arrondissement forestier: distances aux limites forestières à respecter, demande d'inscription d'une servitude pour l'exploitation et l'entretien des forêts.

Service de l'environnement (SEn): nécessité d'établir un RIE, demande d'une étude de trafic avec évaluation des charges de trafic sur la route de Berne et les différents accès au quartier afin de garantir le respect de l'ordonnance fédérale du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB).

Service des affaires militaires et de la protection de la population: obligation de construire des abris selon les lois fédérale et cantonale sur la protection civile.

Service des ponts et chaussées (section lacs et cours d'eau): évacuation des eaux claires dans le lac de Schifffen, remarque sur l'instabilité des pentes boisées bordant le lac, risque d'inondation par ruissellement sur le versant amont...

Service des forêts et de la faune (secteur pêche): évacuation des eaux dans le lac uniquement si le terrain ne permet pas de les infiltrer (LEaux du 24 janvier 1991).

Service archéologique: demande de sondages préalables à la réalisation de travaux.

Service des biens culturels: le promontoire du Windig figure à l'inventaire des sites construits à protéger, quant au Château du Windig (1840), il est recensé en valeur A.

Inspection cantonale du feu: conformité des bâtiments aux exigences AEAI et norme SIA 260, distances de sécurité entre bâtiments, accès pompiers, réseaux d'hydrantes...

Groupe E et Swisscom: droits de passage pour les câbles, droits d'implantation d'armoires de distribution...

6.5 MISE A L'ENQUÊTE PUBLIQUE ET OPPOSITIONS (art. 83-84 LATeC)

- les acteurs: La **Commune**

Dans la loi fribourgeoise, l'art 83 LATeC précise que les PAD sont mis à l'enquête publique durant 30 jours, par dépôt d'un dossier au Secrétariat communal et à la Préfecture. L'avis d'enquête est publié dans la Feuille officielle et les plans sont sujets à opposition.

La mise à l'enquête publique permet à chacun de prendre connaissance du plan, sans avoir à justifier d'un intérêt particulier. Elle permet également aux particuliers touchés par la planification d'exprimer leur avis, c'est-à-dire d'exercer leur **droit d'être entendu** avant l'adoption du plan. Placé au début du processus, cet instrument de participation est plus facile à mettre en œuvre. Il est également plus efficace car c'est à ce stade que les choix primordiaux sont effectués et que les grandes orientations du plan sont décidées.

La modification du PAD "Les Hauts de Schifffen Ouest" a été mise à l'enquête du 2 décembre 2017 au 16 janvier 2018 et a suscité plusieurs oppositions.

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

A. Voie de droit: opposition (art. 83 al. 2 LATeC)

Les administrés peuvent agir contre un plan d'affectation par la voie de l'opposition et du recours, institués par la législation cantonale, avant de porter éventuellement l'affaire devant le Tribunal fédéral.

De manière générale, en aménagement du territoire, les voies de droit (opposition ou recours) visent à:

- sauvegarder les droits de **chacun** face aux décisions d'aménagement de l'Etat.
- protéger l'autonomie des **collectivités** de rang inférieur (par exemple l'autonomie des communes par rapport au plan directeur du canton).
- dans le cas des **associations** de protection de la nature et de l'environnement: sauvegarder des intérêts publics qui ne feraien pas le poids face aux intérêts privés liés à l'utilisation du sol.

Une opposition oblige l'autorité compétente à examiner encore une fois sa décision. L'opposition est en outre un préalable impératif pour pouvoir par la suite déposer recours. Celui-ci permet uniquement d'obtenir le réexamen de la conformité de la décision avec la législation.

La procédure d'opposition permet aux propriétaires "particulièrement touchés ou ayant un intérêt digne de protection" (art. 84 LATeC) d'être entendus **avant** qu'une décision définitive ne soit prise au sujet de leur bien-fonds.

Un mémoire motivé doit être déposé auprès du secrétariat communal ou de la préfecture pendant la durée de l'enquête publique et remplir différentes exigences formelles (requête, motivation, signature...).

A l'issue de la mise à l'enquête, le PAD des Hauts de Schiffenen Ouest a suscité 4 groupes d'oppositions émanant notamment de Pro Fribourg, de l'Association des habitants de Schiffenen et du Castel, ainsi que de 2 groupes de particuliers et de propriétaires du quartier. Ces oppositions concernent la densité, considérée comme trop élevée, ou encore la mobilité, par le biais du nombre de places de parc, jugé à la fois trop faible pour certains et trop important pour d'autres (Pro Fribourg). Autre élément mentionné par les opposants: le fait que le PAD soit mis à l'enquête avant le PAL.

B. Traitement des oppositions (art. 85 al. 1 LATeC et 32 ReLATeC)

Le Conseil communal convoque les éventuels opposants à une **séance de conciliation** (art. 32 al. 2 ReLATeC). Le résultat des pourparlers est consigné dans un procès verbal adressé à chaque opposant qui dispose alors d'un délai de 10 jours pour indiquer, par écrit, s'il retire ou maintient son opposition. Sans réponse de sa part, la commune considère que l'opposition est maintenue.

Au terme du délai, la commune statue par une décision motivée sur les oppositions non liquidées. Cette décision doit indiquer la voie de recours (DAEC) et le délai de recours (30 jours). **Elle intervient à la même date que celle de l'adoption des plans et règlements.**

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

6.6 ADOPTION DU PLAN, DÉCISIONS SUR LES OPPOSITIONS ET RECOURS A LA DAEC

art. 85 al.2 LATeC, art. 85 al.1 LATeC + 32 ReLATeC,
art. 88 al.1 LATeC

- les acteurs: La **Commune**

Comme déjà évoqué au point 6.1, le droit cantonal fribourgeois attribue la compétence pour planifier le territoire communal non pas à l'organe législatif mais à l'**exécutif**, soit au conseil communal. C'est lui qui **adopte** le plan directeur communal, le plan d'affectation des zones, le règlement d'urbanisme ainsi que les plans d'aménagement de détail et leur règlement.

La possibilité de donner aux citoyens les compétences nécessaires pour prendre le contrôle de l'aménagement local, a été examinée et discutée de façon approfondie dans le cadre des travaux de révision totale de la LATeC pour être finalement rejetée tant par le Conseil d'Etat que par le Grand Conseil. Le système a donc été maintenu dans la LATeC du 2 décembre 2008, en rappelant qu'il était conforme à la LAT, notamment à l'art. 4 qui pose les principes en matière d'information et de participation de la population à la procédure de planification.

Appelé à se prononcer, le Tribunal fédéral a confirmé que le système fribourgeois n'était contraire ni à la démocratie, ni à la légalité, ni au principe de la séparation des pouvoirs. Selon l'Arrêt du 25 août 1998 (RDAF 1999, p. 56): "les cantons peuvent confier l'adoption des plans d'affectation à l'autorité exécutive; du point de vue de la séparation des pouvoirs, il n'y a aucune obligation d'établir les plans d'affectation selon une procédure législative démocratiquement instruite, s'agissant d'un acte qui, du point de vue fonctionnel, ne saurait être simplement classé dans la législation".

Le législateur fribourgeois a fait le choix de ce système, estimant qu'il était le plus à même de garantir une gestion dynamique de l'aménagement local. En effet, le Conseil d'Etat a considéré qu'un transfert de compétence de l'exécutif au législatif engendrerait des risques de blocage et des oppositions qui auraient pour effet de rallonger encore la durée des procédures d'aménagement local.

Le pouvoir législatif (assemblée communale ou conseil général) dispose tout de même d'une influence sur le processus de planification dans la mesure où il peut s'opposer à des mesures d'aménagement en refusant de voter les crédits nécessaires à leur réalisation. Il peut donc refuser une solution d'aménagement mais pas en imposer une autre.

De plus, même si le planificateur local dispose d'une large autonomie, il a l'obligation de conformer sa planification au cadre légal supérieur (LAT) ainsi qu'au plan directeur cantonal. Toute mesure de planification adoptée par la commune est en outre soumise à l'examen du SeCA et à l'approbation de la DAEC, laquelle examine les décisions des communes sous l'angle de la légalité et de l'opportunité et effectue la pondération des intérêts en présence (art. 86 LATeC et art. 1 al. 3 ReLATeC).

L'**adoption** du plan par la commune intervient dans un délai maximal de six mois dès la clôture de l'enquête publique (art. 35 ReLATeC). Si la commune n'est pas en mesure de respecter ce délai, elle doit justifier ce dépassement. Simultanément à l'adoption du plan, la commune **statue sur les éventuelles oppositions non liquidées**.

Le processus d'adoption du PAD "Les Hauts de Schiffenen Ouest" est en cours, parallèlement au traitement des oppositions. Le PAD en vigueur actuellement a été adopté par le Conseil communal le 27 janvier 2009 sur la base des préavis rendus par les services et organes consultés.

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Voie de droit: recours à la DAEC (art. 88 al.1 LATeC)

Les décisions communales sur les oppositions peuvent faire l'objet de recours auprès de la DAEC. Ces recours doivent intervenir dans un délai de 30 jours dès la notification de la décision communale. Les décisions de la DAEC sont quant à elles sujettes à recours au Tribunal cantonal (art. 88 LATeC).

La qualité pour recourir est reconnue de manière large afin de garantir une protection accrue de l'administré. Le recours doit être accessible à "quiconque est atteint par la décision attaquée et a un intérêt digne de protection à ce qu'elle soit annulée ou modifiée." (art. 76 Code de procédure et de juridiction administrative CPJA et art. 84 LATeC). L'intérêt de l'administré ne doit pas forcément être juridiquement protégé mais il doit tout de même être *actuel et spécial*, c'est-à-dire aller plus loin que l'intérêt de chacun.

Le droit fédéral impose aux cantons de prévoir au moins une voie de recours contre l'adoption ou la modification des plans d'affectation (art. 33 al.2 LAT) mais n'impose aucune autorité de recours. Dans le canton de Fribourg, deux voies de recours sont prévues contre les décisions rendues en matière d'aménagement local. La DAEC constitue la première autorité de recours et bénéficie d'un libre pouvoir d'examen. Elle contrôle dans quelle mesure le droit a été correctement appliqué, procède à un examen complet des faits et détermine si la mesure est adéquate. N'étant pas l'autorité supérieure de planification locale, elle devra toutefois tenir compte et respecter l'autonomie dont jouit la commune en matière d'aménagement du territoire.

L'instruction des recours par la DAEC se déroule parallèlement à l'examen final du dossier par le SeCA.

6.7 EXAMEN FINAL (art. 86 al 1 LATeC et 30 ReLATEC)

● les acteurs: Le **SeCA**

A la réception du dossier d'examen final, le SeCA vérifie qu'il soit conforme aux directives d'aménagement local. Si c'est le cas, le dossier est transmis aux organes concernés pour l'examen final. Les divers services disposent pour se prononcer du même délai de 30 jours que lors de l'examen préalable. Ils examinent la conformité du dossier aux bases légales et aux conditions qu'ils avaient posées à l'examen préalable. Ils établissent un préavis qui peut être favorable, favorable avec condition(s) ou défavorable.

Une fois tous les préavis obtenus, le SeCA effectue une pesée des intérêts en présence et rédige un préavis de synthèse à l'intention de la DAEC.

6.8 APPROBATION DU PLAN ET RE COURS AU TC / TF (art. 86 LATeC)

● les acteurs: La **DAEC** (autorité d'approbation)

Lorsque, avant d'approuver le plan, la DAEC souhaite modifier ou ajouter des éléments qui ne figuraient pas dans le dossier d'enquête publique, elle les publie dans la FO afin de permettre aux propriétaires et à la Commune d'exercer leur droit d'être entendu (art. 86 LATeC). S'ils le souhaitent, ils disposent d'un délai de 30 jours pour transmettre à la DAEC leurs déterminations au sujet des éléments publiés. Durant ce laps de temps, le dossier et les préavis des services cantonaux sont consultables auprès du SeCA (art. 34 ReLATEC).

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

La législation fédérale laisse aux cantons le soin de régler la **procédure** d'élaboration des plans d'affectation (art. 25 al.1 LAT), mais elle exige l'approbation d'une autorité cantonale (art. 26 al.1 et 2 LAT) afin de contrôler la bonne application des principes de l'aménagement du territoire ainsi que de vérifier le respect du droit cantonal et fédéral. En vertu de l'al. 3 de l'art 26 LAT, l'approbation de l'autorité cantonale a un effet constitutif; ce n'est qu'après la décision d'approbation, et sous réserve de l'effet suspensif d'éventuels recours, que le plan entre en vigueur et devient opposable aux tiers (art. 86 al. 4 LATeC).

La DAEC rend une décision d'approbation qui analyse le PAD sous l'angle de la légalité, de l'opportunité et de sa concordance avec les planifications d'ordre supérieur (plans directeurs cantonaux et régionaux, art. 86 al. 3 LATeC). Celle-ci doit intervenir dans un délai maximal de 60 jours dès que le SeCA dispose de tous les préavis des services et organes consultés (art. 35 ReLATEC). Le Conseiller d'Etat, Directeur de la DAEC (Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions), actuellement M. Maurice Ropraz, signe la décision d'approbation et tous les documents soumis.

Selon le principe de la coordination des procédures, la **DAEC statue sur les recours le même jour qu'elle approuve le plan**. En statuant en même temps sur le plan et sur les recours, la DAEC est en mesure de coordonner les multiples aspects de sa décision en effectuant la pesée de tous les intérêts en présence.

Contrairement à la décision d'approbation du plan directeur communal ou du plan d'affectation des zones (art. 36 ReLATEC), il n'y a pas de publication de la décision d'approbation du PAD (ou d'une modification de celui-ci) sauf s'il est accompagné d'un rapport d'impact sur l'environnement (RIE). Dans ce cas, la publication du RIE dans la FO est coordonnée avec la décision d'approbation

rendue par la DAEC. Le dossier du rapport d'impact, ainsi que la décision d'approbation du PAD peuvent être consultés durant 30 jours auprès du Secrétariat communal ou du SeCA.

Voie de droit: recours au TC puis au TF
(art. 33 al.2 et 3 LAT, art. 88 al. 3 LATeC)

La décision de la DAEC peut faire l'objet d'un recours au Tribunal administratif cantonal dans les 30 jours dès sa notification, puis au Tribunal fédéral. Ceci garantit à chacun le droit à ce que les décisions qui le concernent soit contrôlées par un tribunal indépendant (garantie de l'accès au juge art. 29a Cst.). Le Tribunal cantonal saisi d'un recours à la suite de la procédure d'approbation, n'intervient que si la décision retenue ignore un principe important de l'aménagement du territoire ou découle d'un abus du pouvoir d'appréciation. Le TC contrôle si la décision respecte le principe de la proportionnalité et celui de la bonne foi. En revanche, il ne peut statuer sur l'opportunité de la décision attaquée et remettre en question une planification conforme, même si elle ne semble pas optimale du point de vue de l'aménagement!

Les recours devant les autorités fédérales sont régis par les dispositions générales de la procédure fédérale (art. 34 LAT) concernant le recours unifié en matière de droit public. Depuis l'entrée en vigueur de la Loi sur le Tribunal Fédéral (LTF) le 1er janvier 2007, la voie de recours pour les contentieux de droit public, nombreux en pratique, est appelée "recours (unifié) en matière de droit public" contre un plan d'affectation. Cette procédure s'applique à toutes les causes de droit public, qu'elles relèvent du droit fédéral (anciennement recours de droit administratif) ou cantonal (recours de droit public). En vertu de l'art. 89 al. 1 LTF, quiconque a pris part à la procédure devant l'autorité précédente, est particulièrement atteint par la décision et a un intérêt digne de protection, a qualité pour former un recours en matière de droit public.

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

6.9 RÉVISION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Comme pour la procédure d'adoption d'un plan, l'initiative de la révision peut provenir des autorités ou des particuliers.

L'art. 21 al 2 LAT indique que les plans d'affectation doivent être adaptés lorsque les circonstances se sont sensiblement modifiées. Cette disposition permet d'équilibrer l'intérêt privé des propriétaires à pouvoir se fier au régime d'affectation en vigueur (stabilité des plans) et l'intérêt public à une occupation rationnelle du territoire qui doit planifier les besoins à l'échéance de 15 ans (art. 15 LAT). Afin de déterminer si une modification du PAD se justifie, on procède donc à une **pesée des intérêts** en présence. Si l'intérêt à la modification est plus grand que l'intérêt à la stabilité, le plan peut être modifié.

Cette notion est reprise dans la loi fribourgeoise à l'art. 89 al.3 LATeC qui précise que la modification d'un PAD ne se justifie qu'en cas de *changement notable des circonstances* (voir à ce sujet le point 3.4 Stabilité des plans).

Lorsque le PAD est modifié en cours de procédure d'approbation, une nouvelle mise à l'enquête publique est obligatoirement nécessaire (89 al. 1 LATeC). Si la modification intervient alors que le PAD est en vigueur, seules les modifications qui ne pouvaient être contestées dans le cadre d'un recours contre la décision d'approbation peuvent faire l'objet d'une opposition.

La procédure applicable pour la modification d'un PAD est identique à la procédure d'approbation décrite aux articles 83ss LATeC, avec la particularité suivante: lors de la modification d'un PAD, la commune procède à une audition préalable des propriétaires qui sont compris dans le périmètre.

La mise à jour ou la modification d'un PAD peuvent entraîner des modifications du PAL. Inversement, la modification du PAL peut également avoir des conséquences sur les PAD. Il est donc important d'assurer une bonne coordination entre ces deux plans. Ainsi, lors de chaque révision générale du PAL, la commune examine si elle désire maintenir ou non les PAD en vigueur (art. 68 LATeC). Si nécessaire ceux-ci doivent alors être adaptés au nouveau droit en vigueur.

En cas de modification d'un PAD, la commune doit également analyser la nécessité d'apporter d'éventuelles modifications au RCU ou au PAZ pour le secteur concerné. Il est à mentionner que la loi ne fixe aucun délai aux communes pour procéder à ces adaptations. Ainsi, dans la pratique, le processus de coordination entre les différents plans prend souvent beaucoup de temps et entraîne certains problèmes lors de l'octroi des permis de construire.

6.10 ABROGATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Comme pour la modification du PAD, la procédure à suivre en cas d'abrogation est identique à celle applicable lors de l'approbation (art. 89 al. 4 LATeC); la commune entend également les propriétaires compris dans le périmètre. Lorsqu'elle est approuvée dans le cadre d'une révision du PAL, l'abrogation du PAD est publiée dans la FO.

Lors de l'abrogation d'un PAD, le rapport explicatif expose les conséquences de cette abrogation au niveau du PAL.

6. LA PROCÉDURE D'APPROBATION DU PLAN D'AMÉNAGEMENT DE DÉTAIL

Dans le cas de l'abrogation d'un PAD, la commune est tenue d'examiner les incidences de cette abrogation sur le statut des **constructions existantes** ainsi que sur les règles applicables aux **nouvelles constructions** dans le secteur concerné. La commune analyse la nécessité de modifier le RCU et/ou le PAZ. Certaines prescriptions du PAD peuvent alors être reprises sous forme de réglementations spéciales dans le RCU. Le périmètre du PAD indiqué dans le PAZ est supprimé.

Si un PAD est abrogé sans apporter au RCU certaines modifications en remplacement de prescriptions spécifiques (voire même certaines dérogations) définies dans le règlement du PAD, les constructions existantes deviennent non conformes mais pas illégales: le maintien, l'entretien et la rénovation des constructions existantes sont garantis (art. 69 LATeC). Par contre tout nouveau permis de construire sera soumis aux règles du RCU.

CONCLUSION

En acceptant à une large majorité la révision partielle de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire le 3 mars 2013, le peuple suisse a également approuvé le principe du développement de l'urbanisation vers l'intérieur. La loi, entrée en vigueur en 2014, impose désormais aux autorités de densifier en priorité les zones à bâtir existantes, avant d'étendre les zones constructibles. En conséquence, l'utilisation mesurée du sol est aujourd'hui indissociable de la densification du milieu bâti.

Pour terminer cette analyse, il faut citer sur 2 défis majeurs de la densification qui peuvent être relevés grâce à une planification réalisée à l'aide d'un PAD:

1. Qualité de la densification

Il est intéressant de relever qu'à l'article 1, la LAT associe promotion de la densité et exigence de la qualité du milieu bâti. En effet, dans une optique de durabilité, il est primordial que ce retour en ville ne se limite pas aux seuls aspects quantitatifs (augmentation des indices). La lutte contre le mitage du territoire ne doit pas se résumer à combler les vides du tissu bâti! Elle doit s'accompagner d'une réflexion approfondie sur certains thèmes environnementaux, socio-culturels et économiques comme par exemple l'offre en transports publics ou le rôle des espaces verts en tant que zones de détente.

Il faut rappeler que la planification des zones d'affectation, qui a force obligatoire pour les propriétaires fonciers, est réalisée en attribuant des valeurs spécifiques à chaque parcelle (par ex. IBUS). Ces indices incarnent un aménagement du territoire focalisé sur la parcelle sans vue d'ensemble et sans vision d'un développement de qualité. Or l'échelle utile pour la densification urbaine est celle du quartier, un secteur intermédiaire entre la parcelle (privée) et la ville (territoire public).

Dans ce contexte, la planification urbaine réalisée par le biais d'un PAD joue un rôle central: elle permet de mener une réflexion globale d'autant plus essentielle que, plus la densité est importante, plus les qualités de l'environnement extérieur, notamment les rues, le domaine public et les espaces verts méritent une attention particulière.

Ces dernières années, les indices d'utilisation du sol ont régulièrement été revus à la hausse. **Dans ce contexte de densification, le PAD est un instrument qui a un rôle majeur à jouer** afin que cette augmentation de densité ne soit pas synonyme de bétonnage et d'environnement médiocre.

Le PAD est un outil intéressant mais complexe car il se trouve à la jonction entre les intérêts publics défendus par le canton, la commune, l'urbaniste... et les intérêts privés des promoteurs et des propriétaires, ce qui explique la difficulté et la durée parfois très longue de sa procédure d'adoption. L'intérêt général doit bien entendu être pris en compte, mais il est parfois nécessaire d'intervenir de manière plus spécifique dans un périmètre donné, et cela sans pour autant remettre en cause toute la planification générale. Le PAD doit ainsi trouver un équilibre entre la planification locale (intérêts des particuliers, spécificités du site...) et la planification globale (à l'échelle communale, vision de l'évolution dans le temps...).

Alors que la fonction du PAZ est de répartir le territoire en zones et de mettre en place certaines règles de construction (aspect architectural, gabarits...), celle du PAD est de promouvoir un aménagement de qualité, non seulement en précisant le plan général mais également en prenant parfois quelques libertés par rapport aux règles du PAZ. Dans ce cas il acquiert une fonction supplémentaire: celle d'effectuer une sorte de "révision partielle" du PAZ.

CONCLUSION

Mais cette révision progressive engendrée par les adoptions successives de divers PAD a des répercussions sur l'aménagement du territoire communal et possède un inconvénient majeur: aucune mesure de coordination prenant en compte les conséquences de ces modifications n'est assurée à large échelle.

2. Coopérer pour construire plus dense

Les opérations de développement de l'urbanisation vers l'intérieur, impliquent un grand nombre d'acteurs car elles traitent de secteurs déjà construits qui possèdent leurs propres contextes économiques et sociaux. Le recours à un plan d'affectation spécial tel que le PAD permet de faire face à cette complexité croissante.

Généralement, la densification est plutôt mal perçue par les habitants qui craignent une augmentation des nuisances, une réduction des espaces verts, de l'ensoleillement ou encore de la qualité esthétique du quartier. Ceci amène souvent les voisins à s'opposer aux mesures de densification prévues ce qui rend leur mise en oeuvre longue et difficile.

Pour que les projets de densification soient couronnés de succès, il est primordial de commencer par l'analyse de l'existant et l'évaluation des qualités spécifiques du lieu. Ceci passe également par l'intégration des acteurs locaux et leurs connaissances personnelles de leur cadre de vie dans l'élaboration de stratégies "sur mesure".

En matière de densification, il est important d'impliquer l'ensemble des acteurs concernés, autorités, urbanistes, architectes, mais aussi habitants afin de permettre un débat constructif sur les transformations à venir et favoriser l'acceptation des mesures envisagées.

Selon l'art. 4 LAT, la participation de la population implique "une information d'une quantité et d'une qualité suffisante pour que les intéressés puissent exercer leur droit". Dans le cas d'une densification, il est nécessaire d'accorder une attention particulière à la négociation, à la coopération et à la communication. Ce processus de participation est essentiel et pourrait être étendu au-delà des simples séances d'information prévues actuellement. Ceci permettrait de contribuer à produire une urbanisation de qualité, mieux acceptée par la population.

Ainsi, la réalisation d'un PAD, si possible accompagnée par l'organisation d'un concours d'architecture ou d'urbanisme, permet de mettre en place une procédure assurant 2 éléments fondamentaux:

- l'élaboration d'un projet global et durable qui prend en compte des éléments tels que la mobilité douce ou les espaces verts.
- la participation de la population.

Le PAD constitue donc un outil pertinent, notamment dans le contexte actuel de densification du bâti.

EXPERTISE DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

IMMEUBLE DES ANNÉES 1970
HAUTS DE SCHIFFENEN FRIBOURG



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

PARTIE II - expertise technique
sous la direction des Professeurs Stefanie Schwab et Jean-Luc Rime

TABLE DES MATIERES

Bibliographie	90
1. Introduction	
1.1 Choix de l'objet et présentation du sujet de l'expertise.....	93
1.2 Démarche et objectifs.....	94
1.3 Méthodologie.....	95
2. Données de bases nécessaires à l'évaluation thermique du bâtiment	
2.1 Calcul de la surface de référence énergétique SRE.....	96
2.2 Définition de l'enveloppe thermique du bâtiment.....	97
2.3 Calcul de la puissance de chauffe	103
2.4 Calcul de l'indice de dépense de chaleur IDC	104
3. Analyse thermographique de l'enveloppe	
3.1 Remarques préliminaires.....	106
3.2 Images thermographiques commentées.....	108
4. Documentation de l'état existant	
4.1 Façade porteuse	122
4.2 Façade non porteuse	124
4.3 Fenêtres.....	126
4.4 Acrotère.....	128
4.5 Loggias.....	129
4.6 Tableau récapitulatif de l'état existant.....	130
5. Bilan thermique du bâtiment	
5.1 Standards et normes	132
5.2 Données de base pour le calcul du bilan thermique.....	135
5.3 Équation du bilan thermique.....	135
5.4 Bilan thermique de l'état actuel.....	136

TABLE DES MATIÈRES

6. Valeur patrimoniale du bâtiment

6.1 Le patrimoine de la seconde moitié du XX ^e siècle	138
6.2 Exploitation et utilisation du bâtiment	140
6.3 Travaux de construction.....	141
6.4 Agents énergétiques, énergies renouvelables.....	141
6.5 Performances ponctuelles, performance globale	142

7. Mesures de rénovation de l'enveloppe

7.1 Variante 1: améliorations de base	144
7.2 Variante 2a: rénovation partielle	146
7.3 Variante 2b: rénovation partielle.....	148
7.4 Variante 3a: rénovation totale.....	150
7.5 Variante 3b: rénovation totale	152
7.6 Coupes de principes: variantes 1, 2a, 2b, 3a, 3b	154
7.7 Mesures complémentaires	157

8. Synthèse de l'analyse

8.1 Tableau comparatif des diverses variantes.....	164
8.2 Synthèse "améliorations par élément / améliorations globales".....	166
8.3 Synthèse "incidences des diverses variantes"	168
8.4 Conclusion	170

Figurent dans le dossier "Annexes" joint au présent mémoire:

- I Plans 1:50 de 1979 et images des façades.
- II Document "état des lieux" datant de janvier 2016.
- III Bilans énergétiques: diagrammes des flux et formulaires de performance globale EnerCAD pour les variantes 1, 2a, 2b, 3a et 3b.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Amélioration énergétique des bâtiments existants, SEBTP Paris 2004
- Elisabeth BAESCHLIN, Wohnort Grossüberbauung: das Tscharnergut in Bern, Benteli Verlag, Bern 2004
- Element 29, Protection thermique dans le bâtiment, Faktor Verlag AG, Zürich 2011
- Jad EL KHOURY, Rénovation énergétique des bâtiments résidentiels: retours d'expérience et potentiels du parc genevois, thèse 2015
- FSB Association suisse des professionnels du béton préfabriqué, La façade préfabriquée en béton, Schellenberg-Druck, Pfäffikon 1985
- Georg GIEBELER, Rénover le bâti, presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 2012
- Franz GRAF, Histoire matérielle du bâti et projet de sauvegarde, presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 2014
- Franz GRAF, La cité du Lignon 1963-1971 étude architecturale et stratégies d'intervention, patrimoine et architecture (hors série) 2012
- Institut für Denkmalpflege und Bauforschung ETHZ, Architectures de la croissance: paradoxes de la sauvegarde, Infolio Editions, Gollion 2009
- Institut TRANSFORM Stefanie Schwab, Rénovation énergétique: approche globale pour l'enveloppe du bâtiment, Fribourg 2017
- Dominique PAJANI, La thermographie du bâtiment, Groupe Eyrolles, Paris 2010
- Claude-Alain ROULET, Eco-confort, presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 2012
- Rudolf SCHILLING, Otto SCHERER, La rénovation des cités résidentielles, Office fédéral du logement, Berne 1991
- Peter SCHUERCH, Dieter SCHNELL, Rénovation: la construction complémentaire durable, Faktor Verlag, Zürich 2013
- SIA norme 380, Bases pour les calculs énergétiques des bâtiments, , Zürich 2015
- SIA norme 380/1:2009 et 380/1:2016, L'énergie thermique dans le bâtiment, SIA Zürich 2009/2016
- SIA cahier technique 2001, Matériaux de construction isolants, SIA Zürich 2013
- SIA cahier technique 2024, Conditions d'utilisation standard pour l'énergie et les installations du bâtiment, SIA Zürich 2015
- SIA cahier technique 2028, Données climatiques pour la physique du bâtiment, l'énergie et les installations, Zürich 2010
- SIA cahier technique 2031, Certificat énergétique des bâtiments, SIA Zürich 2016
- SIA cahier technique 2040, La voie SIA vers l'efficacité énergétique, SIA Zürich 2017
- SIA cahier technique 2047, Rénovation énergétique des bâtiments, SIA Zürich 2015
- SUISSEENERGIE, Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne 2003
- WERK BAUEN UND WOHNEN, Junge Denkmäler, n°10, Werk AG Zürich 2013

SITES WEB

Agence Minergie romande: www.minergie.ch

Certificat énergétique cantonal des bâtiments: www.cecbl.ch

Conférences des directeurs cantonaux de l'énergie ENDK: www.endk.ch

Conseils pratiques: www.energie-environnement.ch

Office fédéral de l'énergie (OFEN): www.bfe.admin.ch

Service de l'énergie du canton de Fribourg: www.fr.ch/sde

Swissolar: www.swissolar.ch

SuisseEnergie: www.suisseenergie.ch

1. INTRODUCTION

L'augmentation du taux d'assainissement des immeubles d'habitation est un enjeu majeur de la politique énergétique suisse. Pourtant, les nombreuses difficultés techniques, le coût élevé des travaux en regard des gains réalisés sur l'économie d'énergie ou encore le respect de la substance architecturale des bâtiments freinent trop souvent les propriétaires.

Dans le domaine de la rénovation, les travaux sont fréquemment réalisés au coup par coup. Cette absence de **concept global** entraîne des projets architecturalement peu satisfaisants et souvent problématiques d'un point de vue constructif ou de physique du bâtiment.

Un concept cohérent est en particulier nécessaire lorsque les étapes de la rénovation s'échelonnent sur plusieurs années; ce qui peut permettre d'entreprendre une rénovation énergétique progressive et de répartir les coûts dans le temps. Cette manière d'envisager les choses pourrait décider de nombreux propriétaires pour qui une rénovation énergétique "idéale" n'est pas envisageable, à entreprendre quelques travaux ciblés et efficaces. **Une vision d'ensemble** s'avère alors indispensable pour définir une succession coordonnée des étapes et garantir la qualité de la rénovation.

Les deux principales stratégies d'assainissement énergétique sont la réduction des déperditions d'énergie à travers l'enveloppe et/ou l'amélioration des installations techniques (chauffage, ventilation et électricité). La présente étude est principalement axée sur les problèmes de l'enveloppe thermique.

La rénovation énergétique de l'enveloppe est au centre de nombreux enjeux: efficience énergétique, protection des valeurs architecturales, confort des usagers, physique du bâtiment et coûts. La complexité de la tâche requiert une approche interdisciplinaire permettant de prendre en considération les différents objectifs.

Préalable à la recherche de la meilleure stratégie de rénovation possible, il est indispensable d'effectuer une **analyse approfondie de la substance bâtie** et des cycles de remise en état. Un état des lieux complet du bâtiment figure dans le dossier annexé au présent document.

1.1 PRÉSENTATION DU SUJET DE L'EXPERTISE

Construit à la fin des années 1970, l'objet de cette expertise est un immeuble faisant partie de l'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen, situé à la **route de Schiffenen 2 à Fribourg**.

Position par rapport au mandant et au mandat:

J'ai choisi cet immeuble, propriété de la coopérative immobilière Sodalitas à Fribourg, car, bien qu'il ait bénéficié d'un entretien régulier, aucune rénovation d'envergure n'a été entreprise depuis sa construction. Il est donc amené à être prochainement adapté afin de répondre aux standards actuels, ce qui représente l'opportunité de mener une réflexion globale permettant d'évaluer son potentiel d'évolution future.

Je dispose d'une indépendance totale par rapport au mandant et cette expertise est effectuée à titre privé.

Définition du mandat:

Par l'évocation de nombreux éléments complémentaires à l'analyse énergétique (problèmes de physique du bâtiment, ventilation, critères de choix des fenêtres, exploitation du bâtiment...) cette expertise est établie comme une aide pour le mandant afin qu'il ait une idée globale de la problématique et des enjeux concernant les aspects énergétiques de son bâtiment. Ceci lui permettra de posséder les éléments de base pour procéder au choix du type de rénovation de l'enveloppe de son bâtiment.

Sujet de l'expertise:

La réduction des consommations énergétiques dans le secteur du bâtiment est une priorité dans l'objectif de la société à 2000 watts. Par conséquent, la politique d'assainissement du parc immobilier existant devient de plus en plus exigeante.

La progression des valeurs cibles des consommations annuelles à atteindre, pour toute intervention sur l'existant, a été très rapide ces dernières années: les besoins admissibles en chauffage ont par exemple été divisés par 3 entre 1988 et 2009 (voir normes SIA 380/1 1988 et 2009).

Le patrimoine de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, et notamment celui des années 1950-1970 se révèle particulièrement inadapté face aux nouvelles exigences énergétiques. De plus, la mauvaise image des grands immeubles de cette époque, est souvent prétexte à des rénovations radicales qui ne tiennent pas compte de leur caractère architectural.

L'objet de cette expertise technique est l'analyse de l'enveloppe thermique d'un bâtiment représentatif de l'architecture des années 1970 et la proposition de variantes d'assainissement qui tiennent compte de la valeur patrimoniale de l'immeuble, recensé en catégorie B par le Service des biens culturels du canton de Fribourg.

L'évaluation approfondie de l'état général du bâtiment, effectuée préalablement à cette expertise sous forme d'un état des lieux, joint en annexe, a permis de constater que **l'obsolescence énergétique** est la principale pathologie de ce bâtiment. L'analyse de l'enveloppe thermique et la proposition de variantes d'assainissement constituent le sujet de la présente expertise.

1.2 DÉMARCHE ET OBJECTIFS

A. PRESTATIONS REALISÉES DANS LE CADRE DE L'EXPERTISE

L'étude se déroule en trois phases:

- 1. Analyse thermographique extérieure de l'enveloppe du bâtiment.** Les mesures par thermographie infrarouge permettent de mettre en évidence, de manière didactique, les problèmes principaux de l'enveloppe du bâtiment (ponts thermiques, les déperditions dues à l'inétanchéité de l'enveloppe....)
- 2. Calcul du bilan énergétique global actuel.** La deuxième phase a pour but de situer les problèmes, l'importance de chaque élément de l'enveloppe dans le bilan global et fournit des pistes de développement pour les études de détail.
- 3. Études des détails constructifs et l'élaboration des diverses variantes d'amélioration.** Effectuées au moyen du programme enerCAD (calcul des valeurs U et des bilans globaux), elles permettent de quantifier l'effet de chaque proposition.

Le postulat de base pour l'élaboration de propositions d'amélioration thermique de l'enveloppe, dans le respect des contraintes patrimoniales, était de conserver le plus possible la substance d'origine de la façade tout en parvenant à des performances thermiques répondant aux exigences actuelles.

B. BASES LEGALES PRINCIPALES

- Norme SIA 380/1 édition 2016.
- Loi sur l'énergie du canton de Fribourg du 9 juin 2000 (version du 01.08.2013) et Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC 2014 et MoPEC 2017).
- Cahier technique SIA 2001, édition 2013: Isolants thermiques - valeurs thermiques déclarées.

C. DONNÉES DE BASE

- État des lieux (visites, relevés et photographies réalisés durant les mois d'octobre 2015 à janvier 2016) annexé au présent document.
- Prises de vue thermographiques effectuées le 30 janvier 2016.
- Plans originaux 1:50 (1977), coupe 1:100 (1975) figurant en annexe.
- Divers plans de détail (notamment ceux de l'entreprise Élement AG concernant les éléments en béton préfabriqués), plans d'exécution, plans des installations techniques, PV de chantier et textes de soumissions retrouvés dans les archives du quartier.
- Relevés de consommation de combustible (mazout) des dernières années fournies par le propriétaire, la régie Sodalitas à Fribourg.

D. OBJECTIFS DE L'EXPERTISE

Le diagnostic thermique est la base nécessaire de tout projet de rénovation. Les objectifs de l'expertise sont les suivants:

- Connaître la consommation énergétique du bâtiment.
- Évaluer la nature des déperditions de chaleur des éléments de l'enveloppe en fonction de leur composition.
- Établir l'analyse détaillée de l'état physique et des principes constructifs du bâtiment.
- Établir les "pathologies thermiques" du bâtiment et évaluer leur potentiel d'amélioration.
- Proposer différentes variantes d'intervention adaptées au bâtiment et respectant sa valeur patrimoniale (propositions d'intervention d'ampleur diverse allant des simples travaux de maintenance au remplacement total de la façade).
- Constituer un document "d'aide" pour le maître de l'ouvrage, qui lui permette d'avoir une vision globale des enjeux, avant de choisir le type de rénovation le mieux adapté à son bâtiment.

1.3 MÉTHODOLOGIE

A. CONSOMMATION DE MAZOUT ET INDICE ÉNERGÉTIQUE

Objectif: situer le bâtiment par rapport à d'autres bâtiments de référence

- Calcul de la surface de référence énergétique (SRE): Surface brute des locaux chauffés selon SIA 416/1 (en m²).
- Calcul de l'indice de dépense de chaleur IDC (chauffage et ECS) = consommation rapportée à SRE (MJ/m² an).
- Évaluation de l'étiquette énergétique CECB pour la consommation d'énergie primaire (chaleur et électricité) (MJ/m²).

B. ÉVALUATION ET RÉPARTITION DES PERTES DE CHALEUR (MJ/m²)

1. Calcul des déperditions, logiciel EnerCAD2013 Version 5.0.9.

Objectif: évaluation calculée

- Déterminer la répartition des pertes de chaleur (MJ/m²) - toit, parois, fenêtres, aération...-
- Calcul théorique des besoins de chaleur du bâtiment selon SIA 380/1:2009 (Q_h en MJ/m²).

2. Analyse thermographique de l'enveloppe.

Objectif: Identification et communication visuelle des points faibles

- Images réalisées à l'aide d'une caméra thermique.
- Identification des sources de déperdition de chaleur de l'enveloppe du bâtiment.
- Élaboration d'un rapport (images et commentaires).

C. ANALYSE DÉTAILLÉE DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Objectif: connaissance constructive du bâtiment

- Étude des détails constructifs sur la base de l'**état des lieux** réalisé, ainsi que des plans du bâtiment à l'échelle 1:50.

- Dessin des coupes significatives à l'échelle 1:20 (coupe sur partie opaque avec bardage Eternit / sur vitrage / sur élément en béton préfabriqué / sur loggia / sur acrotère).
- Calcul de la valeur U des divers éléments de l'enveloppe.

D. "PATHOLOGIES THERMIQUES" DE L'ENVELOPPE

Objectif: évaluer le potentiel d'amélioration des 2 types de façades

- Synthèse de l'analyse thermographique et des principes constructifs des façades, plus particulièrement des deux types d'enveloppe principaux du bâtiment:
 - a. la façade lourde, "porteuse", revêtue de panneaux de béton préfabriqué.
 - b. la façade légère, "non-porteuse", revêtue d'un bardage d'Eternit.
- Étude des bases légales à considérer (Loi sur l'énergie du canton de Fribourg, SIA 380/1,)

E. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES THERMIQUES

Objectif: proposition de différentes variantes d'intervention permettant l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment tout en respectant sa valeur patrimoniale.

- Dessin des coupes significatives modifiées, à l'échelle 1:20.
- Calcul du bilan thermique de chaque variante.
- Propositions de mesures complémentaires aux améliorations de l'enveloppe thermique et évocation des points délicats à prendre en compte lors de la réalisation de chaque variante.

F. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE

- Synthèse des différents scénarios proposés afin de trouver celui qui est le plus adapté au bâtiment analysé.

2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

2.1 CALCUL DE LA SURFACE DE RÉFÉRENCE ÉNERGÉTIQUE

Selon la norme SIA 380 (2015), la Surface de Référence Énergétique (**SRE ou A_E**), est la somme de toutes les surfaces de plancher qui sont inclus dans l'enveloppe thermique et dont l'utilisation nécessite un chauffage ou une climatisation. La surface de plancher comprend aussi la surface de construction (surfaces des murs).

Les surfaces prises en compte dans la SRE comprennent:

- les **surfaces utiles principales** et les **surfaces de dégagement**.
- les surfaces des locaux sanitaires (part des surfaces utiles secondaires) se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe thermique, même si elles ne sont pas chauffées (sans conditionnement actif).
- les gaines techniques verticales et les débarras d'une surface de moins de 10 m², s'ils sont entourés par des locaux pris en compte dans la SRE ou par l'enveloppe thermique du bâtiment.

Les surfaces à ne pas prendre en compte dans la SRE, même si elles sont chauffées et à l'intérieur de l'enveloppe thermique, sont:

- les **surfaces utiles secondaires** (sauf les locaux sanitaires), tels les locaux de dépôts situés côté est au rez inférieur.
- les surfaces d'installations (machineries, gaines...), comme les locaux techniques situés au sous-sol.

Les surfaces à ne pas prendre en compte dans la SRE:

- les locaux non chauffés tels les caves et les abris (surfaces utiles secondaires) situés au sous-sol, ainsi que le local poubelle du rez supérieur.

Calcul de la surface énergétique de référence:

$$\text{SRE ou } A_E = 356 + 428.80 + 8 \times 438.10 = 4'289.60 \text{ m}^2$$



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

2.2 DÉFINITION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE DU BÂTIMENT

L'enveloppe thermique d'un bâtiment est une surface **fermée** d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air. Elle sépare le volume chauffé de l'environnement extérieur. C'est au travers de cette enveloppe que passe la chaleur (déperditions et gains par rayonnement solaire).

L'enveloppe thermique englobe la totalité du volume chauffé. Les locaux non chauffés peuvent se situer à l'intérieur de l'enveloppe thermique (zones tampons tempérées) ou à l'extérieur (zones tampons froides).

La norme SIA 380/1 contient les règles de mesure de la surface de l'enveloppe thermique (notée A_{th}).

Surface de l'enveloppe thermique "Schiffenen 2": **$A_{th} = 3219 \text{ m}^2$**

La norme SIA 380/1 définit la valeur limite $Q_{h,li}$ en fonction de l'**indice de l'enveloppe de bâtiment** $A_{th} / A_E = 3219 \text{ m}^2 / 4'289.60 \text{ m}^2 = 0.75$

Les différents éléments de l'enveloppe thermique du bâtiment de la route de Schiffenen 2 ont été modélisés dans le logiciel ener-CAD, afin d'anticiper le calcul du bilan thermique effectué ultérieurement (voir chapitre 3). L'enveloppe thermique est décomposée comme suit:

A. TOITURE

1. toit plat contre l'extérieur
2. fenêtre sur toit plat (coupole/exutoire de fumée)
3. superstructure ascenseur

B. FAÇADES (nord, sud, est, ouest)

1. murs contre extérieur
 - a. façade porteuse
 - b. façade non porteuse (revêtement Eternit) inhomogène
 - c. murs béton contre extérieur (entrée bâtiment mitoyen...)
2. caissons de stores
3. fenêtres (3 types)
 - a. fenêtres sans caisson de store (corridors et grande salle)
 - b. fenêtres avec caisson de store
 - c. fenêtres avec caisson de store en retrait (ombrage)
4. portes
5. murs contre espace intérieur
5. ponts thermiques
 - a. dalles de balcon sans interruption
 - B. caissons de stores

C. PLANCHERS / DALLES

1. contre l'extérieur (encorbellement)
2. contre un espace intérieur
3. ponts thermiques linéaires
 - a. pied de façade
 - b. raccord mur/dalle en cas de sous-sol non chauffé
 - c. raccord mur/dalle contre terrain

Les calculs des diverses surfaces ainsi que leurs compositions et leurs valeurs U sont indiqués aux pages suivantes.

2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

LES DIFFÉRENTS ELEMENTS DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

A. ENVELOPPE THERMIQUE HORIZONTALE: TOITURE

1. Toit plat contre l'extérieur

enduit 1.5 / dalle BA 18 / pare-vapeur / isolation

Sarnafil EPS 12 cm / étanchéité / gravier

valeur U: 0.26 W/m²K

445 m²

2. Fenêtre (exutoire de fumée/coupole) sur toit plat

costière métallique / coupole verre acrylique

valeur U: 2.84 W/m²K

1 m²

3. superstructure ascenseur

valeur U: 2.5 W/m²K (SIA 380/1 annexe C)

15 m²

B. ENVELOPPE THERMIQUE VERTICALE: FAÇADE NORD

La façade nord de l'immeuble est mitoyenne de l'immeuble voisin. Au rez supérieur l'entrée de l'immeuble voisin est située en retrait, ce qui expose une partie du mur mitoyen à l'extérieur.

1. mur contre extérieur (remplissage)

enduit 1.5 / mur BA 14 / isolation 2 / brique 10 cm

valeur U: 2.54 W/m²K

11 m²

2. mur contre extérieur (piliers porteurs en béton)

enduit 1.5 / mur BA 14 / isolation 2 / mur BA 14 cm

valeur U: 1.24 W/m²K

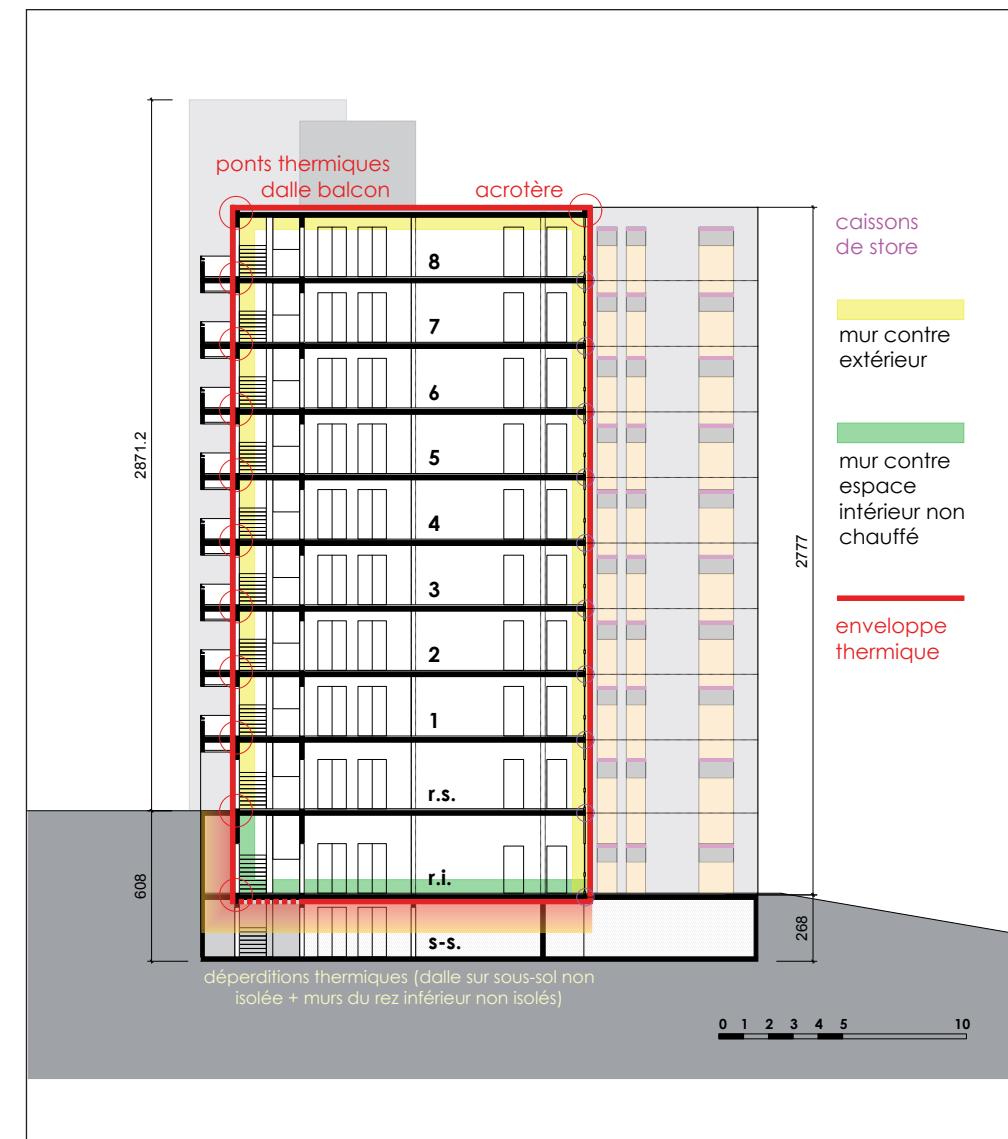
4 m²

3. mur contre espace intérieur (adiabatique)

enduit 1.5 / mur BA 14 / isolation 2 / mur BA 14 cm

valeur U: 0.96 W/m²K

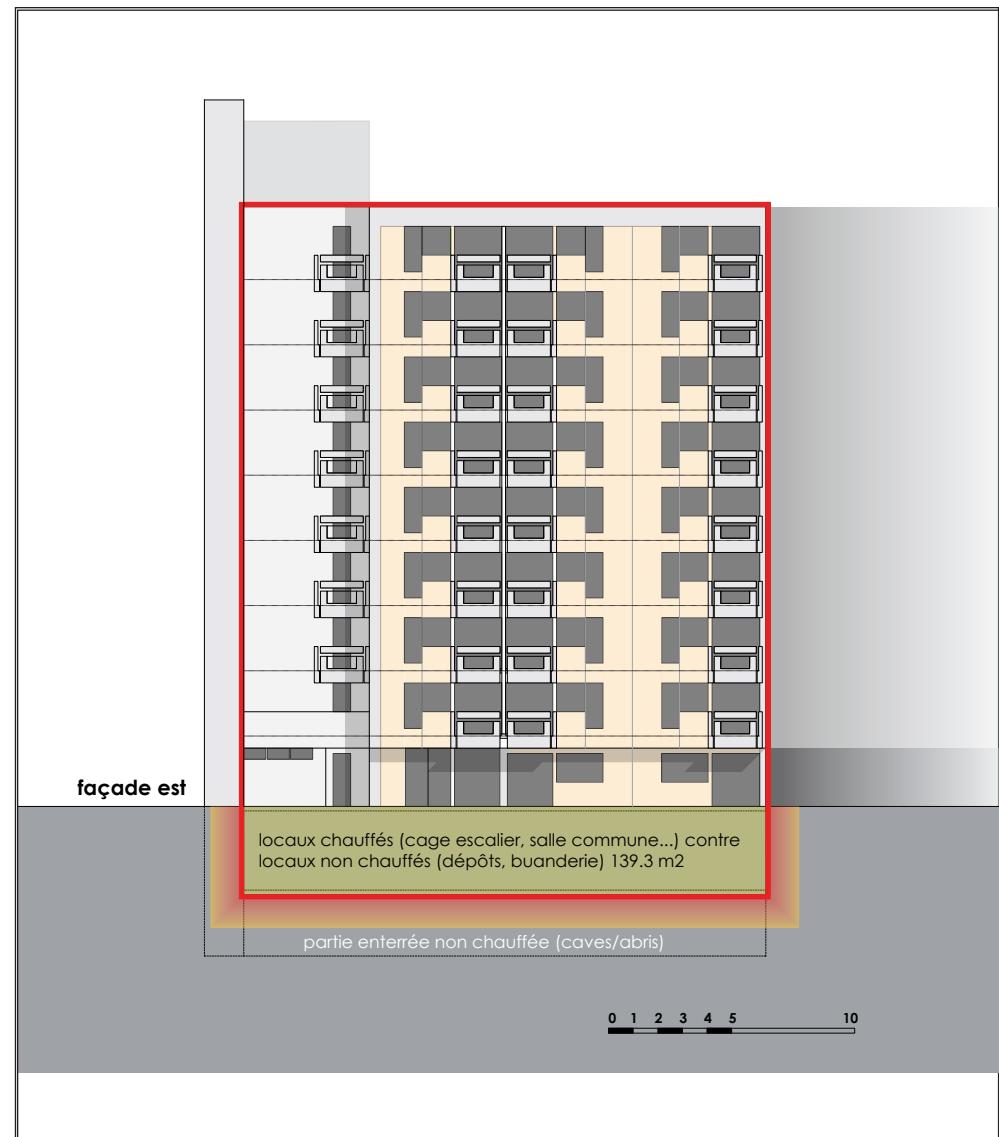
403 m²



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

C. ENVELOPPE THERMIQUE VERTICALE: FAÇADE EST

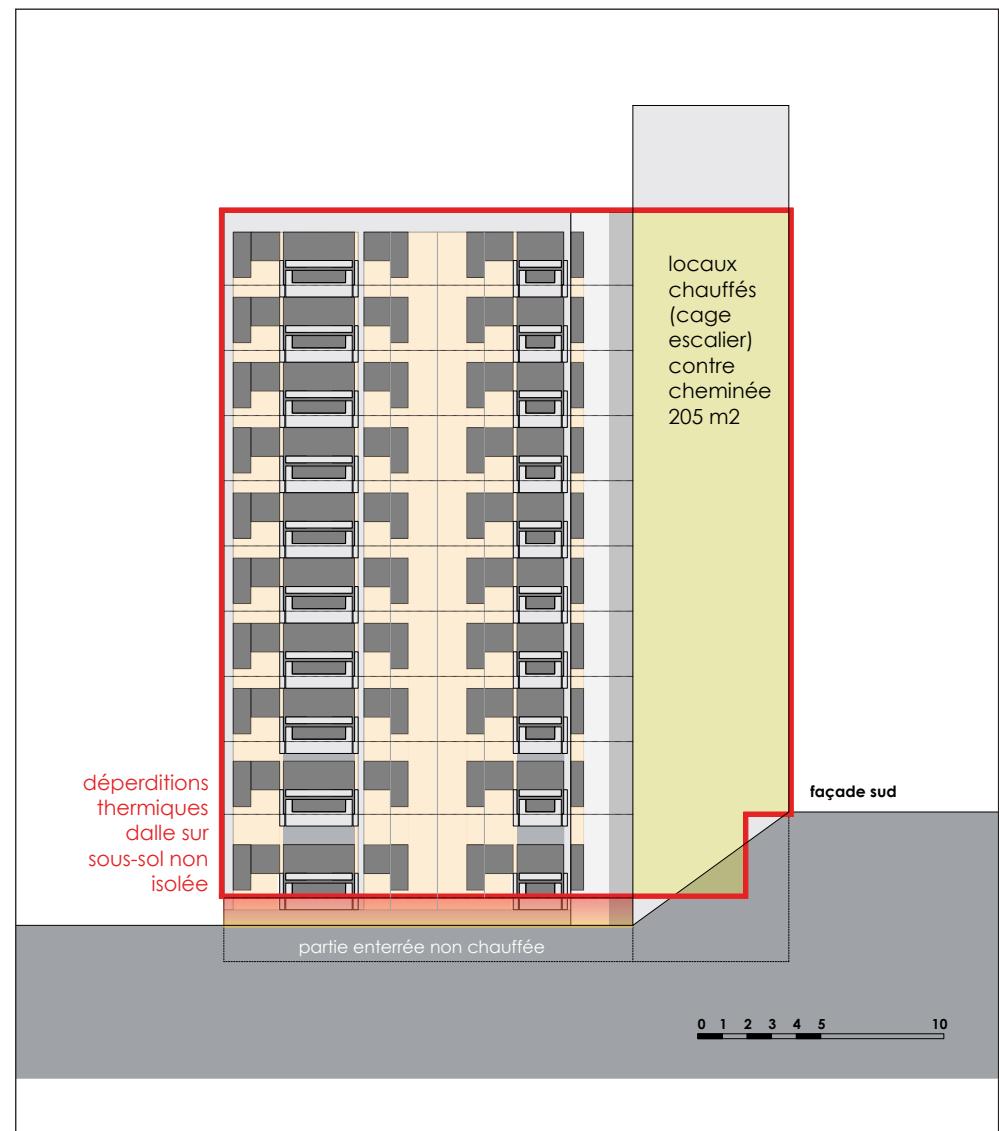
1. murs contre extérieur
 - a. façade porteuse: revêtement béton préfabriqué (gris) 216 m²
enduit 1.5 / béton armé 14 / isolation 4 / air / béton préfa. 10 cm
 valeur U: 0.8 W/m²K
 - b. façade non porteuse: revêtement Éternit (orange) 148.50 m²
enduit 1.5 / brique 12 / isolation 8 + chassis métal / Eternit 1 cm
 valeur U: 1.21 W/m²K
2. caissons de stores 33.3 m²
panneau de bois aggloméré 3 cm
 valeur U: 2.7 W/m²K
3. fenêtres (anthracite) valeur U: 2.82 W/m²K
cadre bois métal / double vitrage des années 1979
 - a. fenêtre sans caisson de store 17.5 m²
 - b. fenêtre avec caisson de store à rouleau 77.3 m²
 - c. fenêtre avec store à lamelles, en retrait (ombrage) 148.8 m²
4. porte d'entrée vitrée valeur U: 3.8 W/m²K
cadre métallique / double vitrage des années 1979 4 m²
5. mur contre espace intérieur (rez supérieur)
enduit 1.5 / brique terre cuite 8 139.2 m²
 valeur U: 3.07 W/m²K
6. ponts thermiques
 dalle de balcon sans interruption 121.2 ml



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

D. ENVELOPPE THERMIQUE VERTICALE: FAÇADE SUD

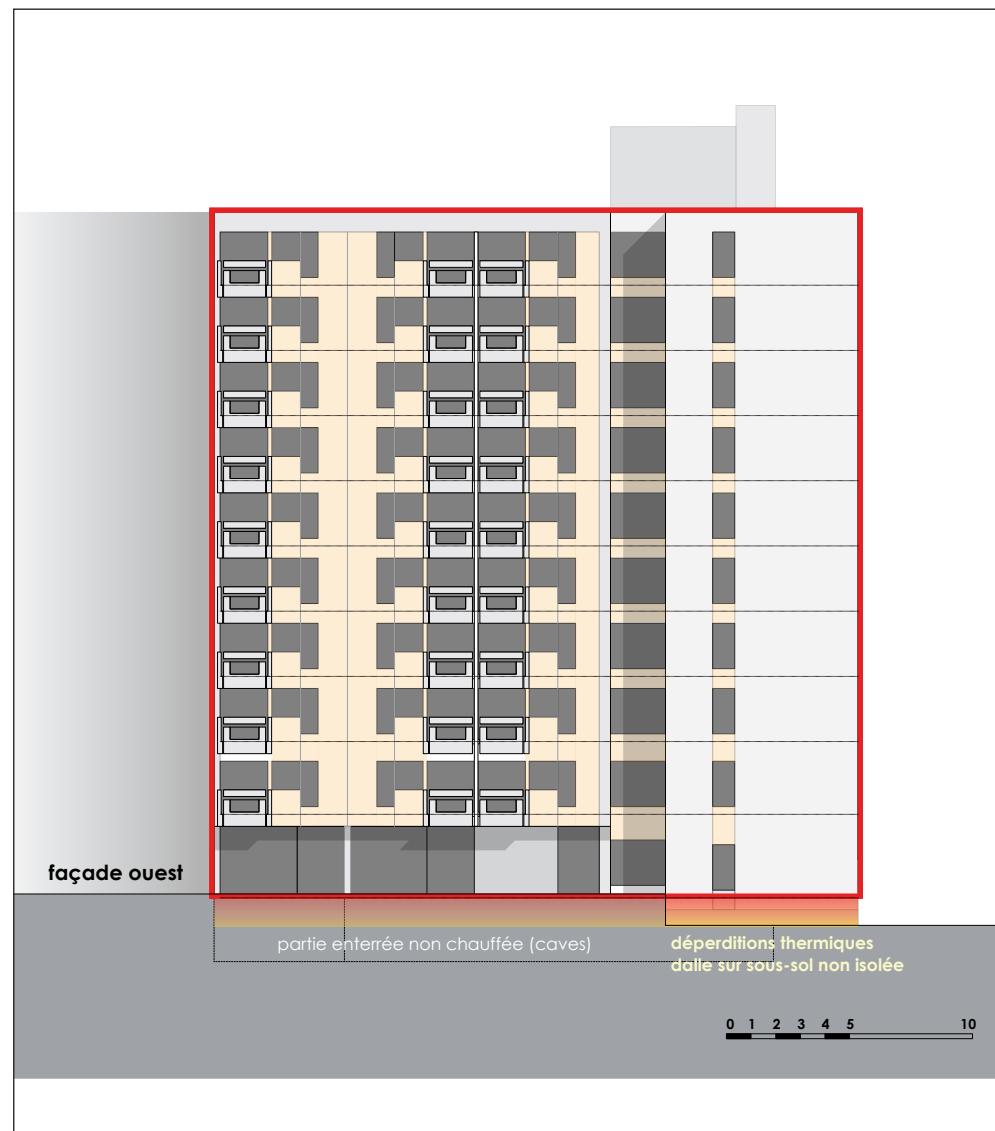
1. murs contre extérieur	
a. façade porteuse: revêtement béton préfabriqué <i>enduit 1.5 / béton armé 14 / isolation 4 / air / béton préfa. 10 cm</i>	200 m ²
valeur U: 0.8 W/m ² K	
b. façade non porteuse: revêtement Eternit (orange) <i>enduit 1.5 / brique 12 / isolation 8 + chassis métal / Eternit 1 cm</i>	180 m ²
valeur U: 1.21 W/m ² K	
c. mur contre espace extérieur (cheminée) <i>béton armé 18 / 2 / béton armé 20 cm</i>	205 m ²
valeur U: 1.8 W/m ² K	
2. caissons de stores	36 m ²
<i>panneau de bois aggloméré 3</i>	
valeur U: 2.7 W/m ² K	
3. fenêtres (anthracite)valeur U: 2.82 W/m ² K <i>cadre bois métal / double vitrage des années 1979</i>	
a. fenêtre sans caisson de store	9.6 m ²
b. fenêtre avec caisson de store à rouleau	81 m ²
c. fenêtre avec store à lamelles, en retrait (ombrage)	144 m ²
4. mur contre espace intérieur (rez inférieur)	7.5 m ²
<i>enduit 1.5 / béton armé 18 cm</i>	
valeur U: 2.62 W/m ² K	
5. ponts thermiques	
dalle de balcon sans interruption	131.7 ml



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

E. ENVELOPPE THERMIQUE VERTICALE: FAÇADE OUEST

1. murs contre extérieur
 - a. façade porteuse: revêtement béton préfabriqué 360 m²
enduit 1.5 / béton armé 14 / isolation 4 / air / béton préfa. 10 cm
 valeur U: 0.8 W/m²K
 - b. façade non porteuse: revêtement Eternit (orange) 230 m²
enduit 1.5 / brique 12 / isolation 8 + chassis métal / Eternit 1 cm
 valeur U: 1.21 W/m²K
2. caissons de stores 35.3 m²
panneau de bois aggloméré 3
 valeur U: 2.7 W/m²K
3. fenêtres (anthracite) valeur U: 2.82 W/m²K
cadre bois métal / double vitrage des années 1979
 - a. fenêtre sans caisson de store 85.2 m²
 - b. fenêtre avec caisson de store à rouleau 72.9 m²
 - c. fenêtre avec store à lamelles, en retrait (ombrage) 167.4 m²
4. porte d'entrée vitrée valeur U: 3.8 W/m²K 4 m²
cadre métallique / double vitrage des années 1979
5. ponts thermiques
 dalle de balcon sans interruption 126.9 ml



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

F. ENVELOPPE THERMIQUE HORIZONTALE: PLANCHERS / DALLES

Points 1, 2 et 3 de l'enveloppe thermique horizontale:
voir sous "A. Toiture", page 98

4. dalle contre extérieur (encorbellement rez sup + 1^{er} ét.) 28 m²

*BA 18 / Isocork 1,5 / laine de verre 1,2 / chape 7 /
parquet chêne massif 0.9*

valeur U: 1 W/m²K

5. dalle contre espace intérieur (non chauffé)

a. Plancher contre locaux non chauffés (rez sup et inf) 392 m²

*BA 18 / Isocork 1,5 / laine de verre 1,2 / chape 7 /
parquet chêne massif 0.9*

valeur U: 0.92 W/m²K

b. Plancher contre locaux non chauffés (cage escalier) 25 m²

valeur U: 2.5 W/m²K (SIA 380/1 annexe C)



2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BATIMENT

2.3 CALCUL DE LA PUISSANCE DE CHAUFFE ϕ_{pc} (en kW)

à partir de la consommation de mazout

Selon les décomptes de charges (du 1^{er} juillet au 30 juin) transmis par le propriétaire, et basé sur une clé de répartition définie en fonction des m² de tous les immeubles alimentés par la centrale de chauffage "POOL Schiffenen", la consommation moyenne annuelle est la suivante pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS):

- 2012 / 2013 est de 65'665 litres de mazout
- 2013 / 2014 est de 60'744 litres de mazout
- 2014 / 2015 est de 50'647 litres de mazout
- moyenne des 3 dernières années: 59'018 litres de mazout

On constate une diminution de consommation pour l'année 2014/2015. Ceci s'explique par le fait que cette année a été particulièrement chaude. Une correction de la valeur sera effectuée (pour la part du chauffage) à l'aide des degrés-jours (DJ) lors du calcul de l'indice de dépense de chaleur (voir point 2.5)

Pour déterminer les déperditions calorifiques à partir de la consommation de combustible, il faut connaître:

- la consommation annuelle moyenne de mazout:

consommation = 59'018 litres

- le pouvoir calorifique spécifique du mazout:

PCs = 10,68 kWh/litre

- le taux de rendement de l'installation de chauffage:

η = 80% (chaudières de 1997, pas à condensation)

- le nombre d'heures à pleine charge (nombre d'heures de la période de chauffage pour produire l'énergie nécessaire totale):

$t_{pl.ch}$ = 2300 h/an pour la production de chauffage et d'ECS, pour les habitations situées sur le Plateau suisse

La formule pour le calcul de la puissance requise est la suivante:

$$\begin{aligned}\phi_{pc} &= \text{consommation} \times \text{PCs} \times \eta \text{ divisé par } t_{pl.ch} = \text{kW} \\ &= 59'018 \text{ litres} \times 10.68 \text{ kWh/litre} \times 0.8 \text{ divisé par } 2300 \text{ h/an} = 219 \text{ kW}\end{aligned}$$

Pour le contrôle des résultats, c'est la **puissance de chauffe spécifique** qui sert de base. Elle se calcule en divisant la puissance de chauffe par la surface de référence énergétique:

$$\phi_{pc} \text{ divisé par m}^2 \text{ SRE} = 219 \text{ divisé par } 4'289.60 \text{ m}^2 = \textcolor{red}{51 \text{ W/m}^2}$$

Les valeurs de références sont les suivantes:

- habitations neuves selon les normes en vigueur: 30 - 40 W/m²
- constructions Minergie: 25 - 30 W/m²

Au-delà de 50 W/m², on considère que l'immeuble est mal isolé.

2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BATIMENT

2.4 INDICE DE DÉPENSE DE CHALEUR IDC ($E_{h\text{ww}} = E_h + E_{\text{ww}}$) en MJ/m²

L'Indice de Dépense de Chaleur (**IDC**) représente la quantité annuelle d'énergie consommée pour le **chauffage** (E_h) et la production d'**eau chaude sanitaire** (E_{ww}), pour un mètre carré de plancher chauffé. Il constitue un indicateur de la qualité thermique d'un bâtiment.

L'indice de dépense de chaleur (ou d'énergie) mesure la consommation d'énergie **finale** du bâtiment. **Elle est fonction de son enveloppe, de ses installations, du climat et du comportement des usagers.**

Correction climatique de l'indice

La consommation de chauffage est liée à l'écart de température entre l'ambiance intérieure et l'extérieur du bâtiment. Or la température varie d'un lieu à un autre. Pour tenir compte de cela, **la part de IDC consacrée au chauffage** est corrigée en fonction des données climatiques (degrés-jours DJ) de l'année considérée.

Les DJ sont utilisés pour évaluer la rigueur de la saison de chauffage et normaliser les consommations, c'est-à-dire les ramener à une valeur correspondant à un hiver standard afin de pouvoir les comparer d'une année à l'autre ou pour effectuer des comparaisons entre des bâtiments situés dans des zones climatiques différentes.

Le principe consiste à additionner, jour après jour, les écarts de température existant entre l'intérieur et l'extérieur. Par exemple, si, en moyenne de la journée, il fait 20° à l'intérieur et 5° degrés à l'extérieur, on parlera de 15 degrés-jours.

Degrés-jours (téléchargés sur le site du service de l'énergie de l'Etat de Fribourg www.fr.ch/sde/fr/pub/degres_jours.htm)

Degrés-jours année de référence (2012/13) 3611

Degrés-jours année considérée (2014/15) 2841

- consommation totale (chauffage et ECS)

- 2012 / 2013 est de 65'665 litres de mazout = 2'517'596 MJ

- 2013 / 2014 est de 60'744 litres de mazout = 2'328'924 MJ

- 2014 / 2015 est de 50'647 litres de mazout = 1'941'805 MJ

(sachant qu'1 litre de mazout = 10,68 kWh et 1 kWh = 3,6 MJ)

Dans la situation d'une **production combinée chauffage et ECS**, comme c'est le cas dans l'immeuble de la route de Schiffenen 2, on déduit le besoin d'énergie pour la production d'ECS de la norme SIA 380/1. Pour l'habitat collectif, la valeur est de **75 MJ/m²**.

- part de la consommation pour la production d'ECS:

- 75 MJ/m² x SRE = 75 MJ/m² x 4'289.60 m² = 321'720 MJ

- consommation pour la part du chauffage uniquement:

- 2012 / 2013 est de 2'517'596 MJ - 321'720 MJ = 2'195'876 MJ

- 2013 / 2014 est de 2'328'924 MJ - 321'720 MJ = 2'007'204 MJ

- 2014 / 2015 est de 1'941'805 MJ - 321'720 MJ = 1'620'085 MJ

2. DONNÉES DE BASE NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

La correction de la part de la consommation consacrée au chauffage (Q_h) pour l'année 2014, particulièrement chaude, avec les degrés-jours est effectuée comme suit:

consommation annuelle d'énergie pour le chauffage multipliée par (DJ année de référence divisé par DJ année considérée) =

Consommation corrigée pour 2014/2015 (Q_h):

$$1'620'085 \text{ MJ} \times (3611/2841) = 2'059'178 \text{ MJ}$$

La moyenne des consommations corrigées des 3 dernières années, pour les **besoins en chauffage** est de:

- 2012 / 2013 est de 2'517'596 MJ
- 2013 / 2014 est de 2'328'924 MJ
- 2014 / 2015 est de 2'059'178 MJ \rightarrow moyenne = 2'301'900 MJ

La moyenne des consommations corrigées des 3 dernières années, pour les **besoins en chauffage et les besoins de chaleur pour l'ECS** est de:

$$2'301'900 \text{ MJ} + 321'720 \text{ MJ} = 2'623'620 \text{ MJ}$$

Au final, la consommation par m^2 de SRE pour le chauffage et l'ECS, appelé **indice de dépense de chaleur (IDC)** est de:

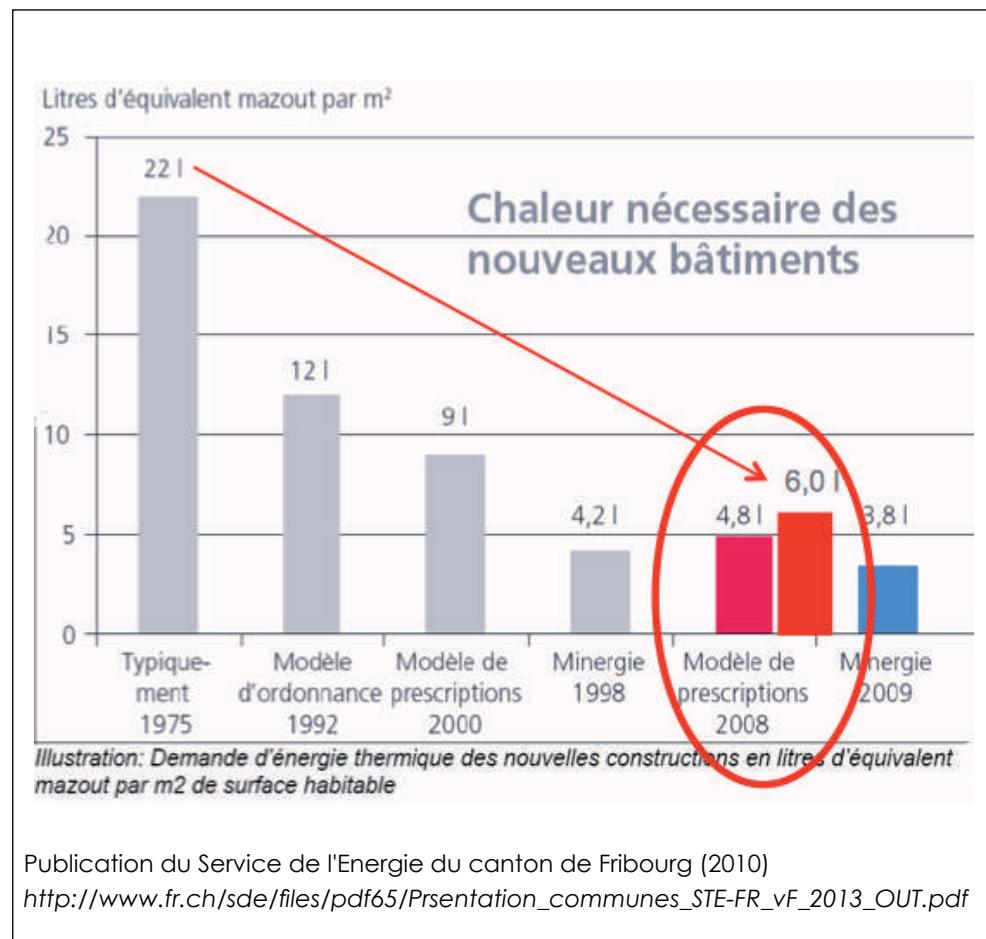
$$2'623'620 \text{ MJ divisé par } 4'289.60 \text{ m}^2 = 611 \text{ MJ/m}^2 \text{ an}$$

(ou 170 kWh/ m^2 ou 16 litre/ m^2 an)

Le calcul de la consommation par m^2 de SRE pour le chauffage uniquement est de:

$$2'301'900 \text{ MJ divisé par } 4'289.60 \text{ m}^2 = 537 \text{ MJ/m}^2 \text{ an} \text{ (cette valeur sera ensuite comparée à la consommation calculée voir page 136)}$$

Dans le canton de Genève, la loi impose la mise en place de compteurs individuels de chauffage dans les immeubles dépassant les 600 MJ/ m^2 an; pour les indices supérieurs à 800 MJ/ m^2 : obligation d'audit et pour les indices supérieurs à 900 MJ/ m^2 : obligation d'assainir.



3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.1 REMARQUES PRÉLIMINAIRES

La thermographie est une technique d'imagerie et de mesure des températures de surface des parois observées. Elle est basée sur le fait que la matière émet des rayonnements électromagnétiques dont la puissance est fonction de la température de la matière.

Elle permet de localiser les problèmes d'isolation thermique, d'étanchéité à l'air ainsi que les désordres liés à l'eau.

Le diagnostic thermographique s'est déroulé comme suit:

1. Préparation de la visite

- recherche de documentation (plans)
- compréhension du mode constructif du bâtiment
- définition des observations à mener

2. Intervention

- relevé des conditions météo (température, humidité relative...)
- prises de vues thermographiques et photographiques systématiques (façades), puis limitées aux irrégularités.

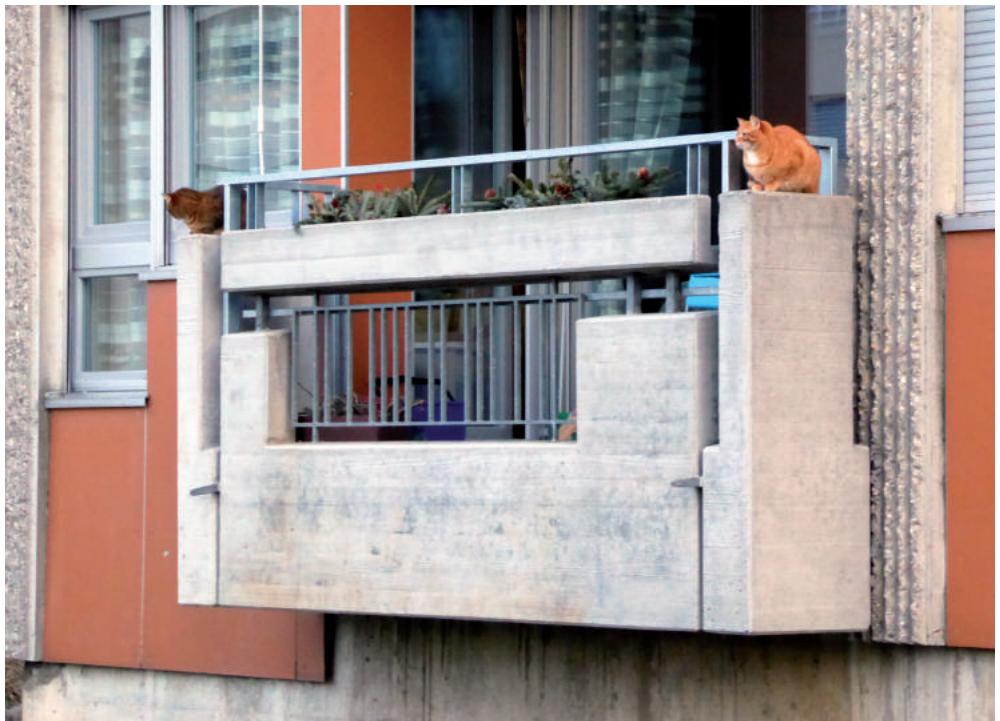
3. Traitement des données

- transfert sur ordinateur des fichiers-images
- mise au même cadrage thermique des images, mise à l'échelle et découpe éventuelle des photographies
- dessin d'un plan d'indication des parties du bâtiment observées
- interprétation
- rapport informatique contenant les thermographies commentées.

Cette étude est uniquement **qualitative** et ne permet pas d'évaluer l'importance des flux de chaleur. Par contre, elle met en évidence les points faibles et permet de **communiquer visuellement**.

Les images thermiques sont illustratives et possèdent un pouvoir évoquant bien plus fort que le résultat chiffré de la consommation correspondante. De ce fait, elles favorisent souvent la prise de décision des propriétaires qui hésitent à procéder à la rénovation thermique de leur bâtiment.

La thermographie permet également, une fois les travaux effectués, de visualiser les améliorations énergétiques réalisées.



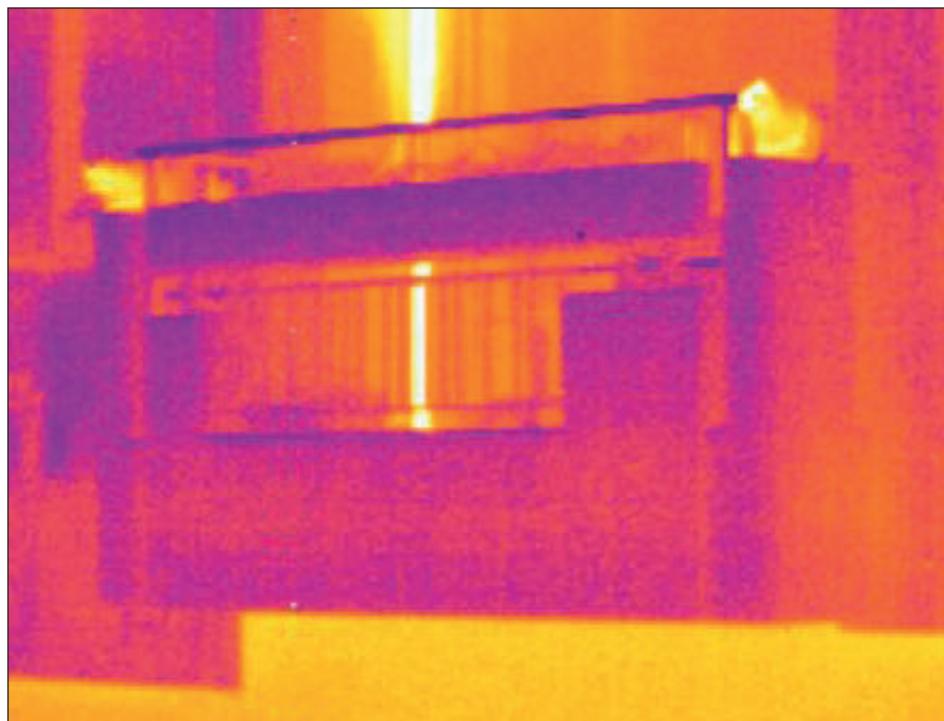
3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

A. BUT DE LA DÉMARCHE

Localiser les irrégularités thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Le diagnostic par thermographie ne remplace pas l'analyse des détails constructifs, mais il peut orienter rapidement vers les points faibles de l'enveloppe.

B. DONNÉES

- Objet: Immeuble d'habitation (8 étages)
- Date de construction: 1979
- Propriétaire: Coopérative immobilière Sodalitas SA, Fribourg
- Adresse: Route de Schiffenen 2, 1700 Fribourg



C. DESCRIPTION DU BÂTIMENT

- Système porteur: murs de refend en béton armé
- Habillage murs porteurs: panneaux de béton préfabriqué
- Habillage murs non porteurs: bardage en plaques Eternit
- Ouvertures: fenêtres d'origine: double vitrage, cadre bois/métal

D. CONDITIONS D'INTERVENTION

- Date du diagnostic thermographique: 30 janvier 2016
- Heure: entre 7h00 et 8h30
- Température extérieure: 6°C
- Humidité relative: 65 %
- Absence de vent
- Température ambiante intérieure: 22°C

E. ÉQUIPEMENT UTILISÉ

La caméra thermographique "FLIR Agema 570" de 1998 a été mise à ma disposition par Monsieur Raphaël Compagnon, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg.

Le logiciel de traitement "Flir Tools", spécifique aux fichiers de la caméra, permet le réglage du cadrage thermique (échelle des températures) afin de mieux visualiser les phénomènes à révéler.

F. MATÉRIAUX DE SURFACE ET ÉMISSIVITÉ

La valeur d'émissivité retenue est de 0.9.

G. CADRAGES THERMIQUES

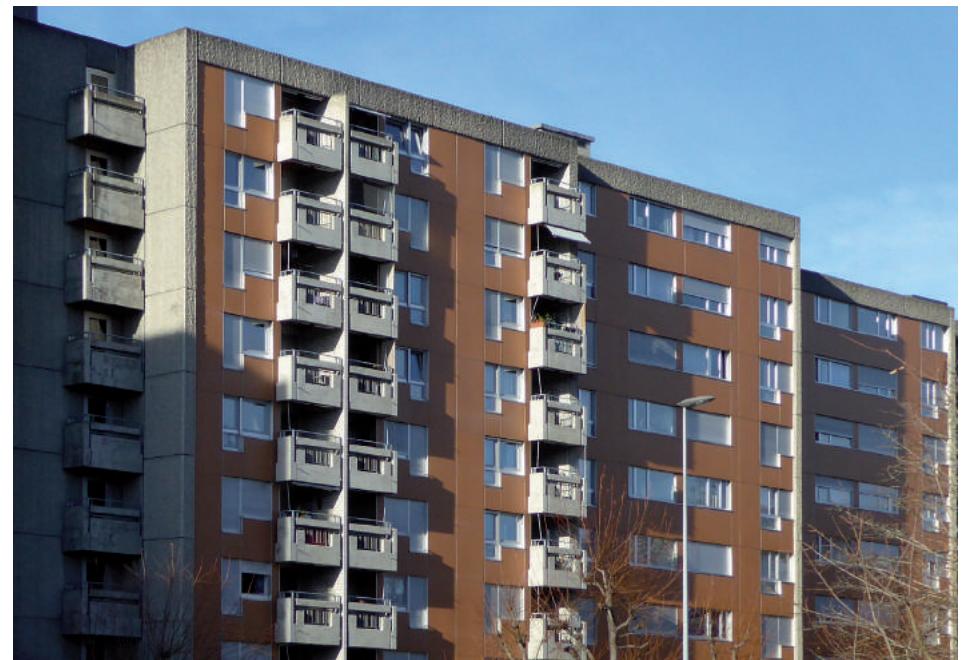
Les cadrages thermiques des images infrarouges ont été réalisés de manière identique, sur une échelle allant de -9°C à 15°C, afin de pouvoir comparer les thermographies entre elles.

3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.2 FAÇADE EST: bardage Eternit

L'analyse de la façade, revêtue d'un bardage en plaques Éternit, est délicate, car il s'agit d'une façade ventilée. Généralement, les températures de surface donnent une indication sur l'isolation de l'enveloppe mais dans le cas d'une façade ventilée, la thermographie ne permet pas d'obtenir des résultats pertinents concernant leur capacité isolante. La température de surface peut être basse sans que cela signifie que l'enveloppe soit très performante.

D'après les informations recueillies à l'aide des plans, nous pouvons dire qu'elle est de qualité thermique satisfaisante pour l'époque de construction mais aujourd'hui insuffisante (8 cm d'isolation).

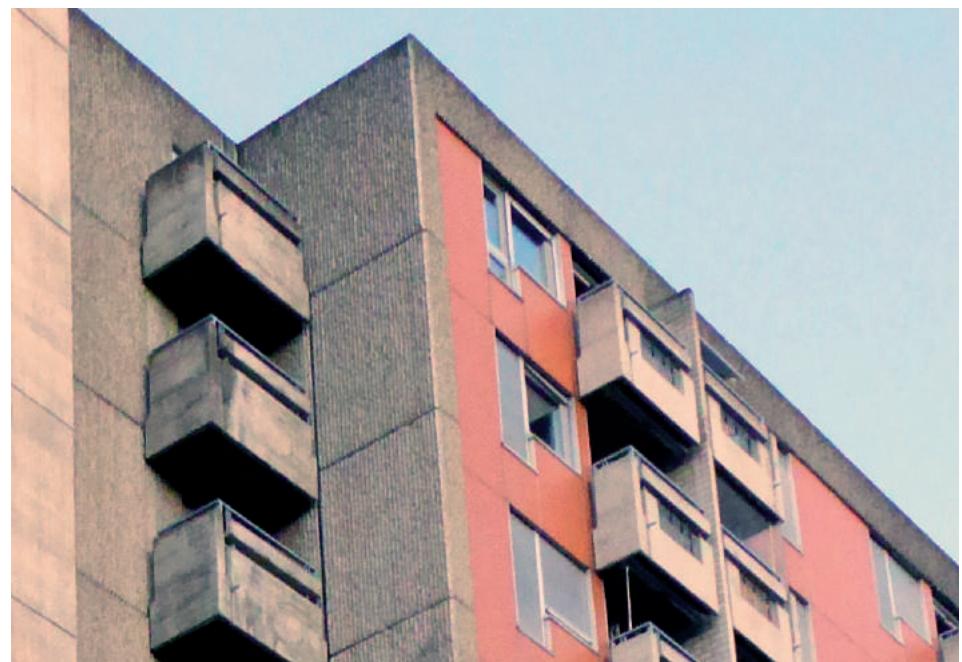
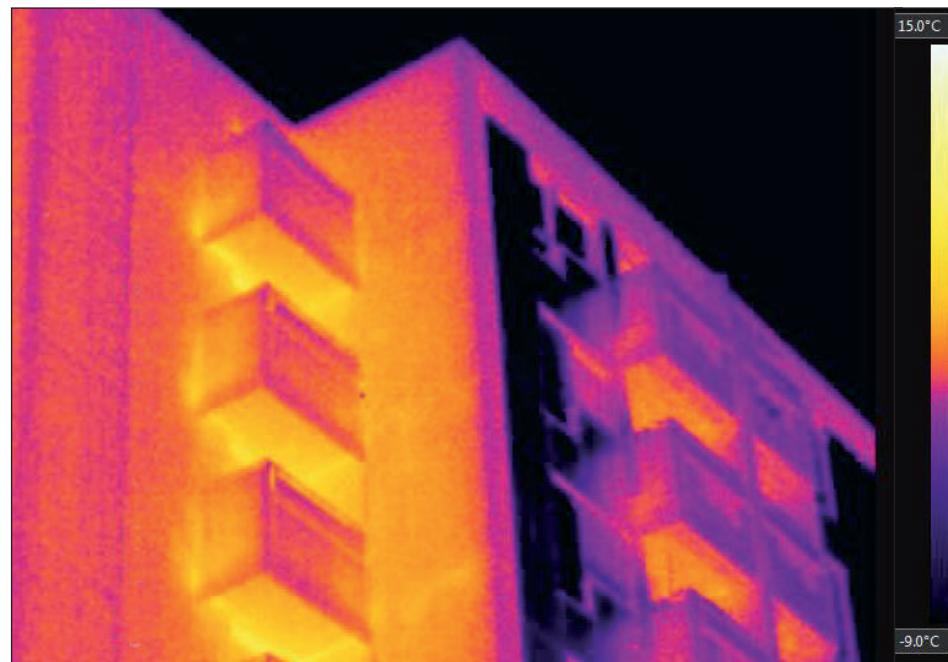
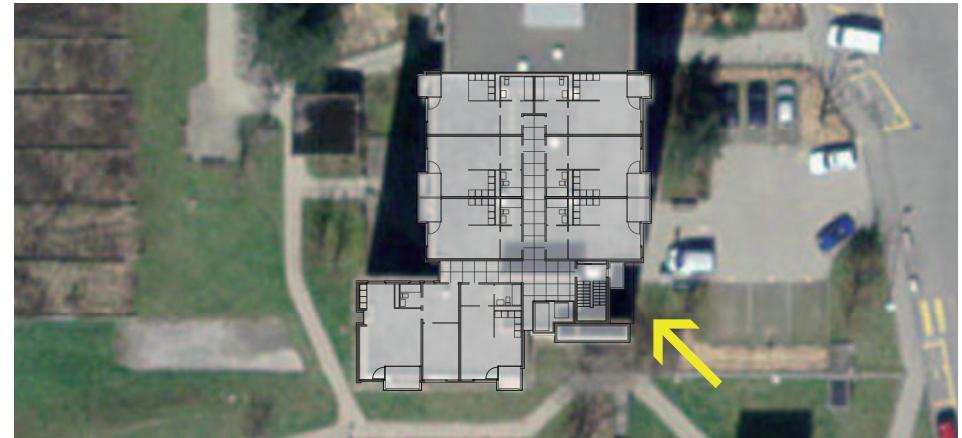


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.3 FAÇADE EST: cage escalier et balcons

Source de déperditions énergétiques:

- les dalles des balcons en béton armé coulé sur place ont été réalisées sans rupture thermique entre l'intérieur et l'extérieur et engendrent des ponts thermiques.

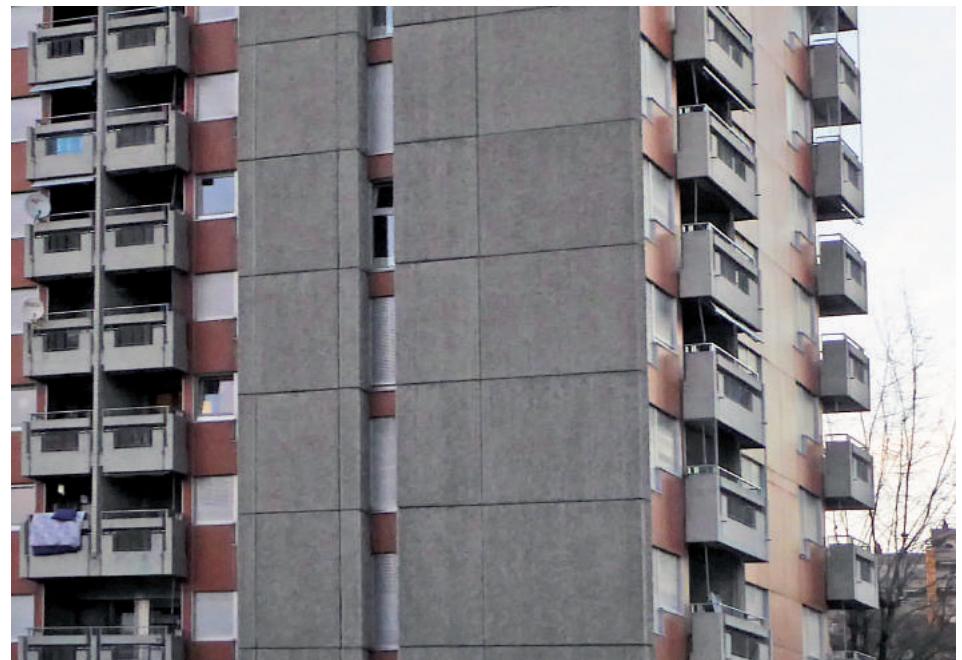
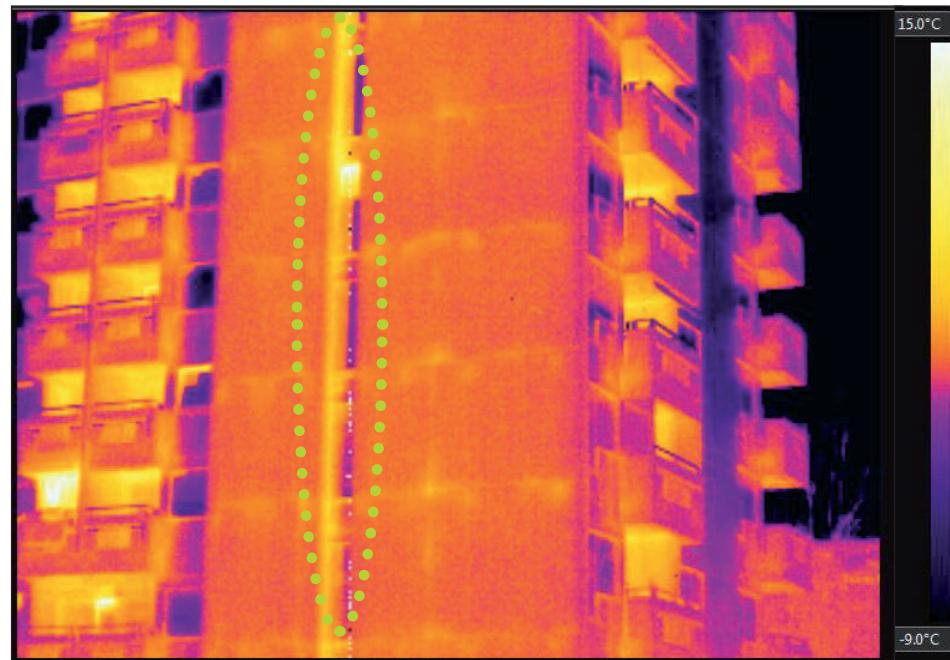
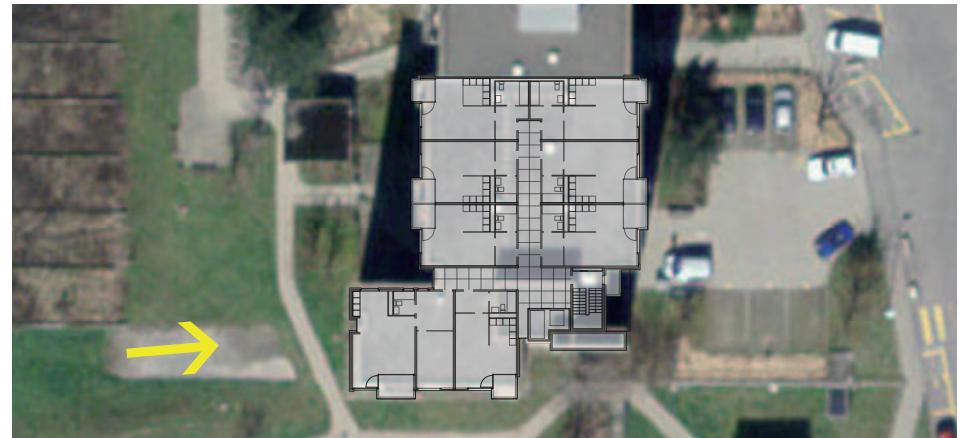


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.4 FAÇADE OUEST: mur porteur revêtu de panneaux préfabriqués en béton armé

Sources de déperditions énergétiques:

- joints entre les panneaux de béton préfabriqués non étanches
- pertes importantes au niveau des dalles des loggias
- déperdition thermique au niveau du raccord entre la façade en béton et les embrasures des fenêtres du corridor.

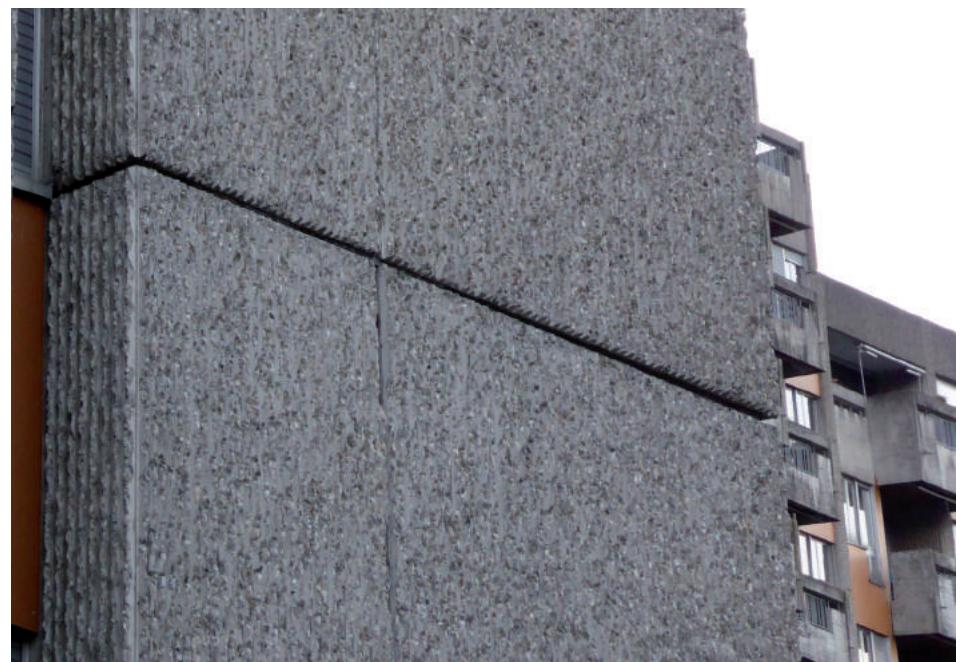
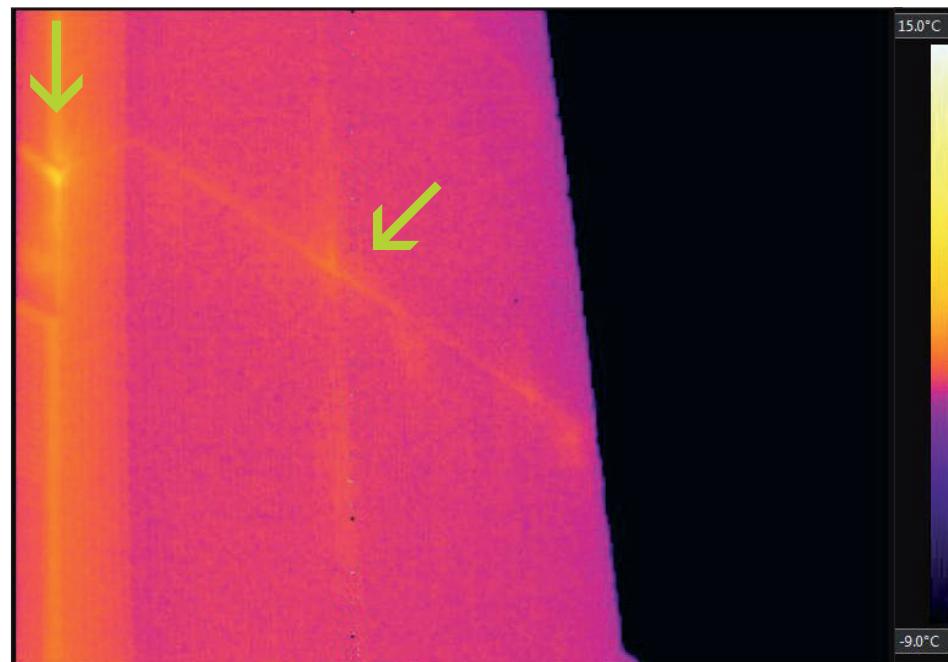
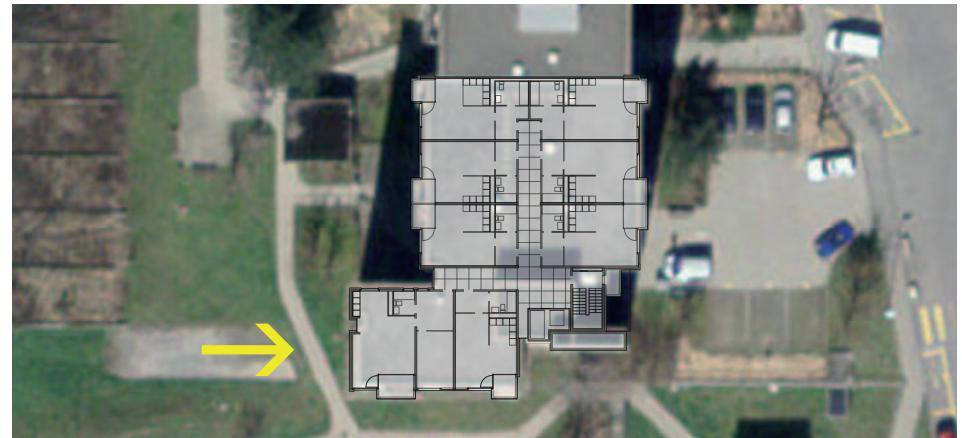


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.5 FAÇADE OUEST: parement en panneaux de béton

Sources de déperditions énergétiques:

- la façade n'est pas étanche, les joints sont défectueux ou ne sont plus en place. L'air circule et engendre des déperditions thermiques. De plus, il faut éviter que l'isolation ne soit mouillée, pas uniquement à cause du risque de pourrissement mais aussi parce que la présence d'eau (qui a une mauvaise résistance thermique) diminue fortement la performance du matériau.
- déperditions thermiques au niveau du raccord entre les deux types de façades et des embrasures de fenêtres.

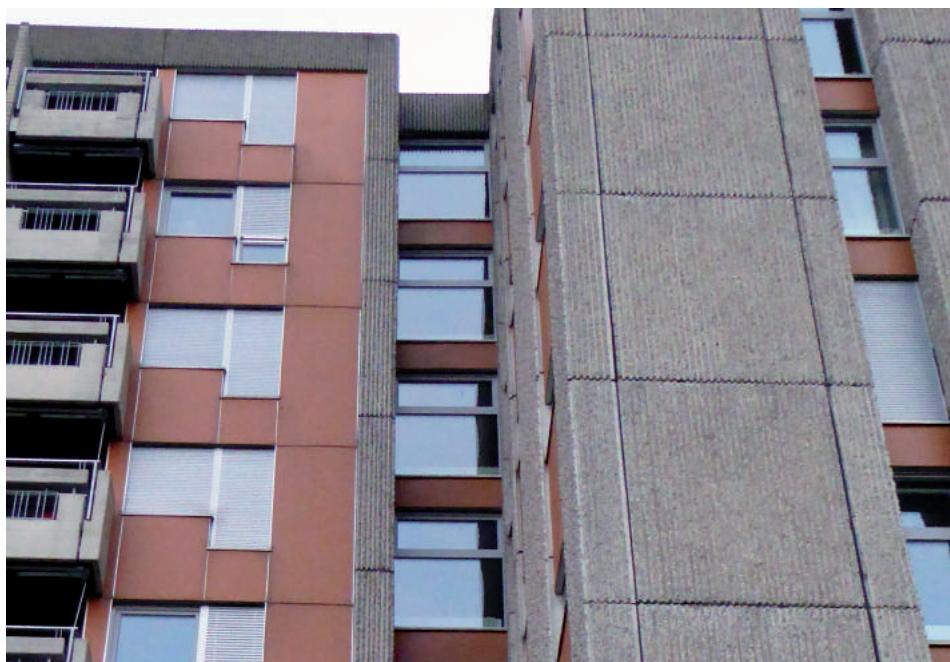
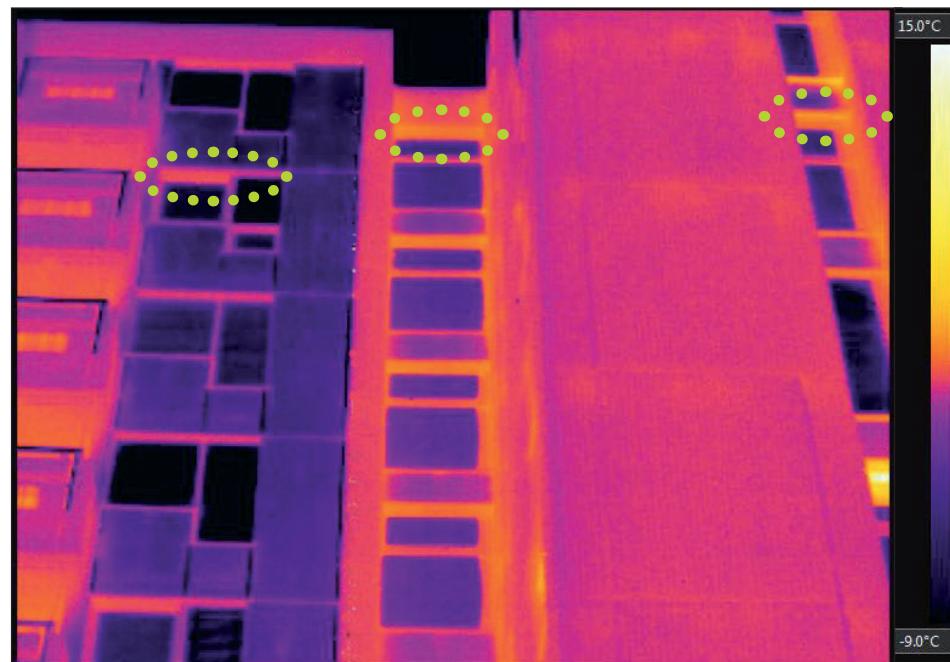
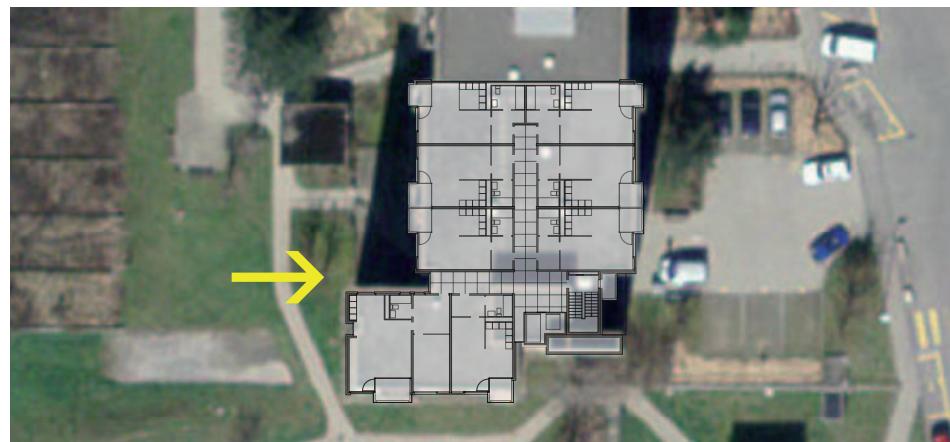


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.6 FAÇADE OUEST

Sources de déperditions énergétiques:

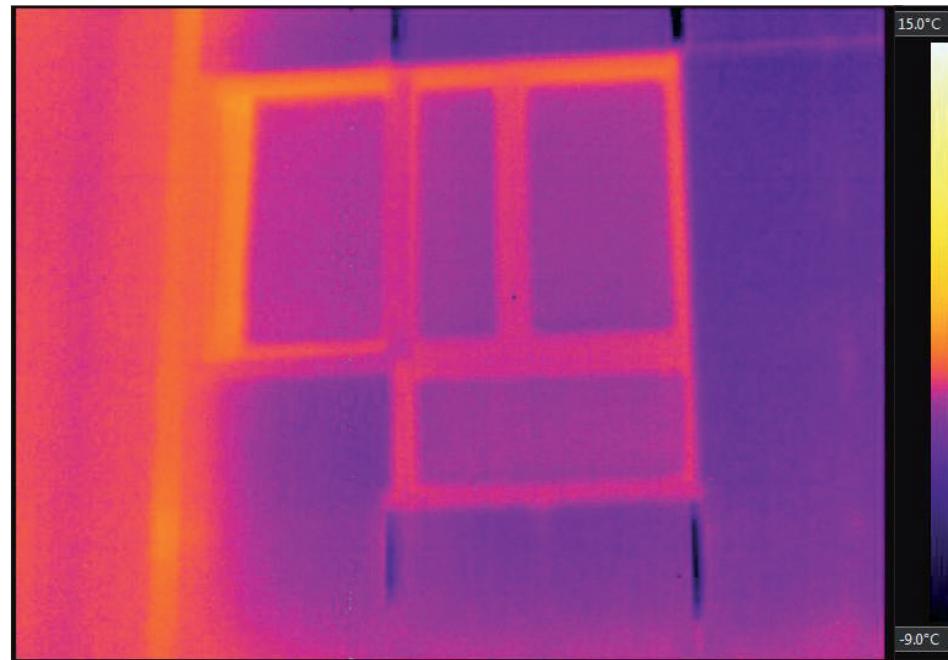
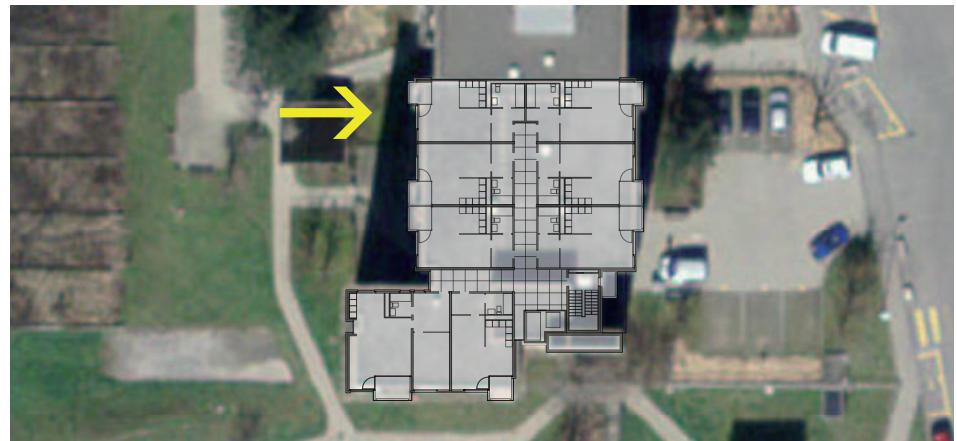
- déperditions au niveau des cadres de fenêtre et particulièrement des caissons de store.
- la façade en bardage Éternit est froide puisqu'elle est ventilée par l'arrière, cela ne signifie toutefois pas qu'elle est performante thermiquement.



3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.7 FENÊTRES

- déperditions au niveau du cadre de la fenêtre et particulièrement du caisson de store non isolé.
- déperditions thermiques au niveau du raccord entre les deux types de façade.
- les fenêtres d'origine (cadre bois/métal et double vitrage, valeur U estimée à $2.82 \text{ W/m}^2\text{K}$) ne remplissent plus les exigences thermiques actuelles (SIA 380/1:2016: U_{li} de $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$).

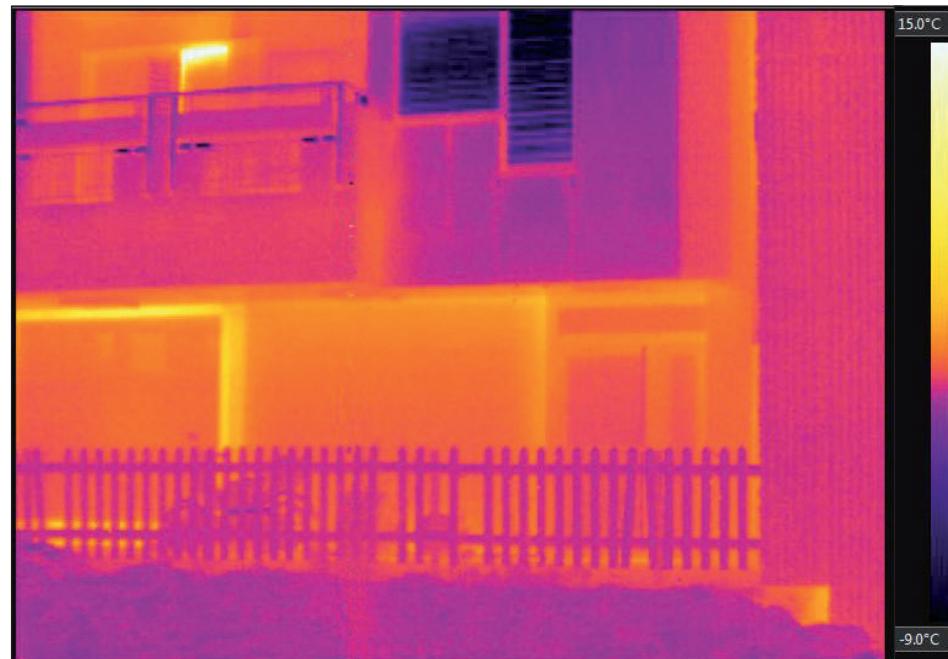
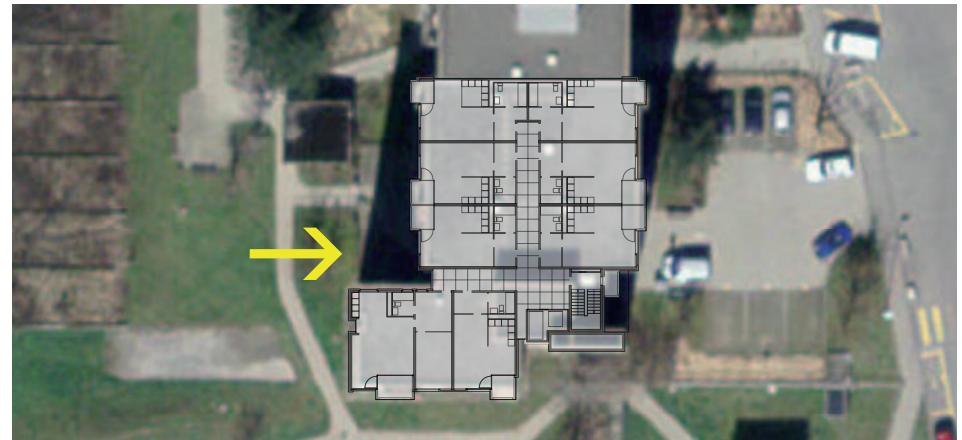


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.8 FAÇADE OUEST: socle rez inférieur

Sources de déperditions énergétiques:

- le mur en briques silico-calcaires situé au rez inférieur n'est pas isolé.
- la sous-face de la partie en encorbellement n'est pas isolée.
- le cadre de fenêtre de la baie vitrée de la salle commune présente de grandes déperditions de chaleur.

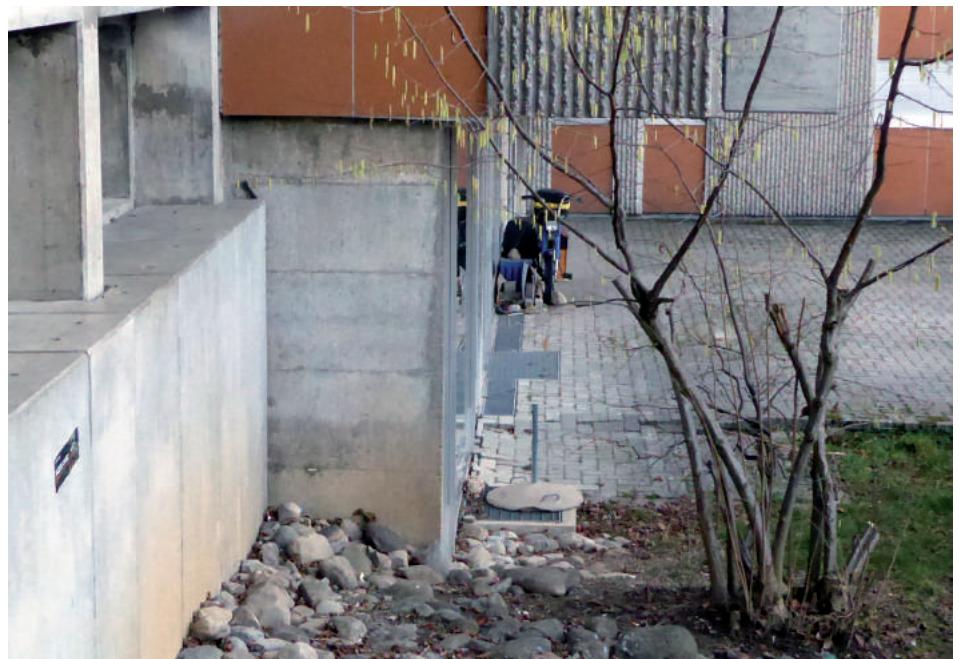
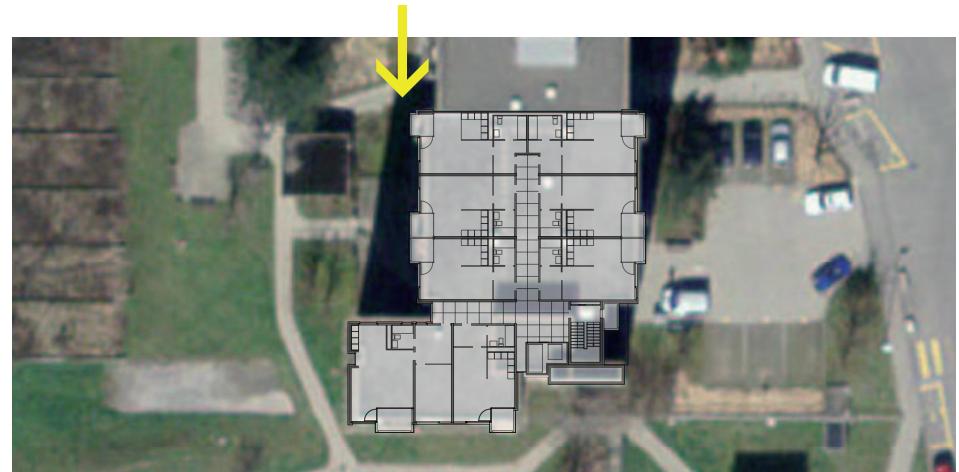


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.9 FAÇADE OUEST: socle rez inférieur, angle salle commune

Source de déperditions énergétiques:

- le mur de refend en béton de la salle commune (située dans la partie "socle" du bâtiment) n'est pas isolé.

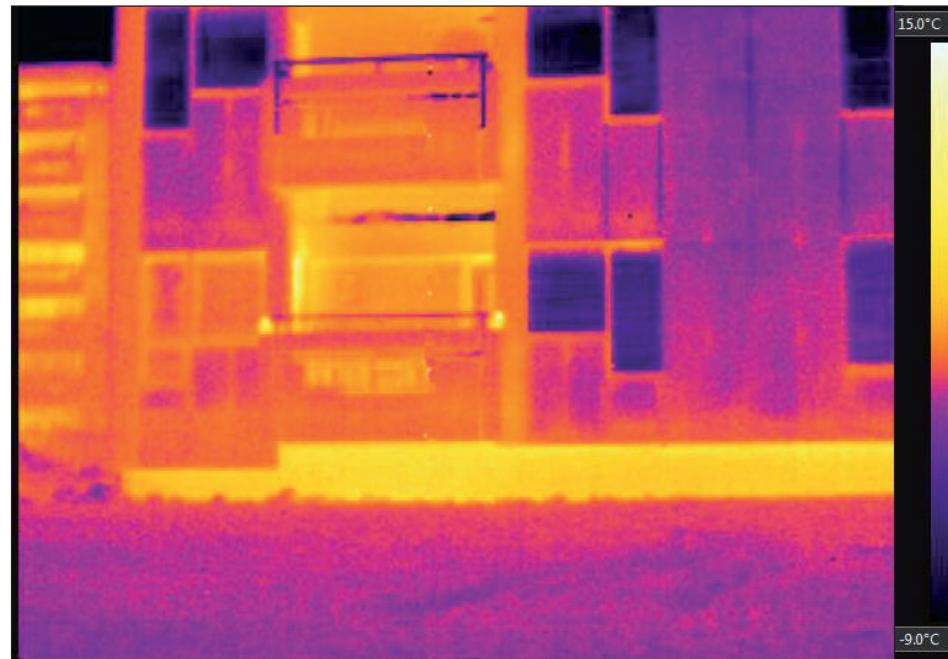
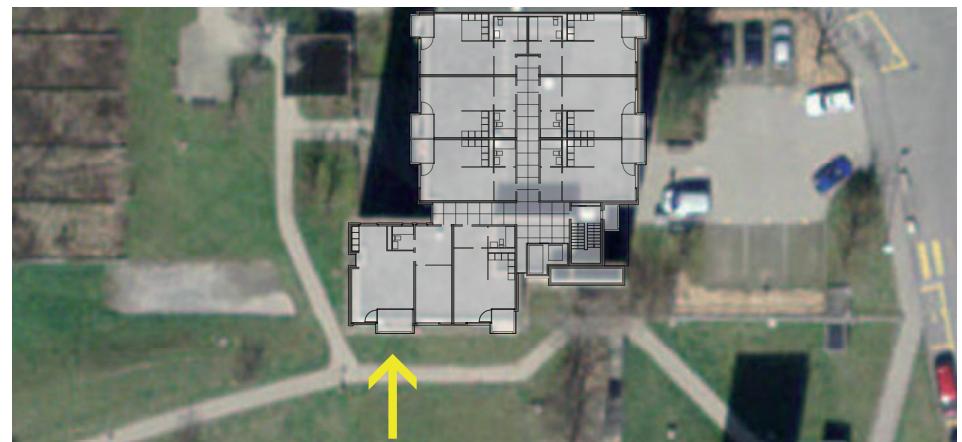


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.10 FAÇADE SUD: socle

Source de déperditions énergétiques:

- la dalle entre les caves et le rez inférieur n'est pas isolée. Le mur du socle au-dessous du bardage Eternit n'est pas isolé non plus. Ainsi la chaleur de l'appartement s'échappe vers le sous-sol et vers l'extérieur.

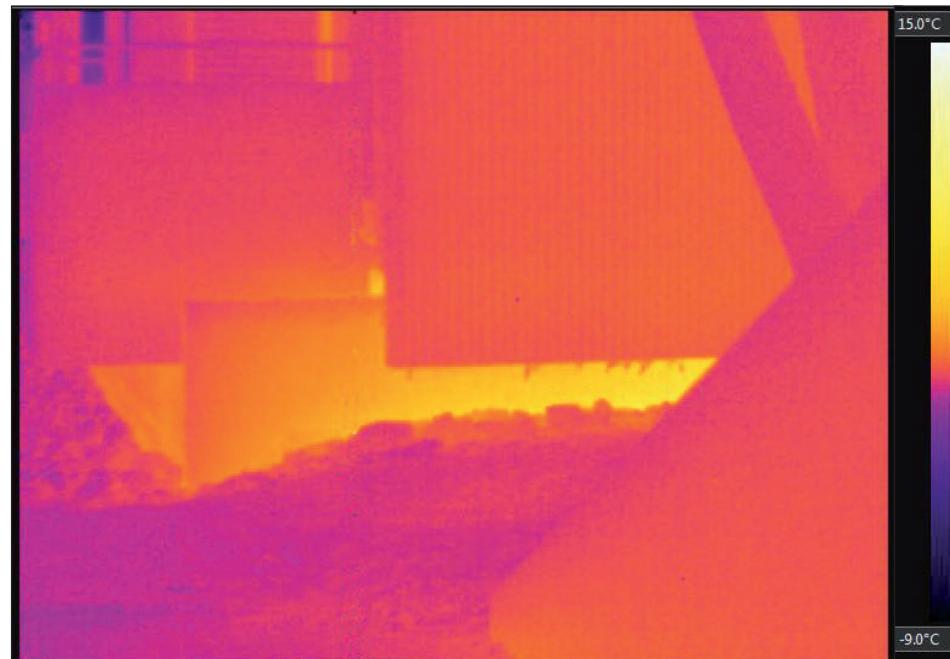
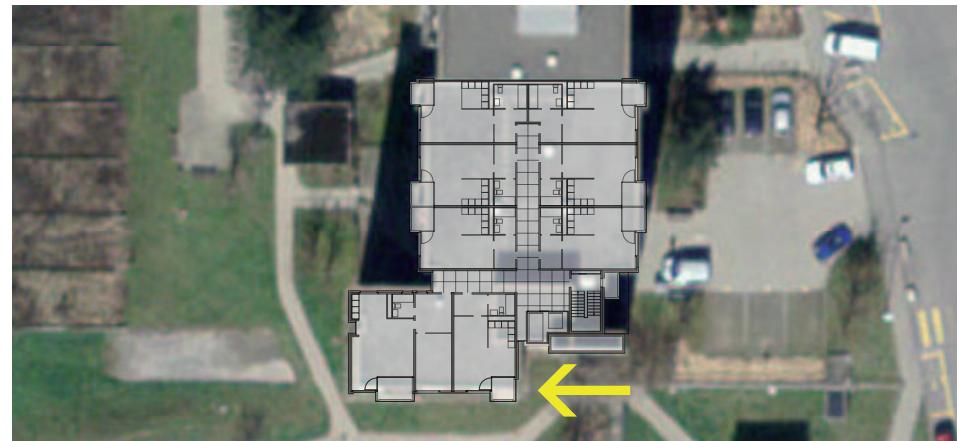


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.11 ANGLE FAÇADE SUD ET EST: socle

Source de déperditions énergétiques:

- la dalle entre les caves et le rez inférieur n'est pas isolée. Le mur du socle au-dessous du bardage Eternit n'est pas isolé non plus. Ainsi la chaleur de l'appartement s'échappe vers le sous-sol puis vers l'extérieur.

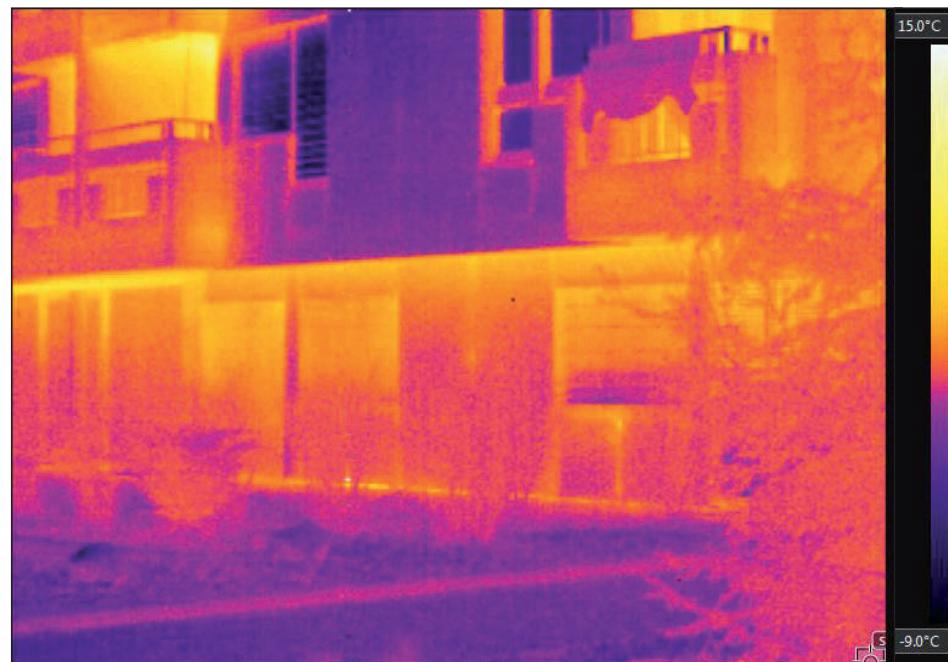
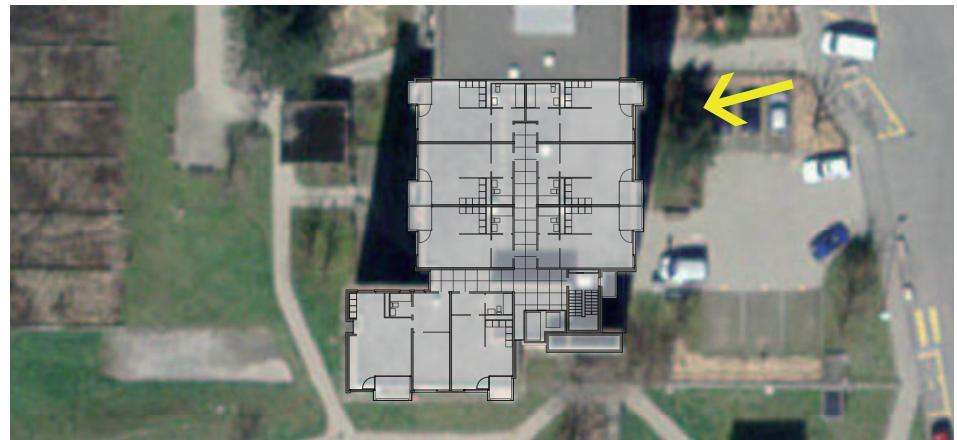


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.12 FAÇADE EST: raccord au sol et encorbellement

Sources de déperditions énergétiques:

- absence d'isolation sous la partie en encorbellement.
- les murs enterrés ne sont pas isolés, ce qui crée un pont thermique au niveau du sol (tête de dalle).

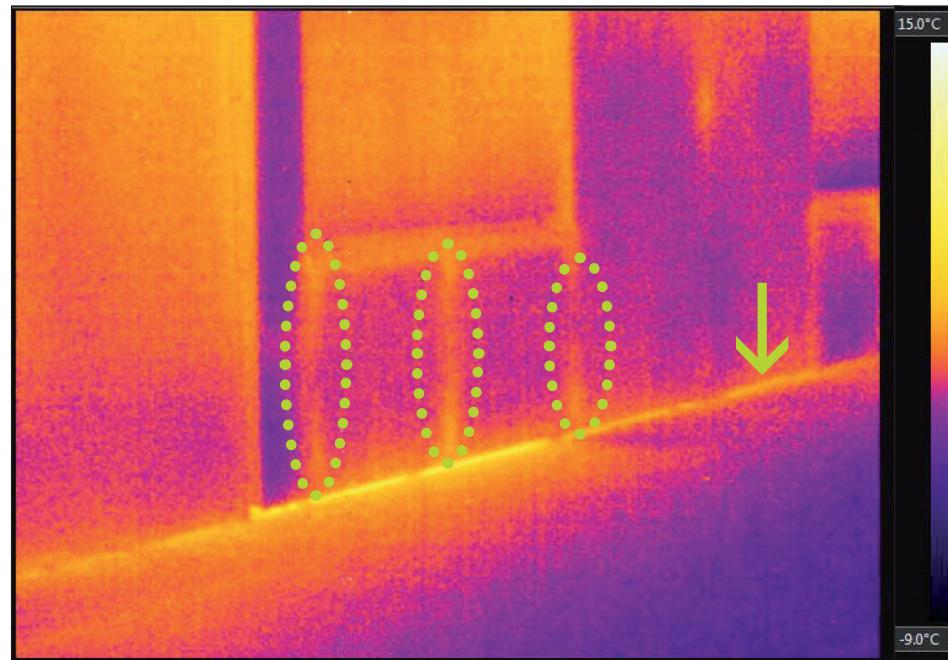
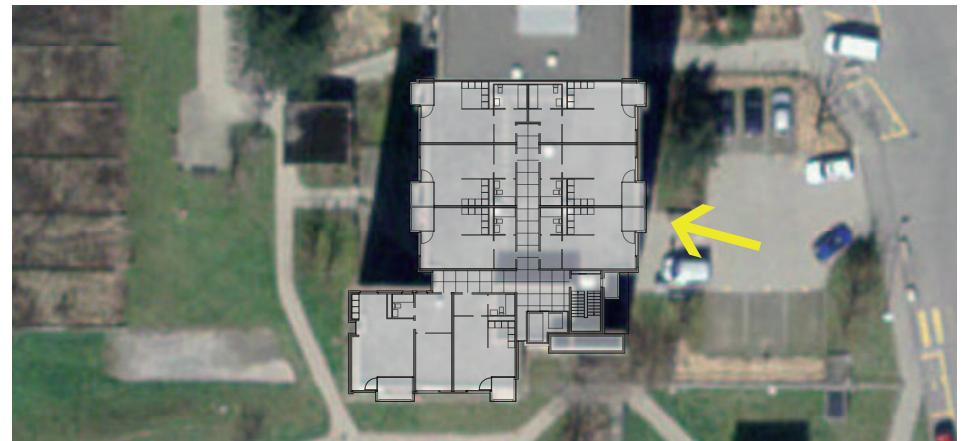


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.13 FAÇADE EST: rapport au sol, revêtement Éternit

Sources de déperditions énergétiques:

- la fixation de la façade ventilée (châssis métallique) établit un pont thermique entre l'extérieur et le mur en brique intérieur, à travers l'isolation.
- les murs enterrés ne sont pas isolés, ce qui crée un pont thermique au niveau du sol (tête de dalle).

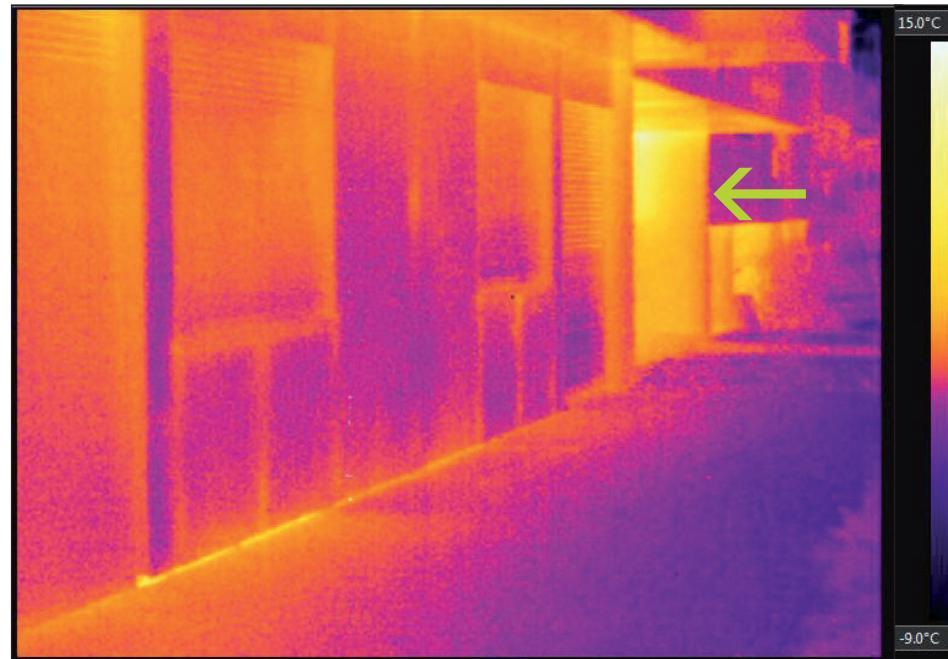
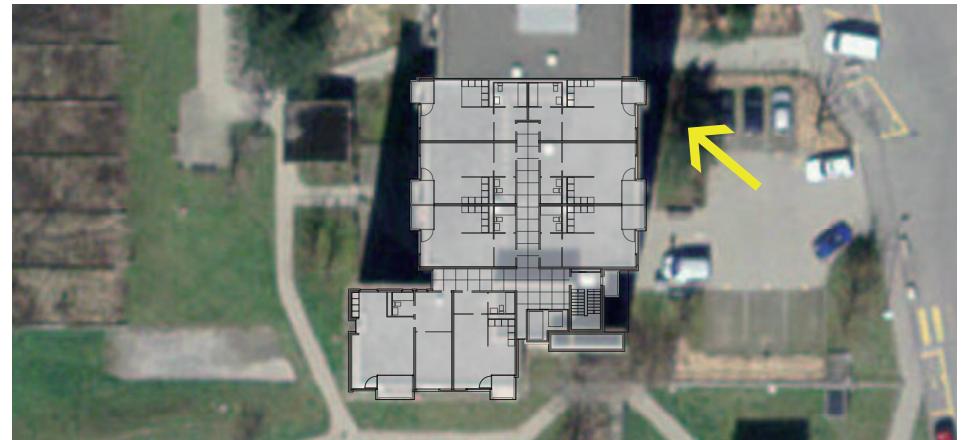


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.14 FAÇADE EST: entrée rez supérieur

Sources de déperditions énergétiques:

- la sous-construction de la façade ventilée (châssis métallique) établit un pont thermique entre le mur intérieur et l'extérieur, à travers l'isolation.
- l'accès à l'entrée de l'immeuble voisin, situé en retrait, est une source de déperdition thermique importante car ni le mur mitoyen ni la dalle sur rez ne sont isolés.
- les murs enterrés ne sont pas isolés, ce qui crée un pont thermique au niveau du sol (tête de dalle).

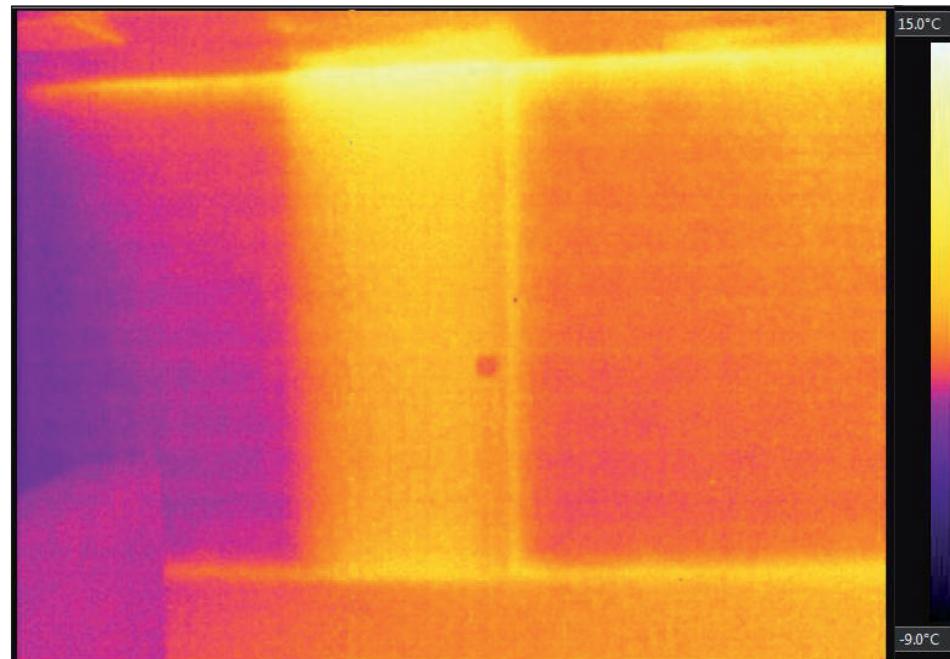
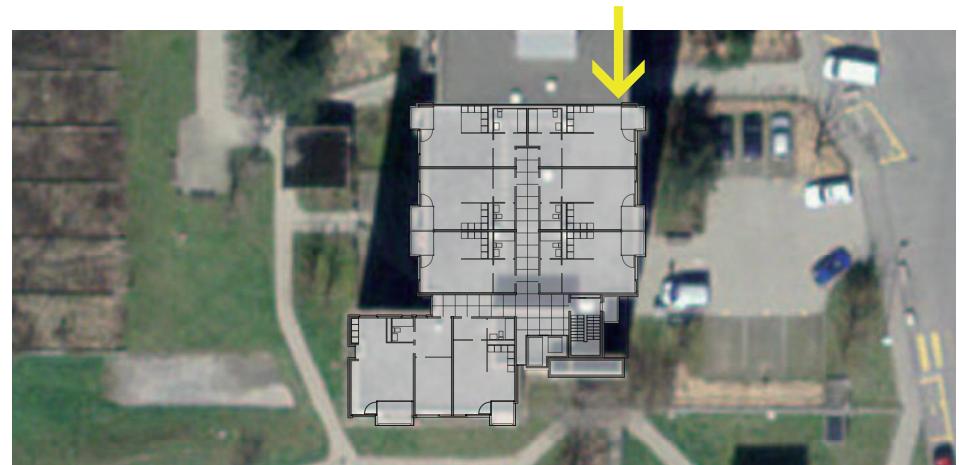


3. ANALYSE THERMOGRAPHIQUE DE L'ENVELOPPE

3.15 FAÇADE EST: mur mitoyen

Sources de déperditions énergétiques:

- le mur situé au nord est mitoyen avec l'immeuble voisin. Au niveau du rez-de-chaussée toutefois, l'accès à l'entrée, située en retrait, est une source de déperdition thermique importante car le mur derrière lequel se trouvent les appartements n'est pas suffisamment isolé (en particulier au niveau du pilier en béton).
- ponts thermiques importants également au niveau des têtes de dalle.



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

4.1 FAÇADE PORTEUSE

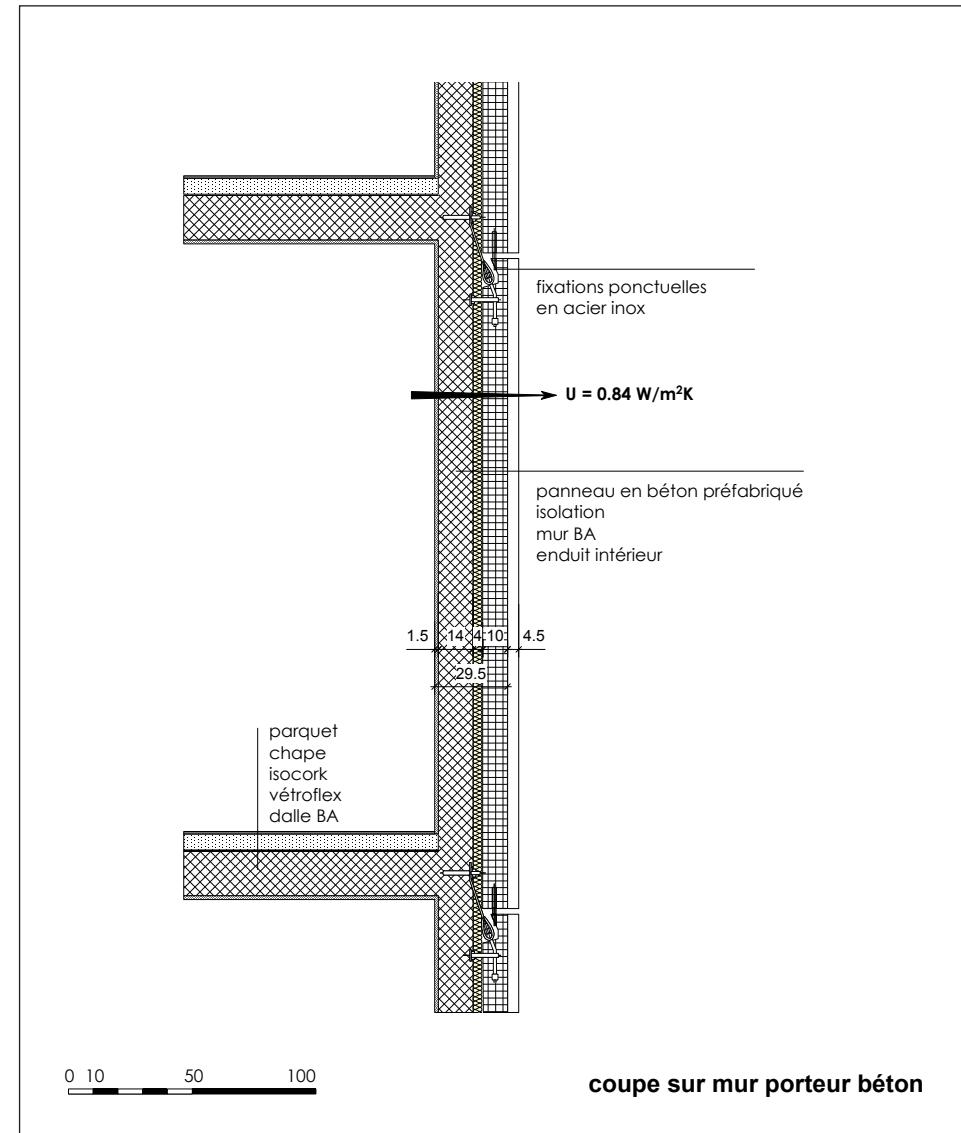
776 m²

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur):

10 cm	panneau de béton préfabriqué	$\lambda = 1.8 \text{ W/mK}$
4 cm	Styropor	$\lambda = 0.042 \text{ W/mK}$
14 cm	béton armé	$\lambda = 1.8 \text{ W/mK}$
<u>1,5 cm</u>	<u>enduit intérieur plâtre</u>	<u>$\lambda = 0.58 \text{ W/mK}$</u>
29.5	épaisseur totale	

Valeur U: 0.84 W/m²K (calculée avec le programme EnerCAD)

Valeur U_{li} SIA 380/1: 0.21 W/m²K et U_{ta} 0.13 W/m²K



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

FAÇADES EN PANNEAUX DE BÉTON DE PAREMENT + FIXATIONS

La façade préfabriquée, réalisée par l'entreprise Élement AG à Tafers, se compose de panneaux de revêtement suspendus aux murs en béton coulés sur place. Les dimensions de ces éléments sont de 3.00 x 2.65 m. (hauteur d'étage). Ils sont ancrés au béton par des fixations en acier inoxydable.

Le rendu de surface est obtenu par les nervures verticales du revêtement à structure Rudolph des panneaux, très utilisé dans les années 1970.

On pose deux ancrages par panneau de béton.

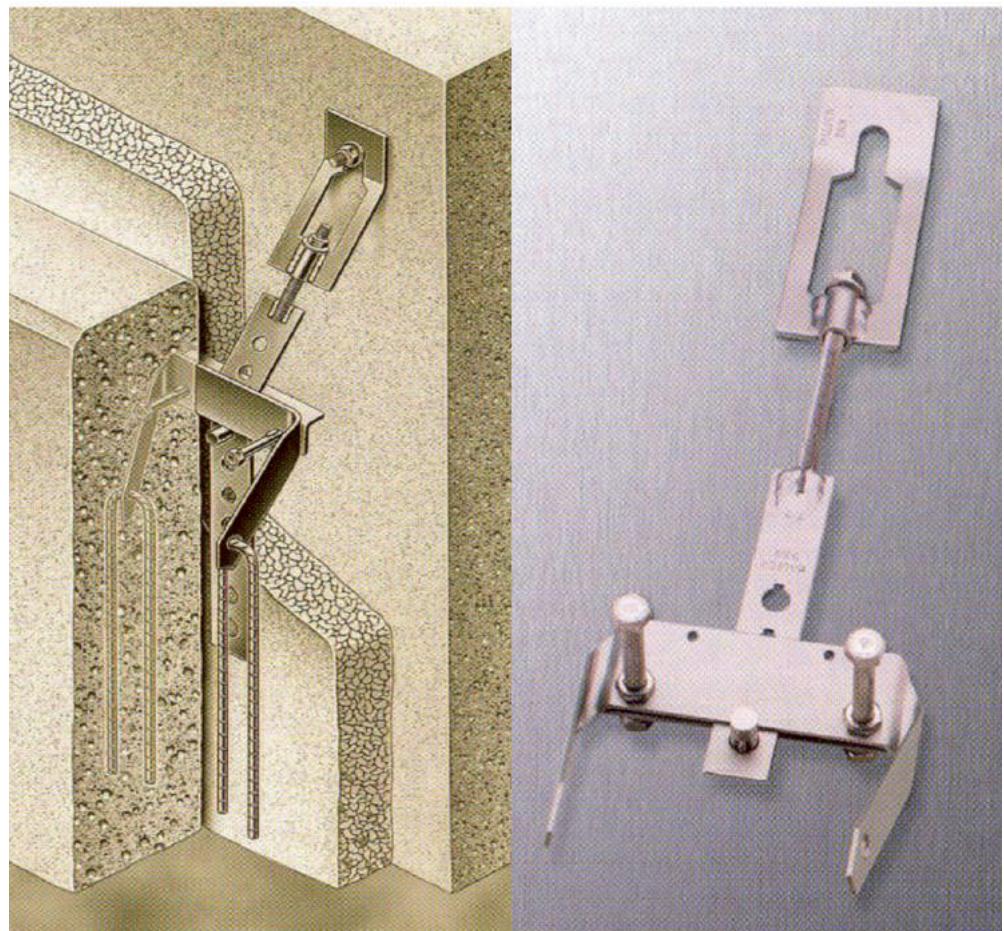
Les systèmes d'ancrages se composent:

- d'une partie supérieure avec des tiges filetées réglables en hauteur.
- d'une partie inférieure enrobée dans la plaque de façade.
- d'une vis d'écartement pour le réglage de la distance à la paroi.

Les panneaux de béton armé sont suspendus à l'aide de fixations en acier inoxydable. La valeur χ du pont thermique dû aux fixations est de : $\chi(\text{inox}) = 0,0092 \text{ W/K}$, soit une valeur 5 fois inférieure à celle d'une fixation en aluminium. Les fixations en acier inox sont donc une solution acceptable.

Grâce à des consoles réalisées avec des barres en fibres de verre du type "GFT Thermico" développées par l'entreprise Gasser FassadenTechnik SA à Saint-Gall, les façades suspendues en béton fibré peuvent être réalisées sans pont thermique. La valeur U du système est dès lors sensiblement améliorée (jusqu'à 40%).

ancrages de façade (documentation Élement AG Suisse)



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

4.2 FAÇADE NON PORTEUSE

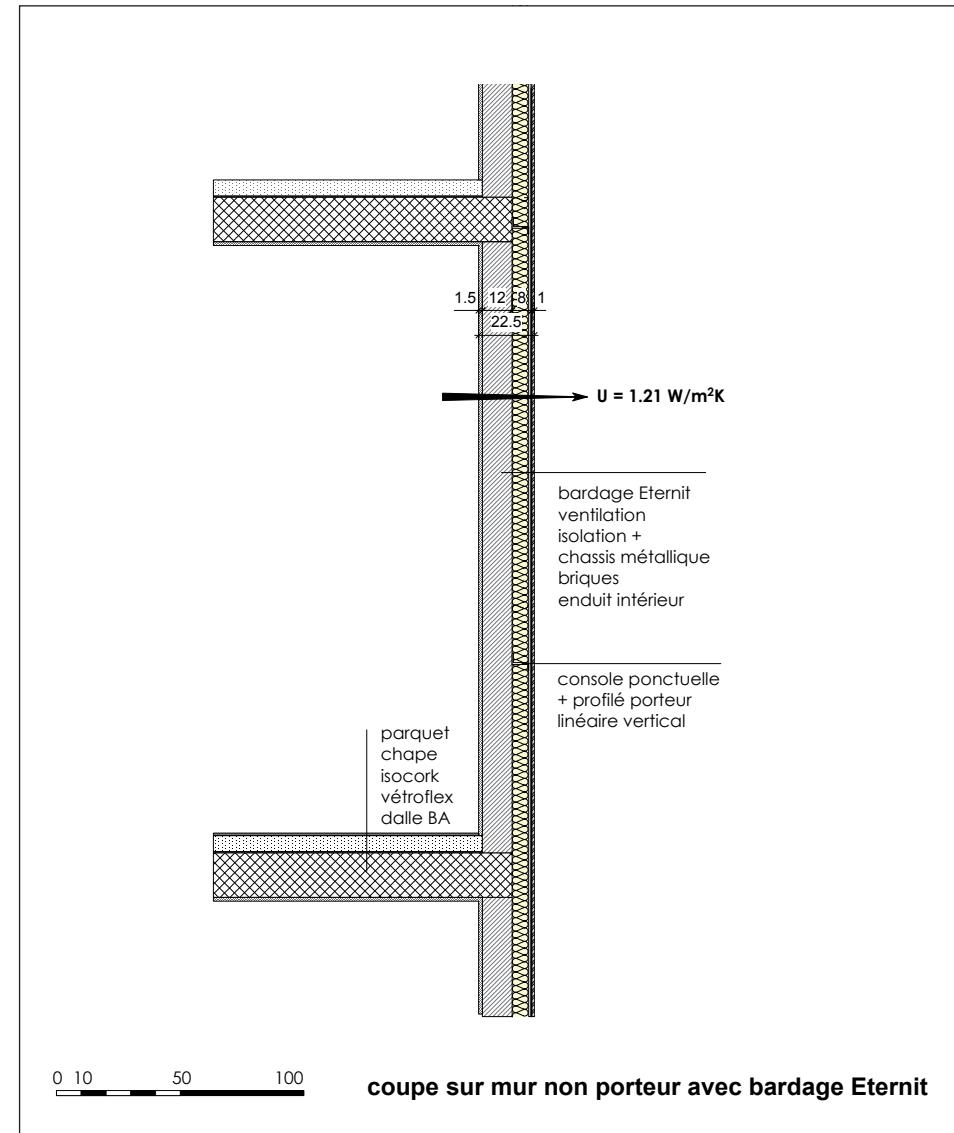
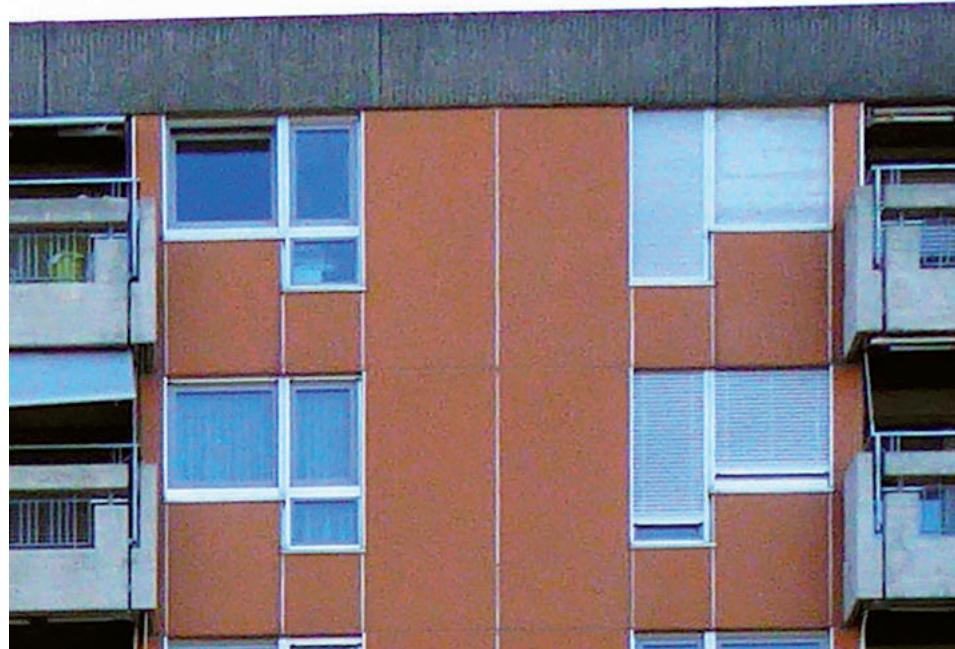
558 m²

Composition (de l'extérieur vers l'intérieur):

1 cm	bardage Eternit	$\lambda = 0.48 \text{ W/mK}$
2 cm	lame d'air	$\lambda =$
6 cm	isolation laine minérale + chassis métallique	$\lambda = 0.06 \text{ W/mK}$ $\lambda = 60 \text{ W/mK}$
12 cm	brique terre cuite	$\lambda = 1.8 \text{ W/mK}$
1.5 cm	enduit intérieur	$\lambda = 0.58 \text{ W/mK}$
22.5 cm	épaisseur totale	

Valeur U: 1.21 W/m²K (calculée avec le programme EnerCAD)

Valeur U_{li} SIA 380/1: 0.21 W/m²K et U_{ta} 0.13 W/m²K



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

SOUS-CONSTRUCTION DE LA FAÇADE VENTILÉE

Dans une façade ventilée, la prise en compte des ponts thermiques engendrés par la sous-structure est capitale.

L'emploi d'une console en alu montée de façon séparée thermiquement (Thermostop) réduit de moitié les déperditions dues au pont thermique.

Des ancrages spéciaux ont également été développés afin de supprimer totalement les ponts thermiques dus à la fixation de la sous-construction. Une console constituée d'une équerre métallique servant à l'ancrage, est reliée à une **semelle en matière synthétique renforcée par fibre de verre** (GFK Glasfaserkunststoff hautement résistant). Cette matière présente une conductibilité thermique pratiquement nulle et constitue une liaison résistante et dépourvue de ponts thermiques entre la structure porteuse et le revêtement de la façade.

Les profils de support peuvent ensuite être montés verticalement ou horizontalement sur la semelle. Le système peut être combiné avec des lattes en bois mais, dans le cas d'un bâtiment élevé comme celui de Schiffenen 2, on a recours à des profils métalliques, en raison des prescriptions incendie.

L'isolation thermique préconisée avec ce système est composée d'un matériau minéral non combustible: laine de verre (p. ex. Saint-Gobain ISOVER SA) avec une valeur lambda de 0.032 W/mK), incombustible et insensible à l'humidité.

Important: pour fixer les matériaux isolants, il faut également renoncer à l'utilisation de composants métalliques.

Console GSK "WDK Phoenix" de Wagner System AG www.wagnersystem.ch



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

4.3 FENÊTRES

Composition:

fenêtre bois métal d'origine,

verre (72%): double vitrage 20 mm (années 1979)

$U = 2.90 \text{ W/m}^2\text{K}$

taux de transmission d'énergie $g = 0.75$

intercalaire (9%): par défaut

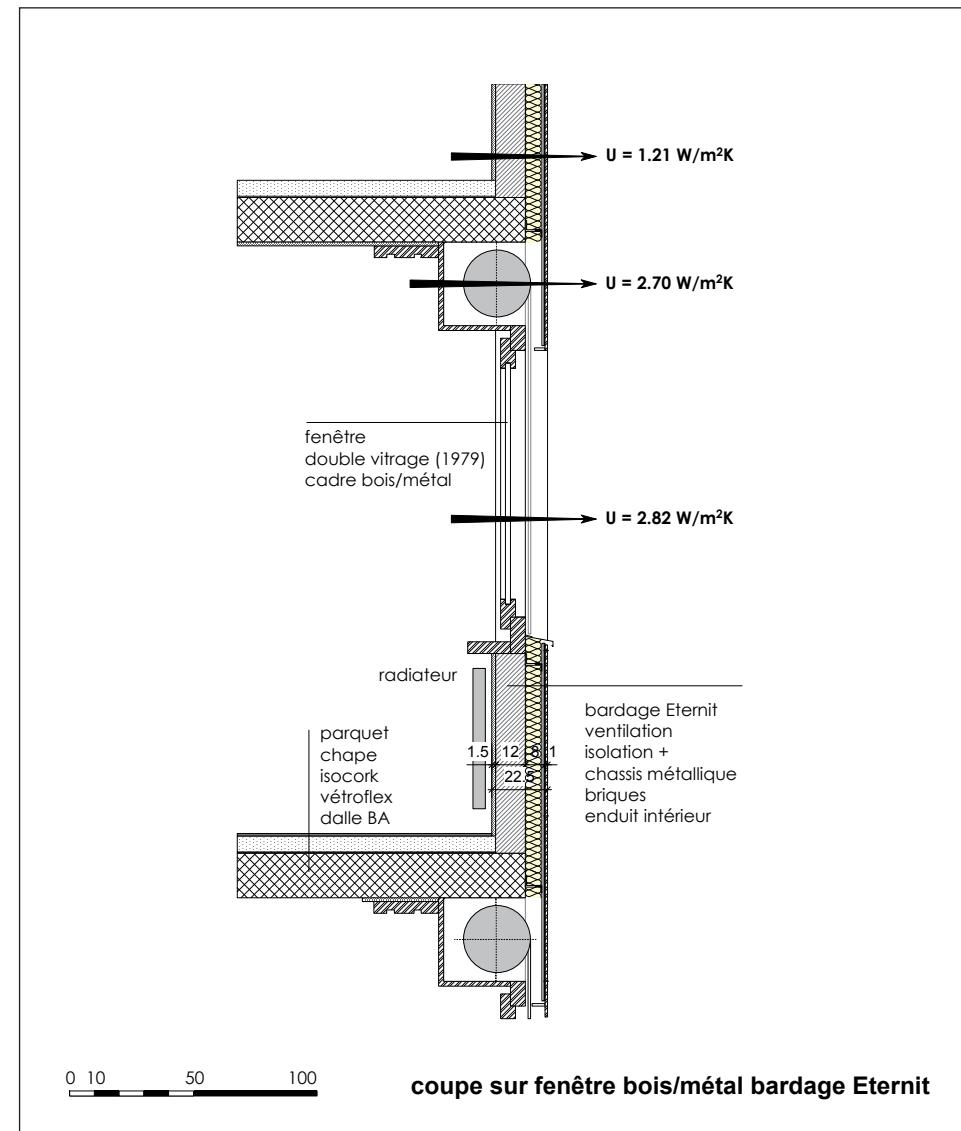
cadre (19%): bois/métal $U = 1.80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Valeur U: 2.82 W/m²K (calculée avec le programme EnerCAD)

Valeur U_{li} SIA 380/1: 1.10 W/m²K et U_{ta} 0.76 W/m²K



803 m²



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

INFLUENCE DES FENÊTRES

Le bâtiment de la route de Schiffenen 2 est grandement vitré (38% de l'enveloppe thermique) et de ce fait, les fenêtres et les portes-fenêtres jouent un rôle important dans son bilan énergétique.

Deux points sont particulièrement importants pour l'évaluation thermique d'une fenêtre: la **valeur U** de la fenêtre et le **facteur de transmission énergétique solaire g** du vitrage.

La valeur U des fenêtres est généralement supérieure à celle des éléments de façades opaques actuels mais cet aspect négatif est facilement compensé par les apports solaires réalisés à travers les vitrages.

Les facteurs responsables des **déperditions de chaleur** par transmission des fenêtres sont:

- la qualité du vitrage (surface et valeur U).
- la construction du cadre (surface, valeur U).
- la nature de l'intercalaire (élément assurant l'espace entre les verres). Les intercalaires sont fabriqués en acier inoxydable, en matière synthétique ou en aluminium. La valeur du coefficient de transmission thermique de cet élément varie en fonction du vitrage et du matériau utilisé pour le cadre.
- la position du cadre dans l'épaisseur de la façade (affleuré à l'intérieur ou à l'extérieur par exemple).

Les **gains solaires passifs** sont quant à eux fonction de:

- la surface vitrée (maximale) et son orientation (sud),
- le facteur g du vitrage (élevé),
- la capacité d'accumulation thermique du bâtiment,
- le comportement des utilisateurs.

Le bâtiment situé à la route de Schiffenen 2 possède les qualités nécessaires à une utilisation optimale des gains solaires passifs:

- des surfaces vitrées importantes orientées vers les directions les plus ensoleillées (principalement au sud et à l'ouest, une façade côté est, la façade nord étant mitoyenne avec l'immeuble voisin).
- une inertie thermique élevée qui permet d'emmageriner de la chaleur et d'amortir les effets du climat extérieur sur la température intérieure du bâtiment, de limiter les surchauffes en période ensoleillée, et de restituer la chaleur accumulée pendant la nuit. La construction massive, complétée par une isolation posée côté extérieur confère au bâtiment une bonne capacité d'accumulation thermique.
- de protections solaires efficaces: (fenêtres ombragées par la dalle de la loggia, stores extérieurs) afin d'éviter les surchauffes en été.

Pour que les gains solaires représentent une part importante des besoins en chauffage, il faut de plus limiter les déperditions par une bonne isolation thermique et des vitrages à hautes performances.

Au niveau des fenêtres, les thermographies montrent des déperditions thermiques entre les cadres des fenêtres et la façade, dues à la présence d'un pont thermique et à l'inétanchéité à l'air du raccord. Le montage du cadre de fenêtre a une influence sur l'importance du pont thermique engendré, en fonction du genre d'appui. Pour limiter les déperditions thermiques, le cadre de fenêtre doit être installé dans le plan de l'isolation périphérique de la façade. Si elle est placée en retrait comme dans le bâtiment analysé, l'isolation doit se retourner dans l'embrasure et recouvrir le mieux possible le cadre fixe de la fenêtre. Il est important de garantir que la fenêtre soit fixée à la façade de manière étanche à l'air. Il est à relever que les caissons de stores à rouleau ne sont pas isolés et constituent des ponts thermiques importants.

4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

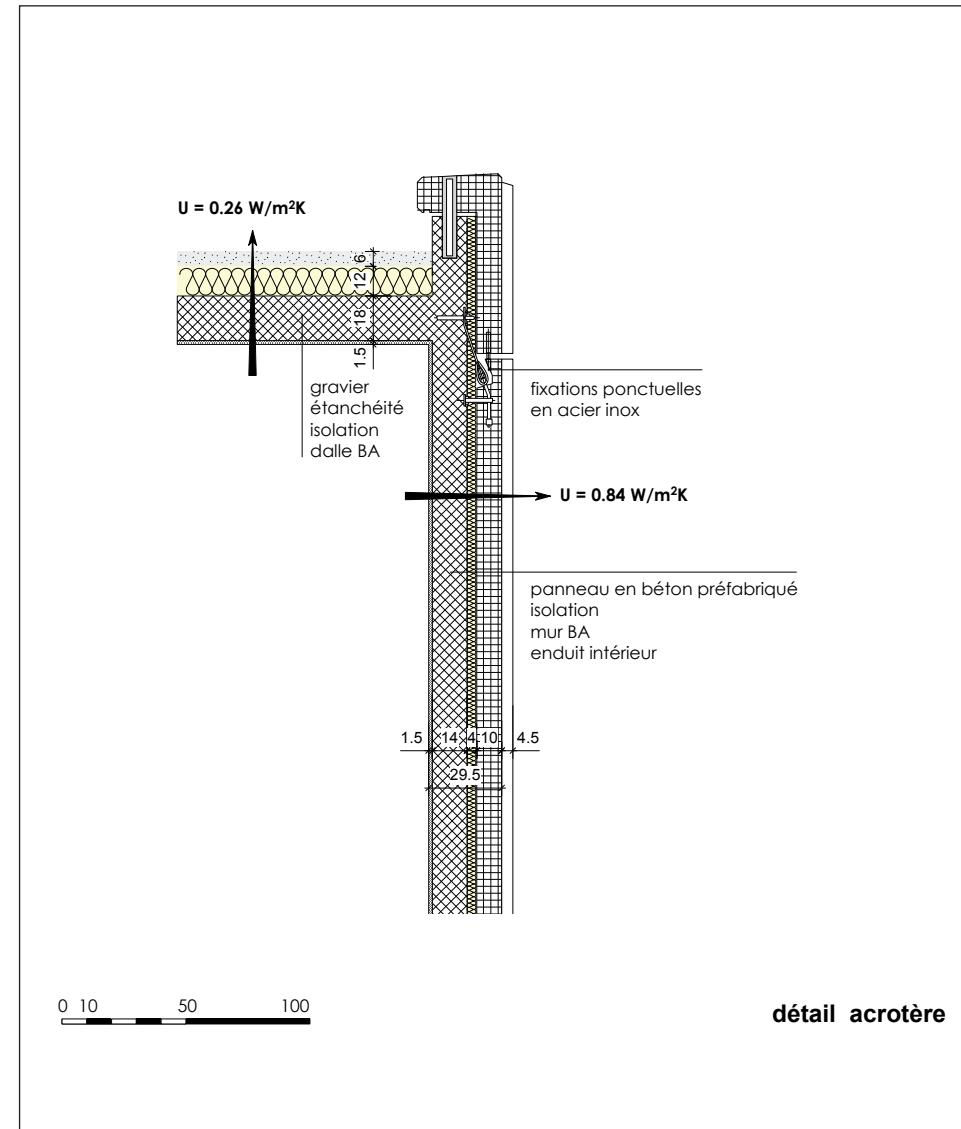
4.4 ACROTERE ET TOITURE

Composition dalle de toiture (de l'extérieur vers l'intérieur):

gravier	
0.13 cm étanchéité	$\lambda = 0.2 \text{ W/m}$
12 cm isolation Sarnafil (EPS)	$\lambda = 0.034 \text{ W/m}$
0.1 membrane bitumineuse	$\lambda = 0.2 \text{ W/m}$
18 cm dalle béton armé	$\lambda = 1.8 \text{ W/m}$
<u>1.5 cm crépi intérieur</u>	$\lambda = 0.7 \text{ W/m}$
31.7 cm épaisseur totale	

Valeur U: 0.26 W/m²K (calculée avec le programme EnerCAD)

Valeur U_{li} SIA 380/1: 0.25 W/m²K et U_{ta} 0.15 W/m²K



4. DOCUMENTATION DE L'ÉTAT EXISTANT

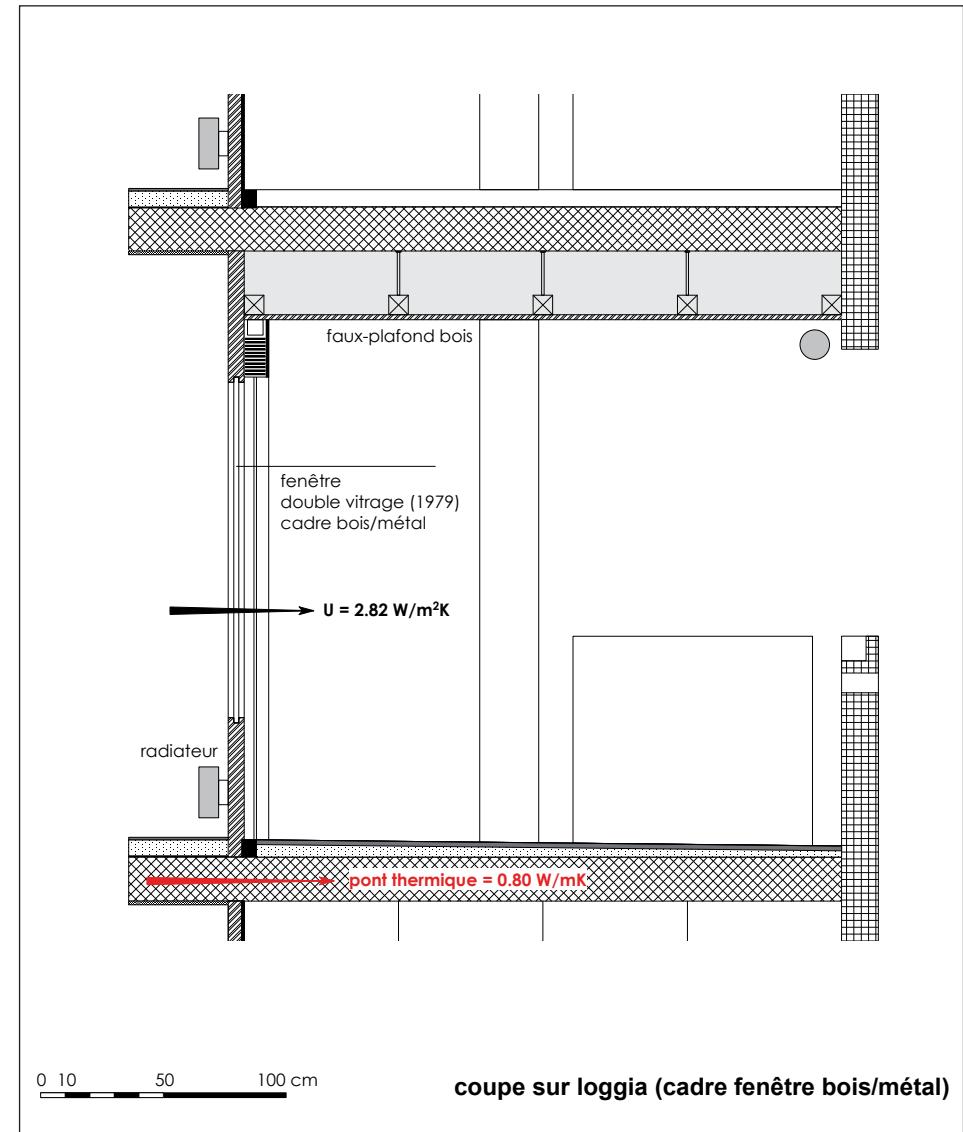
4.5 LOGGIA

380 ml

Pont thermique: dalle continue

La création de loggias vitrées, permettrait d'éliminer les ponts thermiques engendrés par les dalles continues des balcons. Cela permet également de créer une zone tampon qui favoriserait les gains solaires passifs.

Cette modification, qui a un impact non négligeable sur la façade protégée du bâtiment, ne sera pas retenue dans les variantes d'améliorations thermiques proposées au chapitre 7.



4.6 TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ÉTAT EXISTANT

Toiture: éléments principaux	surface m ²	composition des couches (de l'ext. vers l'intérieur)	épaisseur d cm	lambda λ W/mK	U W/m ² K	U li EnerCAD W/m ² K
toit plat	461 m ²	gravier	6			
		étanchéité	0.13	0.2		
		Isolation Sarnafil (EPS)	12	0.034		
		pare-vapeur	0.1	0.2		
		béton armé	18	1.8		
		crépi intérieur	1.5	0.58		
					0.26	0.25
Façades: éléments principaux	surface m ²	composition des couches (de l'ext. vers l'intérieur)	épaisseur d cm	lambda λ W/mK	U W/m ² K	U li EnerCAD W/m ² K
mur porteur éléments béton préfabriqué	776 m ²	béton préfabriqué	10	1.8		
		isolation Styropor (EPS)	4	0.042		
		béton armé	14	1.8		
		crépi intérieur	1.5	0.58		
mur non-porteur bardage Eternit	558 m ²	bardage Eternit	1	0.48		
		lame d'air	2			
		isolation laine minérale + chassis métallique	8	0.06		
			pont thermique	60		
		brique terre cuite (y.c. joints)	12	1.8		
		crépi intérieur	1.5	0.58		
fenêtres	803 m ²	double vitrage (1979) cadre bois/métal	U _g = 2.9 U _f = 1.80		2.82	1.17
caisson de store	105 m ²	panneau de bois	3	0.15	2.70	0.22
pont thermique dalle loggia	380 ml	dalle continue			0.80	0.30
mur contre espace intérieur non chauffé	140 m ²	brique terre cuite (y.c. joints)	8	1.8		
		enduit intérieur	0.7	1.5	3.70	4.00

4.6 TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ÉTAT EXISTANT

Planchers: éléments principaux	surface m ²	composition des couches (de l'ext. vers l'intérieur)	épaisseur d cm	lambda λ W/mK	U W/m ² K	U li EnerCAD W/m ² K
plancher contre espace intérieur	417 m ²	béton armé	18	1.8	0.92	0.25
		liège expansé Isocork	1.5	0.042		
		laine de verre Vetroflex	1.2	0.044		
		chape	5	1.5		
		parquet collé	0.9	0.14		
encorbellement	28 m ²	béton armé	18	1.8	1.00	0.14
		liège expansé Isocork	1.5	0.042		
		laine de verre Vetroflex	1.2	0.044		
		chape	5	1.5		
		parquet collé	0.9	0.14		

5. LE BILAN THERMIQUE

standards et normes

5.1 STANDARDS ET NORMES

A. EXIGENCES LÉGALES: NORME SIA 380/1:2016

La norme SIA 380/1 ("énergie thermique dans le bâtiment") sert de base aux prescriptions légales relatives à la consommation d'énergie dans le bâtiment. **Les besoins de chaleur pour le chauffage (Q_H)** représentent la valeur fondamentale pour évaluer un bâtiment.

Soit on considère les **performances ponctuelles**: chaque élément de construction doit alors respecter les valeurs limites des coefficients de transmission thermique (U_{ii}) en $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, soit on prend en compte la **performance globale** du bâtiment et la valeur limite des besoins de chaleur pour le chauffage ($Q_{H,ii}$) en $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ou $\text{MJ}/(\text{m}^2\text{a})$ doit être respectée (voir à ce sujet point 6.5 page 142).

Dans le cas du bâtiment de la route de Schiffenen 2, il est prévu de procéder à une justification par performance globale, qui évalue les besoins de chaleur pour le chauffage (Q_H) et permet de considérer la construction dans son ensemble. Elle tient compte:

- des déperditions par transmission (Q_T),
- des déperditions par renouvellement d'air (Q_V),
- du taux d'utilisation des apports de chaleur (η_g) (qui dépend notamment de l'inertie thermique du bâtiment)
- des apports de chaleur interne (Q_i) et des apports de chaleur solaire (Q_s).

Pour chaque catégorie de bâtiment, la norme SIA 380/1 fixe une **valeur limite** $Q_{H,ii}$. Dans le cas d'une rénovation, il faut apporter la preuve calculée que: $Q_{H,re} \leq 1,5 \times Q_{H,ii}$

La norme indique également des valeurs cibles qui anticipent la réduction future prévue des valeurs limites: $Q_{H,ta} = (0,6 \times Q_{H,ii})$

Remarque: les calcul des bilans thermiques effectués dans le cadre de la présente étude ont été effectués à l'aide du logiciel EnerCAD2013 Version 5.0.9 basé sur la norme SIA 380/1:2009. Ils restent cependant pertinents, les valeurs de la partie "rénovation" n'ayant pas subi de changements majeurs (voir calcul de la valeur $Q_{H,ii}$, page 136).

Par rapport à l'édition de 2009, la norme 380/1:2016 contient les adaptations principales suivantes:

- résultats sont indiqués en kWh plutôt qu'en MJ (harmonisation dans la collection des normes SIA),
- performances ponctuelles ajustées avec celles du MOPEC 2014,
- performance globale: ajustement des valeurs limites requises $Q_{H,ii}$,
- pour le calcul de la performance globale, la température moyenne annuelle a été corrigée ($9,4^\circ\text{C}$, contre $8,5^\circ\text{C}$ précédemment).

Valeurs limites "rénovation et transformation" (extrait de la norme SIA 380/1: 2016)

Valeurs limites des coefficients de transmission thermique pour les transformations et les changements d'affectation (température intérieure de 20°C)

éléments d'enveloppe de construction	Valeurs limites $U_{ii,re}$ en $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	
	l'extérieur ou enterré à moins de 2 m	locaux non chauffés ou enterrés à plus de 2 m
éléments opaques (toit, plafond, mur, sol)	0,25	0,28
fenêtres, portes-fenêtres	1,0	1,3
portes	1,2	1,5
portes supérieures à 6 m^2 (selon SIA 343)	1,7	2,0
caissons de store	0,50	0,50

5. LE BILAN THERMIQUE

standards et normes

B. MODÈLE DE PRESCRIPTIONS ÉNERGÉTIQUES DES CANTONS MoPEC

Édité par la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, le modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) se réfère aux valeurs cibles, aux valeurs limites et à la méthode de calcul de la norme SIA 380/1 et sont disponibles sur le site Internet des directeurs cantonaux de l'énergie (www.endk.ch)

Les cantons peuvent mettre en vigueur ces prescriptions progressivement, à leur propre rythme. Dans le canton de Fribourg, les valeurs à appliquer pour l'enveloppe du bâtiment répondent aux exigences du MoPEC 2014.

C. MINERGIE

Les autres standards énergétiques sur les bâtiments utilisés en Suisse, les différents labels Minergie (Minergie, Minergie-P, Minergie-Eco et Minergie P-Eco), reposent également sur l'évaluation du besoin de chaleur pour le chauffage. Le standard Minergie a été lancé par une association regroupant la Confédération, les cantons, des associations et des entreprises. Le standard Minergie définit des exigences légèrement plus élevées que le modèle de prescriptions des cantons. Une installation de renouvellement systématique de l'air est un composant du concept Minergie.

Le standard **Minergie-P** fait référence au concept de la maison passive. L'objectif est de créer une maison ne nécessitant que très peu d'énergie de chauffage. Cela passe par une isolation thermique épaisse, une enveloppe de bâtiment étanche à l'air, des ponts thermiques très faibles, de très bonnes fenêtres, une installation de ventilation ainsi que, le cas échéant, des installations exploitant des énergies renouvelables.

Le standard **Minergie-Eco** prend en compte les aspects écologiques et sanitaires des constructions: lumière naturelle, protection contre le bruit et le rayonnement, climat intérieur sain, provenance et traitement des matériaux de construction, élimination écologique des matériaux...

Dans le standard **Minergie-A**, les besoins pour la chaleur des locaux, la production d'eau chaude et le renouvellement de l'air, sont entièrement couverts par des énergies renouvelables. Minergie-A couvre donc l'ensemble de la gamme des solutions possibles: constructions très bien isolées avec petites installations solaires ou constructions avec une isolation moyenne et d'importantes installations de capteurs solaires ou de cellules photovoltaïques.

Le concept de réflexion globale envisagé par Minergie est intéressant en cas de rénovation d'un objet à valeur patrimoniale car il permet d'atteindre un objectif d'amélioration énergétique par une approche différente: ne pas tout miser sur l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment (protégée) mais tenir compte également de la manière dont l'énergie nécessaire est produite en mettant l'accent par exemple sur les agents énergétiques moins polluants que le mazout et sur les énergies renouvelables.

D. CERTIFICAT ENERGETIQUE CANTONAL DES BATIMENTS (CECB)

Etabli par un expert, le CECB ne documente pas la consommation, mais le besoin purement calculé (indépendant du comportement des utilisateurs) en énergie. Il permet de comparer différents bâtiments entre eux, donne une première image de la qualité énergétique du bâtiment et est complété par une liste de mesures permettant de réduire la consommation d'énergie.

Dans le canton de Fribourg, il est obligatoire d'établir un certificat CECB à chaque transfert de propriété.

5. LE BILAN THERMIQUE

standards et normes

CECB LIGHT

Le certificat énergétique cantonal des bâtiments (CECB) effectué ici grâce à la version gratuite du logiciel "CECB light" permet une première évaluation simplifiée de l'état énergétique du bâtiment.

Ces résultats n'ont pas la validité officielle de l'étiquette CECB.

Les bâtiments sont répartis en différentes catégories d'efficacité, allant de A (très efficace) à G (peu efficace). On peut ainsi évaluer et comparer la qualité du bâtiment en termes de consommation d'énergie et de confort d'habitat.

Attention: la consommation déterminée ici correspond à une utilisation standard et non à la consommation effective. Les valeurs réelles diffèrent des valeurs calculées, notamment en raison du fait que ce calcul ne tient pas compte du comportement de l'utilisateur.

Les résultats sont obtenus par un procédé simplifié, en utilisant des estimations. De même, l'énergie est pondérée par les facteurs de pondération nationaux. (méthode d'évaluation décrite dans le Cahier technique 2031 de la SIA).

Le calcul effectué à l'aide du logiciel on line "CECB light" a donné les résultats suivants pour l'immeuble de la route de Schiffenen 2:

Efficacité de l'enveloppe du bâtiment: F (264 MJ/m² an)

L'efficacité de l'enveloppe du bâtiment évalue l'efficacité de la protection thermique des murs extérieurs et des fenêtres, du sol et du toit. L'enveloppe du bâtiment de la route de Schiffenen 2 est classé dans la catégorie des bâtiments partiellement isolés thermiquement car il présente une mauvaise isolation thermique.

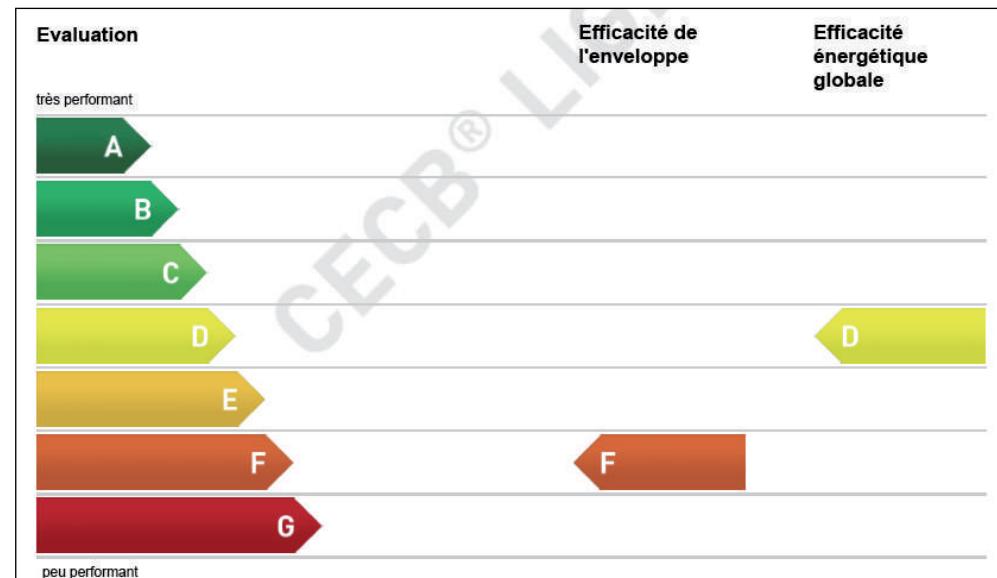
Efficacité énergétique globale: D (741 MJ/m² an)

L'efficacité énergétique globale (chauffage, ECS, électricité) n'est pas satisfaisante. "Bâtiment réhabilité dans une large mesure, avec toutefois des lacunes manifestes, ou sans utilisation d'énergie renouvelable". L'étiquette-énergie "D" est courante pour les bâtiments des années 1980 (édifiés peu après la publication, en 1977, de la première recommandation SIA 180 concernant l'isolation thermique des bâtiments consécutive à la première crise pétrolière)

Valeurs U, sommairement estimées, des éléments de l'enveloppe:

- toiture	0.27 W/m ² K
- murs extérieurs	0.8 W/m ² K
- fenêtres	2.8 W/m ² K
- plafond du sous-sol	0.8 W/m ² K

extrait du CECB light



5. LE BILAN THERMIQUE

besoins de chaleur pour le chauffage Q_H

5.2 DONNÉES DE BASE

Le bilan thermique du bâtiment a été effectué à l'aide du logiciel EnerCAD2013 Version 5.0.9 (calcul selon les exigences de la norme SIA 380/1:2009 rénovation). Les paramètres de base utilisés pour le calcul sont les suivants:

- catégorie de bâtiment	I habitat collectif
- capacité thermique du bâtiment	construction lourde
- surface de référence énergétique	$A_e: 4'289.60 \text{ m}^2$
- température intérieure:	22°C
- surface par personne	40 $\text{m}^2/\text{personne}$
- durée de présence des personnes	12 h/jour
- indice d'électricité	100 MJ/ $\text{m}^2 \text{ an}$
- débit horaire d'air neuf	1 m^3/m^2 (sans récup. chaleur)
- station climatique de référence	Fribourg 677 m.

5.3 ÉQUATION DU BILAN THERMIQUE:

Besoins de chaleur = Pertes - Apports utilisables

$$Q_h = (Q_T + Q_v) - \eta_g (Q_s + Q_{ip} + Q_{ie})$$

Q_T déperditions par transmission à travers l'enveloppe

Q_v par renouvellement d'air

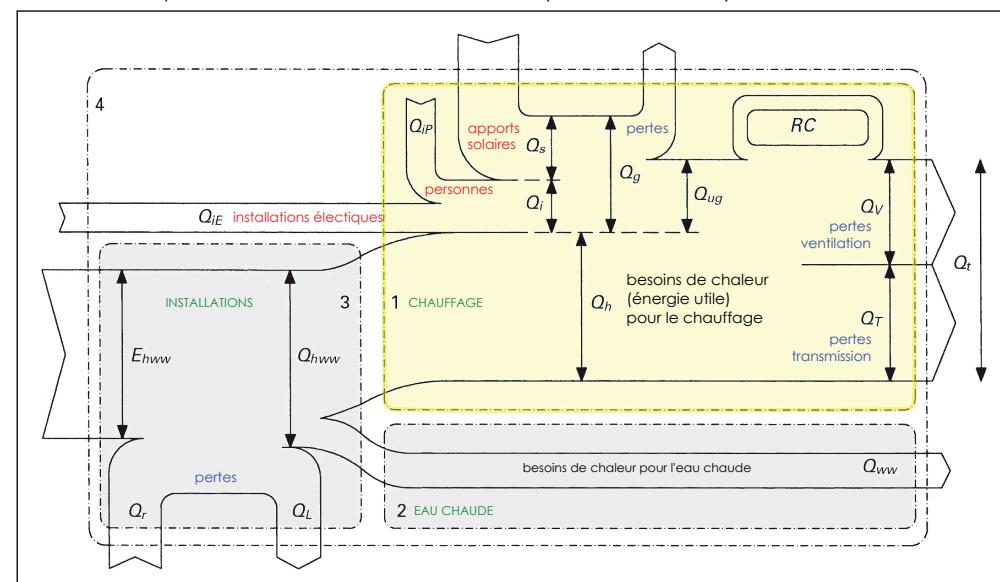
η_g taux d'utilisation des apports de chaleur

Q_s apports solaires

Q_{ip} apports internes par les personnes

Q_{ie} apports internes des équipements électriques

bilan thermique d'un bâtiment non climatisé (SIA 380/1, 2016)



5. LE BILAN THERMIQUE

besoins de chaleur pour le chauffage Q_H

5.4 BILAN THERMIQUE DE L'ÉTAT ACTUEL

Selon le bilan thermique du bâtiment, effectué à l'aide du logiciel EnerCAD2013 Version 5.0.9 avec les conditions d'utilisation définies à la page précédente, les besoins en chaleur du bâtiment seraient d'environ:

$$Q_H = 560 \text{ MJ/m}^2 \text{ an}$$

S'il devait faire l'objet d'une rénovation globale, selon la norme SIA 380/1:2009, les besoins de chaleur pour le chauffage devraient être inférieurs à:

$$Q_{HII} = 136 \text{ MJ/m}^2 \text{ an}$$

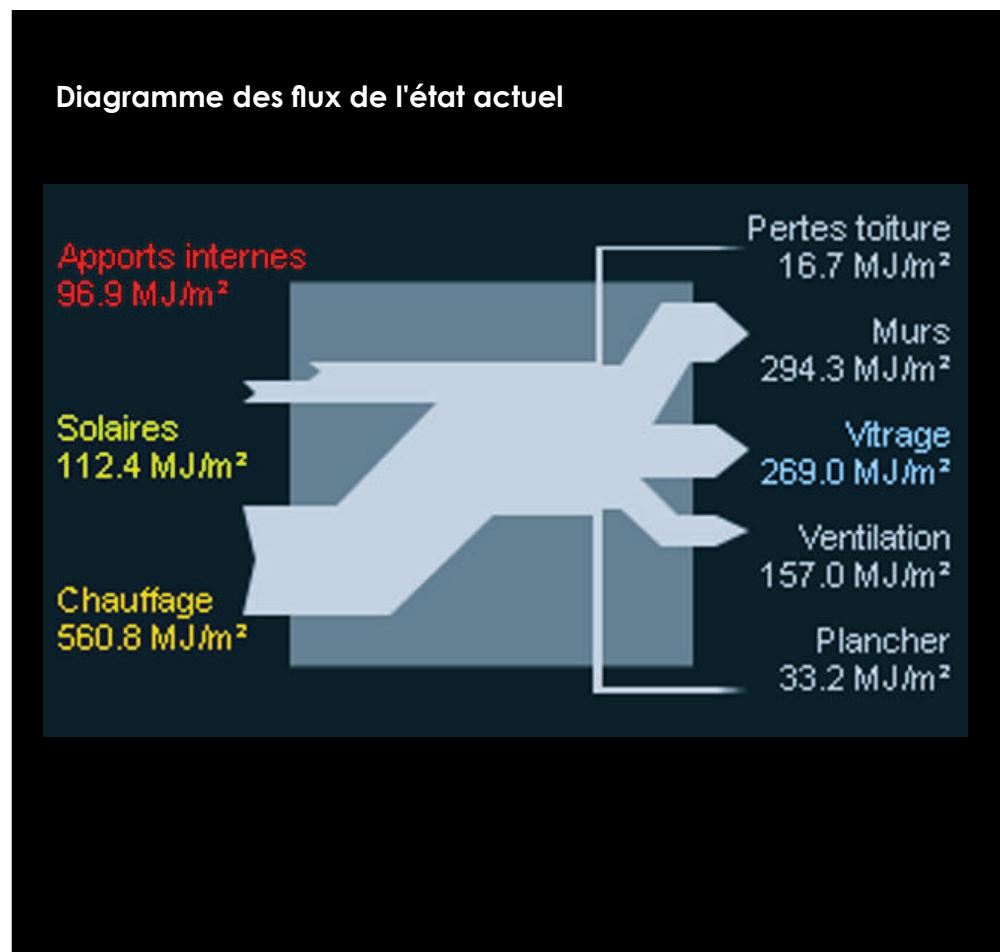
Soit environ 1/4 des besoins de chaleur actuels! A titre informatif, il faut savoir qu'un calcul sommaire, effectué selon la norme SIA 380/1:2016, donne une valeur Q_{HII} très légèrement inférieure, soit 37 kWh/m² ou **134 MJ/m² an**.

Le calcul prend en compte le **facteur d'enveloppe**, soit le rapport entre surface de l'enveloppe thermique et surface de référence énergétique; A_{th}/A_E). La valeur limite Q_{HII} fixée par la norme SIA 380/1 dépend du facteur d'enveloppe car plus le volume d'un bâtiment est important et peu découpé, plus ses besoins en chaleur pour le chauffage sont faibles, à qualité thermique d'enveloppe égale. Tandis qu'une maison individuelle présente un facteur d'enveloppe 2 ou plus, celui-ci est de 0.75 pour le bâtiment de Schiffenen 2, une habitation collective de grande taille et compacte.

Basés sur les **consommations mesurées**, les besoins de chaleur (pour le chauffage uniquement) sont de **537 MJ/m²** (voir page 105).

L'écart constaté entre la valeur établie sur la base de la consommation de mazout et la valeur calculée par le logiciel EnerCAD est de 4%. Il peut être expliqué par le fait que l'immeuble de la route de Schiffenen 2 ne possède pas de compteur individuel. La consommation de mazout relevée est donc celle de l'ensemble du quartier desservi par la centrale de chauffage "Pool Schiffenen".

Elle est ensuite répartie entre les nombreux bâtiments au pro rata de leur surface chauffée, ce qui entraîne inévitablement des variations entre la consommation réelle du bâtiment et celle qui lui est attribuée par la clé de répartition.



5. LE BILAN THERMIQUE

besoins de chaleur pour le chauffage Q_{hH}

A. PERTES DE CHALEUR DE L'ENVELOPPE

Le diagramme ci-contre permet de visualiser les pertes de chaleur du bâtiment par poste.

- les **fenêtres** représentent un poste important de déperdition avec 35% des pertes totales. Les fenêtres sont d'origine (1979) et sont constituées d'un vitrage double avec cadre bois/métal. L'ensemble des fenêtres (U estimé: 2.8 W/m²K) perd plus de 2 fois plus de chaleur qu'une fenêtre selon les standards actuels pour une rénovation.
- les **parois** sont responsables d'environ 38% des pertes de chaleur. Les murs extérieurs du bâtiment ont une épaisseur d'isolation thermique insuffisante (valeur U de 0.8 à 1.3 W/m²K). A titre de comparaison, le Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC 2014) exige une valeur U de 0.25 W/m²K.

Les éléments d'enveloppe qui contribuent de manière significative à la performance médiocre du bâtiment sont les vitrages, les parois extérieures faiblement isolées et les murs non isolés du sous-sol.

B. PRODUCTION DE CHALEUR ACTUELLE

Le chauffage est actuellement composé d'un échangeur de chaleur relié à la centrale de chauffage du quartier. Cette installation date de 1997 (performance évaluée à 80%)

La température de circulation à la sortie de l'échangeur étaient de 90°C lors de la visite. La régulation du chauffage à l'intérieur des appartements se fait manuellement par les utilisateurs, à l'aide des vannes (non thermostatiques) des radiateurs.

C. INSTALLATION DE VENTILATION ACTUELLE

L'air vicié est repris dans la cuisine et la salle de bain. Les bouches et les tuyaux de ventilation sont placés dans la gaine technique

située entre ces 2 locaux. L'air est ensuite évacué en toiture, sans récupération de chaleur. L'amenée d'air est assurée par l'inétanchéité de l'enveloppe actuelle.

Avec 21% des pertes totales, l'**aération** représente le troisième poste important de déperdition de chaleur.

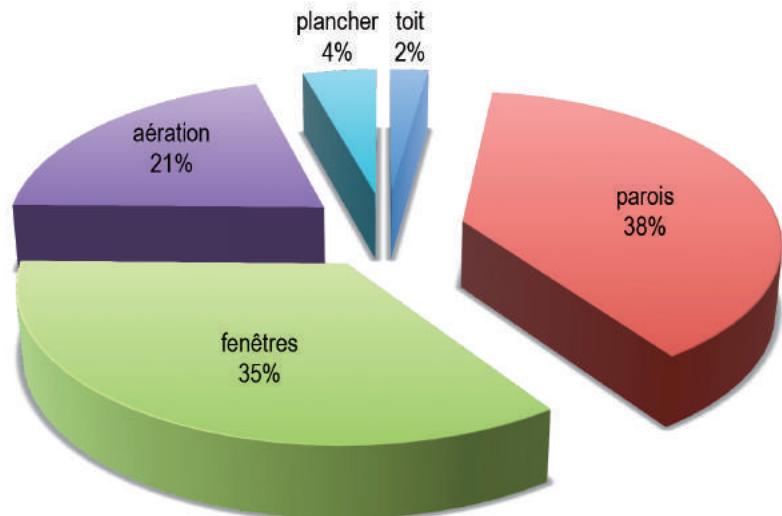


Diagramme circulaire des déperditions de chaleur - état actuel

6. VALEUR PATRIMONIALE DU BÂTIMENT

6.1 LE PATRIMOINE DE LA SECONDE MOITIE DU XX^E SIÈCLE

On assiste actuellement à un intérêt pour l'architecture longtemps dépréciée, de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. La dimension novatrice de l'habitat social des années 70 possède des qualités qui doivent être préservées. La réhabilitation du patrimoine moderne donne lieu à une pesée des intérêts énergétiques et patrimoniaux. Les ensembles d'habitations de cette époque sont particulièrement sensibles aux enjeux de la transition énergétique.

Après avoir songé à "raser les grands ensembles", la tendance est désormais de privilégier la rénovation du parc bâti plutôt que la "démolition-reconstruction".

L'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen à Fribourg bénéficie d'une reconnaissance patrimoniale récente (recensé en 2015 en **catégorie B**), inimaginable il y a quelques années encore. Les éléments à préserver sont: l'enveloppe du bâtiment (façades et toiture), la structure porteuse, les éléments essentiels des aménagement intérieurs ainsi que les éléments décoratifs des façades.

L'analyse de la matérialité du bâtiment, réalisée par un état des lieux approfondi, se révèle indispensable, dans la mesure où elle aide à identifier les carences et les dysfonctionnements, mais aussi les potentialités propres à l'objet (l'originalité, la représentativité). C'est cette connaissance historique et constructive du bâtiment qui sert de base et permet de guider les choix des projeteurs.

Trop souvent, les interventions sur les logements "de masse", considérés comme ordinaires, sont maladroites: le bâtiment est simplement emballé par de nouvelles façades ventilées qui en simplifient la volumétrie, englobent les balcons et font disparaître les reliefs et les modénatures des façades.

L'enveloppe extérieure du bâtiment de la route de Schiffenen 2, présente certaines qualités qui doivent être préservées: la juxtaposition des matières et des textures (béton cannelé expressif des murs contrastant avec le béton lisse et ligneux des garde-corps des balcons), le calepinage soigneux des panneaux de façade et les jeux volumétriques des façades engendrés par les nombreux décrochements.

De manière simplifiée, on peut décrire les diverses attitudes face à la rénovation des "jeunes monuments historiques" de la seconde moitié du XX^e siècle comme suit:

A. RÉINTERPRÉTATION (opérations de re-lookage)

Dans les années 1980, les façades légères des bâtiments des années 1960-1970 sont souvent remplacées afin de **changer l'image** et "mettre en valeur" les biens immobiliers. L'obsolescence technologique des murs rideaux, représentatifs de la production d'après-guerre été le prétexte à des interventions radicales.

B. RECONSTRUCTION A L'IDENTIQUE (imitation)

Dans les années 1990, les priorités se sont dirigées vers des stratégies plus soucieuses de l'existant. La reconstruction à l'identique s'impose alors comme la mesure qui permettrait de **sauvegarder**, si ce n'est pas la matière, au moins **l'image** du patrimoine récent. Cette tendance cherche à reproduire de manière fidèle les enveloppes d'origine tout en corrigeant leurs défauts, ou en améliorant leurs performances. A l'inverse des bâtiments "réinterprétés", certains bâtiments modernes protégés sont littéralement "reconstruits à l'identique". Mais l'image des bâtiments change tout de même: l'aspect des vitrages, la finesse des profilés en aluminium, les surfaces sans la patine des années... Lorsque les éléments d'origine sont remplacés par des éléments contemporains, se pose la question de l'authenticité des bâtiments.

6. VALEUR PATRIMONIALE DU BÂTIMENT

C. PRÉSÉRATION DE LA SUBSTANCE MATÉRIELLE

La tendance actuelle est d'adopter des stratégies qui privilégient la conservation de la "matière", seule trace authentique capable de faire exister les qualités de l'architecture. Le choix de la conservation est souvent privilégié face à des interventions plus lourdes. Des stratégies de remise en état discrètes, permettent d'atteindre d'excellents résultats, tout en respectant le bâti et avec un investissement moins important.

A ce sujet, le Conseil international des monuments et des sites ICOMOS a clairement pris position dans le "Document de Madrid 2011" intitulé "Approche de la sauvegarde du patrimoine bâti du XX^e siècle" en indiquant, entre autres, les principes fondamentaux suivants:

Art 5.1 "Toute intervention sur un bien patrimonial du XX^e siècle se doit d'être mesurée et les modifications doivent être aussi réversibles que possible".

Art. 6.1 "Dans certains cas, une intervention (telle qu'un ajout) peut s'avérer nécessaire pour garantir l'avenir du bien patrimonial. **Ces ajouts doivent être identifiables** et être conçus de manière à s'harmoniser avec le bien concerné. (...) **Aucune intervention nouvelle ne doit se borner à une simple imitation**".

Art. 7: "**La consolidation et la conservation des éléments significatifs est préférable à tout remplacement.** Dans le cas où la conservation n'est pas envisageable, les matériaux de remplacement doivent pouvoir être distingués de la substance d'origine".

Exemple de préservation de la substance matérielle

Le Gratte-ciel Pirelli à Milan: les 70'000 mètres carrés du mur-rideau de l'édifice ont été démontés pièce par pièce, les châssis en aluminium nettoyés et ré-anodisés.
https://farm6.staticflickr.com/5514/14102304554_3e8a26169f_b.jpg



6. VALEUR PATRIMONIALE DU BÂTIMENT



6.2 EXPLOITATION ET UTILISATION DU BÂTIMENT

Dans le cas d'un bâtiment présentant une valeur patrimoniale, si les conditions imposées par la protection des Biens Culturels ne permettent pas une isolation optimale des façades, les déperditions d'énergie peuvent être compensées par l'isolation supplémentaire d'autres éléments. Par exemple, un meilleur vitrage ou une épaisseur d'isolation plus importante au niveau du toit et du plafond de la cave. Les problèmes d'humidité susceptibles d'apparaître en cas d'isolation insuffisante des façades peuvent être contrés par une aération douce.

Du point de vue du Service des Biens Culturels, des améliorations énergétiques ne peuvent être apportées à un bâtiment protégé ou recensé que dans la mesure où elles en préservent la substance et l'aspect général. Dès lors, avant d'entreprendre des travaux de construction, il est indispensable d'évaluer si toutes les mesures d'économies énergétiques ont été entreprises, notamment dans les domaines de l'exploitation et l'utilisation du bâtiment.

Exploitation: la consommation énergétique peut être optimisée, par exemple par l'installation de détecteurs de présence ou de vannes thermostatiques. Il est également important de vérifier que les périodes de fonctionnement du chauffage soient réglées correctement. Le décompte individuel des frais de chauffage et d'eau chaude permet de sensibiliser les habitants aux conséquences de leur comportement sur la consommation d'énergie.

Utilisation: lors de l'assainissement énergétique d'un bâtiment protégé, l'objectif est d'améliorer le bilan thermique et non d'atteindre les indices énergétiques très exigeants d'un bâtiment neuf. Dans le domaine de l'habitat, le potentiel d'économie d'énergie peut atteindre 20% selon le comportement des usagers (consommation d'électricité, de chauffage et d'eau chaude, aération correcte).

6. VALEUR PATRIMONIALE DU BÂTIMENT

6.3 TRAVAUX DE CONSTRUCTION

En ce qui concerne les travaux de construction, ce sont les spécificités du bâtiment à valeur patrimoniale qui dictent la solution à mettre en oeuvre.

Dans le cas du bâtiment de la route de Schiffenen 2, l'isolation des **murs et plafonds des locaux non chauffés** comme les caves est relativement facile à mettre en oeuvre.

Le **toit plat** peut également être assaini ou doublé de l'extérieur, tout en tenant compte de l'impact de l'augmentation de l'épaisseur du toit sur les éléments constructifs du bâtiment (hauteur de l'acrotère en béton préfabriqué notamment).

Les **portes et fenêtres** jouent un rôle décisif non seulement dans l'apparence du bâtiment, mais aussi dans sa consommation d'énergie. On peut, dans un premier temps, étudier différentes variantes de mesures de conservation: uniquement le remplacement des vitrages, la pose de nouveaux joints de fenêtre ou l'ajout d'une couche de verre isolant. Un remplacement complet des fenêtres est également envisageable.

Le bâtiment possède des **façades ventilées**: la structure porteuse est (peu) isolée à l'extérieur et recouverte d'un bardage Eternit ou de panneaux en béton préfabriqués. Ce type de façade permet d'envisager des améliorations thermiques en conservant le même principe et en plaçant une nouvelle couche d'isolation derrière les revêtements de façade.

Lors de la planification des travaux de rénovation, il est indispensable d'accorder une **attention particulière aux aspects de la physique du bâtiment tels que le choix des matériaux, la perméabilité à la vapeur et les ponts de froid**. Car les normes ne sont pas transposables sans autre aux bâtiments anciens.

6.4 AGENTS ÉNERGÉTIQUES, ÉNERGIES RENOUVELABLES

Un bâtiment protégé ou recensé ne peut fréquemment pas ou peu être isolé. Dans ce contexte, la question du choix de l'**agent énergétique et du système de chauffage** est cruciale.

En effet, un chauffage moderne peut réduire jusqu'à 50% la consommation d'énergie d'un bâtiment. Dans le cas des habitations des Hauts de Schiffenen, un système de chauffage aux pellets ou le raccordement à un chauffage à distance pourraient constituer des alternatives intéressantes au mazout.

Pour les bâtiments ayant une valeur patrimoniale, il est possible de compenser les besoins accrus de chaleur par le **recours aux énergies renouvelables**, par le biais d'une installation solaire thermique. par exemple.

Les installations solaires ont toutefois un impact direct sur la structure et l'aspect extérieur des bâtiments. Il faut donc trouver des solutions qui ne portent pas atteinte à l'authenticité du bâtiment protégé. A la route de Schiffenen 2, une installation solaire thermique pourrait être installée sans problème en toiture et contribuer à la production d'eau chaude sanitaire.

6. VALEUR PATRIMONIALE DU BÂTIMENT

6.5 PERFORMANCES PONCTUELLES / PERFORMANCE GLOBALE

Dans le cas d'une **justification simplifiée**, les exigences (valeurs U maximales) établies par le MoPEC doivent être respectées pour tous les éléments de l'enveloppe thermique.

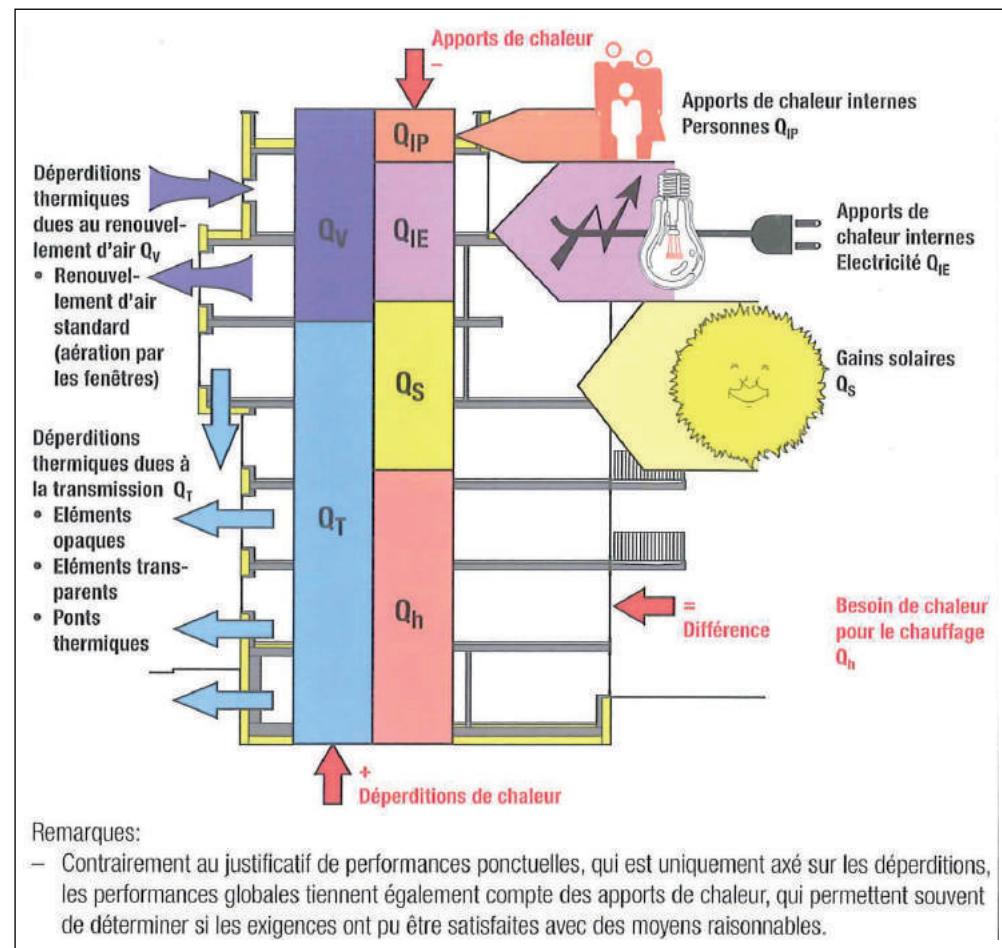
Si tous les éléments de l'enveloppe du bâtiment ne satisfont pas aux exigences énergétiques, il est possible de recourir au **justificatif selon les exigences globales de la norme SIA 380/1**.

Contrairement aux justificatifs de performances ponctuelles qui sont axés sur les déperditions, les performances globales tiennent également compte des apports de chaleur qui permettent de déterminer si les exigences peuvent être satisfaites avec des moyens raisonnables.

Dans le cas de bâtiments à valeur patrimoniale, il est souvent préférable d'opter pour une justification globale de la performance énergétique requise, qui tient compte du bilan énergétique total du bâtiment, plutôt que pour une justification ponctuelle portant sur les performances individuelles des éléments de construction touchés. Cette approche, utilisée dans la suite de la présente étude, permet de compenser le manque de performances de certaines parties du bâtiment par d'autres mesures, comme l'optimisation des gains solaires.

Il est toutefois impératif de respecter une protection thermique minimale (valeurs U données par la norme SIA 180) afin de garantir l'absence de dommages, comme l'apparition de moisissures dues à la présence de surfaces froides à l'intérieur des appartements.

Performance globale en matière d'isolation thermique de l'enveloppe selon SIA 380/1" (élément 29: protection thermique dans le bâtiment)



7. MESURES DE RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE

- VARIANTE 1:
améliorations de base
- VARIANTES 2a et 2b:
améliorations de base
+ nouvelle façade Eternit
- VARIANTES 3a et 3b:
améliorations de base
+ nouvelles façades Eternit et en béton



HYPOTHÈSE

Fermer l'enveloppe thermique au niveau de la **dalle sur sous-sol**, et améliorer les principaux **ponts thermiques** du bâtiment (caissons de stores à rouleaux, dalles des loggias) sans toucher aux façades protégées.

INCIDENCES

- au niveau de la physique du bâtiment:
la **dalle sur sous-sol** ne possède qu'une isolation phonique minimale (15 mm de liège et 12 mm de laine de verre) disposée entre la dalle en béton et la chape. Il en résulte de grandes déperditions de chaleur et un problème de confort pour les appartements situés au rez inférieur, en raison de la température trop basse du sol.

L'isolation du dessous du plafond de la cave est une mesure efficace du point de vue énergétique, relativement simple à mettre en place et qui ne pose aucun problème en terme de physique de la construction. Cette mesure réduit les déperditions d'énergie et augmente la température de surface du plancher, ce qui a un effet positif sur le confort. La seule difficulté de mise en oeuvre de cette mesure tient à la présence de conduites d'eau et de chauffage fixées au-dessous du plafond; afin d'en tenir compte, l'épaisseur de l'isolation a été limitée à 14 cm. L'isolation intérieure des murs du sous-sol peut impliquer par endroit le déplacement des lignes électriques et des interrupteurs.

- au niveau de l'atteinte au patrimoine:
les améliorations proposées ne changent pas l'aspect extérieur du bâtiment et sont réversibles. Seuls les vitrages des fenêtres sont remplacés ce qui permet de conserver les cadres de fenêtres bois/métal d'origine.

- au niveau des coûts:
investissements relativement modestes.
- au niveau de la gestion du chantier:
les travaux peuvent être réalisés de l'intérieur; pas d'échafaudages nécessaires.
- au niveau des locataires:
les locataires sont peu touchés par les mesures prises dans la variante 1, à l'exception du changement des vitrages des fenêtres et de l'isolation des caissons de stores. La mise en oeuvre est aisée car le changement de verre peut s'effectuer sans échafaudage et au coup par coup, à chaque changement de locataire par exemple.

MESURES COMPLÉMENTAIRES POSSIBLES

- Remplacement des joints (entre la façade et les cadres de fenêtres notamment) afin d'améliorer l'étanchéité (air et eau) de la façade

COMMENTAIRES

Améliorations de base, relativement faciles à réaliser. Les isolations choisies sont performantes et permettent d'atteindre des valeurs U d'environ 0.18 pour les éléments opaques de l'enveloppe thermique (valeur située entre les valeurs limite et cible de la SIA 380/1:2016)

Parmi les améliorations conséquentes, citons la performance des nouveaux vitrages isolants remplaçant les anciens verres. Avec un nouveau coefficient U_w de 1.48, les pertes par les fenêtres passent de 269 à 124 MJ/m². Les gains solaires (g passant de 0.75 à 0.62) diminuent, mais dans une moindre mesure, de 112.4 à 84.5 MJ/m².

Une nette séparation entre volume chauffé et non chauffé complétée par l'amélioration des performances des fenêtres de ce bâtiment largement vitré, réduisent considérablement les déperditions de chaleur et engendrent une diminution importante (53%) de la valeur Q_h au niveau du bilan thermique.

7.1 AMÉLIORATIONS DE BASE

variante 1

MESURES VISANT A AMÉLIORER LE CALCUL DU BILAN THERMIQUE

1. Fermeture de l'enveloppe thermique: une séparation claire entre les locaux chauffés et non chauffés permet d'éviter de grandes déperditions de chaleur.
isolation thermique de la **dalle sur sous-sol** et des **murs intérieurs contre locaux non chauffés** (dalle: 10 cm de mousse de résine phénolique type Kingspan Kooltherm Q10, λ : 0.022 W/mK et murs: 14 cm de fibres de bois type PAVATHERME, λ : 0.040 W/mK).
2. Isolation des **sous-faces des encorbellements** (isolation 16 cm de polystyrène expansé EPS graphité λ : 0.029 W/mK) et des **sous-faces des dalles des loggias** (isolation 20 cm, sur 50 cm de profondeur, EPS graphité λ : 0.029 W/mK).
3. Isolation des **murs non isolés contre espace extérieur** "entrée route de Schiffenen 4" (isolation λ : 0.034 W/mK, 10 cm).
4. Remplacement des **verres des fenêtres uniquement** (par un double vitrage isolant verre Pilkington U= 1, g= 0.62) et isolation des **caissons de stores à rouleau** (isolation aérogel type Agitec Cryogel Z roll, λ : 0.014 W/mK, 2 cm).

VALEURS U (W/m ² K)	actuelle	nouvelle
1. dalle sur sous sol	0.92	0.18
1. murs contre locaux non chauffés	3.07	0.26
2. dalles encorbellement	1.00	0.18
2. dalles continues loggias (p.t.)	ψ : 0.8 W/mK	ψ : 0.3
3. murs contre espace extérieur	2.54	0.19
4. fenêtres	2.82	1.48
4. caissons de stores à rouleau	2.70	0.68

BILAN THERMIQUE VARIANTE 1: 261 MJ/m²

Les bilans thermiques des diverses propositions d'assainissement ont été calculés en utilisant les valeurs standards de la norme 380/1:2009. (température intérieure: 20°C, indice d'électricité 100 MJ/m²a, débit horaire d'air neuf: 0.70 m³/m²...)



HYPOTHÈSE

Améliorer l'isolation de la **toiture plate** et en profiter pour étudier la possibilité d'installer des panneaux solaires thermiques afin de produire l'eau chaude sanitaire. Proposer une **nouvelle façade non-porteuse** sur le principe de l'ancienne (façade ventilée avec bardage Éternit), tout en améliorant ses performances thermiques.

INCIDENCES

- au niveau de la physique du bâtiment: le bâtiment de la route de Schiffenen possède un grand potentiel de **gains solaires** (35% de la façade étant vitrée). Le choix doit se porter sur des verres ayant à la fois un bon coefficient d'isolation (U) et une bonne transmission de l'énergie solaire (valeur g maximale, par ex. 0.5 pour du triple vitrage). Des protections solaires doivent permettre de limiter les apports solaires en été.

Le remplacement des fenêtres **réduit le renouvellement naturel de l'air**, ce qui peut provoquer des dégâts dus à l'humidité. Il est important d'assurer une ventilation, à l'aide de réglettes placées dans les cadres de fenêtres (qui créent parfois des courants inconfortables et sont bouchées par les utilisateurs) ou par l'installation d'une ventilation simple ou double flux. L'installation d'un nouveau système de ventilation devrait être planifié lors du renouvellement de l'équipement des salles de bains et des cuisines.

3. Lors du remplacement des fenêtres, il est important de traiter tous les points faibles, à savoir les caissons de stores à rouleaux et les embrasures qui constituent des **ponts thermiques** diminuant les performances réalisées grâce aux nouvelles fenêtres.

- au niveau des coûts: l'évacuation spéciale des plaques contenant de l'amiante, la réalisation d'une sous-construction de grande qualité pour la façade ventilée et le remplacement de toutes les fenêtres sont des mesures coûteuses. (variantes 2a à 3b).

- au niveau de l'atteinte au patrimoine: les plaques en Eternit ne peuvent être remises en place une fois les travaux d'amélioration de l'isolation effectués, en raison de la présence d'amiante. La nouvelle façade ventilée sera contemporaine et réalisée selon les standards constructifs actuels (variantes 2a à 3b). L'épaissement de la façade ventilée modifie quelque peu l'aspect des façades, en réduisant les décrochements par rapport aux éléments en béton notamment.
- au niveau de la gestion du chantier: échafaudages nécessaires. Les plaques Éternit doivent être démontées soigneusement et déposées avec précaution dans les bennes prévues à cet effet.
- au niveau des locataires: les travaux sont effectués par l'extérieur / appartements occupés.

MESURES COMPLÉMENTAIRES POSSIBLES (variantes 2a à 3b).

- Redimensionnement de l'installation de chauffage et/ou recherche d'agents énergétiques alternatifs au mazout (voir p. 157ss).
- Installation de panneaux solaires thermiques en toiture pour la production d'eau chaude sanitaire.
- Mise en place d'une ventilation simple ou double flux (voir p. 160ss)
- Rénovation des cuisines et salles de bain (les appareils électroménagers et les robinets ont aussi leur étiquette énergie!).
- Réduction de la consommation d'électricité par l'utilisation de lampes plus économiques.

COMMENTAIRES

Le nouveau coefficient U de la façade non porteuse est de 0.28: comparé à l'élément existant (U: 1.21), cela représente une amélioration d'environ 75%. Malgré une épaisseur d'isolation de 10 cm seulement, la performance de l'élément est relativement bonne, notamment en raison de l'utilisation de consoles en fibres de verre qui suppriment totalement les ponts thermiques de la façade ventilée. Malgré cela les améliorations proposées dans la variante 2a ne permettent pas d'atteindre la valeur $Q_{h,li}$ indiquée par la norme SIA 381/1:2016.

7.2 RÉNOVATION PARTIELLE DE L'ENVELOPPE

variante 2a

MESURES VISANT A AMÉLIORER LE CALCUL DU BILAN THERMIQUE

(les améliorations de base proposées à la variante 1 (points 1 à 3) sont également appliquées pour le calcul de la variante 2a).

4. Remplacement des **fenêtres complètes** (fenêtre bois/aluminium triple vitrage: verre U:0.6 W/m²K, cadre U:1.8, fenêtre complète U:1.21) et bonne transmission de l'énergie solaire valeur g = 0.5)
5. Pose de **nouveaux caissons de stores à rouleaux isolés**: suppression des ponts thermiques.
6. Amélioration **dalle de toiture** (rénovée en 2000) toiture doublée: ajout de 10 cm d'XPS (isolation type Swisspor PUR Premium λ : 0.020 W/mK) au-dessus des 12 cm d'isolation existante)
7. Amélioration des **façades non porteuses** (bardage Eternit): remplacement des 8 cm de laine minérale par 10 cm de laine de verre type Isover PB F 030 (λ = 0.030 W/mK). L'épaisseur de cette nouvelle isolation est limitée par la profondeur de la façade en panneaux de béton préfabriqués laissée en place.
9. Fermeture de la cheminée non utilisée et isolation du mur de la **cheminée** avec 14 cm d'EPS graphité type goEPS gris (λ = 0.031 W/mK).

VALEURS U (W/m ² K)	actuelle	nouvelle
4. fenêtre	2.82	1.21
5. caisson de store	2.70	0.49
6. dalle de toiture	0.26	0.10
7. façade non porteuse	1.21	0.28
9. mur contre cheminée	1.80	0.19

BILAN THERMIQUE VARIANTE 2a: 165 MJ/m²



7.3 RÉNOVATION PARTIELLE DE L'ENVELOPPE

variante 2b

HYPOTHÈSE

Optimiser la variante 2a et améliorer la valeur U de la **façade porteuse tout en conservant les éléments en béton préfabriqués** suspendus qui sont en bon état: l'isolation d'origine (EPS) est remplacée par une isolation de même épaisseur mais nettement plus performante (type aérogel λ : 0.014 W/mK).

Alors que la variante 2a ne touche pas la façade en panneaux de béton préfabriqués "Element AG", cette proposition envisage la **dépose et la repose des panneaux en béton originaux**. L'amélioration du coefficient thermique de la façade est réalisée par l'emploi d'une isolation beaucoup plus performante, mais sans modification de son épaisseur.

INCIDENCES

- au niveau de la construction:

Les aérogels sont des solides à très haute porosité composés de:
- 3 – 5 % de sable de quartz,
- 95 – 97 % d'air (diamètre des pores nanométriques),
- matériau de support: fibres en polyester et de verre.

Avec un volume composé à plus de 90% de minuscules pores remplis d'air, l'aérogel est un isolant très léger et très performant; il isole deux à trois fois mieux que les isolations thermiques en EPS.

Caractéristiques principales du matériau:

- Isolant thermique très efficace à partir de $\lambda = 0.014$ W/mK,
- hydrofuge (même les fines gouttelettes d'eau ne trouvent aucune prise à la surface), mais perméable à la vapeur d'eau qui peut sortir sans problème, sans être stockée dans l'isolation,
- matériau purement minéral et incombustible.

- au niveau de l'atteinte au patrimoine:
le principal avantage de cette variante est qu'elle permet de conserver les panneaux originaux en béton préfabriqués d'origine tout en améliorant la performance thermique du mur: valeur U passant de 0.84 à 0.31 W/m²K.

L'épaisseur de la façade en bardage Eternit est elle aussi conservée.

- au niveau des coûts:
le prix de l'aérogel est élevé: 275.-/m² pour une épaisseur de 4 cm. La surface de façade concernée étant de 776m², le coût pour la fourniture de l'isolation uniquement est estimé à environ de CHF 215'000.-

Cependant, plus que le coût du matériau, c'est surtout la mise en oeuvre (enlever puis re-suspendre des panneaux de béton de 2.65 par 3.00 m pesant environ 2 tonnes) qui va engendrer les coûts les plus importants.

- au niveau de la gestion du chantier:
mise en oeuvre complexe (démontage et remontage des lourds et encombrants panneaux en béton) et échafaudages nécessaires.

- au niveau des locataires:

les interventions peuvent être effectuées par l'extérieur.

MESURE COMPLÉMENTAIRE

- Remplacement des joints afin d'améliorer l'étanchéité (air et eau) de la façade porteuse: mise en place de nouveaux joints Néoprène entre les panneaux en béton préfabriqués.

COMMENTAIRES

La performance de la façade en béton est améliorée de plus de 60%.

L'amélioration de la façade en éléments de béton (en plus de la rénovation de la façade Éternit) permet d'atteindre la valeur $Q_{h,li}$, tout en conservant les épaisseurs des 2 types de façade d'origine.

7.3 RÉNOVATION PARTIELLE DE L'ENVELOPPE

variante 2b

MESURES VISANT A AMÉLIORER LE CALCUL DU BILAN THERMIQUE

Les améliorations de base proposées à la variante 1 (points 1 à 3) et l'augmentation des performances des éléments "4. Fenêtres", "5. Caissons de stores", "6. Toiture" et "9. Mur contre cheminée" de la variante 2a sont également appliquées aux calculs des variantes 2b, 3a et 3b.

7. Amélioration des **façades non porteuses** (bardage Eternit): remplacement des 8 cm de laine minérale par 8 cm de laine de verre type Isover PB F 030 ($\lambda = 0.030 \text{ W/mK}$). Sous-construction avec consoles en fibres de verre (sans pont thermique) type Phoenix de Wagner System
8. Remplacement de **l'isolation de la façade porteuse** (Styropor, polystyrène extrudé EPS de 1979 $\lambda: 0.042 \text{ W/mK}$), épaisseur 4 cm par un matériau isolant haute performance de même épaisseur (type aérogel Agitec SPACELOFT board, $\lambda: 0.014 \text{ W/mK}$, prix au m²: CHF 275.-)

VALEURS U (W/m ² K)	actuelle	nouvelle
7. façade non porteuse	1.21	0.34
8. façade porteuse	0.84	0.31

BILAN THERMIQUE VARIANTE 2b: 134 MJ/m²



HYPOTHÈSE

La variante 3a **remplace les éléments en béton préfabriqués** par des panneaux plus minces, ce qui permet d'augmenter l'épaisseur de l'isolation en **gardant la même épaisseur d'enveloppe** qu'actuellement. La fabrication de ces nouveaux panneaux avec armature en fibre de verre (GFK) permet d'en diminuer l'épaisseur à 5cm au lieu des 10 cm actuels. Ceci permet d'augmenter la couche d'isolation sans épaisser la façade et d'alléger les panneaux (une tonne au lieu de deux), tout en simplifiant le système de fixation.

INCIDENCES

- au niveau de la construction:

importance de la sous-construction de la façade ventilée: (voir page 125) plus le standard d'isolation est élevé, plus l'influence négative des ponts thermiques dus à la sous-construction augmente.

En cas d'assainissement de la façade ventilée, nous préconisons l'emploi d'un système de sous-construction sans pont thermique, comme le système "WDK" Phoenix, développé par l'entreprise Wagner System AG à Lyss.

Avec une sous-construction standard, les ponts thermiques doivent être intégrés dans les calculs des façades ventilées (élément inhomogène). Mais, lorsque l'influence des ponts thermiques de la sous-construction s'élève à moins de 3% de la valeur U globale du mur, l'élément est considéré comme homogène (sans pont thermique).

Les **armatures en fibres de verre** sont connues depuis longtemps pour leurs excellentes qualités mécaniques et leur rigidité, mais leur développement a été freiné car elles ne résistent pas aux alcalis du béton. Aujourd'hui certaines armatures en fibres de verre présentent des propriétés "alcali-résistantes" (comme celles développées par l'entreprise Schöck), ce qui permet de réaliser des éléments en béton préfabriqués très minces, de l'ordre de 5 cm d'épaisseur.

La cause de dommages la plus fréquente au niveau des éléments de façades en béton armé exposés aux intempéries est la corrosion des fers d'armature. Les fibres de verre ne rouillent pas, même en cas d'enrobage de béton minimal, cette cause de dommage est éliminée. Les frais de maintenance et de réhabilitation sont réduits.

- au niveau de l'atteinte au patrimoine:

Si l'on reprend, pour la réalisation des nouveaux panneaux, la structure plastique représentative des années 1970 des anciens éléments, alors que la façade est récente, se pose la question du "pastiche". En effet, les nouveaux éléments en béton sont suspendus comme autrefois devant une couche plus épaisse d'isolation mais la substance originelle de la construction a disparu. Seule la structure des joints et l'aspect du coffrage sont maintenus. Est-ce du "faux-moderne"? Faut-il plutôt privilégier une nouvelle façade d'aspect différent, plus contemporaine? Où se trouve la limite entre l'"imitation" et la reconstruction "avec réinterprétation"? Ces questions devront être discutées avec le Service des Biens culturels du canton lors de l'élaboration du projet.

- au niveau des coûts:

les coûts sont élevés: toutes les façades du bâtiment sont refaites à neuf, ce qui représente une surface totale de plus de 1'300 m² (558 m² de façade "Eternit" et 776 m² de façade "béton préfabriqué").

- au niveau de la gestion du chantier:

panneaux en béton moins lourds que dans la variante 2b, échafaudages nécessaires.

- au niveau des locataires:

les interventions peuvent être effectuées par l'extérieur.

COMMENTAIRES

L'utilisation de 8 cm d'isolation traditionnelle en laine de verre au lieu de 4 cm d'aérogel permet d'atteindre quasiment les mêmes performances au niveau du bilan thermique global. Par contre, cela nécessite la fabrication de nouveaux panneaux en béton.

7.4 RÉNOVATION TOTALE DE L'ENVELOPPE

variante 3a

MESURES VISANT A AMÉLIORER LE CALCUL DU BILAN THERMIQUE

7. Amélioration des **façades non porteuses** (revêtement Eternit): remplacement des 8 cm de laine minérale par 8 cm de laine de verre type Isover PB F 030, $\lambda = 0.30 \text{ W/mK}$. Sous construction avec consoles en fibres de verre (sans pont thermique) type Phoenix de Wagner System.
8. Amélioration des **façades porteuses** : **nouveaux panneaux en béton avec armature en fibres de verre de 5 cm d'épaisseur au lieu des 10 actuels** et remplacement de l'**isolation** (4 cm EPS 1979, $\lambda: 0.042 \text{ W/mK}$) par 8 cm d'EPS type swisspor LAMBDA Vento Premium ($\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$).

VALEURS U (W/m ² K)	actuelle	nouvelle
7. façade non porteuse	1.21	0.34
8. façade porteuse	0.84	0.34

BILAN THERMIQUE VARIANTE 3b: 136 MJ/m²



HYPOTHÈSE

La variante 3b **remplace les éléments en béton préfabriqués** et engendre une **augmentation générale de 10 cm de l'épaisseur de l'enveloppe du bâtiment**.

Les panneaux de béton étant fabriqués à neuf afin de les rendre plus minces et plus légers (armatures en fibre de verre), il est possible d'adapter légèrement leurs dimensions pour pouvoir augmenter l'épaisseur de l'isolation (adaptation des panneaux nécessaires aux angles du bâtiment ou aux embrasures de fenêtre notamment).

Tous l'isolation thermique de la façade en béton que celle de la façade en Eternit peuvent être renforcées par rapport aux variantes précédentes.

INCIDENCES

- au niveau de la construction:
dans un immeuble d'habitation à plusieurs niveaux, les différents étages ou appartements constituent des compartiments coupe-feu qui sont reliés par une façade commune. Afin d'appliquer de manière conséquente le principe de la séparation de ces compartiments, les façades en matériaux combustibles doivent respecter cet impératif de séparation. Cette exigence est particulièrement importante pour les bâtiments élevés possédant une façade ventilée, comme c'est le cas de la façade revêtue de bardage Eternit de l'immeuble de la route de Schifffen 2.

Les prescriptions AEAI prévoient que: "les façades ventilées des bâtiments à plusieurs niveaux, dont le bardage ou l'isolation, sont composés de matériaux combustibles, doivent posséder une protection incendie spécifique, par bandes filantes par exemple (...)"

Pour le bâtiment de la route de Schifffen 2, l'utilisation d'un bardage en plaques Éternit et d'une isolation en laine de verre permet de réaliser une façade en matériaux incombustibles catégorie RF1. Les fixations maintenant les bardages et se trouvant dans l'isolation thermique doivent être composées de matériaux au moins RF2.

- au niveau de l'atteinte au patrimoine:
les remarques concernant les nouveaux panneaux en béton évoquées pour la variante 3a sont également valables.

L'épaisseur des façades est augmentée du côté extérieur, ce qui change l'aspect du bâtiment, au niveau de la profondeur des embrasures de fenêtres par exemple. Cela engendre également des conflits, au niveau des garde-corps en béton préfabriqués des loggias.

- au niveau des coûts:
Comme pour la variante 3a les coûts sont très élevés car toutes les façades du bâtiment sont refaites à neuf.
- au niveau de la gestion du chantier:
échafaudages nécessaires
- au niveau des locataires:
les interventions peuvent être effectuées par l'extérieur.

COMMENTAIRES

Avec une valeur Q_h améliorée de près de 80%, cette variante est la plus efficace du point de vue énergétique et se situe en dessous de la valeur limite.

Les façade ont une valeur U de 0.16, ce qui se situe en dessous de la valeur limite fixée par la norme SIA 380/1:2016 pour les éléments opaques de l'enveloppe située contre l'extérieur.

Par contre, par rapport à la variante 3a possédant 10 cm d'isolation en moins sur toutes les façades, l'amélioration n'est que de 3%.

7.5 RÉNOVATION TOTALE DE L'ENVELOPPE

variante 3b

MESURES VISANT A AMÉLIORER LE CALCUL DU BILAN THERMIQUE

7. amélioration des **façades non porteuses** (revêtement Éternit): remplacement des 8 cm de laine minérale d'origine par 18 cm de laine de verre type Isover PB F 030, $\lambda = 0.30 \text{ W/mK}$. Sous-construction avec consoles en fibres de verre (sans pont thermique) type Phoenix de Wagner System
8. remplacement du revêtement en béton préfabriqué originel (épaisseur 10 cm) par de **nouveaux panneaux de béton pré-fabriqués avec armature en fibre de verre** d'une épaisseur de 5 cm. **L'isolation de la façade porteuse** (4 cm EPS 1979, $\lambda: 0.042 \text{ W/mK}$), est remplacée par 18 cm de swisspor LAMBDA Vento Premium ($\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$)

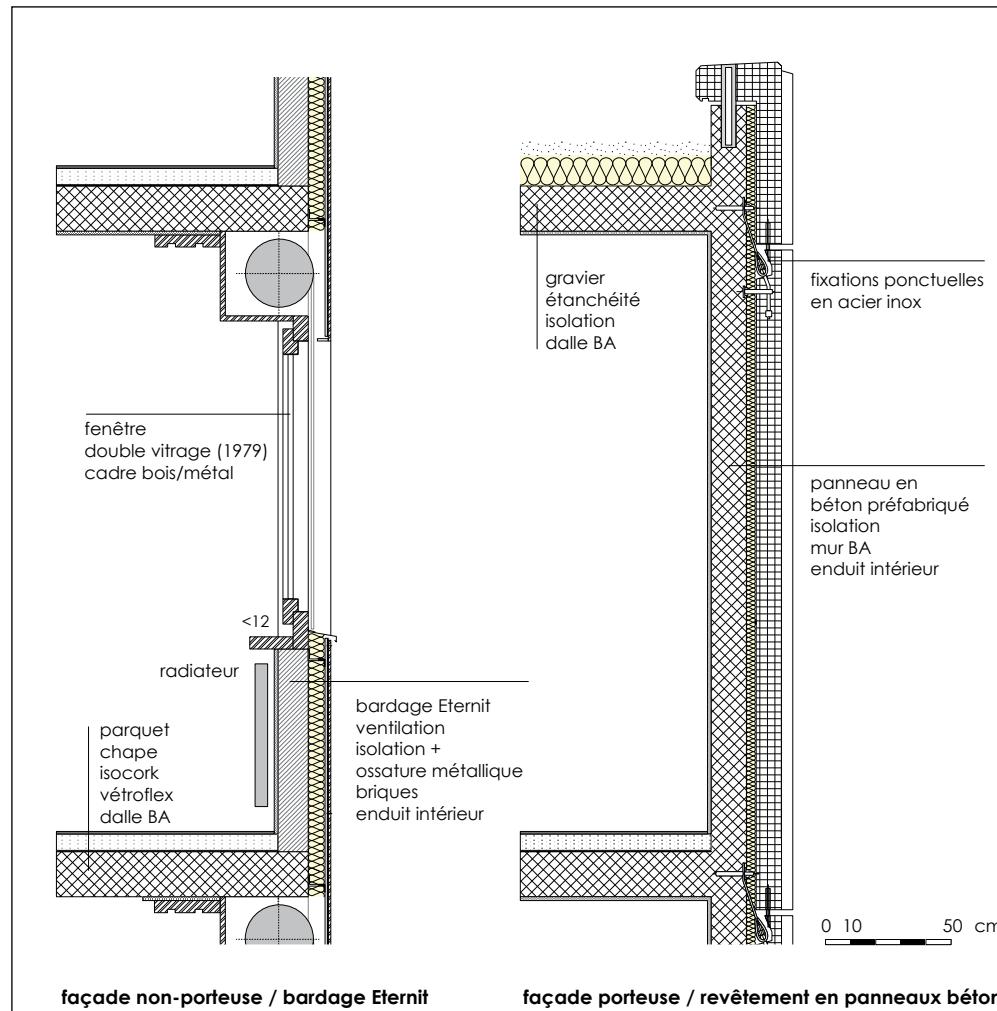
VALEURS U (W/m ² K)	actuelle	nouvelle
7. façade non porteuse	1.21	0.16
8. façade porteuse	0.84	0.16

BILAN THERMIQUE VARIANTE 3a: 116 MJ/m²

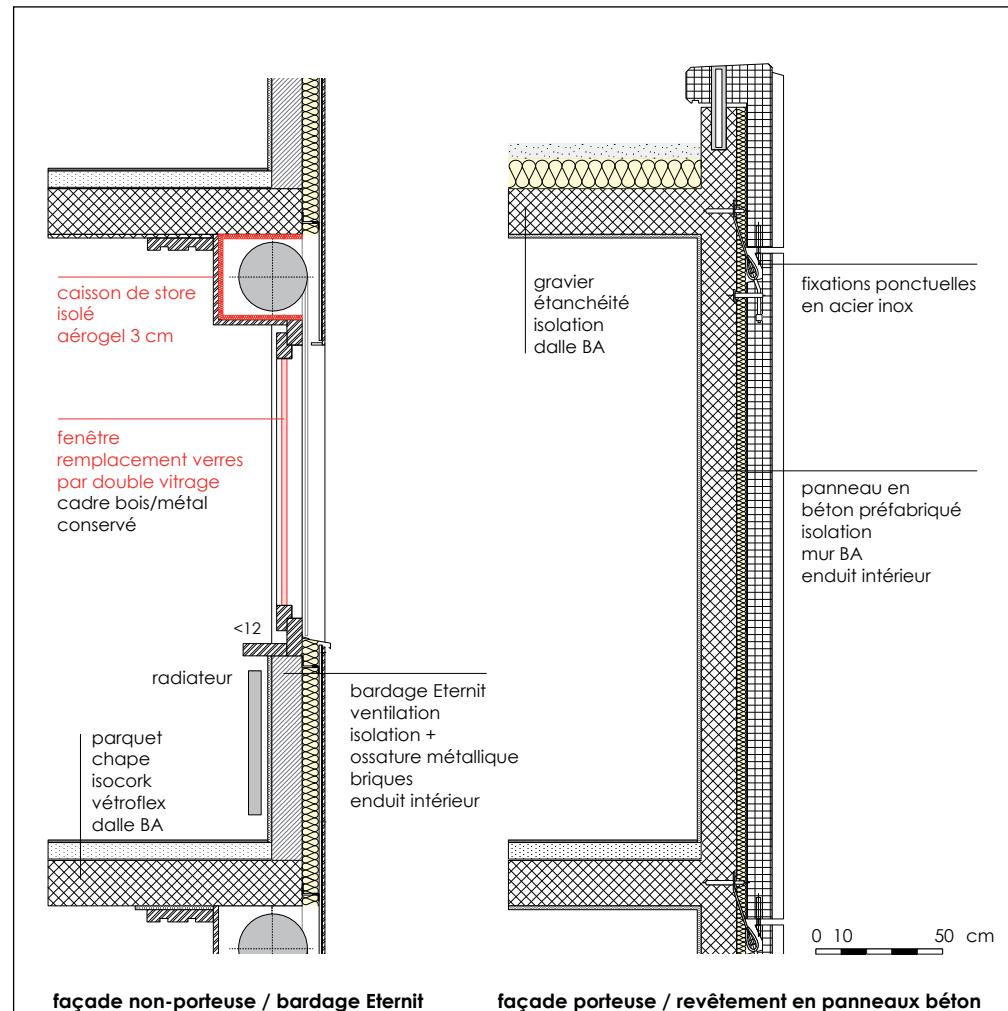


7.6 RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE: COUPES DE PRINCIPE

Etat existant

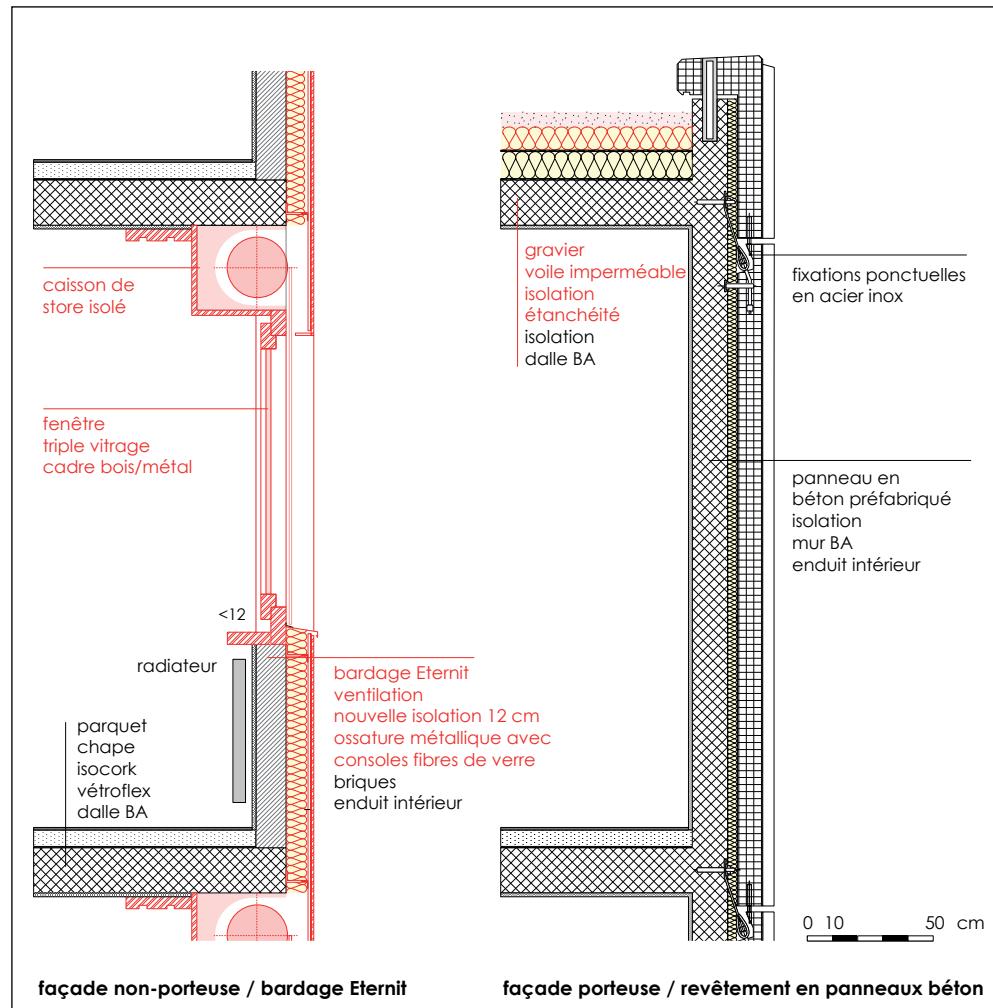


Variante 1 (améliorations de base)

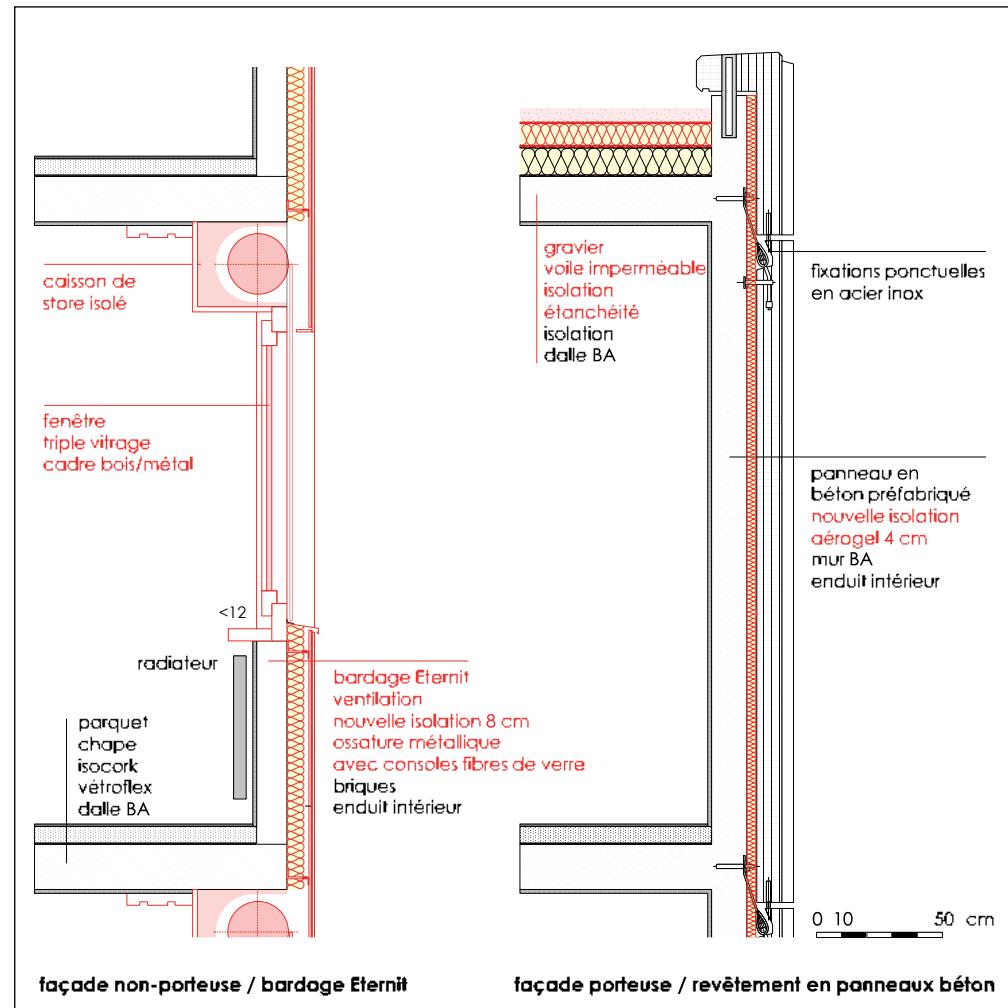


7.6 RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE: COUPES DE PRINCIPE

Variante 2a

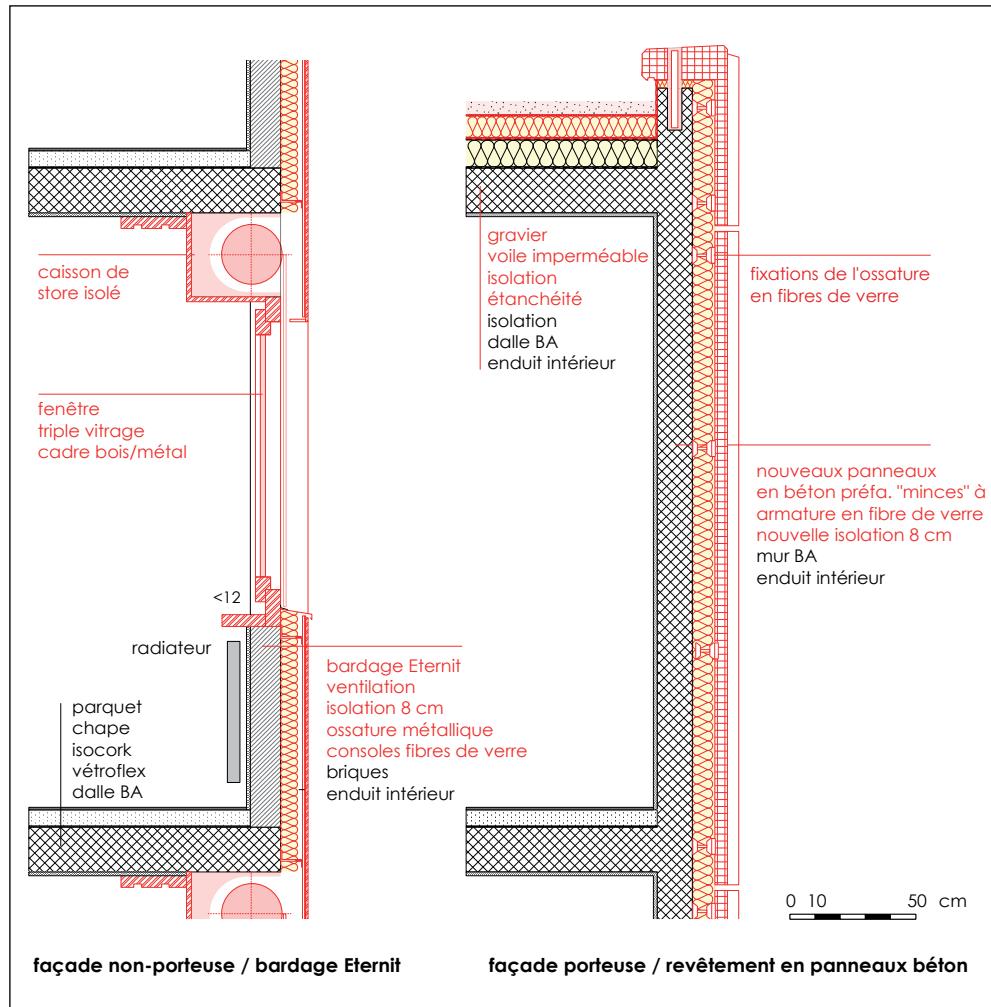


Variante 2b

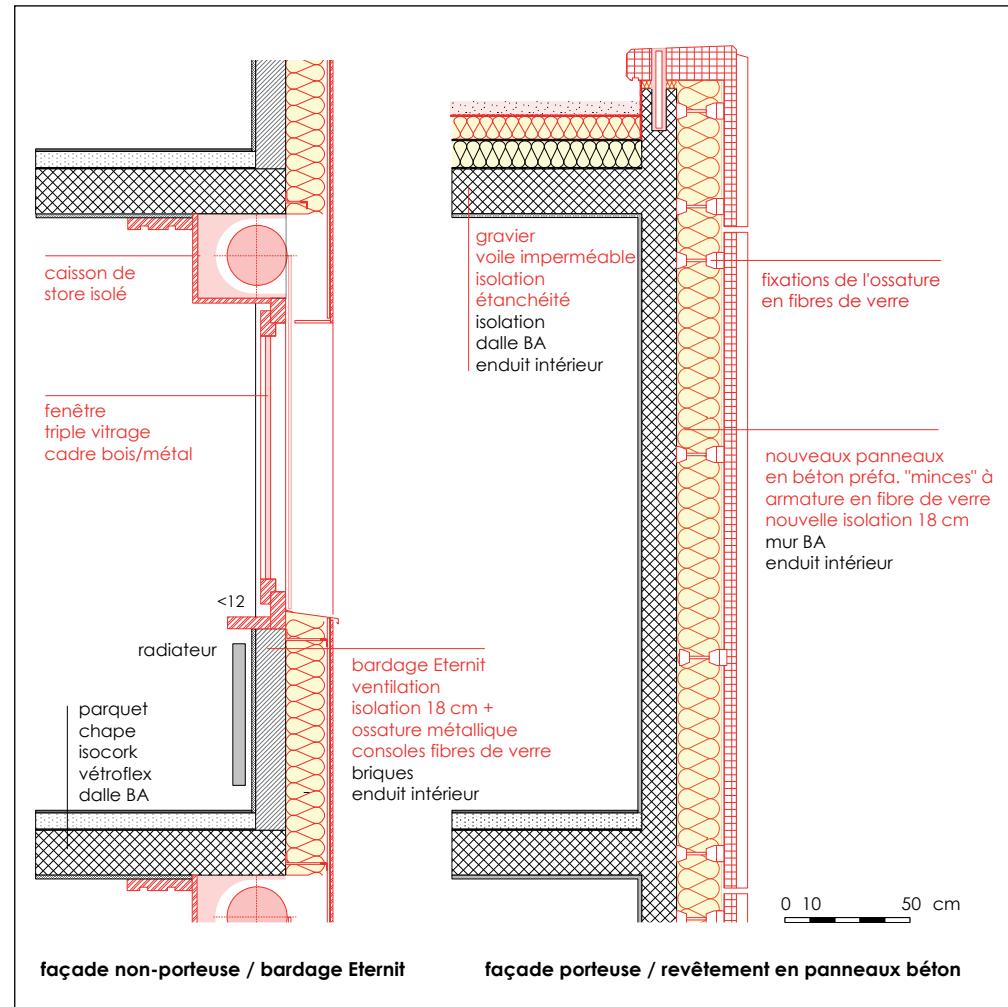


7.6 RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE: COUPES DE PRINCIPE

Variante 3a



Variante 3b



7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

changement de chauffage

A. ACTUELLEMENT: CHAUFFAGE AU MAZOUT

Le mazout est un agent énergétique fossile mais, même sans opter pour une énergie renouvelable, il est possible d'améliorer l'impact écologique en remplaçant les chaudières "standard" actuelles par des chaudières à condensation. Celles-ci récupèrent la chaleur de la vapeur d'eau générée lors de la combustion du mazout, permettent un fonctionnement à de basses températures et sont plus économies en énergie.

Il est également essentiel que le chauffage soit dimensionné au plus juste en terme de puissance. Il pourra ainsi fonctionner avec le meilleur rendement possible et éviter les pertes dues aux enclenchements et déclenchements fréquents en cas d'installations surdimensionnées. Cela permet de réduire les besoins en combustible, ainsi que les émissions de CO₂.

B. GAZ

Le bâtiment étant déjà équipé de conduites pour le gaz, le passage au gaz naturel pourrait aisément être envisagé. Cela permettrait une réduction de 20-30% de CO₂ par rapport au mazout mais le gaz reste un agent énergétique fossile.

C. BIOGAZ

Depuis le 2 avril 2012, la Ville de Fribourg et Groupe E Celsius utilisent le potentiel de production d'énergie renouvelable provenant des eaux usées de la ville: le biogaz issu de la station d'épuration des eaux (STEP) de Fribourg est traité de façon à être injecté dans le réseau de gaz naturel.

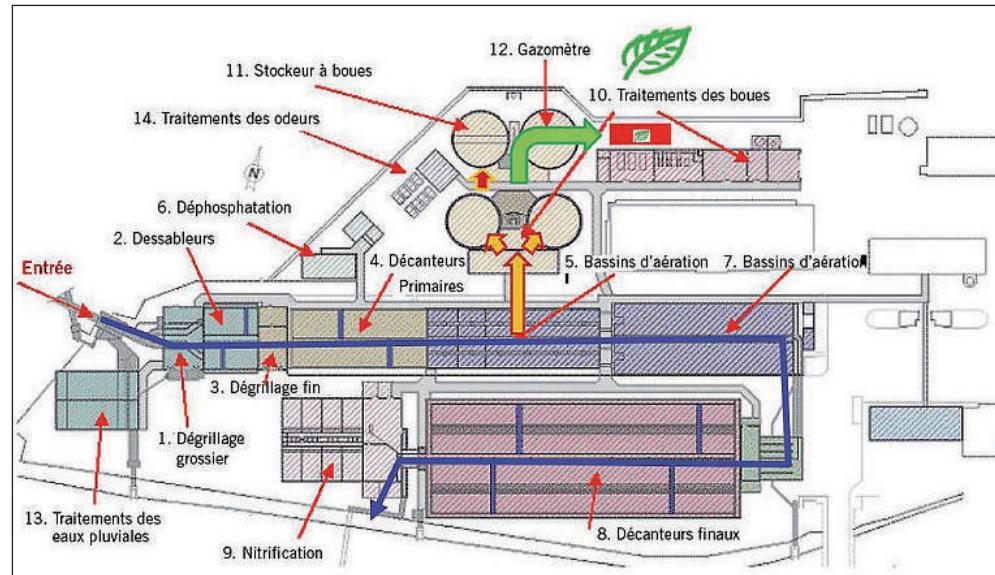
La possibilité existe donc, pour le quartier des Hauts-de-Schiffenen, de contribuer à la protection de l'environnement en s'approvisionnant à 10, 20, 50 ou même 100% au Biogaz.

Produire du biogaz en utilisant des déchets végétaux ou des boues d'épuration est une technique particulièrement judicieuse sur le plan écologique. Renouvelable, le biogaz est neutre en CO₂ et affiche des résultats particulièrement bons en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de charge écologique globale.

Actuellement, **le biogaz utilisé pour le chauffage domestique n'est pas reconnu comme une énergie renouvelable par les cantons**, malgré les efforts fournis dans ce sens par l'Association Suisse de l'Industrie Gazière (ASIG), dans le contexte de la révision du MoPEC, en 2014.

Pour **le calcul de la part d'énergie non renouvelable dans le cadre du justificatif Minergie**, le facteur de pondération g du biogaz est de 0.7 (sachant que le facteur g du soleil ou de la géothermie est de 0, celui du chauffage à distance de 0.6 et celui du mazout de 1).

La STEP de Fribourg (www.batitech.ch/typo3temp/pics/Biogaz4_760d3c95e0.jpg)



7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

changement de chauffage

D. ÉNERGIE SOLAIRE

Le bilan écologique peut également être considérablement amélioré par l'installation de capteurs solaires pour produire l'eau chaude sanitaire destinée à la cuisine et à la salle de bains, ainsi qu'éventuellement pour préchauffer l'eau de chauffage.

La pose d'une installation solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire est possible après coup et peut être combinée avec n'importe quel autre système de chauffage ou agent énergétique.

Les prix croissants de l'énergie et les incertitudes quant à l'approvisionnement futur en pétrole font de l'énergie solaire une alternative abordable. Les capteurs solaires améliorent le bilan CO₂ des chauffages fonctionnant avec des combustibles fossiles.

L'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire est intéressante, quel que soit l'état du bâtiment. En été, la production d'eau chaude sanitaire ne requiert en général aucune installation supplémentaire. Durant la saison froide, l'installation solaire est assistée par une source de chaleur d'appoint.

Il est important d'adapter l'installation solaire aux besoins réels pour atteindre des coûts énergétiques peu élevés. Les capteurs solaires permettent également de produire une partie de l'énergie pour la chaleur ambiante. Mais dans ce cas, il faut prévoir une plus grande surface de capteurs et un accumulateur combiné.

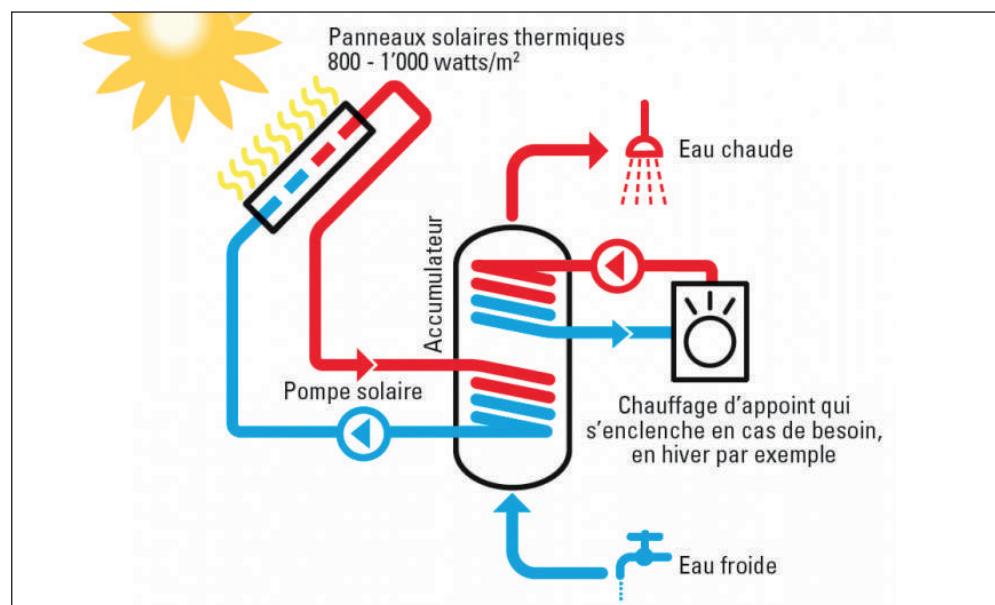
Dans le cas de l'immeuble de Schiffenen 2, le toit plat, sans ombrage, permet de choisir l'orientation et l'inclinaison des capteurs de manière optimale. De plus l'installation peut être soigneusement intégrée, sans poser de problème du point de vue patrimonial.

La surface utile de capteurs thermiques nécessaires à la production d'ECS est de 0.5 à 1.0 m²/personne. Afin de stocker l'eau chaude jusqu'à son utilisation, il est nécessaire de prévoir l'installation d'un chauffe-eau de 60 à 90 litres par personne (Office fédéral de l'énergie: "Dimensionnement d'installations à capteurs solaires").

La surface à disposition sur la toiture de l'immeuble de Schiffenen 2 est d'environ 400 m². L'installation de capteurs solaires et d'un chauffe-eau à accumulateur permettraient aisément de fournir l'eau chaude sanitaire nécessaire aux quelques 90 locataires de l'immeuble.

Le dimensionnement précis de l'installation doit être effectué par un spécialiste en fonction des spécificités du projet.

http://declics.romande-energie.ch/images/declics/articles/solaire_schema.png



7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

changement de chauffage

E. CHAUFFAGE AUX PELLETS

Le chauffage aux pellets de bois pourrait également être une alternative plus écologique au chauffage à mazout actuel. Les pellets de bois sont produits avec des déchets de scierie et sont neutres du point de vue du CO₂. Les fourneaux à pellets sont complètement automatiques et ne demandent que peu d'entretien. Le local abritant actuellement les citernes pourrait alors servir de silo à pellets.

F. RECUPÉRATION DE CHALEUR DES EAUX USÉES DE LA STEP

Les eaux usées dont la température se situe toute l'année entre 10 et 20 degrés recèlent un grand potentiel de chaleur souvent inexploité.

Une installation liée à une station d'épuration fonctionne depuis 1983 dans le canton de Fribourg: l'eau chaude sanitaire des six bâtiments du Löwenberg à Morat est chauffée grâce à la chaleur fournie par les eaux épurées de la STEP de la ville.

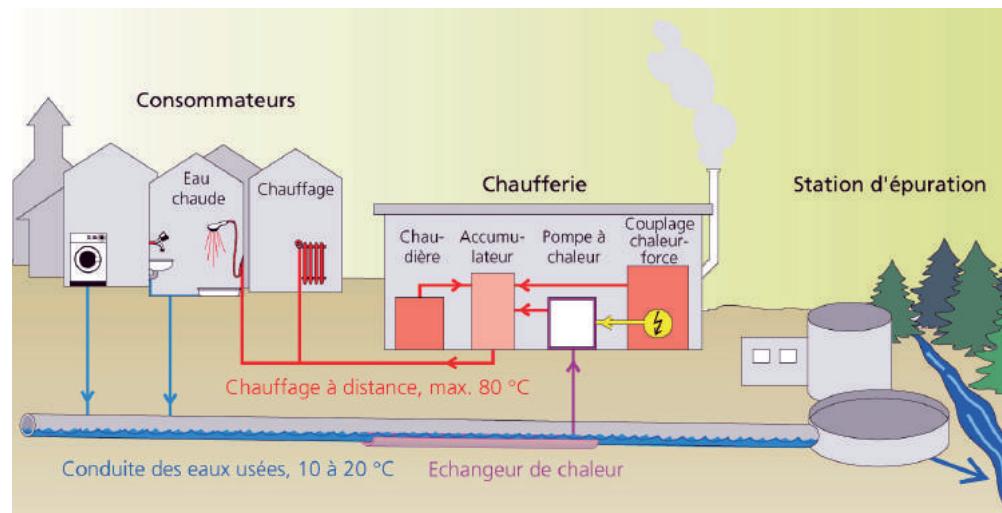
La chaleur de l'eau épurée est récupérée par l'intermédiaire d'échangeurs et de deux pompes à chaleur situés dans une chaufferie, à mi-chemin entre la STEP et les bâtiments. En cas de forte demande, l'installation est complétée par deux chaudières à gaz fournissant l'énergie supplémentaire. L'eau épurée réintègre ensuite son cycle naturel en s'écoulant dans le lac de Morat.

La température des eaux usées n'étant pas suffisante pour pouvoir être utilisée telle quelle, une pompe à chaleur est indispensable pour l'élever à un niveau exploitable. Une installation combinant une pompe à chaleur et une chaudière permet d'obtenir des températures encore plus élevées.

Dans les secteurs alimentés en gaz, la pompe à chaleur peut également être connectée à un couplage chaleur-force (CCF). Ce dispositif produit non seulement de la chaleur mais aussi l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe.

La récupération des rejets de chaleur des eaux usées, grâce à l'installation de pompes à chaleur, est évalué par la Ville de Fribourg pour chauffer le quartier des Hauts-de-Schiffenen, situé à proximité de la station d'épuration (voir demande de renouvellement du label Cité de l'énergie par la ville de Fribourg, datée de septembre 2011). Ce projet pourrait voir le jour dans le contexte de la construction du projet des Hauts-de-Schiffenen II (PAD actuellement en cours).

L'intérêt écologique serait indéniable, car il s'agit d'une source de chaleur pratiquement exempte de CO₂ et renouvelable dans le sens du principe du recyclage.



7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

contrôle de la ventilation

CONTRÔLE DE LA VENTILATION

Lorsque le bâtiment n'est pas étanche, le renouvellement d'air se fait naturellement; les déperditions d'énergie sont alors importantes. Après le remplacement des fenêtres, le renouvellement d'air est insuffisant pour assurer une bonne qualité de l'air. Il est également indispensable de procéder à une réflexion quant au système de ventilation afin d'éviter les dommages dus à l'humidité.

A. AÉRATION SIMPLE FLUX

Le système de ventilation simple flux contrôlé se compose d'une ouverture d'entrée et d'une ou plusieurs ouvertures de sortie. Actuellement, dans l'immeuble de la route de Schiffenen 2, l'entrée d'air est assurée par l'inétanchéité de l'enveloppe. L'extraction de l'air vicié se fait par les cuisines et les salles de bain. Cependant, les hottes d'aspiration à évacuation extérieure des cuisines et les ventilations des salles de bain ont l'inconvénient d'évacuer également la chaleur. Le moteur de ventilation est assuré par l'effet de cheminée assisté par des tourelles d'extraction situées en toiture.

Avantages:

- Simplicité du système et coûts de maintenance faibles.
- Pas de gaines nécessaires dans les appartements pour l'aménée d'air.
- Faible consommation électrique (les ventilateurs sont uniquement nécessaires pour l'extraction).

Inconvénients (points sensibles):

- Pas de récupération de chaleur au niveau de l'air extrait.
- Risque de courants froids dans les appartements (certains locataires bouchent les entrées d'air).

B. SIMPLE FLUX AVEC BOUCHES D'EXTRACTION HYGRORÉGLABLES

- modulation du débit selon les besoins -

Avec ce système de ventilation simple flux modulée, le débit d'air dépend du niveau de pollution intérieure de chaque logement. La bouche d'extraction hygroréglable, constituée d'un capteur hygrométrique, ajuste automatiquement les débits d'extraction (et donc d'entrée d'air) en fonction du taux d'humidité relative intérieure.

Ainsi c'est l'augmentation du taux de pollution intérieure, qui s'accompagne généralement d'une augmentation du taux d'humidité, qui provoque l'activation de la ventilation. Ainsi, les pièces/appartements qui ont de forts besoins en air neuf bénéficient d'un débit d'air plus important que les pièces vides ou peu occupées ce qui permet de réaliser des économies d'énergie.

Avantages:

- Modulation entre les appartements ou les pièces d'un même appartement (besoins différents): l'air ne circule pas inutilement.
- Le renouvellement de l'air dans le logement peut être assuré par un ventilateur unique placé directement sur le toit.
- Possibilité de récupérer l'énergie pour préchauffer l'eau chaude sanitaire (système de production d'énergie écologiquement plus performant que la récupération de chaleur traditionnelle du double flux, mais non préconisé dans le cas du bâtiment analysé).

Ce système simple flux avec débit de $0.6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ et faible consommation d'électricité permet d'atteindre des objectifs d'efficacité énergétique élevés sans récupération de chaleur.

7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

contrôle de la ventilation

Principe du simple flux appliqué à l'immeuble de la route de Schifffen 2:

1. Entrée de l'air sans traitement en façade (dans l'espace situé au-dessus du faux-plafond en bois de la loggia, introduction en hauteur).
2. Balayage de l'espace habitable (introduction de l'air dans le séjour et extraction dans la cuisine et la salle de bain).
3. Extraction de l'air vicié par des canaux de ventilation placés dans les gaines techniques se trouvant entre la cuisine et la salle de bain de chaque logement.
4. Tourelles d'extraction en toiture (au-dessus de chaque gaine).
5. Eventuellement possibilité de récupération sur les rejets de chaleur afin de préchauffer l'eau chaude sanitaire.

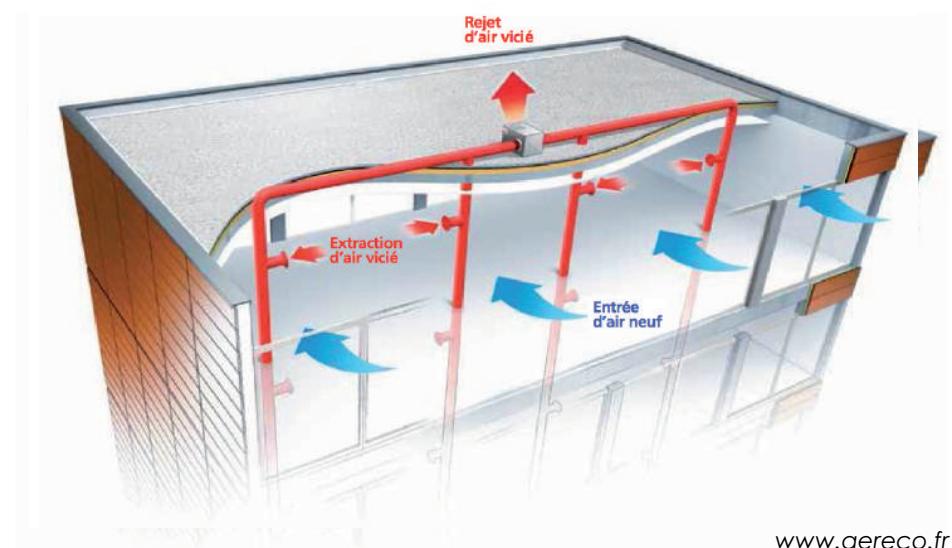
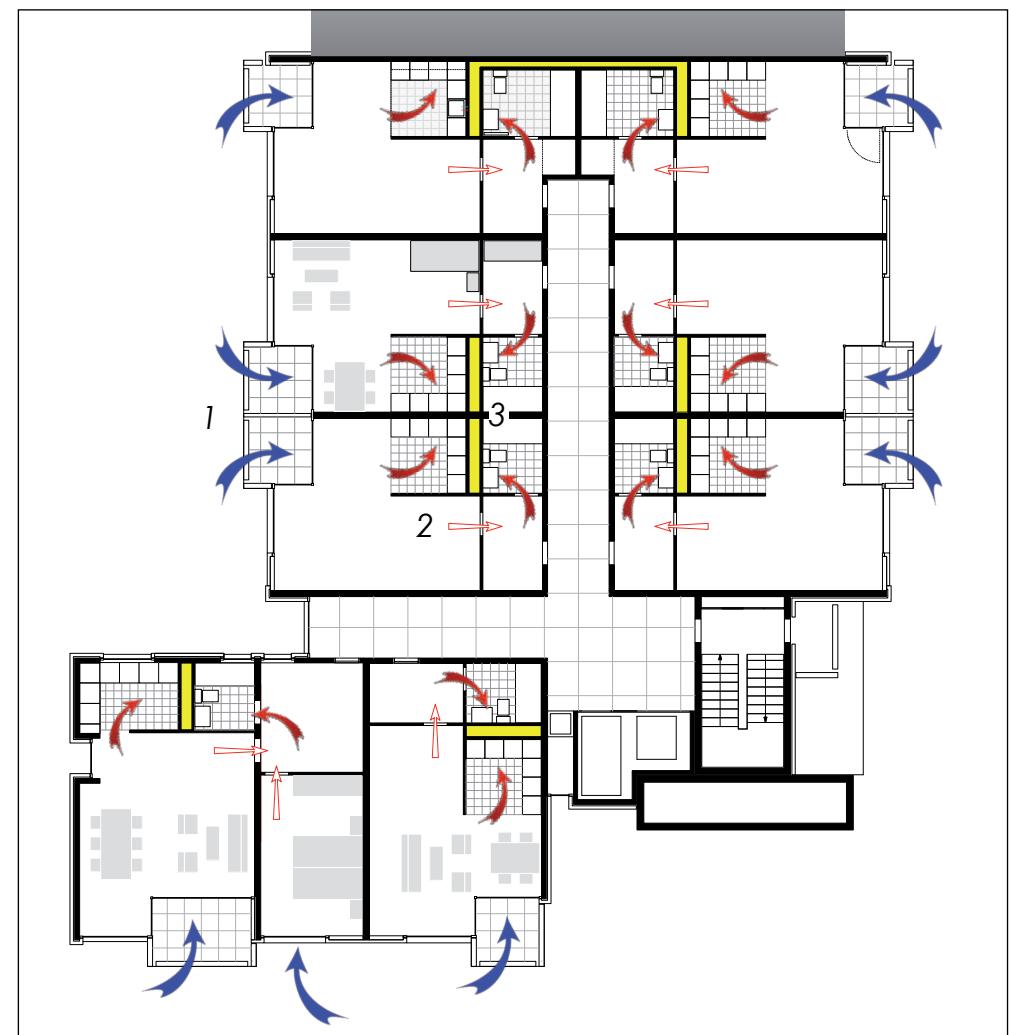


schéma de la circulation d'air et emplacement des gaines techniques



7.7 MESURES COMPLÉMENTAIRES

contrôle de la ventilation

C. VENTILATION DOUCE (double flux et récupération de chaleur)

En comparaison avec une ventilation incontrôlée, une ventilation double flux permet de réduire de manière significative les pertes d'énergie (valeur du débit d'air pour le calcul EnerCAD: $0.32 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Pour satisfaire au standard MINERGIE, une installation d'aération douce est nécessaire dans les bâtiments d'habitation.

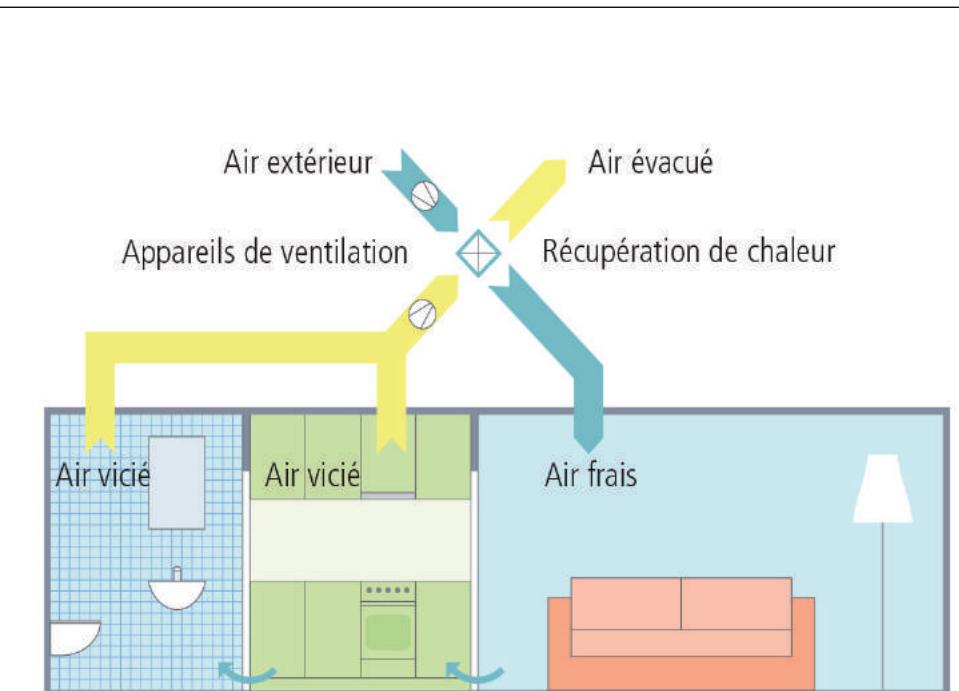
Avantages d'une aération douce:

- Récupération de chaleur de l'air évacué.
- Bonne qualité d'air constante (évacuation des odeurs et des substances polluantes).
- Protection contre les bruits extérieurs sans devoir renoncer à l'air frais.
- Renouvellement continu sans générer de courants d'air, grâce aux faibles quantités d'air extérieur, préchauffé, acheminé dans le bâtiment.

L'installation d'aération douce achemine l'air frais de l'extérieur dans le bâtiment par les pièces de séjour et les chambres à coucher. L'air s'écoule ensuite vers la cuisine et les salles d'eau d'où il est évacué vers l'extérieur. **Un échangeur de chaleur récupère l'énergie thermique contenue dans l'air évacué.**

Dans le cas de la rénovation du bâtiment de la route de Schifffenen 2, les appareils pourraient être installés dans des armoires murales. Les tuyaux de ventilation pourraient être placés dans les gaines verticales, et à l'intérieur des logements dans le corridor, ce qui nécessiterait de coûteux travaux pour la mise en place des canalisations d'amenée d'air et l'installation d'un faux-plafond.

Schéma de ventilation douce avec récupération de chaleur tiré de la brochure "rénovation des bâtiments" éditée par l'Office fédéral de l'énergie



8. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE



Eléments principaux	état existant	1 interventions de base fermeture de l'enveloppe thermique	2a rénovation partielle nouvelle façade Eternit
toiture 461 m ²	● toiture refaite jusqu'à la dalle en 2000 dalle béton armé /pare-vapeur / 12 cm d'isolation / étanchéité / gravier		● réfection de la toiture (ajout de 10 cm d'isolation XPS type swissporPUR Premium, λ : 0.020 W/mK au-dessus des 12 cm d'isolation existante) toiture doublée
mur non porteur bardage Eternit 558 m ²	● mur en brique 12 cm / 8 cm d'isolation / bardage en plaques Eternit	● la façade d'origine est maintenue	● remplacement du bardage Eternit et de l'isolation (laine de verre λ : 0.030 W/mK, 12 cm) ● fixations de la sous-construction remplacées par consoles en fibres de verre (sans pont thermique)
mur porteur éléments béton préfabriqués 776 m ²	● mur en béton armé / 4 cm d'isolation / panneaux de béton préfabriqué suspendus 10 cm	● les panneaux d'origine sont maintenus	● les panneaux d'origine sont maintenus
fenêtres 803 m ²	● double vitrage de 1979, cadre bois/aluminium	● remplacement des verres uniquement (double vitrage isolant U:1 W/m ² K, g: 0.62)	● remplacement des fenêtres complètes par des fenêtres triple vitrage U verre: 0.6 W/m ² K, g: 0.5
caissons de stores 105 m ²	● caissons de stores à rouleaux non isolés (pont thermique)	● isolation des caissons de stores (aerogel type Agitec Cryogel Z roll λ : 0.014 W/mK, 2 cm)	● pose de nouveaux caissons de stores isolés
ponts de froid dalle loggia 380 ml	● dalle des loggias sans rupture thermique (pont thermique)	● isolation sur 50 cm de la sous-face des dalles des loggias (isolation 16 cm de laine de verre λ : 0.032 W/mK)	● réduction des ponts thermiques des dalles des loggias idem variante 1
mur contre espace non chauffé 140 m ²	● au rez inférieur les murs contre locaux non chauffés ne sont pas isolés (brique 8 cm)	● isolation thermique des murs intérieurs contre locaux non chauffés (isolation en fibres de bois (type Pavatherme λ : 0.04 W/mK, 10 cm)	● murs intérieurs contre locaux non chauffés isolés
dalle sur sous-sol 417 m ²	● la dalle sur sous-sol (caves) n'est pas isolée	● isolation thermique de la dalle sur sous-sol (isolation laine de verre type Isover Thermo-plus, λ : 0.031 W/mK, 14 cm)	● dalle sur sous-sol isolée idem interventions de base variante 1
encorbellement 28 m ²	● sous-face non isolée (pont thermique)	● isolation des sous-faces des encorbellements (isolation 16 cm de laine de verre, λ : 0.032 W/mK)	● isolation des sous-faces des encorbellements idem interventions de base variante 1
mur contre cheminée 205 m ²	● mur non isolé béton 18 cm / 2 cm / mur béton 20 cm		● isolation du mur à l'intérieur de la cheminée (isolation EPS graphité type goEPS gris λ : 0.031 W/mK, 14 cm) et fermeture de la cheminée non utilisée
mesures complémentaires		amélioration de l'étanchéité à l'air et à l'eau de la façade: ● remplacement des joints Néoprène de la façade ● remplacement des joints mastic entre la façade et les cadres de fenêtres	façade non porteuse épaisse de 4 cm ● remplacement du chauffage (1997) ● installation de panneaux solaires pour l'ECS ● installation d'un système de ventilation ● amélioration équipement cuisines et s. d. bain
Q_H (MJ/m²) Q_{H II} = 136 MJ/m²	560 MJ/m² 100%	261 MJ/m² (47%)	165 MJ/m² (29%)
Q_H avec ventilation double flux	avec récupération de chaleur (0.32 m ³ /m ²)		120 MJ/m² (21%)

2b rénovation partielle nouvelle façade Eternit	3a rénovation totale nouvelle façade Eternit et nouveaux panneaux béton préfa.	3b rénovation totale nouvelle façade Eternit et nouveaux panneaux béton préfa.
<ul style="list-style-type: none"> toiture rénovée idem variante 2a remplacement du bardage en Eternit et de l'isolation (laine de verre type Isover PB F 030, λ: 0.030 W/mK, 8 cm) les fixations de la sous-construction sont remplacées par des consoles en fibres de verre Phoenix (sans pont thermique) les panneaux d'origine sont maintenus mais déposés et reposés avec une isolation plus performante (type aerogel λ: 0.014W/mK, 4 cm) les fixations en acier inox sont conservées fenêtres triple vitrage idem variante 2a 	<ul style="list-style-type: none"> toiture rénovée idem variante 2a remplacement du bardage en Eternit et de l'isolation (laine de verre type Isover PB F 030, λ: 0.030 W/mK, 8 cm) les fixations de la sous-construction sont remplacées par des consoles en fibres de verre Phoenix (sans pont thermique) fabrication de nouveaux panneaux en béton avec armature en fibres de verre (plus minces, plus légers) nouvelle isolation EPS (type swisspor LAMBDA Vento Premium (λ: 0.029W/mK, 8 cm) fenêtres triple vitrage idem variante 2a 	<ul style="list-style-type: none"> toiture rénovée idem variante 2a remplacement du bardage en Eternit et de l'isolation (laine de verre type Isover PB F 030, λ: 0.030 W/mK, 18 cm) les fixations de la sous-construction sont remplacées par des consoles en fibres de verre Phoenix (sans pont thermique) fabrication de nouveaux panneaux en béton avec armature en fibres de verre (plus minces, plus légers) nouvelle isolation EPS (type swisspor LAMBDA Vento Premium (λ: 0.029W/mK, 18 cm) fenêtres triple vitrage idem variante 2a
<ul style="list-style-type: none"> caissons de stores isolés idem variante 2a réduction des ponts thermiques des dalles des loggias idem variante 1 murs intérieurs contre locaux non chauffés isolés idem interventions de base variante 1 dalle sur sous-sol isolée idem interventions de base variante 1 isolation des sous-faces des encorbellements idem interventions de base variante 1 isolation du mur à l'intérieur de la cheminée idem variante 2a 	<ul style="list-style-type: none"> caissons de stores isolés idem variante 2a réduction des ponts thermiques des dalles des loggias idem variante 1 murs intérieurs contre locaux non chauffés isolés idem interventions de base variante 1 dalle sur sous-sol isolée idem interventions de base variante 1 isolation des sous-faces des encorbellements idem interventions de base variante 1 isolation du mur à l'intérieur de la cheminée idem variante 2a 	<ul style="list-style-type: none"> caissons de stores isolés idem variante 2a réduction des ponts thermiques des dalles des loggias idem variante 1 murs intérieurs contre locaux non chauffés isolés idem interventions de base variante 1 dalle sur sous-sol isolée idem interventions de base variante 1 isolation des sous-faces des encorbellements idem interventions de base variante 1 isolation du mur à l'intérieur de la cheminée idem variante 2a
épaisseur de l'enveloppe du bâtiment inchangée ● mesures complémentaires idem variante 2a +	épaisseur de l'enveloppe du bâtiment inchangée ● remplacement du chauffage ● rénovation totale des salles de bains et cuisines	enveloppe du bâtiment épaisse de 10 cm ● mesures complémentaires idem variante 3a +
134 MJ/m² (24%) < Q _{H,li}	136 MJ/m² (24%) < Q _{H,li}	116 MJ/m² (21%) < Q _{H,li}
92 MJ/m² (17%) < Q _{H,li}	94 MJ/m² (17%) < Q _{H,li}	74 MJ/m² (13%) < Q _{H,li}

8.2 SYNTHÈSE: AMÉLIORATIONS PAR ÉLÉMENT / AMÉLIORATIONS GLOBALES

8.2 TABLEAU COMPARATIF

Le tableau de la page ci-contre présente graphiquement les améliorations découlant des modifications d'éléments pris individuellement, en % des besoins de chaleur actuels. La partie droite du tableau indique les performances des améliorations globales selon les variantes 1 à 3b.

AMÉLIORATIONS PAR ÉLÉMENT

Avec une surface s'élevant à 38% de celle de l'ensemble des façades, **les fenêtres** ont une grande importance dans le bilan thermique de l'immeuble de Schiffenen 2, ce qui entraîne:

1. Grand potentiel d'économie induit par le changement des fenêtres (40%) Il est à noter que les gains réalisés par le passage du double vitrage isolant au triple vitrage (qui a par ailleurs une valeur g inférieure) ne sont pas significatifs.
2. Grand potentiel de gains solaires à considérer également.

Un autre élément permettant de réaliser d'intéressantes économies de chaleur est **la façade en bardage Eternit**. L'amélioration thermique de cette façade permet des gains de l'ordre de 25%.

La façade revêtue de panneaux en béton préfabriqués possède quant à elle un moins grand potentiel d'amélioration. Il s'élève à environ 15% des besoins de chaleur.

En ce qui concerne la toiture, une intervention n'est pas prioritaire pour le moment. Elle sera plutôt liée à la dégradation de cet élément que par la nécessité d'un assainissement énergétique. La réfection de la toiture pourrait être associée à l'installation de capteurs solaires pour la production de l'ECS.

Les améliorations ponctuelles ne permettent pas d'atteindre seules les valeurs $Q_{H,ii}$ de la norme SIA 380/1:2016.

AMÉLIORATIONS GLOBALES

Les améliorations globales permettent aux variantes 2b, 3a et 3b d'atteindre la valeur $Q_{H,ii}$ légale de 138 MJ/m². Les variantes 1 et 2a, qui ne proposent aucune intervention au niveau de la façade en béton, se situent au-dessus de cette valeur.

VENTILATION

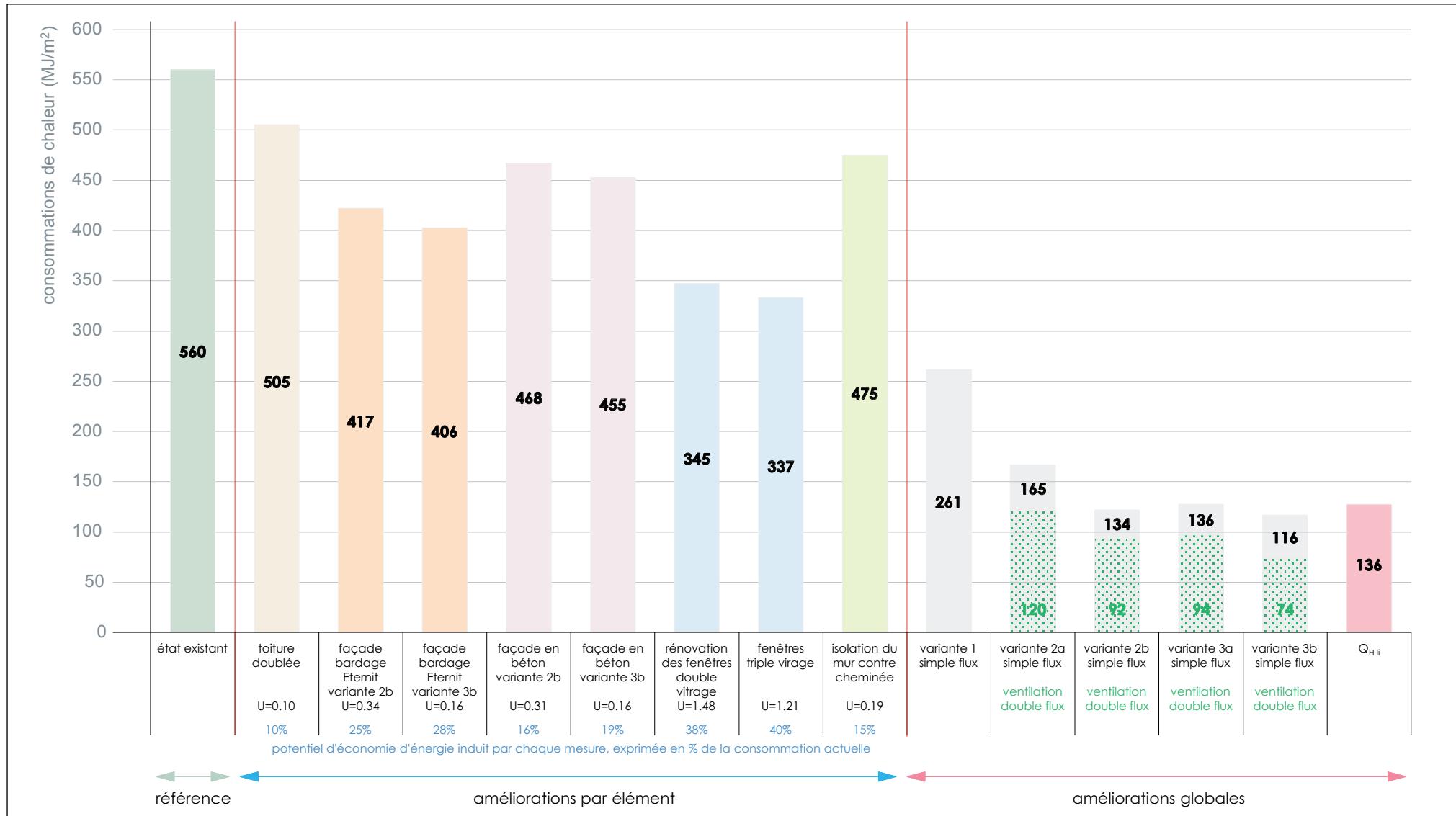
La ventilation est également un facteur influençant le calcul du bilan énergétique global.

Dans le cas d'une ventilation simple flux avec bouches d'extraction hygroréglables (modulation du débit selon les besoins, voir page 160), le débit horaire d'air neuf est de 0.60 m³/m² au lieu de 0.70 m³/m² (valeur d'utilisation standard SIA 380/1:2016). Les besoins en chaleur sont alors réduits de 8 à 10%.

Le recours à une ventilation double flux (débit de 0.32 m³/m²) permet quant à lui de diminuer d'environ un tiers les besoins en chaleur des variantes 2a à 3b.

L'installation d'une ventilation double flux induit des travaux conséquents mais permet d'atteindre la valeur $Q_{H,ii}$ sans toucher à la façade en béton (variante 2a): les besoins de chaleur passent de 165 MJ/m² à 120 MJ/m².

8.2 SYNTHÈSE: AMÉLIORATIONS PAR ÉLÉMENT / AMÉLIORATIONS GLOBALES



8.3 SYNTHÈSE: INCIDENCES DES DIVERSES VARIANTES

Incidences	état existant	1 interventions de base	2a rénovation partielle	2b rénovation partielle	3a rénovation totale	3b rénovation totale
		fermeture de l'enveloppe thermique	nouvelle façade Eternit	nouvelle façade Eternit + dépose et repose des panneaux béton préfa.	nouvelle façade Eternit + nouveaux panneaux béton préfa.	nouvelle façade Eternit + nouveaux panneaux béton préfa.
efficacité énergétique $Q_{H,li} = 136 \text{ MJ/m}^2$	560 MJ/m²	261 MJ/m²	165 MJ/m²	134 MJ/m²	136 MJ/m²	116 MJ/m²
complexité constructive						
protection du patrimoine						
gestion du chantier						
coûts						
locataires						
avec ventilation double flux			2a	2b	3a	3b
efficacité énergétique $Q_{H,li} = 136 \text{ MJ/m}^2$			120 MJ/m²	92 MJ/m²	94 MJ/m²	74 MJ/m²
complexité constructive						
protection du patrimoine						
gestion du chantier						
coûts						
locataires						

8.4 CONCLUSION

L'étude s'est déroulée en plusieurs phases: la première a consisté en un état des lieux approfondi du bâtiment. La deuxième phase a permis de situer les problèmes au niveau de l'enveloppe thermique grâce à la thermographie. En troisième lieu, l'étude des détails constructifs et les propositions d'amélioration des diverses parties de l'enveloppe, évaluées à l'aide du logiciel EnerCAD ont permis de quantifier l'importance de chaque élément dans la performance énergétique globale du bâtiment.

C'est sur cette base que les choix des solutions globales ont été effectués et c'est dans ce catalogue, complété par la mise en évidence des avantages et des inconvénients de chaque variante ainsi que des mesures complémentaires envisageables, que le maître de l'ouvrage pourra choisir la solution qu'il souhaite mettre en oeuvre.

1. Mesures de rénovation de l'enveloppe thermique

Le tableau présenté ci-contre met en évidence la difficulté à trouver une situation d'équilibre entre, d'une part, une amélioration thermique conséquente et d'autre part les critères de choix qui représentent la préservation de l'objet construit, les coûts et la gestion du chantier notamment.

La situation d'équilibre est réalisée par la **variante 2a** complétée par l'installation d'une ventilation simple flux avec bouches hygrogérables. Avec une consommation de 150 MJ/m², sa valeur Q_h se situe légèrement au-dessus de la valeur limite légale. Le 10% restant pour se conformer à la norme en vigueur implique des interventions conséquentes, dont la faisabilité technique entraîne une augmentation disproportionnée des coûts, et/ou des conséquences non négligeables au niveau de la sauvegarde du patrimoine bâti.

Toutefois, le changement d'agent énergétique et le recours aux énergies renouvelables permettraient d'améliorer le bilan global de cette variante.

Un important potentiel d'amélioration de l'enveloppe thermique a été identifié pour 2 éléments de construction: les fenêtres qui sont de mauvaise qualité thermique ainsi que les murs et la dalle sur sous-sol qui ne sont pas isolés. A titre indicatif, le potentiel d'économie d'énergie dans le cas d'un remplacement des fenêtres et de la fermeture de l'enveloppe thermique (variante 1) représente à lui seul plus de 50% des besoins en chaleur actuels.

Diverses améliorations permettraient à la variante 2a d'atteindre les exigences légales (Q_h : 136 MJ/m²):

- le recours à une ventilation double flux (Q_h : 120 MJ/m²)
- l'amélioration thermique de la façade en béton (variante 2b, Q_h : 134 MJ/m²).

Les interventions les plus respectueuses de l'existant (variantes 1 et 2) répondent non seulement à des contraintes patrimoniales mais présentent également des avantages du point de vue économique et du développement durable.

Les **bilans calculés** constituent la base nécessaire à la comparaison entre les bilans thermiques des différents scénarios. Il est nécessaire de préciser que la pratique a mis en évidence un risque de largement sous-évaluer les consommations par rapport aux performances réellement mesurées après travaux.

Le "performance GAP" mesure le **décalage entre la performance planifiée et la performance énergétique réelle, mesurée après travaux**.

8.4 CONCLUSION

Un travail de thèse réalisé en 2015 sur le sujet la performance énergétique d'immeubles locatifs rénovés ("Rénovation énergétique des bâtiments résidentiels collectifs: état des lieux, retours d'expérience et potentiels du parc genevois" de Jad El Khoury) a révélé que les besoins réels en chauffage des bâtiments rénovés étaient systématiquement supérieurs à ceux prévus par calcul. De plus, les dépassements constatés sont loin d'être négligeables puisqu'ils oscillent entre 43% et 142%!

Il y a de nombreuses causes à cela, parmi lesquelles on peut citer le fait que les hypothèses théoriques des calculs reposent sur des simplifications. A titre d'exemple:

- Les paramètres utilisés pour le calcul de la performance énergétique sont des standards, mais en réalité ils varient en fonction des besoins et les comportements des utilisateurs. Il est rare que la température intérieure du bâtiment, admise par défaut à 20 degrés, soit considérée comme adéquate par les locataires.
- Le dimensionnement des équipements est fait sur la base des caractéristiques techniques des fournisseurs, mais leurs performances réelles présentent toujours des marges d'erreur.

2. Mesures de rénovation du système de chauffage

Dimensionnée pour chauffer quelques 1000 logements, la centrale de chauffage du quartier des Hauts de Schiffenen est actuellement équipée de deux chaudières principales de 3485 KW à mazout sans récupération de chaleur datant d'une vingtaine d'années. Le développement de la seconde partie du PAD et le futur remplacement des chaudières devraient permettre de remplacer le mazout par un agent énergétique plus écologique comme par exemple le chauffage aux pellets ou le raccordement au réseau de chauffage à distance provenant de la station d'épuration.

3. Mesures de rénovation du système de ventilation

Le passage d'un système de ventilation simple flux à une ventilation double flux permet de réaliser des gains importants au niveau des besoins de chaleur du bâtiment. Cependant, les incidences sont conséquentes, au niveau des coûts, de la complexité des travaux, ainsi que du déplacement des locataires.

Le système le plus adapté au bâtiment de Schiffenen 2 est un système simple flux avec bouches d'extraction hygroréglables, nécessitant une faible consommation d'électricité. Ce système est composé d'une ouverture d'entrée à installer en façade, par exemple dans l'épaisseur du faux-plafond de la loggia, et d'ouvertures de sortie contrôlées, disposées dans la cuisine et la salle de bain, de chaque côté de la gaine technique de l'appartement. L'extraction de la ventilation est réalisée grâce à l'effet de cheminée, assistée d'une ventilation mécanique disposée en toiture (comme c'est déjà le cas actuellement).

Ce système permet de diminuer les besoins en chaleur par rapport à une ventilation simple flux standard.

4. Potentiel photovoltaïque de la toiture

L'installation de capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire permettrait le recours à une source d'énergie renouvelable.

D'une surface de plus de 400 m², la toiture plate de l'immeuble, est propice à l'installation de panneaux solaires photovoltaïques en plus des capteurs solaires. Pour une étude plus poussée du potentiel photovoltaïque de la toiture et le calcul de la production annuelle (kWh) envisageable en fonction de la surface installée, le recours à un bureau d'études spécialisé est nécessaire.

8.4 CONCLUSION

5. Extension ou surélévation

Dans le contexte actuel de densification, la réflexion amorcée par les travaux de rénovation de l'enveloppe, devrait être accompagnée d'un questionnement sur la possibilité et l'opportunité d'augmenter les surfaces utiles du bâtiment.

Une extension ou surélévation permet non seulement de compenser les faiblesses énergétiques du bâtiment, mais également d'accroître la rentabilité de l'investissement.

Ces travaux d'extension ouvrent de nouvelles perspectives pour le bâtiment. Ils apportent une plus-value de surface utile pour les locataires, ce qui améliore l'acceptation des travaux. Ils permettent également, si nécessaire, d'aménager de nouvelles typologies de logements mieux adaptées aux attentes de la société actuelle (voir à ce propos la partie économique de ce travail "logements partagés" aux pages 192 et suivantes).

A travers la présentation, non seulement des possibilités de rénovation de l'enveloppe du bâtiment, mais aussi d'un éventail de mesures complémentaires à ces travaux, l'objectif de la présente expertise est d'offrir au maître de l'ouvrage une vision globale et détaillée qui lui permette de faire les choix nécessaires en vue de la rénovation de son bâtiment.

Si le souhait du maître de l'ouvrage est de pousser plus loin encore la réflexion et d'envisager un changement radical de l'image de son bâtiment, éventuellement accompagné d'un agrandissement des surfaces des appartements, la présente expertise pourrait servir de base à l'organisation d'un concours de projets.

A l'instar de ce qui a été réalisé pour la rénovation du quartier de Tscharnergut à Bern, le périmètre du concours pourrait s'étendre à l'ensemble des bâtiments des Hauts de Schiffenen et, par des mesures adaptées aux caractéristiques des immeubles, atteindre un juste équilibre entre les impératifs d'amélioration énergétique et la préservation des qualités architecturales des bâtiments, tout en prenant également en compte les coûts engendrés par les travaux de rénovation.

QUELLE STRATÉGIE DE RÉNOVATION POUR MAINTENIR DES LOYERS MODÉRÉS ?

IMMEUBLE DES ANNÉES 1970
HAUTS DE SCHIFFENEN FРИBOURG



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

PARTIE III - expertise économique sous la direction du Professeur Philippe Thalmann

TABLE DES MATIÈRES

Bibliographie	175
Introduction	176
1. Présentation socio-économique du bien immobilier	
1.1 Problématique: enjeux de la rénovation des logements à loyers modérés	177
1.2 Programme des locaux	182
1.3 Calcul du cube et des surfaces selon norme SIA 416	183
2. Présentation des divers scénarios d'intervention	
2.1 Stratégies de rénovation	184
2.2 Définition des scénarios	185
2.3 Scénario de base: stratégie de rénovation mini	187
2.4 Scénarios 1 et 2: stratégie de rénovation midi	188
2.5 Scénario 3: stratégie de rénovation maxi	194
3. Travaux	
3.1 État existant et travaux indispensables immédiatement (scénario de base)	201
3.2 Rénovation de l'enveloppe thermique (scénarios 1 et 2)	202
3.3 Transformation et agrandissement (scénario 3)	204
4. Principaux paramètres de l'analyse	
4.1 Méthodologie et hypothèses de base	204
4.2 Contexte économie et inflation	204
4.3 Taux d'actualisation	206
4.4 Intégration du risque	207
4.5 Prix de la construction	207
4.6 État locatif, taux de vacance et d'croire	208
4.7 Charges d'exploitation	212
4.8 Cycle rénovations périodiques	213
4.9 Charges accessoires	213

TABLE DES MATIÈRES

5. Évaluation des scénarios: analyses DCF	
5.1 Récapitulation des scénarios	215
5.2 Scénario de base	216
5.3 Scénario 1	218
5.4 Scénario 2	220
5.5 Scénario 3	222
6. Comparaison des résultats	
6.1 Synthèse.....	224
6.2 Évaluation qualitative des logements	227
7. Analyse de sensibilité	229
8. Conclusion	232

Figurent dans le dossier "Annexes", joint au présent mémoire:

- IV Calcul de l'état locatif minimum requis (3 scénarios)
- V Comparaison des appartements d'après le système d'évaluation de logements "Situation - Environnement immédiat - Logement" (SEL)

BIBLIOGRAPHIE

- BCF Banque cantonale de Fribourg, Perspectives de l'économie fribourgeoise: le marché immobilier fribourgeois 2017
- BEYELER Mariette, Métamorphouse, Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne 2014
- CRB Centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction, Catalogue des types d'ouvrages valeurs référentielles, CRB Zürich 2012
- CUENNET Stéphane, FAVARGER Philippe, THALMANN Philippe, La politique du logement, PPUR, Lausanne 2002
- DEFAGO GAUDIN Valérie, Les rénovations énergétiques: répercussions et incidences sur les loyers *in La propriété immobilière face aux défis énergétiques: actes de la treizième Journée du droit de la propriété, qui s'est tenue à Genève en 2015*, Schulthess Verlag, Zürich 2016
- DRUOT Frédéric, LACATON Anne & VASSAL Jean-Philippe, Tour Bois Le Prêtre, Ika & Andreas Ruby, Berlin 2012
- FACHLÄNDER PARTNER, Meta-Analyse, mars 2017
- FAVARGER Philippe, THALMANN Philippe, Les secrets de l'expertise immobilière, PPUR, Lausanne 2017
- FIERZ Kaspar, Economie immobilière et valeur des biens-fonds avec un examen plus approfondi du marché immobilier 2015
- Revue HABITATION numéro 1, mars 2016, Du pain sur la planche, entretien avec M. Pascal Krattinger, chef de section du service du logement du canton de Fribourg, pages 7-8
- HOFER Andreas, Wie Verdichten? Von der Familienwohnung zum Cluster-Grundriss, *in Tec21* numéro 7 / 2011, pages 23-31
- Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP), Laboratoire d'architecture et technologies durables LAST de l'EPFL et Institut für soziokulturelle Entwicklung (ISE) der Hochschule Luzern, Das modulare Bausystem Living Shell, vdf Hochschulverlag AG ETH Zürich 2017
- Motion 2016-GC-108, MAURON Pierre, BURGENER WOEFFRAY Andrea, Création d'une loi cantonale sur le logement" pour une véritable politique du logement dans le canton de Fribourg, septembre 2016 et réponse du conseil d'Etat, décembre 2017
- Office fédéral de la statistique, Panorama construction et logement, février 2016
- PATTARONI Luca, KAUFMANN Vincent, RABINOVICH Adriana, Habitat en devenir, PPUR, Lausanne 2010
- PEDRAZZINI Lorenzo, MICHELI François, Le prix des immeubles: 12 cas pratiques, PPUR, Lausanne 2016
- Service des communes et du logement du canton de Vaud, Laboratoire de Sociologie Urbaine (LaSUR) de l'EPFL, Les coopératives de logement dans le canton de Vaud, Lausanne octobre 2016

BIBLIOGRAPHIE ET SITES INTERNET

- THALMANN Philippe, Grössere Dichte rentiert nicht immer. in ETH Forum Wohnungsbau 2009, Hoch hinaus oder in der Breite? Zurich avril 2009
- TRIBU ARCHITECTURE, Habiter économique: mode d'emploi, Lausanne 2007 et Habiter écologique: mode d'emploi, Lausanne 2014
- WUEST PARTNER AG, Immo-Monitoring 2018-1
- ZUFFEREY Jean-Baptiste, ROMY Isabelle, La construction et son environnement en droit public, PPUR, Lausanne 2017

SITES INTERNET:

- Office fédéral de la statistique, Construction et logement, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/construction-logement.html>
- Office fédéral de la statistique, taux de logement vacants, https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/fr/11953_178_175_169/19825.html
- Office fédéral du logement, aides au logement, <https://www.bwo.admin.ch/bwo/fr/home/wohnraumfoerderung.html>
- Office fédéral du logement, Günstiger Mietwohnungsbau ist möglich, juin 2012, <http://www.bwo.admin.ch>
- Office fédéral du logement, Système d'évaluation du logement SEL, <http://www.wbs.admin.ch/fr>
- Programme bâtiment, <http://www.dasgebaeudeprogramm.ch/index.php/fr/>
- Service cantonal de la statistique, Construction et logement, http://appl.fr.ch/stat_statonline/
- Service du logement de l'Etat de Fribourg, <http://www.fr.ch/slog/fr/pub/construction.htm>
- Forum du logement, <http://www.fr.ch/slog/fr/pub/forum.htm>
- Construction modulaire pour abaisser les frais de construction, <https://modulart.ch/fr/le-systeme-de-construction-modulaire-living-shell/> et https://ppdb.hslu.ch/inf2/rm/f_protected.php?f=20151013162831_561d150fe1e6e.pdf&n=CCTP_3PE_Living+Shell.pdf
- ZUPPINGER Urs, article: Suisse: crise du logement. Neuf revendications clés pour le développement de logements d'utilité publique, publié le 7 octobre 2012 sur le site <https://alencontre.org/suisse/suisse-crise-du-logement-neuf-revendications-cles-pour-le-developpement-de-logements-dutilite-publique.html>

INTRODUCTION

La présente étude est envisagée sous l'angle d'un mandat d'expertise-conseil: elle constitue un outil de gestion et d'aide à la décision pour le propriétaire.

Construit à la fin des années 1970, l'objet de cette expertise est un immeuble locatif, abritant environ 70 studios et petits appartements à loyers modérés. Propriété d'une société immobilière à but non lucratif, il fait partie de l'ensemble d'habitations des Hauts de Schiffenen à Fribourg.

Les diverses opportunités offertes par cet immeuble (conservation en l'état, rénovation immédiate ou ultérieure, agrandissement...), sont analysées et comparées afin de définir une stratégie.

Comme le montre l'expertise de l'enveloppe thermique, effectuée dans la partie technique de ce mémoire (pages 88 et suivantes), l'immeuble locatif analysé a besoin d'un assainissement énergétique. Dans ce domaine, la question des coûts est essentielle, car les montants en jeu sont conséquents. De nombreux propriétaires d'immeubles de rendement hésitent à entreprendre un projet de rénovation énergétique, car il n'est pas toujours possible, ou souhaitable, de reporter les frais d'assainissement sur les loyers. De plus, les économies d'énergie réalisées après travaux ne profitent pas directement au propriétaire, puisque les charges de chauffage sont supportées en grande partie par les locataires.

Sachant que, dans le cas présent, l'objectif principal est de conserver des loyers modérés, ce travail d'analyse économique mène une réflexion permettant de déterminer la meilleure option d'investissement pour un rendement donné, en mesurant son impact sur les loyers.

La première partie de la présente étude définit plusieurs scénarios de rénovation et chiffre les montants estimatifs des travaux respectifs. La présentation des réflexions concernant la conjoncture et le marché du logement permet ensuite de définir les hypothèses servant de base à l'analyse. Finalement, les calculs DCF des scénarios comparent les alternatives afin de proposer au propriétaire la solution optimale pour l'avenir de son immeuble.

Documentation du bâtiment à disposition:

- plans d'exécution 1:50 datés de 1977:
sous-sol, rez inférieur, rez supérieur, étages 1 à 8 (Annexe I).
- coupe transversale 1:100, mise à l'enquête de 1975 (Annexe I).
- état des lieux, établi sur la base de visites, relevés et photographies du bâtiment, réalisés durant les mois d'octobre 2015 à janvier 2016 (Annexe II).
- divers documents recherchés dans les archives du quartier: plans d'exécution, plans des installations techniques, détails des éléments préfabriqués, PV de chantier, textes de soumissions...
- nombreux renseignements fournis par la régie Sodalitas: comptes de gérance de l'immeuble, décomptes de chauffage, décomptes de charges accessoires, contrat pour l'exploitation de la centrale de chauffe, clé de répartition des frais, etc.
- divers extraits du registre foncier de la Sarine à Fribourg.

1.1 PRÉSENTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

A. Propriétaire: Société coopérative immobilière Sodalitas Fribourg

La coopérative immobilière Sodalitas est une coopérative de type "ouverte" dans laquelle les coopérateurs ne sont pas locataires. Elle agit comme un promoteur immobilier à but social, en se chargeant du financement, de la maîtrise de l'ouvrage et de la gestion, afin d'assurer des loyers accessibles aux revenus modestes. La société poursuit un but non lucratif, mais ne bénéficie pas du statut de coopérative d'"utilité publique", ni du soutien des pouvoirs publics.

Bien que la société immobilière n'associe pas activement les locataires à la conception et à la gestion de leur habitat, elle partage de nombreux objectifs avec les coopératives d'habitations: réalisations offrant un bon rapport qualité/prix, stabilité des loyers, offre de logements alternatifs aux immeubles locatifs standards.

Les immeubles, propriétés de la coopérative immobilière Sodalitas, offrent des logements à loyer modéré, attribués prioritairement aux familles à revenus modestes, et aux personnes âgées en situation précaire.

Les loyers de ces logements sont très avantageux par rapport au marché, notamment grâce aux facteurs suivants:

- la gérance des immeubles est assurée par la coopérative,
- l'entretien des immeubles est également suivi par Sodalitas,
- les logements se louent aisément, sans frais de publicité et connaissent un faible taux de vacance.

Malgré des loyers modestes, le propriétaire estime que le bâtiment analysé, composé en majorité de petits studios, lui a assuré jusqu'à aujourd'hui, une "bonne" rentabilité, par rapport aux autres immeubles de son parc immobilier. Toutefois, l'état de vétusté du bâtiment fait évoluer le profil des habitants. Les locataires marginaux ou au bénéfice de l'aide sociale remplacent progressivement les personnes âgées et les étudiants qui occupaient la majorité des appartements, ce qui n'est pas l'objectif.

B. Politique du logement dans le canton de Fribourg

Le canton de Fribourg se trouve dans une période de transition en matière d'aide au logement. Les défis actuels sont les suivants:

- a) Gérer la fin des aides LCAP pour les logements subventionnés.
- b) Répondre aux exigences constitutionnelles énoncées par l'article 56 Cst FR: "*L'Etat et les communes veillent à ce que toute personne puisse trouver un logement approprié à sa situation*".

Dans le domaine du marché de l'immobilier et du logement, on peut relever les particularités fribourgeoises suivantes:

1. Le canton compte une **grande proportion de propriétaires** (45%) par rapport à la moyenne suisse (37%); ce qui explique, avec l'orientation politique du gouvernement, le **peu d'intervention de l'Etat** en matière d'aide financière en faveur du logement. A Fribourg la quasi totalité des immeubles sont en mains privées et les collectivités publiques ne jouent aucun rôle en matière de contrôle des loyers ou de pénurie de logements.

2. Il ne **dispose pas d'une loi cantonale sur le logement** qui permette d'assumer un rôle actif dans la politique du logement. L'aide au logement est réalisée par le biais de la Loi encourageant la construction de logements à caractère social, datant de 1985, qui subventionne certaines catégories de locataires. Elle complète la LCAP (Loi encourageant la construction et l'accession à la propriété de logements), largement utilisée dans le canton, mais dont les subventions se réduisent progressivement, jusqu'à devenir quasiment inexistantes en 2024. Elle est remplacée par la LOG (Loi fédérale sur le logement), qui comporte essentiellement des aides destinées aux maîtres d'ouvrage d'utilité publique (MOUP), peu représentés à Fribourg. Ne disposant pas d'une loi cantonale sur le logement pour y remédier, la disparition de la LCAP contraint l'Etat à allouer indirectement des sommes conséquentes et croissantes au logement, par le biais des prestations complémentaires ou de l'aide sociale.

1.1 PRÉSENTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

2. Le canton dispose de **peu de logements d'utilité publique** (2% contre 6% en moyenne suisse) et les coopératives d'habitations ne bénéficient pas d'une bonne image, notamment parce que les déconvenues de certaines coopératives fribourgeoises (SICOOP) sont encore bien présentes dans les mémoires.

3. A Fribourg, le **secteur de la construction est important**. Il représente une grande part du PIB cantonal. Ainsi, malgré le tassement de la demande, beaucoup de grands projets de construction sont en cours dans l'agglomération fribourgeoise (env. 1'000 logements alors que la construction totale pour l'ensemble du canton est d'environ 2'500 logements par an!)

4. Dans le domaine immobilier, on ne peut que constater le **peu d'indicateurs fiables** disponibles dans le canton. Pour y remédier, un projet de recherche mené par Madame Marilyne Pasquier, professeure auprès de la Haute Ecole de Gestion de Fribourg, propose la mise en place d'un **Observatoire du logement et immobilier pour le canton de Fribourg**. Cet outil dynamique, pour l'instant en phase de développement, serait le bienvenu et constituerait un système d'informations très utile aux décisions stratégiques sur le marché immobilier cantonal.

5. Pour terminer, il faut encore mentionner deux organisations qui oeuvrent dans le domaine du logement. Depuis 2016, le **Forum du logement** réunit les principaux acteurs de la place, afin d'esquisser des solutions pour répondre aux besoins de la population fribourgeoise, et d'informer sur le manque d'appartements à loyer modéré. La **Pateforme 1ToiTAToI** regroupe quant à elle différentes organisations comme Caritas, LaTuile, la Fondation de Fribourg pour la jeunesse, Pro infirmis... Elles coopèrent afin de proposer une offre de logements individuels et communautaires diversifiée pour les personnes précarisées et fonctionne comme indicateur des demandes de logement à loyers modérés.

C. Baisse de la demande sur le marché des logements en location

Alors que le nombre de surfaces vacantes est en hausse, le boom de la construction d'immeubles déclenché par les taux d'intérêt négatifs se poursuit. Simultanément, l'immigration et donc la demande en logements locatifs, se sont inscrites en net repli.

En Suisse, le nombre de logements vacants a plus que doublé entre 2009 et 2017. Le taux de vacance national atteint presque 1,5%, soit le taux considéré comme le point de sortie de la pénurie.

Pourtant, il est nécessaire de nuancer ce constat et de relever d'importantes disparités, en fonction de:

- la localisation et la situation de l'immeuble,
- le type d'appartement proposé,
- le montant des loyers pratiqué.

D. Contexte local

a. La situation: ville de Fribourg

Dans les grandes villes, le taux de vacance reste généralement bas. La détente du marché semble davantage toucher les zones moins urbanisées, impliquant des services éloignés et des charges de mobilité importantes. Dans le contexte de densification actuel, l'activité de la construction s'intensifie surtout dans les communes d'agglomération. L'augmentation de l'offre commence également à se faire sentir en ville de Fribourg, où le taux de vacance est passé de 0.9% en 2016 à 1.5% en 2017. Il faut remarquer qu'il s'agit là de moyennes et que ces valeurs varient d'un quartier de la ville à l'autre!

- Point négatif pour l'immeuble analysé: avec l'arrivée sur le marché de nombreux nouveaux logements, l'offre est en hausse en ville de Fribourg et la concurrence se renforce.
- + Points positifs: bâtiment situé en ville, à proximité des services, des transports publics et également des espaces verts.

1.1 PRÉSENTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

b. La micro-situation: quartier des Hauts de Schiffenen

1972, phase de planification: le bâtiment de la route de Schiffenen 2 fait partie d'un ensemble d'habitation régi par un plan d'aménagement de détail. L'objectif était de proposer une grande variété d'appartements, afin de constituer une population diversifiée quant à l'âge, la structure familiale, les formes de propriété et les revenus. Pour la présentation détaillée du quartier et de sa future extension, consulter la partie "analyse juridique", pages 38ss).

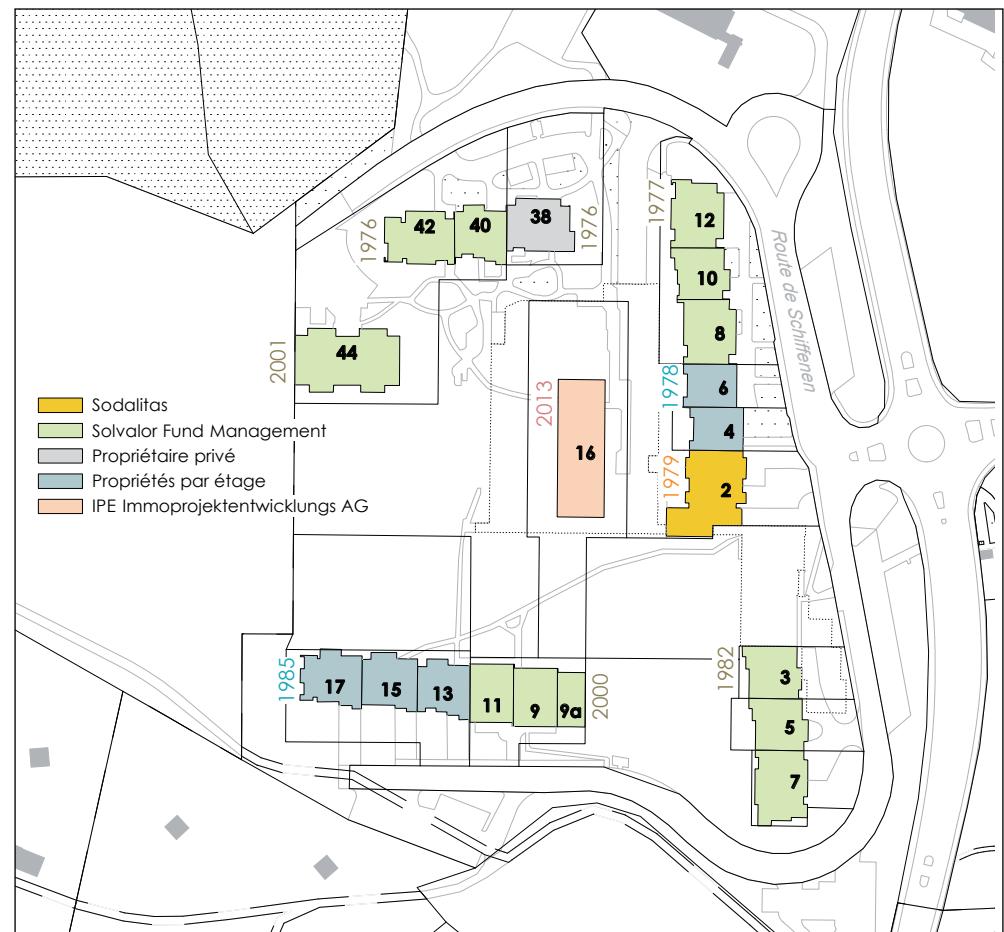
1977 - 2013, réalisation: alors que le plan de quartier prévoyait un total de 600 logements, seule la première phase (260 appartements) a vu le jour. Le petit supermarché avec bistro de quartier, l'école et les bureaux qui complétaient les infrastructures n'ont quant à eux pas été construits. Les 20 immeubles du quartier offrent une **grande variété d'appartements à vendre et à louer** (1.5 à 5.5 pièces).

Le bâtiment analysé, réalisé avec l'aide de la Confédération, a été conçu comme une résidence pour personnes âgées. Il abrite 63 studios de 1 et 10 appartements de 2.5 pièces. Au rez inférieur, il est doté d'une grande salle commune avec cuisine.

Évolution du quartier: l'architecture de l'ensemble d'habitation affiche clairement les théories du mouvement moderne en matière de logements et d'urbanisme. Cette architecture est généralement peu appréciée, en raison de la médiatisation des problèmes rencontrés dans ces logements d'après-guerre, souvent habités par les classes défavorisées. Dans le cas des Hauts de Schiffenen, la générosité spatiale des aménagements extérieurs, la qualité et le bon niveau d'équipement des logements à l'origine, a généré, dans un premier temps, l'accueil d'une population issue des classes sociales supérieures. Toutefois, dès la fin des années 1990, la détérioration des anciens immeubles, renforcée par la perception de plus en plus négative des grands ensembles, entraîne une **diminution progressive du standing** et attire une autre population.

Les bâtiments de l'ensemble des Hauts de Schiffenen ont été réalisées sur une longue période, allant de 1977 à 2013:

L'illustration ci-dessous présente les différents immeubles de la route de Schiffenen avec leurs numéros, l'indication de leurs propriétaires et de leurs années de construction.



1.1 PRÉSENTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

Au sein du quartier, les immeubles se distinguent en fonction de leur contexte social. Certains sont relativement récents (Schiffenen 9-9a-11 et 44) ou vendus en propriété par étage (Schiffenen 13-17) sont habités par des personnes de "standing supérieur". A l'inverse, d'autres bâtiments connaissent une dynamique sociale plus difficile (Schiffenen 8-12 et 40-42). Sans être extrême, ce contexte tend à détériorer l'image de l'ensemble. Il s'agit là d'un élément clé qui souligne l'importance de mener une réflexion qui ne se limite pas à un seul immeuble, mais rassemble les différents propriétaires, car la rénovation des anciens bâtiments serait bénéfique à l'ensemble du quartier.

2018, projet d'extension du quartier: le projet actuel d'extension (1000 logements) et de densification du quartier (environ 400 logements), présenté dans la partie juridique de ce mémoire, peut constituer un élément déclencheur. L'introduction d'une nouvelle dynamique, par la diversification des activités, la construction de commerces, d'une école, le renforcement des infrastructures en matière de transports publics et de mobilité douce, peut inciter les propriétaires à investir dans la rénovation graduelle des immeubles existants ainsi que dans les aménagements extérieurs.

- Point négatif pour l'immeuble analysé: si le projet d'extension est réalisé, il induira une **offre de logements accrue** au niveau du quartier du Windig, et une concurrence avec des appartements neufs et actuels.

+ Point positif: pour parvenir à se démarquer, le bâtiment de la route de Schiffenen 2 peut compter sur une **typologie unique au sein du quartier** et des loyers modérés. A condition que certains travaux soient entrepris dans les immeubles anciens; le nouvel ensemble projeté peut contribuer à l'amélioration de la qualité de vie du quartier existant et ainsi augmenter l'attractivité de la zone déjà urbanisée.

E. Les enjeux de la rénovation des logements à loyers modérés

● Enjeu économique:

a. Taille des appartements

S'il est vrai que le taux de vacance augmente, encore faut-il que les logements mis à disposition de la population correspondent à ses besoins et à ses capacités financières!

La multiplication des ménages d'une personne s'accompagne d'une demande en petits logements, particulièrement dans les villes, qui se prêtent bien à un mode de vie individualisé. Les coûts élevés du logement dans les centres entraînent également un déplacement de la demande vers les appartements plus petits.

- Point négatif: les **frais d'entretien et les équipements** nécessaires pour ce type d'immeuble sont **conséquents**: en effet la proportion de cuisines et de salles de bain au m² y est plus élevée que dans un immeuble d'appartements plus grands.

+ Point positif pour l'immeuble analysé: il est majoritairement composé de studios d'environ 35 m². Ce type de petits appartements constitue un **segment recherché** en ville de Fribourg et rare dans le quartier. Conçu à l'origine comme maison pour personnes âgées, il pourrait également particulièrement bien se prêter à la création d'appartements partagés, notamment en raison de sa typologie de "petites cellules" et de la présence de généreux espaces communs au rez inférieur. Côté rentabilité, ces mini-appartements représentent une forme d'habitat intéressante; les revenus locatifs au m² sont supérieurs à ceux de logements plus grands et les groupes cibles sont très diversifiés (étudiants, jeunes actifs, divorcés, pendulaires de longue distance...)

1.1 PRÉSENTATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

b. Loyers

L'accès à un logement représente une lourde charge pour certaines tranches de la population. Les ménages à revenus faibles ou moyens consacrent souvent plus du quart, voire du tiers, de leur budget pour se loger. Malgré la détente du marché, les logements à loyers modérés restent une denrée rare; le fléchissement des loyers touche surtout les segments des loyers les plus chers.

Dans le canton de Fribourg, la demande de logements à prix abordables est supérieure à l'offre. Comme déjà relevé, le nombre de logements d'utilité publique y est très faible, puisqu'il ne représente que 3'000 appartements pour tout le canton.

Réalisée sous forme d'abaissements de loyer, l'aide fribourgeoise au logement est largement basée sur le régime LCAP. Bien que ce système soit progressivement appelé à disparaître, le canton ne dispose pas d'une loi permettant de prendre le relais. Jugeant que les soutiens octroyés en faveur du logement par le biais de l'aide sociale répondent aux obligations constitutionnelles en faveur des plus démunis, le Conseil d'Etat estime qu'il n'est, pour l'instant, pas nécessaire de légiférer.

- Point négatif pour l'immeuble analysé: actuellement les **charges de chauffage**, à la charge des locataires, représentent une **part très importante du loyer** et renchérissent le coût total des appartements.
- + Points positifs: **forte demande** dans les segments de prix les plus bas, en particulier dans les villes. Peu de logements d'utilité publique à loyers modérés à Fribourg.

● **Enjeu social:** l'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen doit veiller à éviter une évolution problématique, favorisée par la concentration de groupes de population économiquement et socialement défavorisés. Avec l'augmentation de la vétusté des bâtiments, l'image du quartier va se dégrader et les ménages qui le pourront iront s'établir ailleurs. Pour éviter cette spirale négative, il est important d'entreprendre des travaux de rénovation afin de préserver la qualité de vie et d'habitat de l'ensemble.

● **Enjeu écologique:** environ 40% des émissions de CO₂ sont liées au parc immobilier. Pour des raisons de politique énergétique et climatique, il faut diminuer de manière drastique la consommation d'énergies fossiles, surtout pour les bâtiments existants.

Dès le 1er janvier 2017, le canton de Fribourg a renforcé son Programme d'encouragement en matière d'énergie. Les mesures de subventionnement du "programme bâtiment" ont été renforcées de manière conséquente afin d'encourager les rénovations énergétiques, en particulier pour ce qui concerne l'enveloppe du bâtiment.

- Point négatif pour l'immeuble analysé: les investissements visant une meilleure efficacité énergétique ne devraient **pas** entraîner une **hausse des loyers excessive**, car cela irait à l'encontre des objectifs du propriétaire.
- + Point positif: Il faut relever que les **frais de chauffage** à la charge des locataires, très élevés actuellement, pourraient être **diminués**. Le confort des habitants serait amélioré et l'attractivité de l'immeuble maintenue.

1.2 PRÉSENTATION DU BIEN IMMOBILIER: PROGRAMME DES LOCAUX

Programme des locaux

Nombre de logements 73 logements

Circulations verticales 1 escalier et 2 ascenseurs

Rez supérieur et étages 1 à 8:

Types de logements 63 studios de 1.5 pièces
10 appartements de 2.5 pièces

Superficie des studios 37 m² + balcon 4 m²
Superficie des appartements 2.5 p. 61 m² + balcon 6 m²

Rez inférieur:

Grande salle commune (avec cuisine, wc et dépôts): 140 m²
Deux petits bureaux et divers locaux communs: buanderie...

Sous-sol:

Caves, abris de protection civile et locaux techniques.

Plan d'un module de studio



1.3 CALCUL DES SURFACES ET DU CUBE SELON LA NORME SIA 416

1.3.1 Calcul des surfaces et du cube selon SIA 416

Surfaces brutes de plancher SBP et mètre cube:

Etages 1 à 8	3'624 m ²	h = 2.65 m	9'604 m ³
Rez supérieur	430 m ²	h = 2.95 m	1'268 m ³
Rez inférieur	426 m ²	h = 3.40 m	1'448 m ³
Sous-sol: caves	468 m ²	h = 2.95 m	1'240 m ³
Total SBP	4'948 m²	Total cube	13'560 m³

Surfaces utiles principales SUP nettes (surfaces des appartements)

63 studios	37 m ²	2'331 m ²
10 appartements 2.5 pièces	61 m ²	610 m ²
Total SU	2'941 m²	

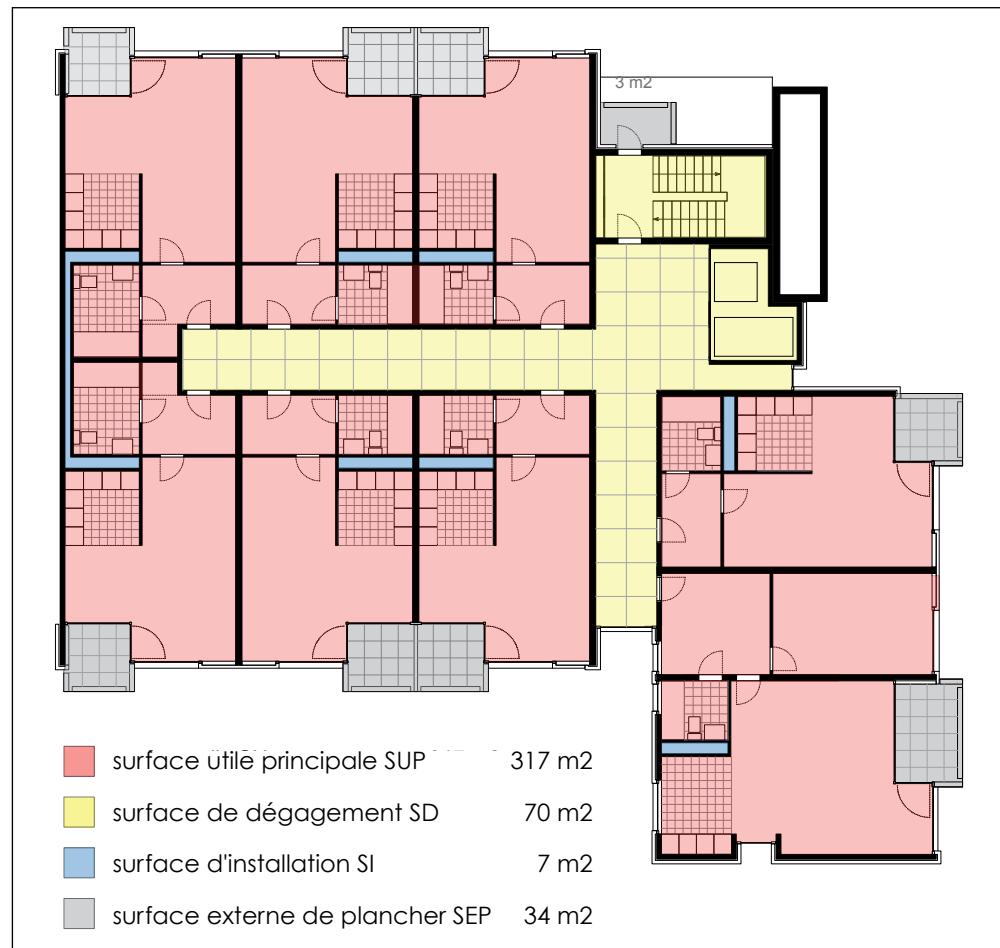
Ne font pas partie de la surface utile principale nette du logement (SUP): les surfaces horizontales des murs (surface de construction), les caves (surface utile secondaire SUS), les accès aux appartements (surface de dégagement SD), les gaines techniques (surface d'installation SI) ainsi que les balcons ouverts (surface externe de plancher SEP). Cette définition correspond aux conventions adoptées par l'Office fédéral de la statistique et aux définitions de la norme SIA 416.

1.3.2 Calcul de la valeur à neuf

Logements	12'320 m ³	700 frs/m ³	8'624'000 frs
Sous-sol	1'240 m ³	400 frs/m ³	496'000 frs
Valeur à neuf du bâtiment			9'120'000 frs

Remarque: la valeur assurée auprès de l'ECAB (Etablissement Cantonal des Bâtiments) en 2015 est de 8'468'000 frs (agencements de cuisines non compris).

Surfaces utiles nettes selon SIA 416
Plan d'étage type



2.1 STRATÉGIES DE RÉNOVATION

Après 38 ans sans travaux conséquents, l'immeuble de la route de Schiffenen 2 nécessite des investissements permettant le maintien de sa valeur et d'assurer la poursuite de son utilisation, sans compromettre ni l'habitabilité, ni le revenu locatif.

L'immeuble a non seulement subi un processus de vieillissement naturel mais en plus, les besoins de l'habitat ont évolué.

Trois constats principaux sont à l'origine de la décision du propriétaire d'entreprendre des travaux:

- **Maintien de la valeur:** l'immeuble requiert des investissements afin d'éviter que sa substance ne se détériore. Il bénéficie d'un entretien minimal régulier et quelques travaux indispensables ont été réalisés (toiture et ascenseur), mais aujourd'hui des mesures plus étendues sont nécessaires, notamment au niveau des salles de bain et des cuisines, ainsi que de la technique du bâtiment.
- **Frais d'entretien élevés** en raison de nombreuses réparations récurrentes (fuites d'eau fréquentes, appareils de cuisine ou sanitaires défectueux...)
- **Coûts énergétiques** représentant l'élément le plus important des charges. Pour les studios de la route de Schiffenen 2, les charges représentent près de 35% du loyer ce qui est en contradiction avec l'objectif du propriétaire d'offrir des loyers modérés. De plus, les prescriptions énergétiques étant régulièrement adaptées à l'état de la technique, le bâtiment ne répond plus du tout aux normes en vigueur.

Préalable à la prise de mesures de rénovation, l'objectif de cette expertise-conseil, basée à la fois sur l'évaluation de la substance du bâtiment, les coûts des investissements et le potentiel du marché, a pour but de comparer divers scénarios de rénovation afin de trouver celui qui est le plus adapté aux objectifs du propriétaire.

A. Évaluation de la substance matérielle du bâtiment

L'annexe II présente un état des lieux détaillé de l'immeuble, ainsi qu'un tableau récapitulatif évaluant le degré de dégradation des différents éléments de construction et l'urgence des travaux de remise en état.

B. Répartition des pièces et des surfaces

La remise en état de la façade ou de l'équipement sanitaire ne devrait toutefois pas faire oublier l'importance d'une réflexion de fond sur l'obsolescence fonctionnelle du bâtiment à rénover afin de déterminer s'il correspond encore aux attentes des locataires d'aujourd'hui. A titre d'exemple, on peut citer les petites cuisines, fermées et sans fenêtre, des studios qui ne sont plus du goût des habitants actuels. La possibilité de créer un espace "nuit" séparé de la pièce de vie constitue également un souhait fréquemment énoncé.

C. Potentiel d'utilisation

La composition des ménages se transforme, les habitudes de vie se modifient et les notions de confort évoluent. Pour rester attractif sur le marché immobilier, il est important de tenir compte de ces changements.

Les travaux de rénovation, sont souvent entrepris pour réduire les charges de consommation d'énergie, pour rafraîchir les espaces collectifs et moderniser les cuisines et les salles de bain. Toutefois, il convient également de prendre en considération l'attente des locataires. En proposant la réalisation de logements partagés (voir pages 192ss, présentation du scénario 3), la rénovation de l'immeuble est également envisagée dans notre étude sous l'angle d'une démarche plus globale qui permet de requalifier le cadre de vie. C'est une approche qualitative qui devrait compléter les critères purement fonctionnels et techniques qui sont souvent à l'origine de la décision de rénovation d'un immeuble.

2.2 DÉFINITION DES SCÉNARIOS

Scénarios d'intervention

Les scénarios proposés ont été retenus en raison de leur adéquation avec:

- les buts visés par le propriétaire (Coopérative immobilière sans but lucratif): il s'agit d'offrir à la location des **logements à loyer modéré**, en faveur des personnes âgées, des étudiants, des personnes à revenus modestes...
- le marché: prise en compte de la demande du type de logements proposés; petits logements, logements communautaires...
- la typologie et le respect de la **valeur patrimoniale** du bâtiment (murs de refend, façade légère, gaines verticales permettant une distribution rationnelle des éléments techniques) et son identité.
- l'aménagement du territoire: le PAD des Hauts de Schiffenen est en cours de modification, afin de tenir compte des exigences de densification de la nouvelle LAT et de procéder à l'**augmentation de l'indice IBUS**.

Les divers scénarios ne seront pas comparés en terme de rentabilité, le but principal de la société propriétaire de l'immeuble étant d'offrir des possibilités de logement à des prix modérés. Les comparaisons seront effectuées en terme de "conséquence sur les loyers" afin de vérifier si les diverses propositions sont réalisables tout en parvenant à maintenir les loyers bas. La variante optimale est celle qui permet d'offrir les loyers les plus bas au m².

En fonction de l'ampleur des travaux, trois stratégies-types de rénovation seront envisagées. Le bâtiment analysé possédant une valeur patrimoniale, le scénario "démolition" n'est pas retenu dans le cadre de cette étude.

I. Stratégie d'entretien "mini"

- **Scénario de base**: les travaux indispensables. Certains éléments sont en fin de cycle de vie: il est indispensable de procéder au remplacement des **cuisines** et des **salles de bain** ainsi qu'à l'assainissement du **réseau sanitaire**. Ce sont les **travaux indispensables** à entreprendre immédiatement, en poursuivant ainsi la stratégie d'**entretien minimal** du bâtiment, qui a prévalu depuis sa construction en 1979, jusqu'à aujourd'hui.

II. Stratégie de rénovation "midi"

Dans le secteur des logements à prix modérés, la rénovation **douce** des ensembles résidentiels d'un certain âge, comme celui des Hauts-de-Schiffenen à Fribourg, peut constituer une alternative intéressante à la construction de nouveaux bâtiments à caractère social. Même si les pièces et les logements sont plus petits que les standards actuels, cela peut être considéré comme une contribution à la sobriété dans la consommation de surface d'habitat, en accord avec l'économie des moyens et le développement durable.

Outre les cuisines et les sanitaires, un autre point faible du bâtiment concerne la vétusté de son **enveloppe énergétique**. Le propriétaire aimerait évaluer les conséquences d'une rénovation de l'enveloppe thermique sur les charges, ainsi que sur les loyers, en tenant compte des subventions incitatives proposées par le canton de Fribourg.

- **Scénario 1**: rénovation de l'enveloppe thermique du bâtiment effectuée simultanément aux travaux envisagés dans le scénario de base (année 0).

- **Scénario 2**: rénovation de l'enveloppe thermique du bâtiment effectués 10 ans après les travaux de base.

2.2 DÉFINITION DES SCÉNARIOS

III. Stratégie de transformation "maxi" (adaptation de la typologie)

- **Scénario 3:** le bâtiment ayant été récemment recensé par le Service des Biens Culturels (été 2016), le propriétaire souhaite réfléchir à une stratégie de rénovation à long terme.

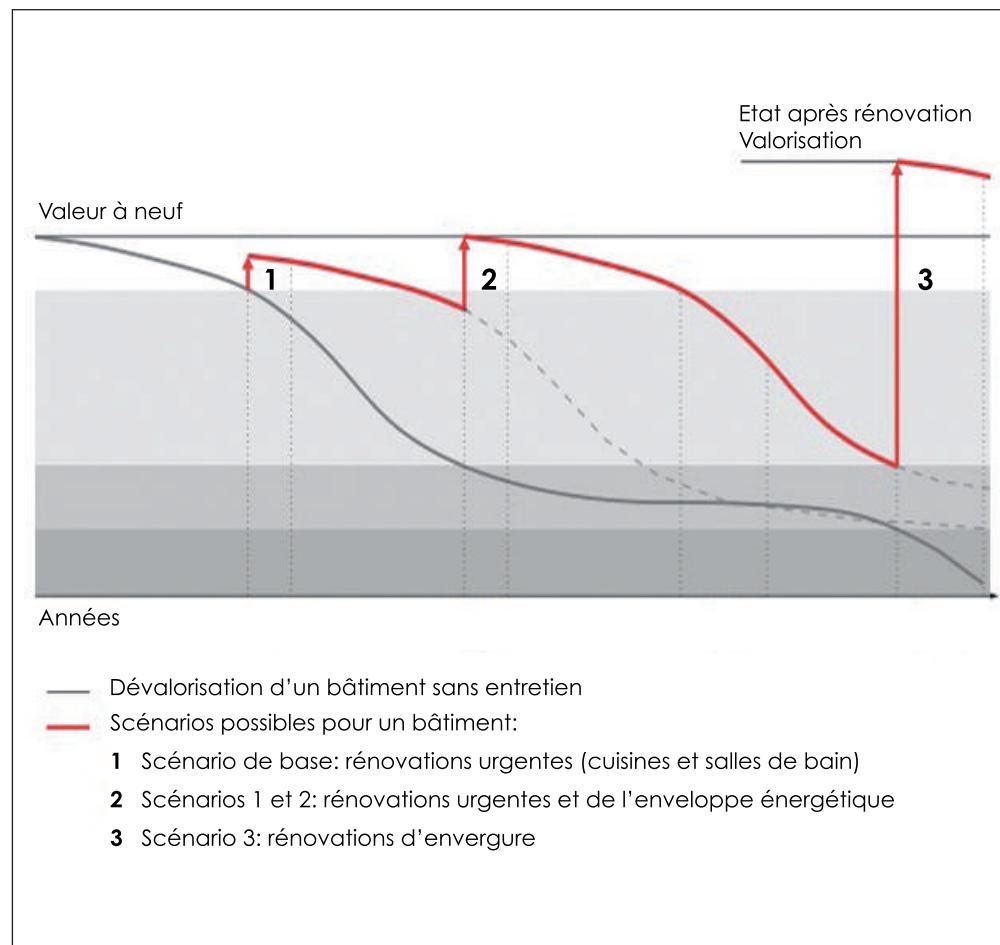
L'importance des travaux nécessaires, le changement de l'enveloppe thermique ainsi que la possibilité d'augmenter les surfaces brutes de plancher (SBP) offrent l'opportunité d'une réflexion en profondeur.

Ces travaux peuvent mener à une transformation conséquente du bâtiment et permettre d'offrir un type de logements peu courant à Fribourg: des **logements partagés et modulables**, présentés aux pages 194 et suivantes.

Une sorte de "logement à géométrie variable" en adéquation à la fois avec les buts du maître de l'ouvrage, l'évolution de la société, la typologie et la valeur patrimoniale du bâtiment, ainsi qu'avec la vision à long terme de l'investissement. Ceci permettrait d'offrir des loyers attractifs et une forme d'habitat plus flexible que les studios.

Le scénario 3 permettra de confronter les conséquences sur les loyers des 2 premiers scénarios de rénovation "classiques" avec un scénario basé sur une réflexion en matière de conception de logements "avantageux", accompagné d'une augmentation des surfaces de plancher.

Stratégies de rénovation et cycles de vie des bâtiments
pressespolytechniques.blog.tdg.ch/archive/renover-isoler-optimiser-264932.html



2.3 SCÉNARIO DE BASE

Scénario de base: cuisines, salles de bain et réseau sanitaire

Les travaux indispensables envisagés dans le scénario de base concernent la réfection des cuisines, des salles de bain et du réseau sanitaire. Ce scénario illustre une stratégie de rénovation réactive qui consiste à intervenir uniquement lorsque des dégâts entraînent la fonctionnalité de la partie de l'immeuble concernée. Les inconvénients de cette stratégie sont le risque de détérioration invisible, les coûts élevés pour dépannages, les charges très élevées et la perte de valeur de l'immeuble.

Déroulement du chantier

Travaux planifiés en 4 étapes (par gaine technique) avec pour objectif de garder les locataires dans leurs appartements:

- printemps 2019: colonnes (gaines techniques) 1 et 2
- automne 2019: colonnes 3 et 4
- printemps 2020: colonnes 5 et 6
- automne 2020: colonnes 7 et 8

La durée totale des travaux est donc de 2 ans.

Dédoulement de loyer durant travaux

Locataires maintenus dans leur logement durant les travaux avec un dédommagement de 1 mois de loyer pour les désagréments. Un appartement de "transfert" est mis à disposition afin de reloger les habitants provisoirement durant les travaux lourds et de désamiantage effectués à l'intérieur du logement.



2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

Scénario 1:

Travaux de base + rénovation enveloppe thermique

Scénario 2:

Travaux identiques, mais réalisés en 2 étapes

Les travaux supplémentaires prévus par rapport au scénario de base, sont le remplacement de la façade légère et des fenêtres. En effet le bilan énergétique de ce type d'enveloppe (année 1979) est mauvais: épaisseur minime, inertie faible, infiltrations d'air. La solution consistant à remplacer intégralement les éléments non porteurs est la plus facile à mettre en oeuvre. Elle permet également de respecter l'expression originelle du bâtiment en conservant ses caractéristiques (composition, matériaux...), tout en lui donnant une nouvelle image. Elle permet de réduire les ponts thermiques au niveau du socle et des sous-dalles non isolées.

Déroulement du chantier

Comme pour le scénario de base, les travaux du scénario 1 sont planifiés sur une durée de 2 ans avec pour objectif de garder les locataires dans leurs appartements. Les panneaux de façade seront démontés et remplacés depuis l'extérieur.

Déduction de loyer durant travaux

Scénario 1: voir scénario de base.

Scénario 2: la réalisation par étapes du ne permet pas de bénéficier de certaines économies engendrées par la simultanéité des travaux comme par exemple la pose des échafaudages ou le dédommagements des locataires...



2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

Les scénarios 1 et 2 se distinguent par une planification différente des travaux dans le temps. Alors que le scénario 1 prévoit des travaux en une seule étape, le scénario 2 prévoit de n'effectuer les travaux d'assainissement de l'enveloppe que dans un deuxième temps.

De manière générale, les avantages et inconvénients des travaux par étapes sont les suivants:

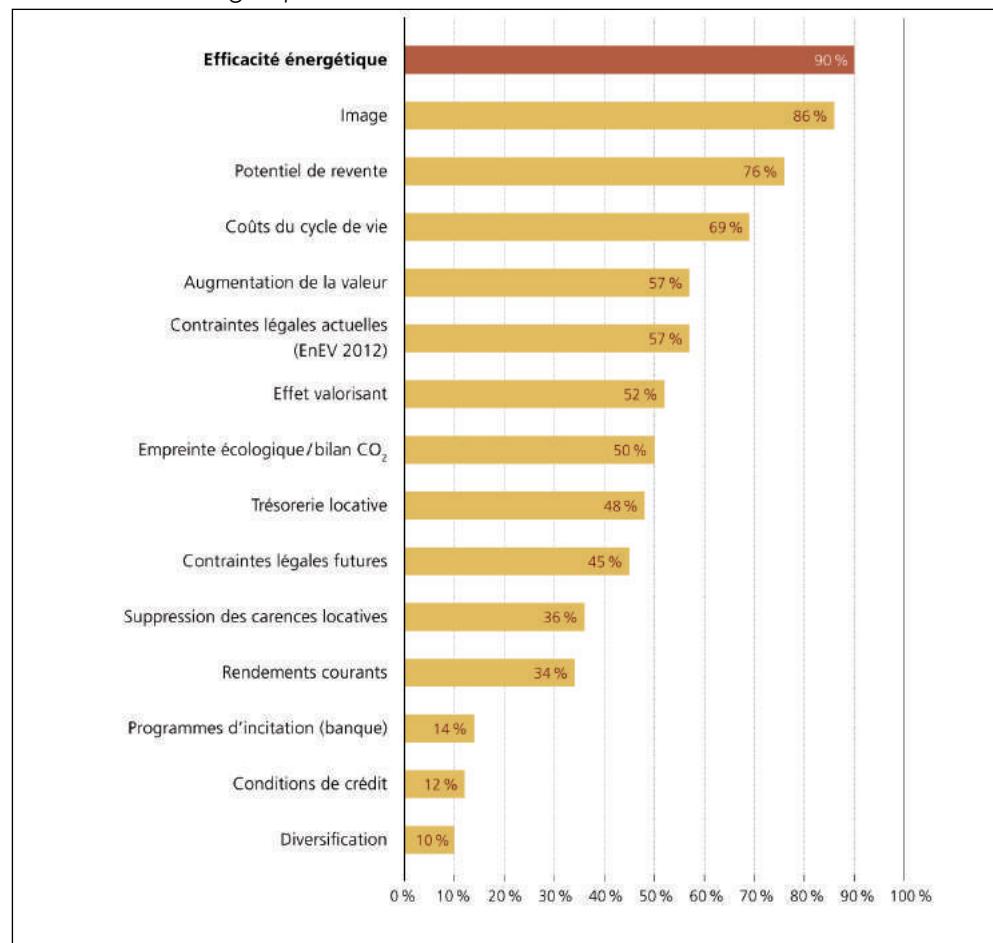
Avantages

- possibilité de répartir les investissements sur plusieurs années (avantages pour le financement et les impôts).
- les hausses de loyers peuvent être échelonnées.
- les appartements restent le plus souvent habitables pendant les transformations.

Inconvénients

- les coûts des travaux sont globalement plus élevés.
- lorsque les mesures ne sont pas suffisamment coordonnées, cela peut engendrer des problèmes de physique du bâtiment; (par exemple risque de dégâts dus à l'humidité si l'on remplace les fenêtres sans isoler les façades).
- l'économie d'énergie n'est pas réalisée immédiatement.
- des travaux importants peuvent constituer une entrave à l'habitabilité pendant une longue période.

Selon une étude d'Ernst & Young (*thématique de la durabilité dans les investissements immobilier, 2012*) la valeur d'un bien immobilier sur le marché dépend directement de son efficacité énergétique.



2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

2.4.1 Subventions

Le programme Bâtiments mis en place par la Confédération et les cantons est un pilier de la politique climatique et énergétique de la Suisse. Il encourage l'efficacité énergétique et l'exploitation des énergies renouvelables dans le domaine du bâtiment par l'octroi de subventions.

Chaque canton définit de manière individuelle les mesures qu'il souhaite soutenir et à quelles conditions. Dans le canton de Fribourg le Programme d'encouragement cantonal en matière d'énergie a été fortement renforcé dès le 1er janvier 2017. En cas d'amélioration de l'isolation de l'enveloppe thermique contre l'extérieur ou contre terre -Mesure M-01- (façade, toit, mur et sol), la subvention accordée est de CHF 60.-/m² d'enveloppe isolée. Le changement seul des fenêtres exclut toute subvention.

Dans le cas du bâtiment analysé, la surface d'enveloppe rénovée (façade revêtue de panneaux Eternit et parties vitrées) est de 1'361m². Le montant de la subvention est estimé à **frs 81'660.-** Ce montant est corrigé d'un facteur "risque" de -20%.

Au cours des dernières années, les producteurs de panneaux photovoltaïques ont mis au point des panneaux spécialement destinés aux façades, qui permettent de combiner rénovation de façade, isolation thermique et production d'électricité. Cette possibilité pourrait être étudiée pour les façades sud et ouest de l'immeuble.

Remarque: conformément au droit du bail en vigueur, les subventions qui sont versées aux propriétaires pour des assainissements énergétiques doivent être déduites des coûts d'investissement pour le calcul des augmentations de loyer.

Façade solaire de Schweizer Metallbau: 1 mètre carré de capteurs génère entre 100 et 240 kilowatts-heures d'électricité par an. Le coût total de la façade photovoltaïque, y compris tous les frais de montage et d'installation, s'élève à environ 600.-/m² (prix moyen d'une façade vitrée).



2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

2.4.2 Conséquences sur les loyers: droit du bail / travaux à plus-value

La problématique énergétique a la particularité de faire intervenir dans la relation de bail, des considérations de droit public. L'article 14 alinéa 2 OBLF (Ordonnance sur le bail à loyer et le bail à ferme d'habitations et de locaux commerciaux du 9 mai 1990) est révélateur de cette dualité; d'un côté il assure la protection contre les loyers abusifs (droit privé) tout en étant au service de l'intérêt public en matière de politique énergétique.

A. Protection contre les loyers abusifs

Le droit du bail indique que les loyers sont abusifs lorsqu'ils permettent au bailleur d'obtenir un rendement excessif. Dans le cas d'un immeuble loué durant les travaux, comme c'est le cas de l'immeuble analysé, la méthode relative détermine si une adaptation du loyer intervenant en cours de bail est admissible ou non.

Pour ne pas être abusives, les hausses de loyer ne doivent servir qu'à couvrir les frais d'intérêts, d'amortissement et d'entretien résultant de l'investissement (art.14 alinéa 4 OBLF). Il faut remarquer que, dans la pratique, ces adaptations de loyers ne sont souvent répercutées qu'au gré des changements de locataires, avec comme conséquence une grande inertie.

Les aides octroyées (subventions) doivent être déduites du montant de la prestation supplémentaire.

B. Notion d'améliorations énergétiques

Après la rénovation d'un bâtiment, le droit du bail autorise une hausse de loyer, si cela est justifié par une **prestation supplémentaire**. Au même titre que les améliorations créant des plus values, l'agrandissement de la chose louée ou une offre de confort accru, les améliorations énergétiques sont également considérées comme des "prestations supplémentaires".

C. La méthode relative (poursuite du bail)

Peuvent être mis à la charge du locataire les frais découlant des travaux suivants:

- travaux engendrant des prestations supplémentaires (plus values).
- importantes réparations, à raison de 50-70% de leur coût (art. 14 OBLF). Cette mesure simplificatrice vise à inciter le propriétaire à effectuer des travaux d'entretien plus importants que strictement nécessaires. Par contre, si l'entretien a été négligé pendant plusieurs années, seule une faible part peut être répercutée (entretien différé).
- mais pas... les travaux d'entretien ordinaires, qui sont une obligation du bailleur (art. 256 al 1 CO) et sont couverts par le loyer.

Dans le scénario de base (changement des cuisines et des salles de bains) les travaux ne peuvent pas être répercutés sur les loyers. Par contre les améliorations énergétiques et l'agrandissement de la surface louée des scénarios 1, 2 et 3 pourraient être considérés comme travaux à plus-value.

Toutefois, dans le cas analysé, il ne suffit pas d'évaluer la possibilité de procéder à une hausse de loyer selon le droit du bail; il faut également prendre en compte la situation du marché et les objectifs du propriétaire. En effet celui-ci souhaite que l'augmentation de loyer consécutive aux travaux soit aussi faible que possible.

Dans le cadre de la présente analyse, le **calcul du revenu locatif minimum requis pour une VAN de 0**, permettra d'établir le montant de l'augmentation de loyer minimale nécessaire.

Les dépenses et hausses de loyer en lien avec la réduction des déperditions d'énergie peuvent être compensées, pour le locataire, par une réduction des frais de chauffage et, pour le propriétaire, par une augmentation de la valeur de l'immeuble. L'avantage de la baisse des charges est de rendre supportable une hausse de loyer, le total pouvant être maintenu relativement stable.

2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

2.4.3 Réduction des charges de chauffage pour les locataires

A. Prix du pétrole

Les prévisions en matière d'évolution des prix du pétrole sont difficiles. Ils sont très volatiles et dépendent de nombreux facteurs aussi bien objectifs (géopolitique au Moyen-Orient, politique de l'OPEP, demande croissante de la Chine) que subjectifs (psychologie humaine et spéculation).

Depuis son plus bas niveau en février 2016, le cours du brut a pris plus de 160% (mars 2018). On peut cependant douter du maintien de ces prix sur la durée, les États-Unis faisant notamment pression contre une éventuelle montée des prix en augmentant leur production. Le recours à de nouvelles techniques permet désormais l'extraction dans des zones qui étaient jusqu'à présent inexploitables. Pour l'année 2018, l'Agence d'information sur l'énergie prévoit une **augmentation globale de la production de pétrole de 11 %**.

Pour la présente analyse, les calculs reposent sur l'hypothèse que les prix ne vont pas connaître de progression spectaculaire ces prochaines années. Par mesure de prudence, les économies de consommation de mazout réalisées grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique seront calculées sur la base d'un prix moyen de Fr. 75.-/100 litres (prix 2015, sachant que le prix moyen, entre 2010 et 2015 était de Fr. 91.-/100 litres, source OFS).

Indice des prix du mazout

(basé sur des prix hebdomadaires moyens pour le mazout extra léger sur le plateau suisse pour un achat d'au moins 3000 litres franco citerne, TVA et RPLP incluses).
<https://www.migrol.ch/fr/mazout/informations/indice-des-prix.aspx>



2.4 SCÉNARIOS 1 ET 2: RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE

B. Taxe sur le CO₂

La taxe sur le CO₂ est l'un des principaux instruments dont dispose la Suisse pour réaliser ses objectifs en matière de protection du climat. Il s'agit d'une taxe incitative prélevée depuis le 1er janvier 2008 sur les combustibles fossiles tels que le mazout et le gaz naturel. Ces combustibles sont ainsi renchérissants, encourageant un recours accru aux agents énergétiques générant peu, voire pas du tout, de CO₂. Chaque année, le tiers des recettes de la taxe, mais au maximum 450 millions de francs, est affecté au Programme Bâtiments pour promouvoir des mesures destinées à réduire les émissions de CO₂, telles que les assainissements énergétiques et le recours aux énergies renouvelables.

Les émissions de gaz à effet de serre, issues des combustibles fossiles, ne diminuent pas suffisamment en Suisse. En 2016, ces émissions avaient été réduites de 24,8% par rapport à 1990. L'objectif intermédiaire de 27%, fixé par l'ordonnance sur le CO₂, n'est donc pas atteint.

Par conséquent, la taxe sur le CO₂ pour les combustibles est passée de 84 à 96 francs par tonne au 1er janvier 2018, ce qui correspond à une augmentation de 3 centimes par litre d'huile de chauffage extra-légère. Pour l'avenir, Le Conseil fédéral étudie la possibilité de plus que doubler la taxe sur le CO₂, en la faisant passer à 210 francs par tonne.

C. Diminution des charges de chauffage pour les locataires

La variante retenue lors de l'expertise technique de l'enveloppe du bâtiment permet de réduire les besoins de chaleur du bâtiment à 156 mJ/m². Cela représente une réduction de plus de 70% de la consommation actuelle.

Sur cette base, il a été calculé une économie moyenne de 1'374'550 MJ/an. 1 litre de mazout pour le chauffage équivalant approximativement à 36MJ et, selon les hypothèses de la page 192, le coût de 1 MJ pour le chauffage étant admis à 2.0 ct, (soit 2.4 ct/MJ après correctif lié au rendement de la chaudière considéré à 80% selon norme SIA 380/1), la diminution de la consommation calculée est de 45'000 litres de mazout, soit une économie d'environ Fr. 33'000.- sur les frais de chauffage du bâtiment (taxe sur le CO₂ incluse).

Dans le cas d'un studio, cela représente une diminution des charges de l'ordre d'environ Fr 30.- par mois (sur un total de charges de Fr. 200.-).

2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

Scénario 3: Logements flexibles, évolutifs, partagés

Évolution des modes de vie, de la démographie et conséquences sur les besoins en logements

Pour diverses raisons, la **surface de logement par personne ne cesse d'augmenter**; réduction de la taille des ménages, prospérité et augmentation de l'espérance de vie. Ainsi, la surface d'habitation par personne a presque doublé depuis 1970 (voir ci-contre). Ce phénomène est incompatible avec l'offre de "loyer avantageux" et la recherche de densification de l'habitat.

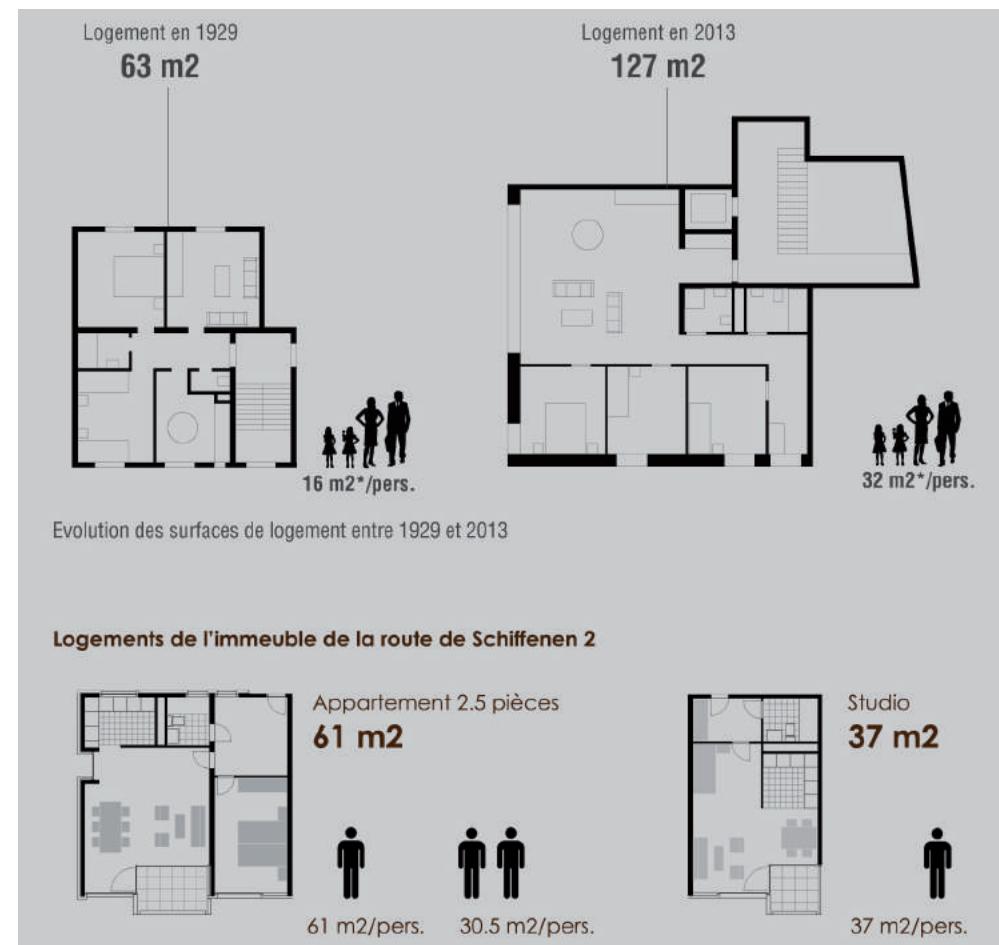
Pour rester abordable, la construction de logements doit devenir "créative" et proposer de nouvelles typologies. On voit ainsi émerger de nouvelles formes d'habitat basées sur le **partage**. La mise en commun de certains locaux (buanderies, salles communes ou même cuisines), à l'échelle d'un étage ou de l'immeuble entier, permet de réduire la surface construite et par conséquent, les coûts de l'habitat.

A l'avenir, la **disponibilité temporaire d'espaces** dotés de fonctions spécifiques constituera un critère important dans le choix de son logement. Les pièces de grande taille, les bureaux ou les chambres d'amis utilisés sporadiquement pourraient être loués séparément selon les besoins, ce qui permettrait de limiter l'augmentation continue de la consommation de surface habitable par personne, voire la faire diminuer.

En termes de surface, les **besoins évoluent** tout au long de la vie; la famille s'agrandit, les enfants quittent la maison, les parents se séparent... La **flexibilité** d'un logement (par exemple une pièce pouvant être rattachée à un appartement, ou à un autre) permet des économies intéressantes grâce à sa facilité d'adaptation et améliore la qualité de l'habitat.

Tribu Architecture, Lausanne: "Habiter économique: mode d'emploi", Evolution des surfaces de logement par personne

Dans l'immeuble de la route de Schiffenen 2: sur les 73 studios et 2.5 pièces, seuls 3 appartements sont occupés par 2 personnes, soit un total de 76 locataires.



2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

La **densification de l'habitat** est également souhaitable dans le contexte de la lutte contre l'étalement urbain. Pour des raisons de politique d'aménagement du territoire, les villes devront à l'avenir accueillir davantage d'habitants sans déborder de leurs limites géographiques.

Le bâtiment de la route de Schiffenen 2, est actuellement occupé par 76 locataires. La création de logements partagés permettrait d'augmenter le nombre d'habitants de près d'un tiers.

La disponibilité de logements abordables dans les emplacements proches des centres-villes est très faible, les ménages ayant des revenus modestes pouvant difficilement s'y loger. En venant en aide aux ménages dont le pouvoir d'achat est limité, la réalisation de logements partagés, économiques, contribue à la **diversification de l'offre** sur le marché du logement en ville.

Au niveau du quartier, l'offre se compose majoritairement d'appartements de 3 à 5 pièces. Lors de la réalisation du PAD des Hauts de Schiffenen Ouest, elle sera encore renforcée par la construction de très nombreux nouveaux logements. Toutefois, aucun immeuble de la typologie proposée par le scénario 3 n'est envisagé; celui-ci compléterait la mixité sociale et intergénérationnelle du quartier.

Conséquence du vieillissement de la population, la demande en **logements adaptés aux besoins des personnes âgées** augmente, principalement dans les lieux bénéficiant de bons réseaux de soins et d'approvisionnement, à savoir les espaces urbains. Contrairement à la majorité des récents "logements protégés" construits dans le canton de Fribourg (onéreux et trouvant difficilement preneurs), ces offres devraient couvrir tous les segments de prix, et particulièrement les plus bas, car le revenu disponible d'une partie des ménages tend à diminuer avec l'âge.

En raison du changement des besoins et des comportements, on peut s'attendre à une modification de la demande de logements. Le projet de logements partagés proposé par le scénario 3 a pour objectif de répondre à cette évolution.

Réflexions sur les logements partagés et exemples:

- Laboratoire de sociologie urbaine LASUR, EPFL: conférence du Dr. Luca Pattaroni "Quels impacts ont et auront nos modes de vie sur nos besoins en logement?" www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dire/Conf%C3%A9rence_Luca_Pattaroni.pdf
- Bau- und Wohngenossenschaft mehr als wohnen, Hunziker Areal, Zurich (Annexe V)
- Bau- und Wohngenossenschaft Kraftwerk1, Regensdorferstrasse 190, Zurich (Annexe V)
- Eigentümergemeinschaft, Neufrnkengasse 16-18, Zurich (Annexe V)
- Coopérative habitat associatif (Codha) Ecoquartier de la Jonction Genève, "Typologie, participation et réversibilité", Tracés 11/2016, http://www.bunq.ch/wp-content/uploads/T16_11_cluster.pdf

Évaluation du risque du scénario 3

Même s'il est vrai que ce type de logement ne convient pas à tout le monde, il faut remarquer que, dans un contexte économique "tendu", un projet "à prix avantageux", offrant des loyers modérés, est moins exposé au risque de logements vacants.

Le risque économique est limité car, la demande pour du logement "bon marché" en ville est grande. Même s'il s'agit d'un projet "pilote" pour Fribourg, il propose un nombre d'appartements très limité qui, en dernier recours, seraient adaptés aux nombreux étudiants et jeunes en formation présents à Fribourg.

2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

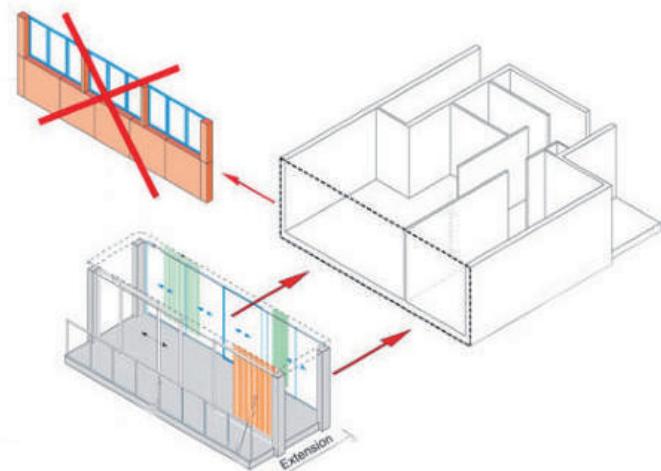
Scénario 3: Logements flexibles, évolutifs, partagés

Déroulement du chantier

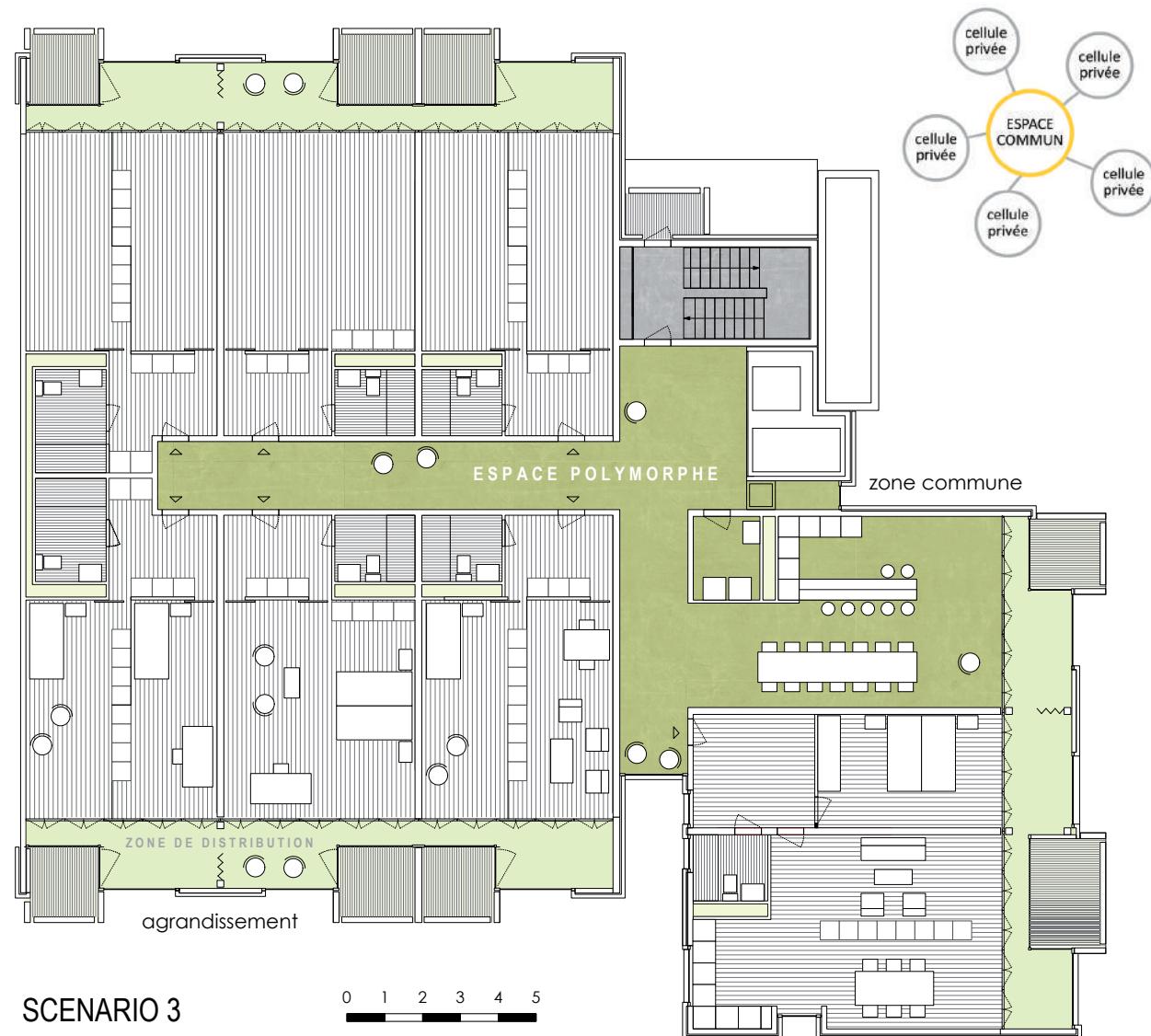
Comme pour le scénario de base, l'ensemble des travaux du scénario 3 sont planifiés par étapes, sur une durée de 2 ans avec pour objectif de garder les locataires dans leurs appartements. L'agrandissement est constitué d'éléments préfabriqués tridimensionnels superposés, remplaçant l'ancienne façade légère, voir page 199. La préfabrication, la plus finie possible, des éléments rapportés permet de limiter les désagréments pour les habitants durant les travaux.

Réduction de loyer durant les travaux

voir scénario de base, page 187.



Lacaton Vassal: extension et assainissement énergétique de l'enveloppe de la Tour Bois-Le-Prêtre Paris



2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

Le propriétaire ne souhaite pas que l'assainissement de son immeuble fasse évoluer les loyers vers un segment supérieur. Mais, l'ampleur des coûts d'investissement, est difficilement compatible avec l'objectif d'offrir des loyers qui correspondent aux possibilités économiques des ménages à revenus modérés.

Dès lors, le scénario 3 joue sur le levier le plus efficace pour réduire le niveau des loyers: la **réduction des surfaces habitables**. Ce projet d'"appartement minimal" se fonde également sur une **simplification de l'équipement** (réduction drastique du nombre de cuisines notamment).

D'une surface importante, un étage complet, soit environ 400 m², ces appartements se divisent en "cellules privées" d'une ou deux pièces, disposant d'une salle d'eau, et reliées à un espace de vie partagé.

La diminution de la surface des espaces privatifs est compensée par la présence d'un espace commun aux dimensions généreuses, et par la possibilité de combiner les chambres entre elles.

Le standard des logements est également amélioré par la création de l'espace supplémentaire, offert par la coursive périphérique.

L'objectif du scénario 3 est de créer un "logement durable", qui favorise les interactions sociales et offre des loyers raisonnables. Chaque personne dispose de 35 m², alors que la moyenne suisse se situe autour de 50 m²; une manière d'atteindre les objectifs écologiques et économiques.

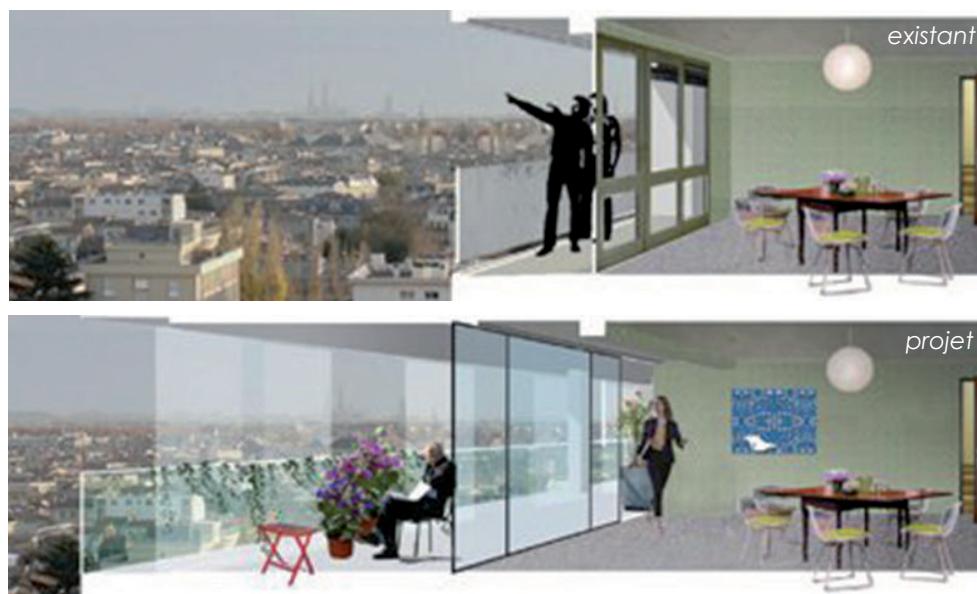
Lacaton Vassal: rénovation de la Tour Bois-Le-Prêtre Paris (2007-2010)
Extension de l'appartement, espace thermique "tampon", multifonctionnel



2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

L'agrandissement (addition d'une enveloppe périphérique habitable) constitue un espace tampon qui participe à la gestion du confort thermique (notamment à la réduction des ponts de froid liés à la continuité de la dalle des loggias), et acoustique du logement, en plus d'être un espace évolutif dont l'usage peut varier selon les saisons et les habitants. Il crée également une coursive "privée" qui distribue les cellules du logement en fonction des besoins, ce qui permet la création de logements flexibles (1, 2 ou 3 cellules reliées).

La réhabilitation est ainsi l'occasion de remanier l'organisation des espaces et de gagner en liberté d'usage. L'ajout de cette surface habitable apporte de la souplesse et permet la diversification typologique et l'évolutivité des logements. Au delà de la performance thermique, ce projet a pour but d'apporter une plus-value en terme d'espace, d'usage, de culture et d'écologie.



Lacaton Vassal, agrandissement de la Tour Bois-le-Prêtre, Paris

SANAA Architects: logements sociaux Kitagata, Gifu 2000. Chaque chambre est potentiellement accessible par une porte depuis la galerie, ce qui rend le logement flexible et capable d'absorber les structures familiales les plus diverses.



2.5 SCÉNARIO 3: CONCEPT MODULAIRE DE L'EXTENSION EN FAÇADE

Pour la réalisation de l'extension, proposée par le scénario 3, il est primordial de réduire les coûts de construction au minimum; ce qui implique également une gestion efficiente du processus de chantier.

Dans ce domaine, le projet de recherche "Living Shell", mené conjointement par le laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL et la Haute École de Lucerne (HSLU), apporte des solutions intéressantes et innovantes en matière de densification par extension et assainissement de toitures et de façades.

Par l'emploi d'un **système de construction modulaire**, il démontre comment **agrandir** ultérieurement un bâtiment, tout en contribuant à l'**assainissement** global du parc immobilier en Suisse. Ce système concilie les avantages de la standardisation avec une grande flexibilité, ce qui permet de répondre aux besoins d'utilisateurs très variés et de pouvoir adapter les extensions à l'environnement bâti existant.

Les éléments de base sont constitués d'une ossature minimale, réalisée à l'aide de **profilés légers en tôle d'acier** et d'une isolation thermique écologique. Les modules tridimensionnels sont rigidifiés par des plaques de plâtre, adaptées à la construction à sec. Les avantages du système résident dans son faible poids et sa rapidité de montage, qui minimisent les nuisances induites par le chantier, pour les usagers et le voisinage.

L'une des grandes qualités de cette démarche est de créer une plus-value pour l'ensemble du bâtiment, par le biais de la densification; ceci permet d'apporter une réponse au conflit d'intérêt entre assainissement et maintien de logements à loyers abordables.

Les possibilités d'extension d'un bâtiment avec le système "Living Shell" ont été démontrées avec l'exemple d'un immeuble à Onex, et ont été étudiées sur six autres sites en Suisse et trois en Allemagne.

La capacité de charge du sol et de la structure porteuse du bâtiment existant doit être examinée au préalable.

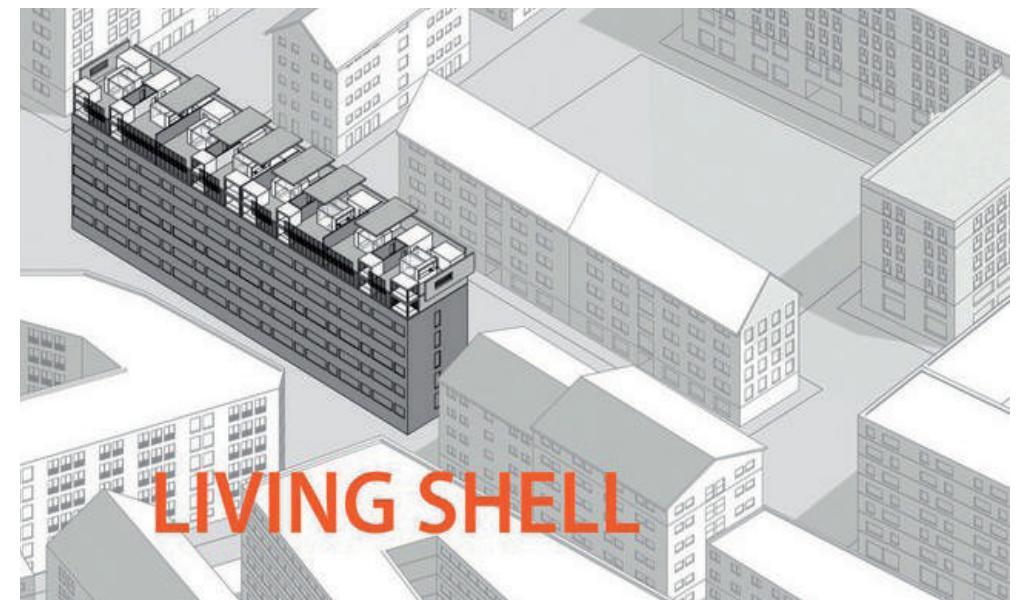
Les éléments sont préfabriqués mais construits sur mesure. Le revêtement de la façade se fait sur le site et permet une grande liberté expressive. Les panneaux photovoltaïques constituent une possibilité.

Au niveau de l'expression architecturale, un soin particulier sera accordé au rapport à l'existant, en cherchant l'équilibre adéquat entre contraste et continuité. Le bâtiment analysé est inscrit à l'inventaire des Biens culturels du canton de Fribourg; le projet doit, par conséquent, être élaboré d'entente avec ce service.

Living Shell:

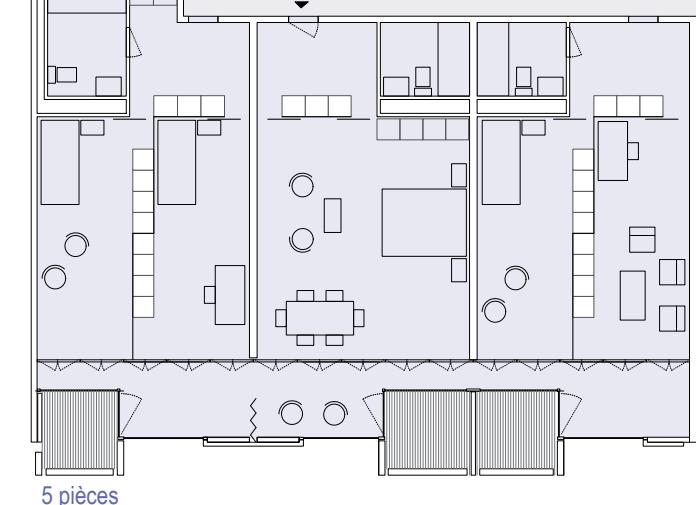
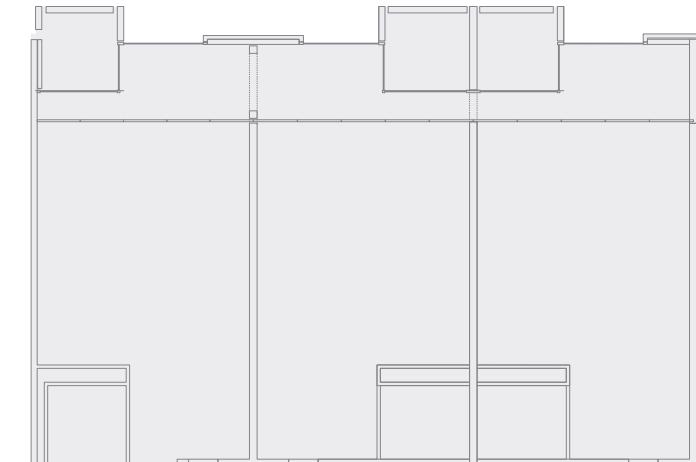
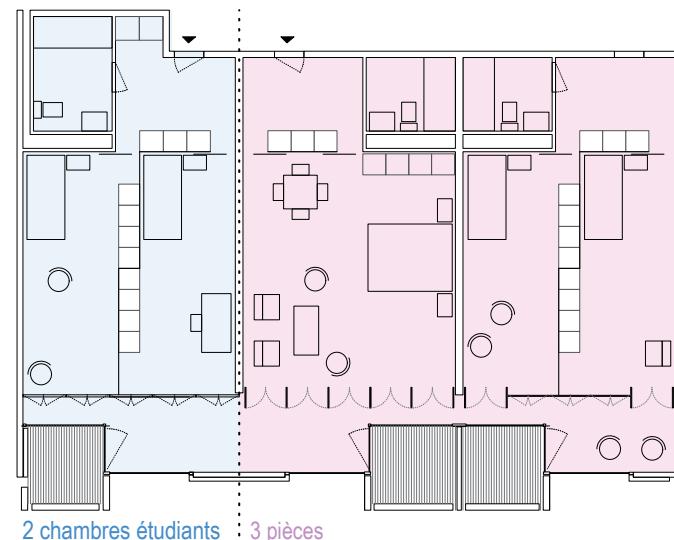
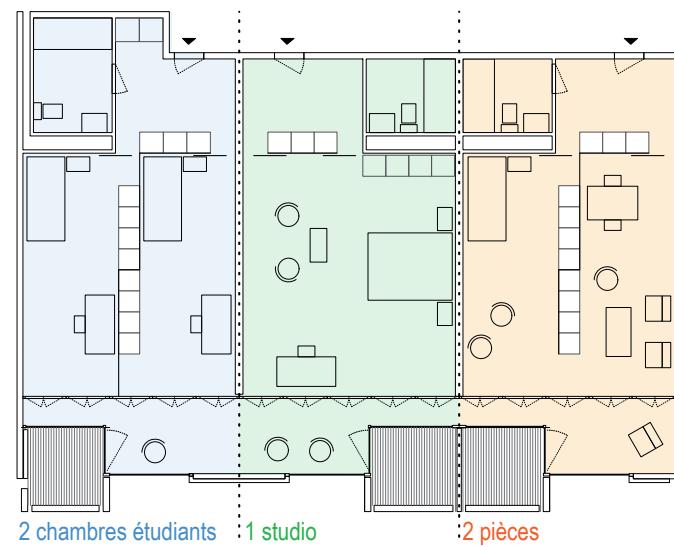
un système modulaire développé aussi bien pour la réalisation de surélévations que d'extensions en façade.

<https://actu.epfl.ch/news/living-shell-construire-sans-terrain/>



2.5 SCÉNARIO 3: EXTENSION ET MODIFICATION DE LA TYPOLOGIE

Flexibilité des typologies



3.1 TRAVAUX - SCÉNARIO DE BASE

Dans le cadre de cette étude, les prix ont été définis de trois manières:

- devis établis par diverses entreprises en prévision de travaux à réaliser pour l'immeuble analysé et mis à disposition par le propriétaire (changement de fenêtres, assainissement du réseau sanitaire, réfection de la toiture et de la façade...)
- issus de l'expérience professionnelle
- tirés de catalogues et séries de prix (par exemple "prix indicatifs pour travaux du bâtiment édités tous les 2 ans par la fédération vaudoise des entrepreneurs FVE)

Les estimations des coûts sont établies selon le code des frais de la construction (CFC à 1 ou 2 chiffres) édicté par le centre de rationalisation du bâtiment (CRB). Cet instrument orienté sur l'exécution, présente des catégories de travaux correspondant généralement à un contrat d'entreprise.

Travaux indispensables immédiatement: cuisines, salles de bain et réseau sanitaire

● Scénario de base:

Devis estimatif: Fr. 3'980'000.-

Equivalent certain: +15% -> Fr. 4'577'000.-

Rénovation des 73 cuisines et salles de bains ainsi qu'assainissement du réseau de distribution sanitaire intérieur du bâtiment.

Estimation des coûts de construction +- 15% selon la norme SIA 102

Scénario de base: rénovation cuisines, salles de bain, réseau sanitaire

CFC 1 Travaux préparatoires		51'000.00
12 Protections aménagements provisoires	travaux intérieurs	36'000.00
13 Installation de chantier	travaux intérieurs	15'000.00
CFC 2 Bâtiment		3'736'320.00
21 Gros œuvre 1	échafaudages (3 étapes) évacuation amiante par extérieur travaux de désamiantage	50'000.00 230'000.00
	démolitions, démontage, adaptation des bâtiments	90'000.00
	travaux de l'entreprise de maçonnerie	165'000.00
	évacuation des déchets	70'000.00
23 Installations électriques	appareils et installations électriques, lustrerie	50'000.00
24 Chauffage, ventilation	installations de ventilation	80'000.00
25 Installations sanitaires	installations sanitaires et appareils (salles de bain) agencement de cuisine	1'180'000.00 1'065'000.00
27 Aménagements intérieurs I	crépis et enduits intérieurs menuiserie: portes intérieures en bois	30'000.00 61'000.00
28 Aménagements intérieurs II	revêtement de sol (carrelage) revêtement de paroi (céramique) traitement des surfaces intérieures (peinture) nettoyage du bâtiment	50'000.00 120'000.00 40'000.00 55'000.00
29 Honoraires	architecte, ingénieurs CVSE, spécialiste amiante	400'320.00
CFC 4 Aménagements extérieurs		6'000.00
jardins		6'000.00
CFC 5 Frais secondaires		186'816.00
divers et imprévus	5% du CFC 2	186'816.00
TOTAL scénario de base		3'980'136.00

3.2 TRAVAUX - SCÉNARIO 1 et 2

Rénovations de base + enveloppe thermique

● **Scénario 1:** travaux en 1 étape
travaux du scénario de base +
rénovation de l'enveloppe thermique
selon le scénario de rénovation énergétique "2a", retenue au terme de l'expertise technique: nouvelle façade non porteuse, remplacement des fenêtres, isolation du socle, des encorbellements, isolation contre locaux non chauffés, amélioration des ponts thermiques.

Devis estimatif: Fr. 6'480'000.-
Equivalent certain: +15% -> Fr. 7'452'000.-
Subventions: Fr. 81'660.-
Equivalent certain: - 20% -> Fr. 65'328.-

● **Scénario 2:** travaux en 2 étapes
travaux du scénario de base (année 0) +
rénovation enveloppe thermique (année 10)

Devis estimatif total: Fr. 6'540'000.-
Travaux année 0
Devis estimatif: Fr. 3'980'000.-
Equivalent certain: +15% -> Fr. 4'577'000.-

Travaux année 10
Devis estimatif: Fr. 2'564'000.-
Equivalent certain: +15% -> Fr. 2'948'600.-
Subventions: Fr. 81'660.-
Equivalent certain: - 20% -> Fr. 65'328.-

Estimation des coûts de construction +- 15% selon la norme SIA 102

Scénarios 1 et 2: Rénovation enveloppe extérieure (scénario retenu module technique: variante 2a)

CFC 1 Travaux préparatoires		35'000.00
12 Protections aménagements provisoires	pour rénovation enveloppe, en supplément du scénario de base	20'000.00
13 Installation de chantier	pour rénovation enveloppe, en supplément du scénario de base	15'000.00
CFC 2 Bâtiment		2'403'016.00
21 Gros œuvre 1	échafaudages (3 étapes) supplément du scénario de base	50'000.00
	démontage façade + fenêtres	150'000.00
	travaux de l'entreprise de maçonnerie	45'000.00
	construction légère préfabriquée (façade)	750'550.00
	isolation plafond caves + amélioration ponts thermiques	80'000.00
	évacuation des déchets (y.c. plaques amiante)	90'000.00
22 Gros œuvre 2	fenêtres en métal	800'000.00
	stores à lamelles	150'000.00
27 Aménagements intérieurs I	crépis et enduits intérieurs	30'000.00
29 Honoraires	architecte, ingénieur énergétique, spécialiste amiante	257'466.00
CFC 4 Aménagements extérieurs		6'000.00
jardins	en supplément du scénario de base	6'000.00
CFC 5 Frais secondaires		120'150.80
divers et imprévus	5% du CFC 2	120'150.80
TOTAL nouvelle enveloppe thermique (travaux année 10)		2'564'166.80
REPORT du total "scénario de base" (travaux année 0)		3'980'000.00
TOTAL scénario 2		6'544'166.80

Economie si les travaux sont réalisés simultanément avec les travaux du scénario de base:	-60'000.00
TOTAL nouvelle enveloppe thermique (travaux année 0)	2'504'166.80
Report TOTAL scénario de base (travaux année 0)	3'980'000.00
TOTAL scénario 1	6'484'166.80

3.3 TRAVAUX - SCÉNARIO 3

Agrandissement et aménagement de logements flexibles

● Scénario 3:

Devis estimatif: Fr. 7'000'000.-

Equivalent certain: + 15% -> Fr. 8'050'000.-

Subventions: Fr. 81'660.-

Equivalent certain: - 20% -> Fr. 65'328.-

L'objectif du scénario 3 est chercher une rationalisation des coûts très élevés engendrés par les scénarios de rénovation 1 et 2.

Les coûts des travaux du scénario 3 visent des économies en matière d'équipement, notamment en réduisant le nombre de cuisines à aménager de 73 à 10 (1 par étage).

La standardisation des éléments préfabriqués constituant l'agrandissement, l'utilisation de matériaux laissés "bruts" et l'absence d'installations techniques et de chauffage dans cette partie, permettent de fortement limiter les coûts de construction de l'extension.

D'un point de vue énergétique: l'extension réalisée en façade entraîne une augmentation des surfaces de référence énergétique et la suppression des ponts thermiques des dalles des balcons et des encorbellements. Ceci permet de faire passer le bilan thermique de la variante 2a (voir expertise technique) de 165 à 154 MJ/m², ce qui la rapproche de la valeur limite Q_{h,li} fixée à 136 MJ/m².

Estimation des coûts de construction +- 15% selon la norme SIA 102

Scénario 3: Aménagement de logements partagés

CFC 1 Travaux préparatoires		51'000.00
12 Protections aménagements provisoires	pour travaux intérieurs, en supplément du scénario 1 (enveloppe)	36'000.00
13 Installation de chantier	pour travaux intérieurs, en supplément du scénario 1 (enveloppe)	15'000.00
CFC 2 Bâtiment		3'382'800.00
21 Gros œuvre I	échafaudages (3 étapes) en supplément du scénario 1	50'000.00
	travaux de désamiantage	230'000.00
	démolitions, démontage, adaptation des bâtiments	95'000.00
	travaux de l'entreprise de maçonnerie	165'000.00
	évacuation des déchets	70'000.00
23 Installations électriques	appareils et installations électriques, lustrerie	30'000.00
24 Chauffage, ventilation	installations de ventilation	50'000.00
25 Installations sanitaires	appareils et installations sanitaires (salles de bain)	1'180'000.00
27 Aménagements intérieurs I	agencement de cuisine	200'000.00
	crédits et enduits intérieurs	30'000.00
	menuiserie: portes coulissantes en bois, armoires	600'000.00
28 Aménagements intérieurs II	revêtement de sol (carrelage)	50'000.00
	revêtement de sol (parquet)	35'000.00
	revêtement de paroi (céramique)	120'000.00
	traitement des surfaces inférieures (peinture)	40'000.00
	nettoyage du bâtiment	70'000.00
29 Honoraires	architecte, ingénieurs CVSE, spécialiste amiante	367'800.00
CFC 4 Aménagements extérieurs		6'000.00
jardins	en supplément du scénario 1 (enveloppe)	6'000.00
CFC 5 Frais secondaires		174'140.00
divers et imprévus		174'140.00
CFC 6 Ameublement et décoration		80'000.00
90 meubles	ameublement des parties communes	50'000.00
	luminaires des parties communes	30'000.00
Agrandissement: structure en béton préfabriqué, non chauffée, y compris ouvrants intérieurs		800'000.00
prix au m3: 460.-		800'000.00
REPORT du total "nouvelle enveloppe thermique du bâtiment" (idem scénario 1 et 2)		2'500'000.00
TOTAL scénario 3		6'993'940.00

4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.1 Méthodologie

Afin de comparer les différentes stratégies d'investissement et d'entretien du bâtiment, il sera procédé comme suit:

- Présentation des hypothèses de travail tenant compte du contexte économique.
- Définition des différents paiements et prévisions de croissance.
- Établissement des tableaux DCF pour chaque scénario.
- Calcul du revenu locatif minimum requis (VAN = 0).
- Comparaisons des scénarios en terme "d'incidence sur les loyers"
- Analyse de sensibilité (variations de divers paramètres).
- Conclusion: synthèse et recommandations pour le propriétaire.

Hypothèses de base:

- Le propriétaire souhaite conserver l'immeuble afin d'offrir des logements accessibles aux revenus modestes; la hausse de loyers maximale après travaux devrait être limitée à 5%.
- Afin de permettre un arbitrage, l'**horizon de calcul**, fixé à 100 ans, est le même pour tous les scénarios.
- Pour les calculs, il est considéré que le financement et les investissements sont réalisés à 100% en fonds propres. Il faut relever que cette approche pénalise les variantes nécessitant des investissements conséquents, en tous cas dans le contexte actuel de taux bas (favorable grâce à l'effet de levier).
- La fiscalité n'est pas prise en compte.

4.2 Contexte économique et inflation

Bien que la hausse du Produit intérieur brut (PIB) réel à la fin du deuxième trimestre 2017 n'ait été que de 0,3%, les prévisions à court terme sont positives. La reprise de l'économie suisse, encouragée par une légère dépréciation du franc suisse, devrait se poursuivre. Cette évolution va de pair avec une situation favorable sur le marché du travail et une hausse modérée du renchérissement.

Le Groupe d'experts de la Confédération table sur une croissance économique réelle de près de 2% pour les années 2018 et 2019.

La sécurité de l'emploi favorise également la consommation privée qui devrait croître de 1% à 1,5% en 2018, bien que freinée par le **ralentissement de la croissance démographique** (baisse de l'immigration).

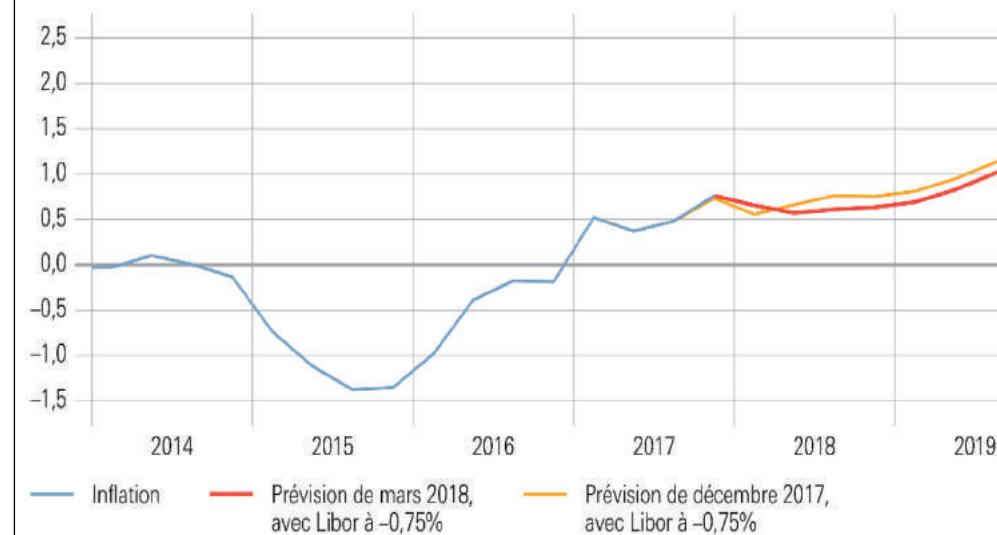
Le renchérissement devrait connaître une croissance modérée, pour s'inscrire à 0,6 % en 2018. Le Groupe d'experts table sur une nouvelle hausse légère du renchérissement, pour atteindre 0,7 % en 2019 (source: Prévisions conjoncturelles du SECO, mars 2018).

L'augmentation du prix du pétrole et des prix à l'importation, devrait entraîner des taux d'inflation positifs pour la Suisse. Pour les calculs, notre hypothèse d'inflation est celle d'un "retour à la normale", avec une inflation à moyen terme se situant aux environs de 1%.

Examen de la situation économique et monétaire, Banque Nationale Suisse 15.03.18

PRÉVISION D'INFLATION CONDITIONNELLE DE MARS 2018

Variation en % de l'indice suisse des prix à la consommation par rapport à l'année précédente



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

Croissance linéaire:

A long terme, les indices des prix (IPC, indice des loyers ou indice des prix de la construction) évoluent autour d'une droite. Cela signifie que, l'incrément annuel est constant, mais aussi que, par conséquent, le taux de croissance diminue au fil du temps.

Dans le cadre de cette analyse, les prévisions d'évolution des différents paiements sont établies sous forme de **croissance linéaire**, reposant sur les extrapolations des indices passés.

Les taux d'amorce de ces croissances ont été déterminés sur la base des 2 derniers indices connus "2016-2017":

1. Indice des prix à la consommation (IPC):

calculé sur la base des indices 1977-2017,

le taux d'amorce de la croissance linéaire est de 1.19%.

2. Indice des loyers:

calculé sur la base des indices 1977-2017,

le taux d'amorce de la croissance linéaire est de 1.60%.

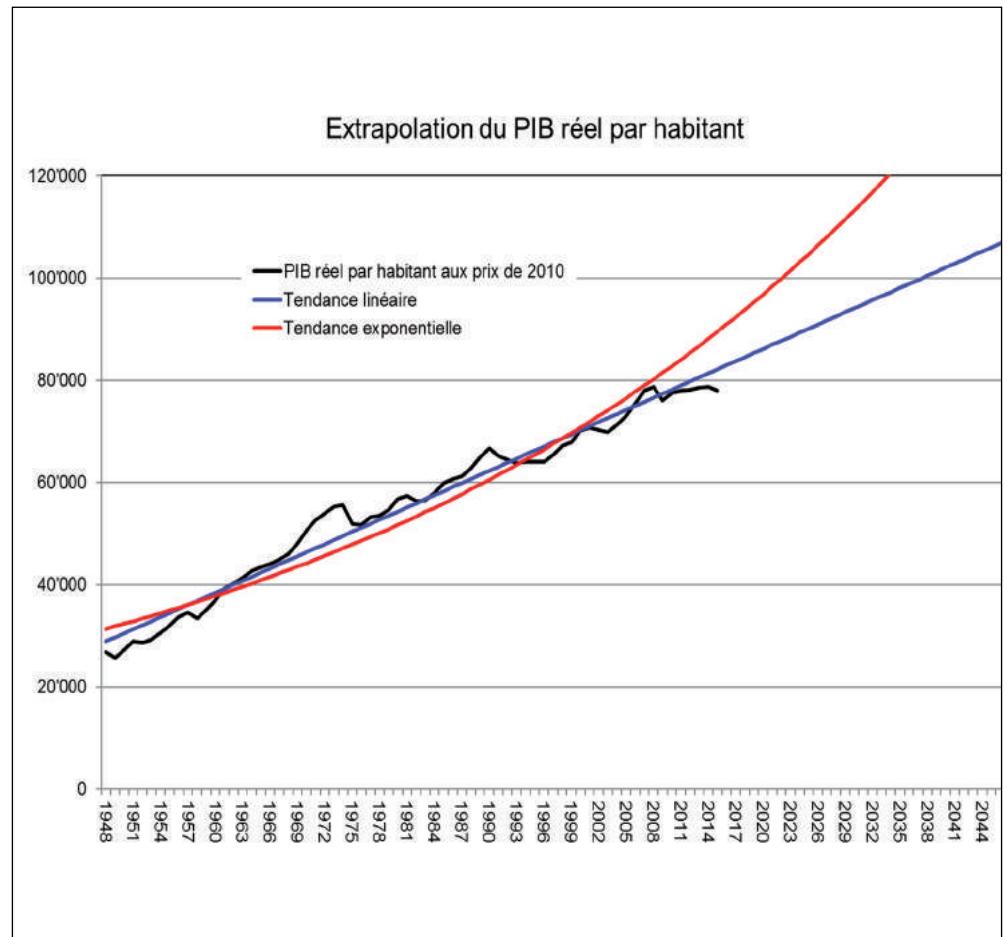
3. Indice "rénovation de bâtiments à plusieurs logements, espace Mitteland" publié par l'OFS (décembre 2017):

calculé sur la base des indices 1998-2017,

le taux d'amorce de l'accroissement linéaire est de 1.01%.

Les taux d'amorce établis ci-dessus n'ont pas été repris tels quels dans les calculs, mais ont servi de valeurs de référence pour établir les prévisions d'évolution des différents paiements. Souhaité modéré, le taux d'amorce de la croissance des loyers a été admis à 0.8%, soit 50% de la valeur de référence calculée.

Extrapolation du PIB: tendances linéaire et exponentielle
cours du Prof. Philippe Thalmann "l'estimation par capitalisation des paiements"
27 janvier 2017



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.3 Taux d'actualisation (nominal)

Le taux d'actualisation est utilisé dans les calculs DCF pour déterminer la valeur présente des revenus ou des charges futurs. Il représente le rendement visé par l'investisseur.

Les calculs sont effectués en francs courants, avec un taux d'actualisation nominal (contenant une part d'inflation).

Le choix du taux d'actualisation repose sur les éléments suivants:

- Taux **nominal** hors risque (référence: emprunts Confédération); moyenne des taux des six dernières années:
à court terme (1 an): **-0.4%** / à long terme (30 ans): **0.8%**
- Observations des rendements historiques et actuels publiés par Wüest Partner (Immo-Monitoring) et l'association des experts suisses en estimations immobilières (Rapport de marché SIV).
- Profil du propriétaire et rendement visé (société sans but lucratif, dont l'objectif est d'offrir des logements à loyers modérés).

Malgré un calcul DCF réalisé sur une longue période, l'utilisation d'un taux d'actualisation bas (les taux "réel hors risque" et "d'inflation" étant très bas), confère une trop grande importance aux revenus lointains ainsi qu'au prix à l'échéance, ce qui n'est pas souhaité dans le cadre de cette analyse.

Nous avons donc choisi de prendre en compte la "structure temporelle des taux", qui fait dépendre le taux d'intérêt de l'horizon de placement. En général, et c'est le cas actuellement, la courbe est croissante, car les investisseurs s'attendent à ce que le rendement soit plus élevé dans 1 an qu'aujourd'hui. Une opération qui immobilise le capital à long terme bénéficie d'un taux d'intérêt plus élevé. La structure temporelle est extraite des taux de rendements des obligations de la Confédération, en fonction de leur échéance (de 1 à 30 ans).

Ces derniers variant fréquemment, une structure **moyenne**, calculée sur la base des six dernières années, a été utilisée comme base pour l'établissement du taux d'actualisation.

Le taux d'actualisation appliqué à tous les scénarios est un taux variable **progressif**. Il s'établit entre **2.55% (année 1)** et **4.77% (année 30)**.

Au-delà de 30 ans la courbe s'aplatit et la valeur est constante jusqu'à la fin de la période de calcul.

Courbe de la structure temporelle (moyenne des années 2012 à 2017) des taux d'intérêts des Emprunts de la Confédération (source: Banque Nationale Suisse, mars 2018)



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.4 Intégration du risque

Le risque est intégré à l'étude non par l'ajout d'une prime de risque au taux d'actualisation, mais par le biais des **équivalents certains**. En fonction du risque, les paiements sont réduits ou majorés d'un facteur correctif par rapport à leur valeur moyenne; ils sont ensuite actualisés à un taux de rendement "hors risque".

Pour l'établissement des tableaux DCF, les encaissements et décaissements sont corrigés comme suit:

- revenus locatifs: -5% (correction relativement faible car les loyers sont bas).
- frais d'entretien et de maintenance: entre +5% (scénario 3) et +15% (scénario de base) en fonction de la vétusté du bâtiment.
- autres charges d'exploitation: +5%.
- travaux: +20% par rapport au devis estimatif.

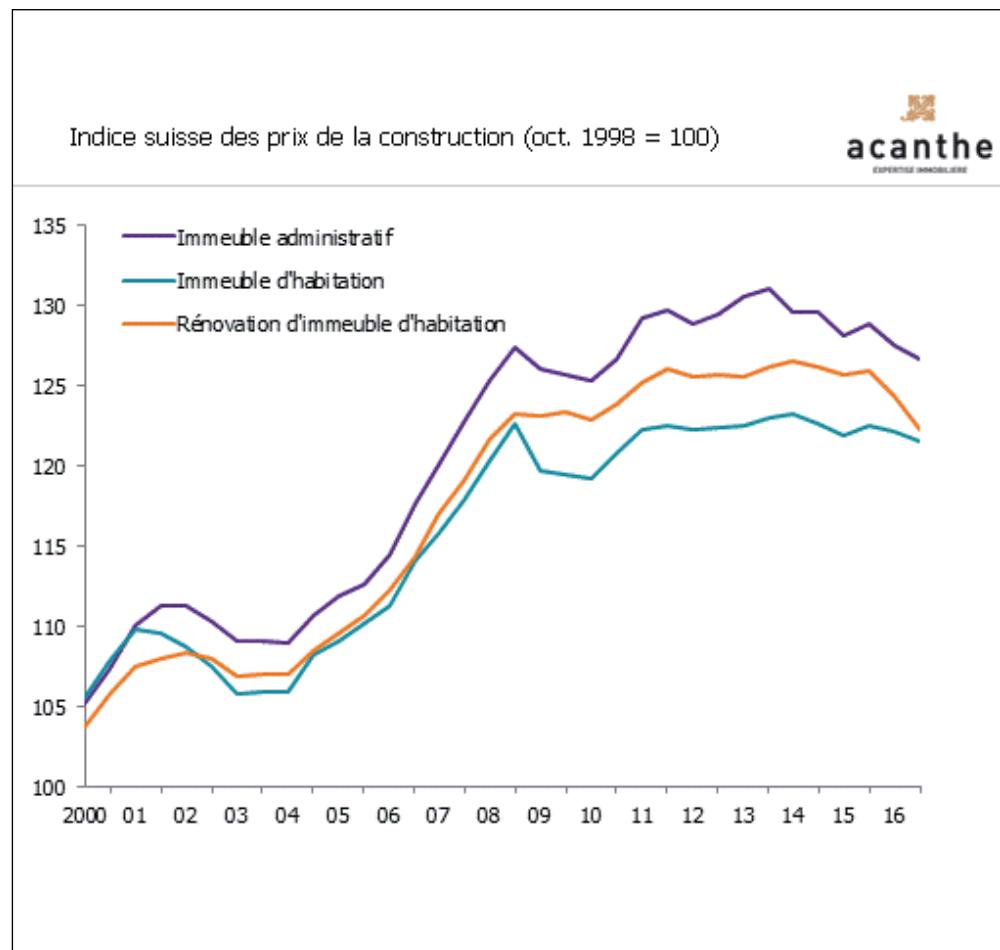
4.5 Prix de la construction

Après une forte hausse entre les années 2004 et 2008, l'indice des prix de la construction s'est stabilisé.

Selon les derniers relevés de l'Office fédéral de la statistique (21.12.2017), l'indice des prix de la construction a enregistré une légère progression de 0,1% entre avril et octobre 2017. En rythme annuel, les prix de la construction ont **baissé de 0,4%**.

Les prévisions de l'évolution des coûts de la construction sont basées sur une tendance linéaire, à partir de l'observation des indices des prix de la "rénovation de bâtiments à plusieurs logements, espace Mittelland" publié par l'OFS (décembre 2017). Calculé sur la base des 2 dernières valeurs connues "2016-2017", le taux d'amorce de l'accroissement linéaire est de **1,01%**.

Indice suisse des prix de la construction 1998-2016 (base octobre 1998)



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.6 Revenu locatif

4.6.1 Conditions du marché

Au niveau suisse, après avoir connu une hausse continue jusqu'en 2013, les loyers des appartements sont entrés dans une phase de recul. Le nombre d'objets vacants ne cesse de croître.

Favorisée par les faibles taux d'intérêts, la construction de logements reste soutenue, ce qui est en contradiction avec la baisse de la demande.

Dans le contexte actuel, où davantage d'appartements sont proposés à la location, et où le ralentissement démographique devrait se poursuivre, la **baisse des loyers** amorcée en 2016 (-1,3%) était de **-2,2% mi-2017**. Cette baisse devrait se poursuivre en 2018, en particulier pour les logements de taille moyenne (3 à 4,5 pièces). En revanche, les appartements plus petits sont toujours très prisés.

Dans le canton de Fribourg, une différenciation selon la grandeur du logement indique que l'offre est excédentaire dans le segment des tailles moyennes, mais déficitaire pour les grands logements (plus de 5 pièces) et les petites typologies (1 à 2 pièces).

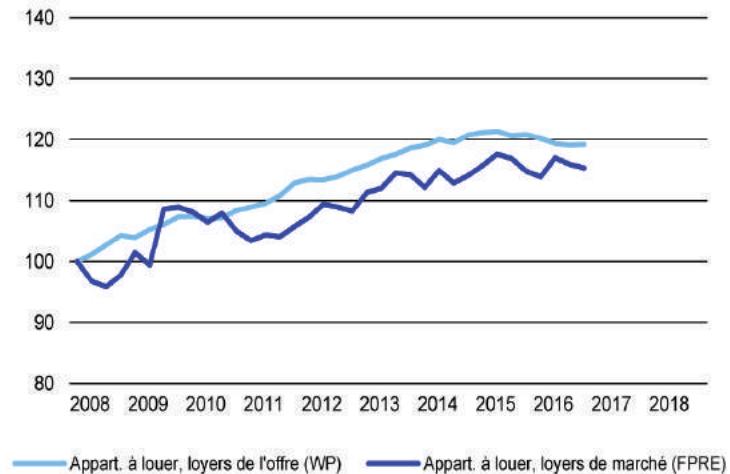
Il existe aussi de nombreuses différences entre les segments; ainsi les logements à prix modérés restent très recherchés, alors que les objets haut de gamme trouvent plus difficilement preneur. Dans le contexte actuel, il est nécessaire de concevoir des logements qui tiennent compte au mieux de la demande.

En ce qui concerne l'immeuble analysé, son attractivité est principalement due à trois facteurs principaux:

- des loyers modérés,
- une typologie de petits appartements,
- une localisation en ville de Fribourg.

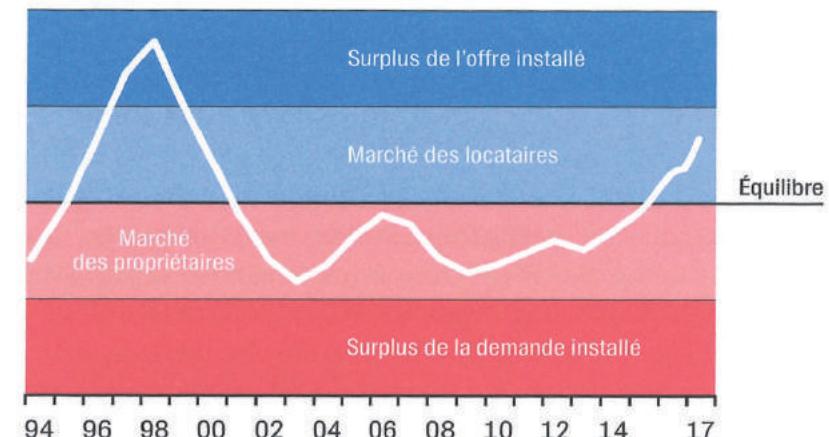
Meta-Analyse immobilière, premier trimestre 2017, Fahrlander Partner

App. à louer: indices de loyer de marché et de l'offre Suisse



Immo-Monitoring, 2018-1, Wüest Partner

Indicateurs de stabilité pour le marché des logements locatifs en Suisse: actuellement, marché favorable aux locataires.



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.6.2 Revenu locatif: analyse

Etat locatif effectif des 3 dernières années "bâtiment Schiffenen 2":

2013: Fr. 514'029.45

2014: Fr. 509'749.35

2015: Fr. 508'032.40

Moyenne de l'état locatif retenu pour les calculs: Fr. 510'000.-

L'état locatif de l'immeuble est resté relativement stable au cours des dernières années. En raison des loyers modérés, le taux de vacance est très bas. Les changements de locataires de ces petits studios sont par contre très fréquents mais ne sont pas accompagnés d'augmentations significatives de loyer.

Loyer moyen par type d'appartement:

63 studios	526.- (moyenne)	33'138.-	397'656.-
10 appartements 2.5 p.	852.- (moyenne)	8'520.-	102'240.-

Pour l'immeuble analysé, le loyer moyen par m² (état locatif effectif divisé par la surface utile des logements, 2'941m²) s'élève à:

- annuel: 173.-/m² (studio et 2.5 pièces confondus)
- mensuel: 14.40/m²

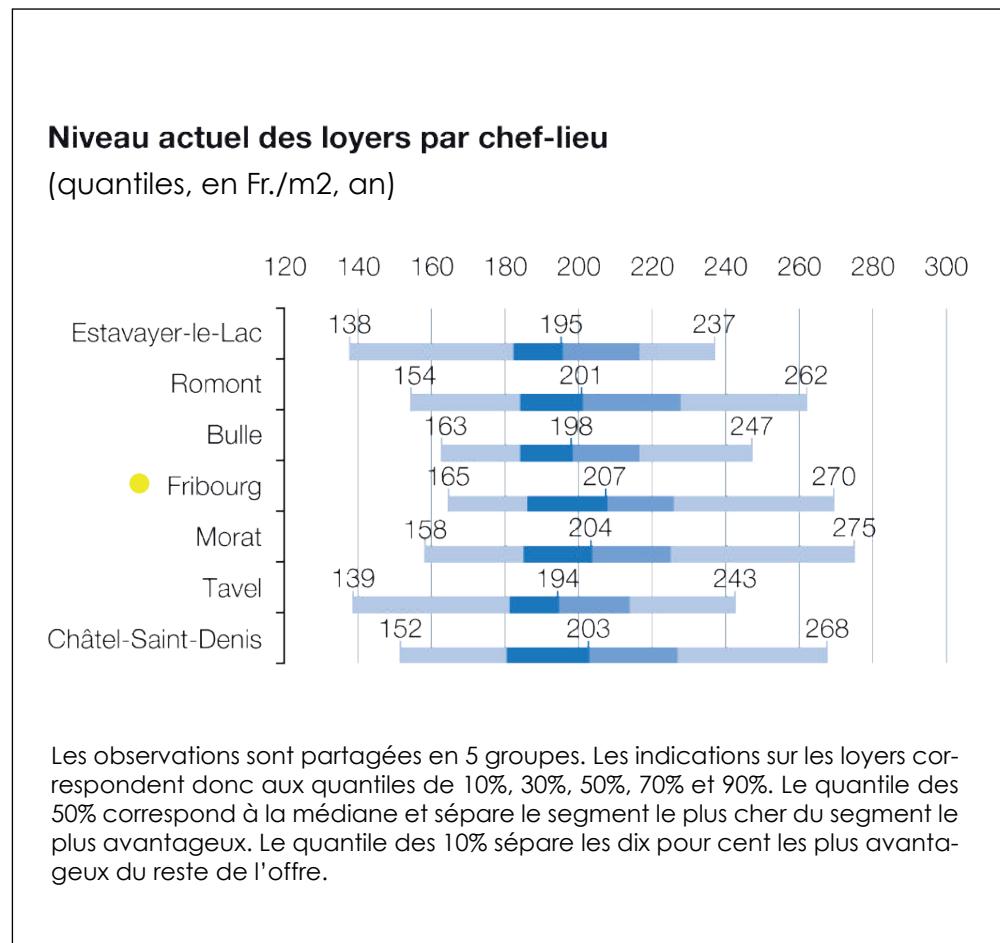
Les prix de location des logements de l'immeuble se situent donc dans la fourchette basse des prix du marché. En effet, selon les statistiques de l'OFS, le loyer moyen d'un 1 pièce dans le canton de Fribourg s'élève à 17.80/m².

En ville de Fribourg, le loyer médian tous types d'appartements confondus se situe à 207.-/m² an, soit 17.25/m² mois.

Facteur correctif (risque):

-5% par rapport à l'état locatif, pour tous les scénarios. Il s'agit d'une correction relativement modeste, qui tient compte du fait que l'état locatif de référence est basé sur des loyers peu élevés.

Perspectives de l'économie fribourgeoise 2017: le marché immobilier fribourgeois, Banque cantonale de Fribourg (données Wüest Partner)



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.6.3 Revenu locatif: prévisions

Croissance: tendance linéaire

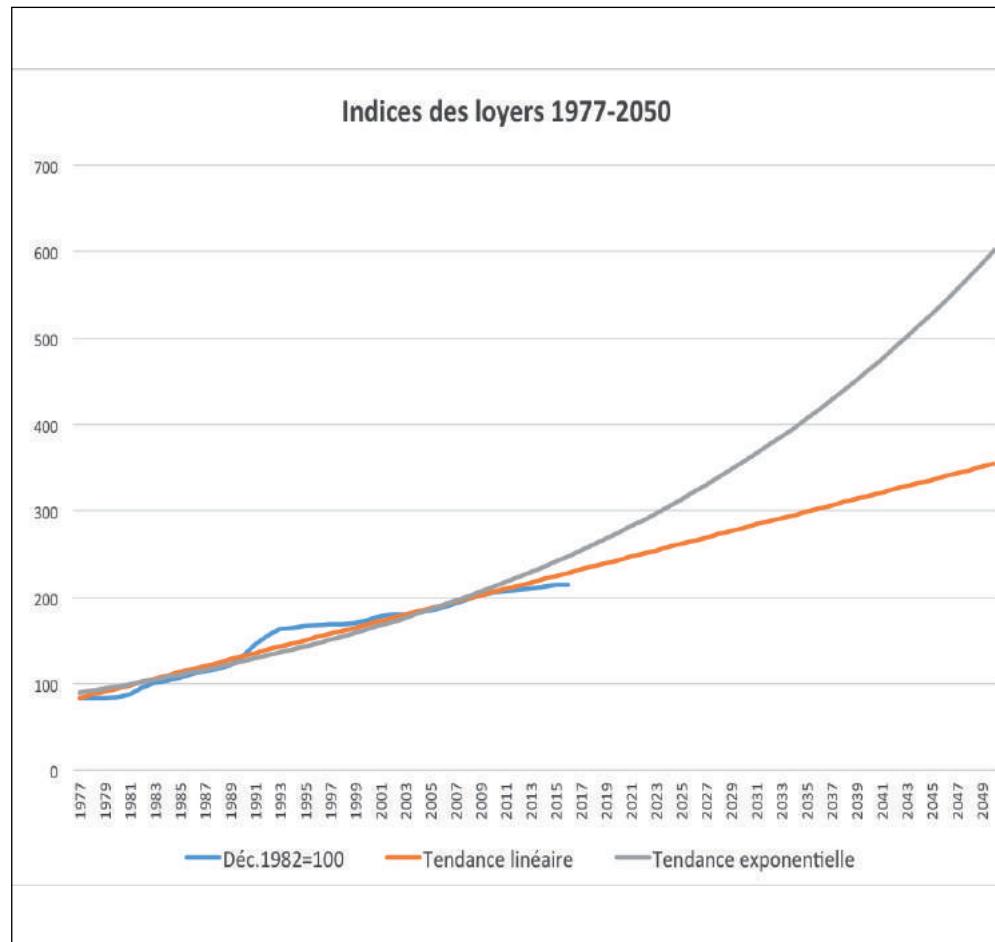
Taux d'amorce "2016-2017" de la croissance des loyers calculé sur la base d'une extrapolation linéaire de l'indice suisse des loyers de 1977-2017: 1.60%.

La stratégie d'entretien a une incidence sur l'évolution courante des loyers. Un entretien lacunaire peut entraîner une croissance plus lente, voire nulle, de l'état locatif. Toutefois, dans le cadre de cette analyse, il est nécessaire de tenir compte des objectifs du propriétaire. Il souhaite proposer des loyers modérés, mais également que leur évolution reste mesurée. C'est pourquoi un taux d'amorce de croissance unique est appliqué aux revenus locatifs de tous les scénarios. Ceci permet de comparer les différentes options de rénovation avec une hypothèse d'évolution des loyers similaire.

Afin de tenir compte de la situation à court terme de l'indice des loyer (-0.5% en 2017, source: Wüest Partner, "marché immobilier suisse" 2017 | 3) ainsi que dans un souci de cohérence entre l'évolution des loyers et la stratégie d'entretien, un taux d'amorce de croissance linéaire de **0.8%** a été retenu. Il s'agit d'une évolution "modeste" qui correspond à 50% du taux de référence calculé à partir des indices historiques. Elle est appliquée dès l'année suivant l'achèvement des travaux.

Durant les travaux, une indemnité de loyer pour les locataires et la mise à disposition d'un logement "de transfert" sont prises en compte dans l'encaissement "revenu locatif". Pour le scénario 3, l'état locatif des deux années suivant les travaux a été réduit, afin de prendre en compte le départ de certains locataires suite aux modifications des appartements, puis de l'arrivée progressive de nouveaux habitants.

Indices des loyers 1977-2050: courbes de tendance linéaire et exponentielle



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.6.4 Revenu locatif: taux de vacance et d'croire

Selon l'Office fédéral de la statistique (OFS) en juin 2017 le taux de vacance du parc de logements en Suisse atteint **1.47%**.

Depuis 2009, le nombre d'appartements vacants n'a cessé d'augmenter, avec une progression accélérée au cours des trois dernières années en raison de la construction de nombreux nouveaux objets et à un tassement de la croissance démographique. Bien qu'il existe de grande disparités régionales, la proportion d'appartements vides en ville de Fribourg est proche de la moyenne suisse: 1.5% en 2017.

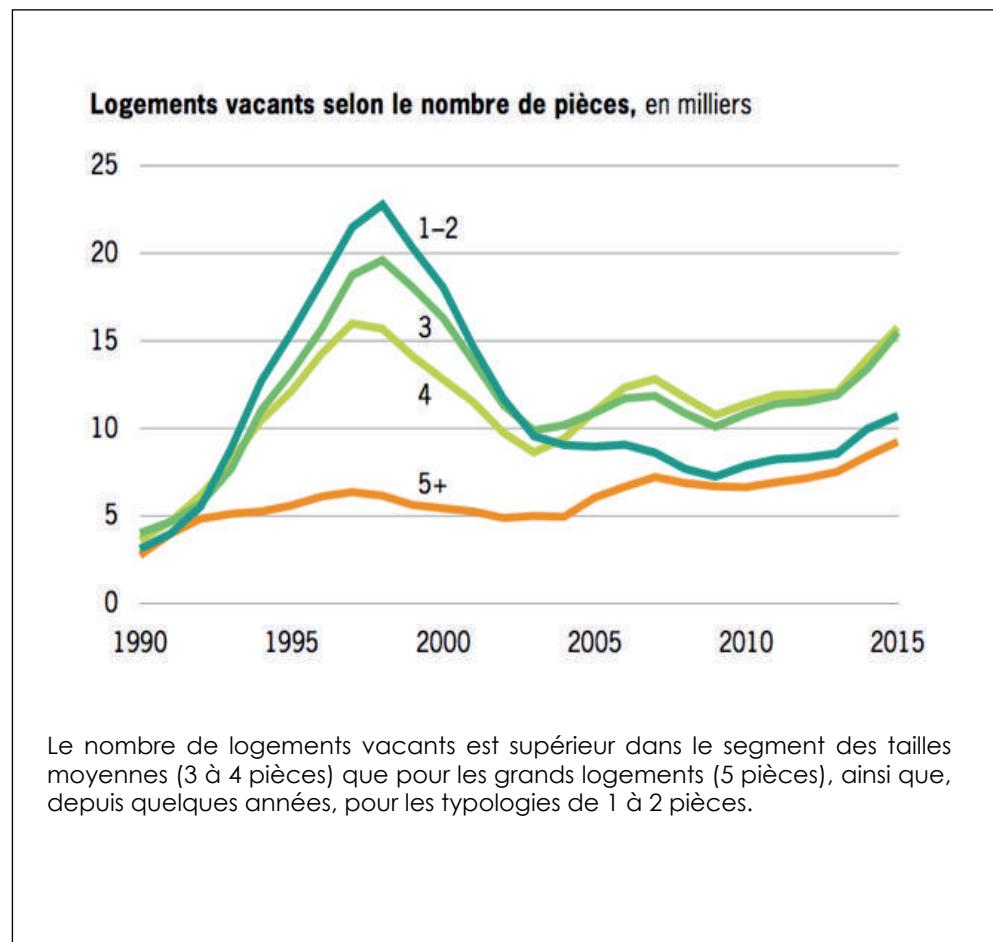
Actuellement l'immeuble de la route de Schiffenen 2, possède un taux de vacance très faible, principalement en raison des loyers qui se situent dans la fourchette basse des prix du marché, ce qui constitue une denrée plutôt rare en ville.

Il faut également relever que, dans un contexte économique "difficile", un projet "à loyers modérés" est moins exposé au risque de logements vacants.

Pour les calculs, le montant de l'encaissement "revenu locatif", a été établi sur la base de l'état locatif effectif (et non théorique) de l'immeuble, au cours des trois dernières années. Il contient donc la part "vacance et d'croire" actuelle.

Un taux de vacance et d'croire supplémentaire de **2%** a été retenu et appliqué aux scénarios 1 à 3, alors que le scénario de base a un taux progressif de 2 à 5%, afin de tenir compte du risque d'impayés, en raison de la vétusté croissante de l'immeuble et de l'augmentation de la précarité des locataires.

Office fédéral de la statistique, Panorama construction et logement, février 2016



4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.7 Charges d'exploitation

Comme les loyers, les charges d'exploitation ont été évaluées sur la base des données effectives de l'objet expertisé. La valeur retenue correspond à la moyenne des décomptes des 3 dernières années. Les charges d'exploitation ont été divisées en 2 groupes afin de pouvoir les faire évoluer de manière indépendante: d'une part les frais d'entretien comprenant les coûts des travaux de maintenance des appartements (peinture, tapisserie, menuiserie...) et de l'autre les charges composées des assurances, contribution immobilière, impôts, gérance et frais divers.

A. Frais d'entretien et de maintenance effectifs:

2013: Fr. 103'482.-

2014: Fr. 136'159.-

2015: Fr. 158'159.-

Frais entretien et maintenance, moyenne retenue: Fr. 132'600.-

En raison de la vétusté de l'immeuble et du taux élevé de rotation des locataires, il est à remarquer que les charges d'entretien et de maintenance sont particulièrement élevées.

B. Autres charges d'exploitation effectifs:

2013: Fr. 62'839.-

2014: Fr. 61'016.-

2015: Fr. 63'345.-

Autres charges d'exploitation, moyenne retenue: Fr. 62'400.-

A. Frais d'entretien et de maintenance Fr. 132'600.-

B. Autres charges d'exploitation Fr. 62'400.-

Total des charges d'exploitation Fr. 195'000.-

Pour un bâtiment neuf, les charges d'exploitation s'élèvent en moyenne à 15% alors que pour un immeuble vétuste elles sont de 25 à 30%. Dans le cas de l'immeuble de la route de Schiffenen, les charges d'exploitation représentent 38% de l'état locatif ce qui constitue un poste de dépense important, même en regard d'un revenu locatif modéré.

Après travaux, une réévaluation du montant des charges d'exploitation a été effectuée sous forme d'une diminution de la part "frais d'entretien", calculée en % des frais d'entretien effectifs avant travaux (Fr. 132'600.-):

- scénario de base: -20% (Fr. 106'080.-)
- scénario 1: -30% (Fr. 92'820.-)
- scénario 2: -20% jusqu'à la 2ème étape de travaux, puis diminution de 10% supplémentaire.
- scénario 3: -40% (Fr. 79'560.-)

Afin de tenir compte des imprévus liés aux frais d'entretien d'un bâtiment vétuste, la majoration (équivalent certain) appliquée aux charges d'entretien est fixée à 15%. Pour les autres charges, d'un montant relativement stable, elle est de 5%.

Les **taux d'amorce** des différentes croissances linéaires ont également été modulés en fonction des différentes stratégies de rénovation et de l'état de vétusté du bâtiment:

A. Frais d'entretien:

- scénario de base: 2.5%

- scénario 1: 1.5%

- scénario 2: 2.5% jusqu'à la deuxième étape de travaux puis 1.5%

- scénario 3: 1.19% (taux d'amorce de croissance générale des prix).

B. Autres charges:

- tous les scénarios: 1.19% (taux d'amorce de croissance générale des prix).

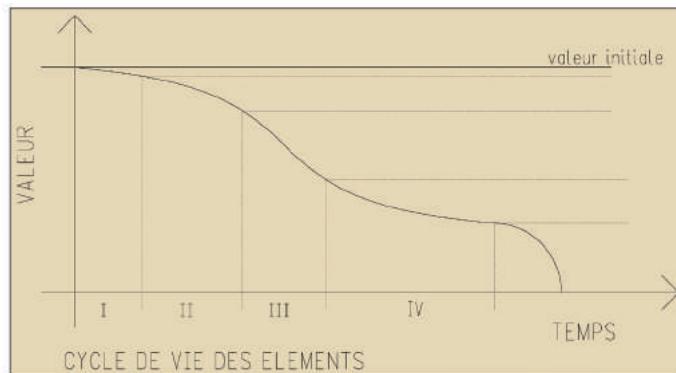
4. PRINCIPAUX PARAMÈTRES DE L'ANALYSE

4.8 Cycle de rénovations périodiques

Les cycles de rénovations varient en fonction de l'objet et de la stratégie du propriétaire.

La dépréciation n'est pas la même pour les différents groupes d'éléments de construction (installations techniques: 30 ans / enveloppe: 40 ans / structure porteuse: 200 ans). De plus, elle n'est pas linéaire mais suit la "courbe de vie" soit lente au départ, augmente progressivement, pour finir par une chute.

Cycle de vie des immeubles,
Denise Dupraz
CAS technique
9.10.2015



En Suisse, on estime qu'un bâtiment résidentiel a une espérance de vie globale moyenne de l'ordre de 100 ans (dépréciation de 1% de la valeur à neuf par année). Dans le cas de l'immeuble analysé, compte tenu de son niveau d'entretien (40 ans sans rénovations conséquentes), et de sa valeur patrimoniale (maintien de la substance à long terme), le cycle de rénovation retenu est de **40% de la valeur à neuf de l'immeuble tous les 30 ans**. Ce cycle sera appliqué à tous les scénarios proposés. Pour le scénario 3 (rénovation lourde), le premier cycle est décalé de 10 ans.

Le taux d'amorce de la croissance linéaire des coûts des travaux de rénovations est le même que celui calculé pour le prix des travaux (voir point 4.5, page 213), soit: 1.01%.

4.9 Charges accessoires (à la charge du locataire)

Les charges "accessoires", à la charge des locataires, diffèrent d'un canton à l'autre. Pour l'immeuble situé à Fribourg, elles comprennent les frais de chauffage, d'eau, d'électricité, de conciergerie et des installations communes. Elles s'élèvent en moyenne à Fr. 200.- pour les studios et Fr. 245.- pour les appartements 2.5 pièces.

La moyenne annuelle des charges de chauffage est établie sur la base des décomptes effectifs des 3 dernières années:

2013: Fr. 70'402.95

2014: Fr. 65'222.60

2015: Fr. 54'774.50

Charges de chauffage: moyenne retenue Fr. 63'500.-

Charges accessoires moyennes	global	studio*
- Chauffage	Fr. 63'466.-	Fr. 902.-
- Eau, électricité, épuration	Fr. 39'991.-	Fr. 574.-
- Concierge	Fr. 22'538.-	Fr. 328.-
- Divers	Fr. 11'593.-	Fr. 164.-
- Total des charges	Fr. 137'588.-	Fr. 2'340.-

* remarque: les frais accessoires calculés pour un studio sont théoriques (en fonction des m²) et permettent de donner un ordre de grandeur. En réalité elles ne sont pas proportionnelles aux m² mais plus grandes pour les studios que pour les 2.5 pièces.

Les charges accessoires, facturées au locataire sur la base d'un décompte annuel, couvrent strictement les coûts. Elles sont prises en compte pour l'évaluation des scénarios avec "rénovation de l'enveloppe thermique" dans la mesure où l'investissement permet au locataire de bénéficier de la diminution des frais de chauffage à sa charge.

Avec un montant de Fr. 200.- pour un loyer de Fr. 526.-, les charges accessoires sont très élevées: elles représentent 38% du loyer pour les studios et 28% pour les appartements de 2.5 pièces.

5. ÉVALUATION DES SCÉNARIOS

5.1 Récapitulation des scénarios

Trois stratégies de rénovation sont analysées:



Stratégie Mini

Scénario de base

Rénovation des 73 cuisines et salles de bain et assainissement du réseau sanitaire



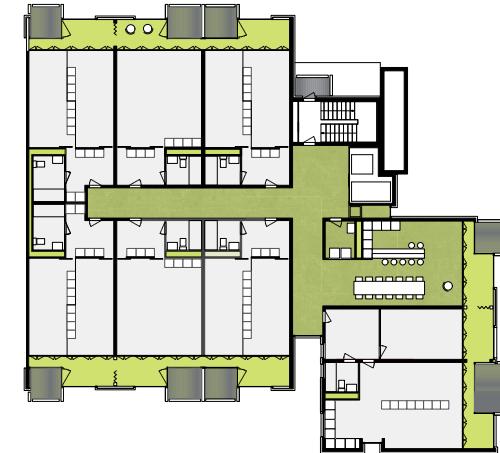
Stratégie Midi

Scénario 1:

Travaux du scénario de base + rénovation enveloppe thermique selon le cahier des charges établi pour le scénario de rénovation énergétique "2a", retenu au terme de l'expertise technique, pages 88 et suivantes.

Scénario 2:

Travaux identiques mais réalisés en 2 étapes



Stratégie Maxi

Scénario 3

Travaux du scénario de base (pour 19 cuisines et 73 salles de bain) + rénovation enveloppe thermique + agrandissement des surfaces locatives + aménagement de logements partagés, flexibles et évolutifs.

5.2 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO DE BASE

Scénario de base "travaux nécessaires"	cuisines, salles de bain et réseau sanitaire													
Année	taux amorce	0	2017	1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100
	croissance linéaire			2018	2019	2020	2021	2022	2029	2030	2049	2079	2109	2117
Etat locatif global corrigé (risque)	484'500	0.80%	484'500	484'500	484'500	488'376	492'252	496'128	523'260	527'136	600'780	717'060	833'340	864'348
Vacance - du croire logement progressif de -2% à -5.00%	-9'690		-9'690	-9'690	-9'768	-9'845	-9'923	-15'698	-15'814	-24'031	-35'853	-41'667	-43'217	
Pertes/réductions de loyers durant travaux (1 mois loyer + 1 studio vide)	-27'750		-27'750											
Revenus bruts (encaissements)		474'810		447'060	447'060	478'608	482'407	486'205	507'562	511'322	576'749	681'207	791'673	821'131
Frais d'entretien et de maintenance corrigés (risque)	121'992	2.50%	-121'992	-125'042	-128'092	-131'141	-134'191	-137'241	-158'590	-161'639	-219'586	-311'080	-402'574	-426'972
Autres frais d'exploitation (taxes, assurances...) corrigés	65'520	1.19%	-65'520	-66'300	-67'079	-67'859	-68'639	-69'418	-74'876	-75'656	-90'470	-113'861	-137'251	-143'489
Frais d'exploitation à la charge du bailleur (décaissements)		-187'512		-191'341	-195'171	-199'000	-202'830	-206'659	-233'466	-237'295	-310'056	-424'940	-539'825	-570'461
Balance des paiements d'exploitation		287'298		255'719	251'889	279'608	279'577	279'546	274'096	274'027	266'693	256'267	251'848	250'670
Travaux de rénovation (corrige avec le risque)	4'577'000			-2'288'500	-2'288'500									
Rénovations tous les 30 ans (30% de la valeur à neuf)	30.00%		-2'736'000									-3'620'275	-4'449'283	-5'278'291
Maintenance tous les 10 ans: 5%	5.00%		-456'000											-916'560
Prix à l'échéance	VA prix à l'échéance	62'202												5'188'649
Balance des paiements				-2'032'781	-2'036'611	279'608	279'577	279'546	-237'171	274'027	-3'353'582	-4'193'016	-5'026'443	4'522'759
Taux d'actualisation				2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	4.77%
Indice d'actualisation			1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.45	1.51	3.51	14.21	57.46	83.42
Balance des paiements actualisés				-1'982'167	-1'936'454	259'224	252'387	245'313	-163'664	181'936	-955'035	-295'178	-87'471	54'219
Valeurs au 31.12.2017														
VAN (somme des BP actualisés)		46'569												
TRI "projet de rénovation"		3.91%												
Montant FP investis (travaux)		4'577'000												
Vérification du rendement direct				1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100
VA fin an	46'569		2'080'540	4'170'277	3'997'388	3'825'636	3'655'978	3'003'571	2'847'766	3'133'585	3'022'485	4'581'955	5'188'649	
différence de VA			2'033'971	2089'737	-172'889	-171'753	-169'658	339'586	-155'805	3'343'568	4'139'737	5'006'211	871'752	
Taux rendement direct				-4365.11%	-97.89%	6.70%	6.99%	7.31%	-8.90%	9.12%	1597.07%	375.30%	1184.77%	104.77%
Taux de plus-value				4367.66%	100.44%	-4.15%	-4.30%	-4.43%	12.75%	-5.19%	-1592.30%	-370.53%	-1180.00%	20.19%
Rendement total				2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	124.96%

5.2 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO DE BASE

Scénario de base: travaux indispensables immédiatement (cuisines, salles de bain, réseau sanitaire)

VAN	46'569 frs	Revenu locatif requis/m ² lorsque VAN = 0	173 frs/m ²
A Données de l'immeuble		3 Revenu: état locatif	
Volume SIA 416	13'560 m ³	Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%
Surfaces locatives	2'941 m ²	Taux d'amorce croissance linéaire	0.80%
Nombre de logements	73	Taux progressif de vacance et d'croire	3.00-5.00%
Nombre de locataires	76		
Points de qualité SEL	27		
B Hypothèse du calcul par actualisation		4 Charges d'exploitation	
● Taux d'actualisation progressif (années 1-29) constant dès année 30	2.55 à 4.77%	● Pertes et réductions de loyer durant travaux: dédommagement locataires: 1 mois de loyer appartement de "transfert": 1 studio mis à disposition durant 2 ans	
	4.77%		
● Valeur à neuf	9'120'000 frs		
● Calcul du prix à l'échéance: selon formule de "croissance linéaire" VA du prix à l'échéance	62'202 frs		
1 Travaux initiaux		1 Travaux initiaux	
Durée	2 ans	106'080 frs	
Coûts	3'980'000 frs	15.00%	
Facteur correctif "équivalent certain"	15.00%	2.50%	
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%		
2 Travaux périodiques		2 Travaux périodiques	
40% de la valeur à neuf tous les 30 ans		62'400 frs	
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%	5.00%	
		1.19%	

5.3 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 1

Scénario 1		Travaux nécessaires + enveloppe thermique													
Année	taux amorce croissance linéaire	0	1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100		
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2029	2030	2049	2079	2109	2117		
Etat locatif global corrigé (risque)	484'500	0.80%	484'500	484'500	488'376	492'252	496'128	523'260	527'136	600'780	717'060	833'340	864'348		
Vacance - ducroire logement	-2.00%	-9'690	-9'690	-9'768	-9'845	-9'923	-10'465	-10'543	-12'016	-14'341	-16'667	-17'287			
Pertes/réductions de loyers durant travaux (1mois loyer + 1 studio vide)		-27'750	-27'750												
Revenus bruts (encaissements)		474'810	447'060	447'060	478'608	482'407	486'205	512'795	516'593	588'764	702'719	816'673	847'061		
Frais d'entretien et de maintenance corrigés (risque)	102'102	1.50%	-102'102	-103'634	-105'165	-106'697	-108'228	-109'760	-120'480	-122'012	-151'111	-197'057	-243'003	-255'255	
Autres frais d'exploitation (taxes, assurances...) corrigés	65'520	1.19%	-65'520	-66'300	-67'079	-67'859	-68'639	-69'418	-74'876	-75'656	-90'470	-113'861	-137'251	-143'489	
Frais d'exploitation à la charge du bailleur (décaissements)		-167'622	-169'933	-172'244	-174'556	-176'867	-179'178	-195'357	-197'668	-241'581	-310'918	-380'254	-398'744		
Balance des paiements d'exploitation		307'188	277'127	274'816	304'053	305'540	307'027	317'438	318'925	347'183	391'801	436'419	448'317		
Travaux de rénovation (corrigé avec le risque)	7'452'000			-3'726'000											
Subventions 60.-/m ² de façade: (- correction "risque" 20%)	65'328			65'328											
Rénovations tous les 30 ans (% de la valeur à neuf)	30.00%	-2'736'000													
Maintenance tous les 10 ans: 5%	5.00%	-456'000													
Prix à l'échéance	VA prix à l'échéance	120'916													10'086'328
Balance des paiements			-3'448'873	-3'385'856	304'053	305'540	307'027	-193'829	318'925	-3'273'092	-4'057'482	-4'841'872	9'618'085		
Taux d'actualisation			2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	4.77%		
Indice d'actualisation		1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.45	1.51	3.51	14.21	57.46	83.42		
Balance des paiements actualisés			-3'362'999	-3'219'346	281'886	275'825	269'429	-133'755	211'745	-932'113	-285'636	-84'259	115'302		

Valeurs au 31.12.2017	
VAN (somme des BP actualisés)	-1'097'956
TRI "projet de rénovation"	3.29%
Montant FP investis (travaux)	7'452'000

Vérification du rendement direct		1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100
VA fin an	-1'097'956	2'322'881	5'768'052	5'611'607	5'457'432	5'307'165	4'814'897	4'685'487	5'619'698	6'617'666	9'205'424	10'086'328
différence de VA		3'420'837	3'445'171	-156'445	-154'175	-150'267	364'906	-129'410	3'379'902	4'174'014	5'040'488	906'029
Taux rendement direct			314.12%	-145.76%	5.27%	5.44%	5.63%	-4.36%	6.62%	-146.13%	-166.04%	-116.25%
Taux de plus-value			-311.56%	148.31%	-2.71%	-2.75%	-2.75%	8.20%	-2.69%	150.90%	170.81%	121.02%
Rendement total			2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%

5.3 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 1

Scénario 1: rénovations de base + enveloppe thermique (1 étape)

VAN	-1'097'956 frs	Revenu locatif requis/m ² lorsque VAN = 0	187 frs/m ²	
A Données de l'immeuble		3 Revenu: état locatif		
Volume SIA 416	13'560 m ³	Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%	
Surfaces locatives	2'941 m ²	Taux d'amorce croissance linéaire	0.80%	
Nombre de logements	73			
Nombre de locataires	76	Taux progressif de vacance et d'croire	2.00%	
Points de qualité SEL	27			
B Hypothèse du calcul par actualisation				
● Taux d'actualisation progressif (années 1-29) constant dès année 30	2.55 à 4.77%	● Perdes et réductions de loyer durant travaux: dédommagement locataires: 1 mois de loyer		
	4.77%	appartement de "transfert": 1 studio mis à disposition durant 2 ans		
● Valeur à neuf	9'120'000 frs			
● Calcul du prix à l'échéance: selon formule de "croissance linéaire" VA du prix à l'échéance	120'916 frs			
1 Travaux initiaux		4 Charges d'exploitation		
Durée	2 ans	● Frais d'entretien et de maintenance	92'820 frs	
Coûts	3'980'000 frs	Facteur correctif "équivalent certain"	10.00%	
Facteur correctif "équivalent certain"	15.00%	taux d'amorce croissance linéaire	1.50%	
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%			
2 Travaux périodiques		● Autres charges d'exploitation	62'400 frs	
		Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%	
40% de la valeur à neuf tous les 30 ans		taux d'amorce croissance linéaire	1.19%	
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%			

5.4 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 2

Scénario 2	Travaux nécessaires (année 0) + enveloppe thermique (année 10)														
	Année	taux amorce croissance linéaire	0 2017	1 2018	2 2019	3 2020	4 2021	5 2022	12 2029	13 2030	32 2049	62 2079	92 2109	100 2117	
				TRAVAUX					TRAVAUX 2						
Etat locatif global corrigé (risque)	484'500	0.80%	484'500	484'500	484'500	488'376	492'252	496'128	523'260	527'136	600'780	717'060	833'340	864'348	
Vacance - ducroire logement		-2.00%	-9'690	-9'690	-9'690	-9'768	-9'845	-9'923	-10'465	-10'543	-12'016	-14'341	-16'667	-17'287	
Perthes/réductions de loyers durant travaux (1mois loyer + 1 studio vide)			-27'750	-27'750					-28'888	-29'114					
Revenus bruts (encaissements)	474'810		447'060	447'060	478'608	482'407	486'205	483'907	487'479	588'764	702'719	816'673	847'061		
Frais d'entretien et de maintenance corrigés (risque)	121'992		-121'992	-125'042	-128'092	-131'141	-134'191	-137'241	-158'590	-161'639	-144'114	-183'504	-222'894	-233'398	
Autres frais d'exploitation (taxes, assurances...) corrigés	65'520		-65'520	-66'300	-67'079	-67'859	-68'639	-69'418	-74'876	-75'656	-90'470	-113'861	-137'251	-143'489	
Frais d'exploitation à la charge du bailleur (décaissements)	-187'512		-191'341	-195'171	-199'000	-202'830	-206'659	-233'466	-237'295	-234'584	-297'365	-360'146	-376'887		
Balance des paiements d'exploitation	287'298		255'719	251'889	279'608	279'577	279'546	250'441	250'184	354'180	405'354	456'528	470'174		
Travaux de rénovation (corrigé avec le risque)	4'577'000	3'243'460		-2'288'500	-2'288'500				-1'818'284	-1'834'663					
Subventions 60.-/m ² de façade: (- correction "risque" 30%)		65'328							21'776	21'776					
Rénovations tous les 30 ans (% de la valeur à neuf)	30.00%	-2'736'000									-3'620'275	-4'449'283	-5'278'291		
Maintenance tous les 10 ans: 5%	5.00%	-456'000												-916'560	
Prix à l'échéance	VA prix à l'échéance	127'617												10'645'336	
Balance des paiements			-2'032'781	-2'036'611	279'608	279'577	279'546	-1'546'066	-1'562'703	-3'266'095	-4'043'929	-4'821'764	10'198'950		
Taux d'actualisation			2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	4.77%		
Indice d'actualisation		1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.45	1.51	3.51	14.21	57.46	83.42		
Balance des paiements actualisés			-1'982'167	-1'936'454	259'224	252'387	245'313	-1'066'889	-1'037'532	-930'120	-284'682	-83'909	122'266		

Valeurs au 31.12.2017	
VAN (somme des BP actualisés)	-730'107
TRI "projet de rénovation"	3.59%
Montant FP investis (travaux)	4'577'000

Vérification du rendement direct	1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100
VA fin an	-730'107	1'284'031	3'353'430	3'159'638	2'965'288	2'770'917	3'164'424	4'851'680	5'867'093	7'002'538	9'727'772
différence de VA		2'014'138	2'069'399	-193'792	-194'350	-194'370	1'605'980	1'687'256	3'384'485	4'178'596	5'045'070
Taux rendement direct		278.42%	-158.61%	8.34%	8.85%	9.43%	-99.21%	-49.38%	-131.56%	-143.20%	-102.97%
Taux de plus-value		-275.87%	161.16%	-5.78%	-6.15%	-6.55%	103.05%	53.32%	136.33%	147.97%	107.74%
Rendement total		2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	114.12%

5.4 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 2

Scénario 2: rénovations de base + enveloppe thermique (2 étapes)

VAN	-730'107 frs	Revenu locatif requis/m2 lorsque VAN = 0	183 frs/m2
A Données de l'immeuble		3 Revenu: état locatif	
Volume SIA 416	13'560 m3	Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%
Surfaces locatives	2'941 m2	Taux d'amorce croissance linéaire	0.80%
Nombre de logements	73		
Nombre de locataires	76	Taux progressif de vacance et d'croire	2.00%
Points de qualité SEL	27		
B Hypothèse du calcul par actualisation			
● Taux d'actualisation progressif (années 1-29) constant dès année 30	2.55 à 4.77%	● Pertes et réductions de loyer durant travaux:	
	4.77%	○ travaux étape 1 (année 0): dédommagement locataires: 1 mois de loyer appartement de "transfert": 1 studio mis à disposition durant 2 ans	
● Valeur à neuf	9'120'000 frs	○ travaux étape 2 (année 10): dédommagement locataires: 1 mois de loyer appartement de "transfert": 1 studio mis à disposition durant 2 ans	
● Calcul du prix à l'échéance: selon formule de "croissance linéaire" VA du prix à l'échéance	127'617 frs		
1 Travaux initiaux		4 Charges d'exploitation	
Durée	2 ans	● Frais d'entretien et maintenance (année 1)	106'080 frs
Coûts	3'980'000 frs	après travaux étape 2: diminution des frais de 5%	
Coûts étape 2 (année 10)	2'564'000 frs	Facteur correctif "équivalent certain"	15.00%
Facteur correctif "équivalent certain"	15.00%	taux d'amorce croissance linéaire année 1	2.50%
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%	taux d'amorce croissance linéaire année 12	1.50%
2 Travaux périodiques			
40% de la valeur à neuf tous les 30 ans		● Autres charges d'exploitation	62'400 frs
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%	Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%
		taux d'amorce croissance linéaire	1.19%

5.5 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 3

Scénario 3		Agrandissement + aménagement d'appartements partagés															
Année	taux amorce croissance linéaire	0	1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100				
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2029	2030	2049	2079	2109	2117				
Etat locatif global corrigé (risque)	484'500	0.80%	484'500	484'500	488'376	492'252	496'128	523'260	527'136	600'780	717'060	833'340	864'348				
Vacance - du croire logement		-2.00%	-9'690	-9'690	-9'768	-9'845	-9'923	-10'465	-10'543	-12'016	-14'341	-16'667	-17'287				
Pertes/réductions de loyers			-242'250	-387'600	-390'701	-246'126											
Revenus bruts (encaissements)			474'810	232'560	87'210	87'908	236'281	486'205	512'795	516'593	588'764	702'719	816'673	847'061			
Frais d'entretien et de maintenance corrigés (risque)	83'538	1.19%	-83'538	-84'532	-85'526	-86'520	-87'514	-88'509	-95'467	-96'461	-115'349	-145'172	-174'995	-182'948			
Autres frais d'exploitation (taxes, assurances...) corrigés	76'020	1.19%	-76'020	-76'925	-77'829	-78'734	-79'639	-80'543	-86'876	-87'780	-104'968	-132'108	-159'247	-166'484			
Frais d'exploitation à la charge du bailleur (décaissements)			-159'558	-161'457	-163'355	-165'254	-167'153	-169'052	-182'343	-184'242	-220'318	-277'280	-334'242	-349'432			
Balance des paiements d'exploitation			315'252	71'103	-76'145	-77'347	69'128	317'154	330'452	332'352	368'447	425'439	482'431	497'629			
Travaux de rénovation (corrigé avec le risque)	8'050'000			-4'025'000	-4'025'000												
Subventions 60.-/m2 de façade: (- correction "risque" 20%)	65'328			65'328													
Rénovations tous les 30 ans (% de la valeur à neuf)	30.00%		-2'946'000														
Maintenance tous les 10 ans: 5%	5.00%		-491'000														
Prix à l'échéance	VA prix à l'échéance	135'590															11'310'419
Balance des paiements			-3'953'897	-4'035'817	-77'347	69'128	317'154	330'452	332'352	-3'529'700	-4'365'346	-5'200'992	10'821'138				
Taux d'actualisation			2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	4.77%	4.77%			
Indice d'actualisation		1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.45	1.51	3.51	14.21	57.46	83.42				
Balance des paiements actualisés			-3'855'448	-3'837'343	-71'708	62'405	278'315	228'034	220'660	-1'005'190	-307'309	-90'509	129'725				
Valeurs au 31.12.2017																	
VAN (somme des BP actualisés)		-2'167'098															
TRI "projet de rénovation"		2.86%															
Montant FP investis (travaux)		8'050'000															
Vérification du rendement direct			1	2	3	4	5	12	13	32	62	92	100				
VA fin an		-2'167'098	1'731'462	5'811'492	6'037'558	6'131'285	5'990'247	5'080'667	4'948'292	6'075'560	7'337'801	10'311'855	11'310'419				
différence de VA			3'898'560	4'080'030	226'066	93'727	-141'037	-130'126	-132'375	3'645'580	4'500'643	5'433'623	981'826				
Taux rendement direct			182.45%	-233.09%	-1.33%	1.14%	5.17%	6.34%	6.54%	-145.26%	-153.86%	-106.62%	104.77%				
Taux de plus-value			-179.90%	235.64%	3.89%	1.55%	-2.30%	-2.50%	-2.61%	150.03%	158.63%	111.39%	9.51%				
Rendement total			2.55%	2.55%	2.56%	2.70%	2.87%	3.84%	3.94%	4.77%	4.77%	4.77%	114.27%				

5.5 ÉVALUATION DES SCÉNARIOS: SCÉNARIO 3

Scénario 3: agrandissement + aménagement d'appartements partagés

VAN	-2'167'098 frs	Revenu locatif requis/m ² lorsque VAN = 0	164 frs/m ²
A Données de l'immeuble		3 Revenu: état locatif	
Volume SIA 416	13'560 m ³	Facteur correctif "équivalent certain"	5.00%
Surfaces locatives	2'941 m ²	Taux d'amorce croissance linéaire	0.80%
Nombre de logements	73		
Nombre de locataires	76		
Points de qualité SEL	27	Taux progressif de vacance et d'croire	2.00%
B Hypothèse du calcul par actualisation		4 Charges d'exploitation	
● Taux d'actualisation progressif (années 1-29) constant dès année 30	2.55 à 4.77%	● Pertes et réductions de loyer durant et après les travaux: changement d'une partie des locataires	
	4.77%	première année de travaux: diminution de 50% de l'état locatif	
● Valeur à neuf	9'820'000 frs	deuxième année de travaux: diminution de 80% de l'état locatif	
● Calcul du prix à l'échéance: selon formule de "croissance linéaire" VA du prix à l'échéance	135'590 frs	année 1: diminution de 80% de l'état locatif	
		année 2: diminution de 50% de l'état locatif	
1 Travaux initiaux		5 Frais d'entretien et de maintenance	
Durée	2 ans	Facteur correctif "équivalent certain"	79'560 frs
Coûts	7'000'000 frs	taux d'amorce croissance linéaire	5.00%
Facteur correctif "équivalent certain"	15.00%		1.19%
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%	6 Autres charges d'exploitation	
2 Travaux périodiques		Facteur correctif "équivalent certain"	72'400 frs
40% de la valeur à neuf tous les 30 ans		taux d'amorce croissance linéaire	5.00%
Taux d'amorce croissance linéaire	1.01%		1.19%

6.1 COMPARAISON DES RÉSULTATS: synthèse

Scénarios	base	1	2	3
	cuisines salles de bain rénovation +	cuisines_salles de bain enveloppe thermique en 1 étape	cuisines_salles de bain enveloppe thermique en 2 étapes rénovation ++	cuisines_salles de bain enveloppe thermique logements partagés rénovation +++
VAN (taux actualisation 2.55-4.77% progressif) sans augmentation de loyer suite aux travaux	46'569 1	-1'097'956 3	-730'107 2	-2'167'098 4
TRI	3.91%	3.29%	3.59%	2.86%
remarque: il est difficile d'interpréter le TRI (calculé comme un taux moyen unique) dans un contexte de taux d'actualisation croissant; dans le cas présent, il confirme les VAN.				
Valeurs pour VAN = 0		logement "standard" studio 1 pièce 37 m2		1 pièce dans logement "partagé" 31 m2
Revenu annuel locatif nécessaire/m2 après travaux sans les charges locataires	173 2	187 4	183 3	164 1
différence avec revenu locatif avant travaux (173.-/m2)	0%	8%	6%	-5%
Loyer mensuel du logement 1 pièce après travaux + charges	533 200	577 170	563 200	423 142
Total loyer + charges	733 2	747 3	763 4	565 1
Loyer avant travaux: 533.- + charges 200.- = 733.- différence en % avec loyer avant travaux	0%	2%	4%	-23%
Loyer annuel moyen par hab. après travaux actuel: 76 locataires / scénario 3: 110 loc.	6'688 2	7'242 4	7'065 3	5'426 1
différence du loyer/hab. en % de scénario de base	0%	8%	6%	-19%
Loyers requis après travaux par point qualité (SEL) scénario base, 1 et 2: 27 points / scénario 3: 33 points	18'825 2	20'385 4	19'886 3	18'088 1
différence en % avec scénario de base	0%	8%	6%	-4%

6. COMPARAISON DES RÉSULTATS: synthèse

Valeur actuelle nette (VAN) sans augmentation de loyer

L'analyse des VAN entraîne un classement des scénarios en fonction de l'importance des investissements initiaux. Le scénario de base, prévoyant uniquement les travaux indispensables, dégage la VAN la plus élevée. A l'inverse, le scénario 3 "agrandissement et rénovation lourde", avec ses travaux très importants, obtient la VAN la plus largement négative. Toutefois, dans le cas présent, la comparaison des VAN n'est pas significative, puisque c'est la conséquence sur les loyers qui est déterminante. C'est pourquoi les revenus minimums requis ont été calculés, pour chaque scénario, sous forme de recherche de valeur cible, en supposant une VAN = 0.

Loyer lorsque VAN = 0 : évaluation des scénarios de base, 1 et 2:

Alors que les scénarios de base, 1 et 2 sont facilement comparables, le scénario 3, en raison de l'agrandissement des surfaces de plancher et de la modification de sa typologie, sera analysé dans un second temps.

La comparaison des revenus minimums requis (pour VAN = 0), permet de constater que seul le scénario de base garantit des loyers restant dans la fourchette de prix souhaitée par le mandant. Pour rappel, le revenu annuel locatif actuel est de frs 173.-/m². Pour garder des loyers attractifs l'augmentation ne devrait pas dépasser 5% par rapport au loyer actuel, donc 181.-/m².

Les scénarios 1 et 2 comprennent la rénovation de l'enveloppe thermique. Ils entraînent des augmentations sensiblement plus élevées. Pour nuancer, il faut relever qu'en raison de la diminution des frais de chauffage facturés aux locataires, en plus du loyer, l'augmentation pourrait être limitée à 4% pour le scénario 1. Pour rappel, la réduction de charge a été estimée à Fr. 30.- par studio (voir page 193). Ce calcul reste cependant théorique et si le prix du pétrole, fortement volatile, venait à baisser, l'économie pourrait ne plus être suffisante pour compenser la hausse de loyer.

Dans la seule optique du maintien d'un loyer minimal (qui ne tient pas compte de critères écologiques, de confort ou de maintien de la valeur du bien), la comparaison entre les 3 premiers scénarios recommande d'écartier les scénarios 1 et 2. En effet, la rénovation énergétique, répercutée sur les loyers, entraîne une hausse supérieure à celle souhaitée par le propriétaire.

Loyer lorsque VAN = 0 : évaluation du scénario 3:

La seule comparaison du loyer par m² du scénario 3 avec le scénario de base est rendue difficile en raison des grandes différences que présentent les deux propositions. D'un côté, un studio 1 pièce de 37 m² avec une cuisine et une salle de bain; de l'autre, un espace de 31 m² composé d'une chambre privée et d'une surface "partagée" comprenant une cuisine et un espace commun aux locataires de l'étage.

La comparaison des 2 scénarios doit être envisagée sous différents aspects:

- **loyers au m²**: la réduction de la surface par logement permet de diminuer sensiblement le loyer au m², même après les travaux de rénovation.
- **irréversibilité**: des scénarios "de base" et "3" constituent les cas extrêmes: le premier envisage les travaux indispensables et laisse une grande liberté de stratégie au propriétaire pour la gestion future de son immeuble; le second donne au bâtiment une nouvelle orientation à long terme.
- **nombre de locataires**: corollaire de la diminution de la surface des logements, le nombre de locataires du scénario 3 est d'environ 40% supérieur à celui du scénario de base. De ce fait, le loyer par personne est également sensiblement plus avantageux. Ce type de logement représente également une forme de densification bienvenue dans un secteur urbain.

6. COMPARAISON DES RÉSULTATS: synthèse

● **notion qualitative des logements:** afin d'obtenir une unité commune à tous les scénarios, le **Système d'évaluation de logements "Situation - Environnement immédiat - Logement" (SEL)**, développé par l'Office fédéral du logement, est utilisé dans cette analyse comme outil d'aide à l'évaluation et à la comparaison. En effet l'aménagement de logements présentant une typologie différente par le scénario 3, rend difficile la comparaison des prix au m² des différentes variantes.

Le SEL constitue un outil de contrôle dans le cadre de la promotion du logement à loyer modéré par la Confédération et les cantons. Il prend en compte la diversité des besoins liés au logement pour les familles, les groupes ou les personnes seules, ainsi que pour les aînés et les personnes handicapées.

Les besoins liés au logement évoluant constamment, ce système d'évaluation met en relation des typologies éprouvées avec des structures nouvelles. La **valeur d'usage** constitue la mesure commune. Elle reflète la qualité du logement, en mesurant son **utilité concrète** ainsi que la **plus-value offerte aux occupants**.

L'utilisation de ce système d'évaluation permet de valoriser la nouvelle typologie proposée par le scénario 3 qui, avec sa configuration spatiale souple et modulable, n'entre pas dans une trame de logement standard.

Un éventail de 12 critères d'évaluation sur les 25 que comprend le SEL a été retenu. Les autres données, se rapportant à la situation et à l'environnement immédiat, ont été ignorées puisqu'elles sont identiques pour tous les scénarios. Chacun des critères peut obtenir entre 0 et 4 points, si bien que la valeur d'usage maximale ici est de 48 points.

Les solutions originales, développant des formes d'habitation d'un type nouveau, sont prises en compte et valorisées par l'attribution d'un "point à l'**innovation**" supplémentaire par critère.

Voici la liste des critères retenus et évalués. Les résultats sont présentés aux pages 227 et 228 et les grilles d'évaluation détaillées figurent à l'annexe VI.

- C1 Offre de logements
- C2 Utilisations complémentaires
- C15 Surface nette habitable
- C16 Taille des pièces et offre en surfaces supplémentaires
- C17 Flexibilité d'utilisation
- C18 Option d'ameublement des pièces
- C19 Cuisine et coin repas
- C20 Installations sanitaires
- C21 Options d'ameublement de la zone de rangement
- C22 Adaptabilité de l'espace privé
- C23 Espaces extérieurs privés
- C24 Transitions intérieur/extérieur

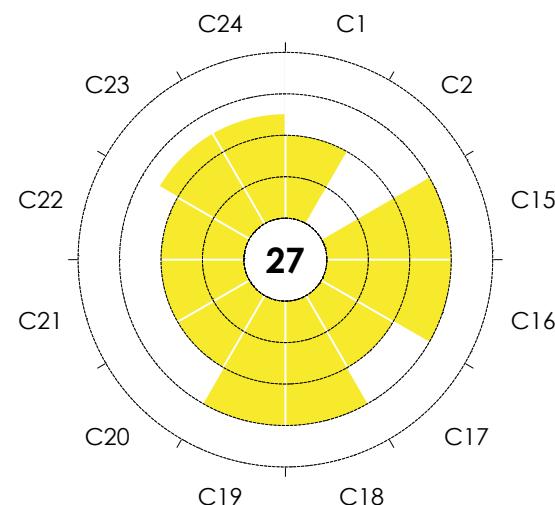
La valeur d'usage des logements proposés par le scénario 3 (33 points) peut ainsi être comparée à celle du scénario de base (27 points). Pour l'évaluation économique des différents scénarios, les loyers sont ramenés à l'unité de la valeur d'usage (1 point SEL), afin de pouvoir être comparés.

L'évaluation qualitative des scénarios sur la base de "l'état locatif par point de valeur d'usage" présente un ratio favorable à la proposition 3: le loyer, calculé par "point de qualité SEL" et par année, est de 4% inférieur à celui du scénario de base.

6.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS: évaluation qualitative des logements

Évaluation SEL des logements du scénario de base

		points
C1	Offre de logements	2
C2	Utilisations complémentaires	0
C15	Surface nette habitable	3
C16	Taille des pièces	3
C17	Flexibilité d'utilisation	2
C18	Option d'ameublement des pièces	3
C19	Cuisine et coin repas	3
C20	Installations sanitaires	2
C21	Options de rangement	2
C22	Adaptabilité de l'espace privé	2
C23	Espaces extérieurs privés	2.5
C24	Transitions intérieur/extérieur	2.5
	Total	27



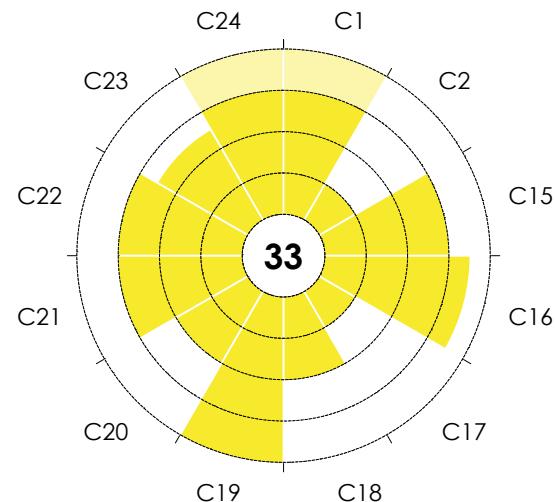
Évaluation des plans des studios et appartements 2.5 pièces selon la méthode SEL



6.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS: évaluation qualitative des logements

Évaluation SEL des logements du scénario 3

	points
C1 Offre de logements	3 + 1 (innovation)
C2 Utilisations complémentaires	1
C15 Surface nette habitable	3
C16 Taille des pièces	3.5
C17 Flexibilité d'utilisation	1
C18 Option d'ameublement des pièces	2
C19 Cuisine et coin repas	4
C20 Installations sanitaires	2
C21 Options de rangement	3
C22 Adaptabilité de l'espace privé	3
C23 Espaces extérieurs privés	2.5
C24 Transitions intérieur/extérieur	3 + 1 (innovation)
Total	33



Évaluation des plans des logements évolutifs et appartements 2.5 pièces selon la méthode SEL



7. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

L'exercice de simulation permet de mesurer la sensibilité des résultats à une variation des paramètres.

Une analyse de sensibilité portant sur tous les scénarios n'est pas pertinente car, ceux-ci étant construits de manière analogue (investissement initial puis croissance modérée des loyers, travaux périodiques réguliers...), les VAN sont modifiées de manière similaire et le "classement" des scénarios n'est pas modifié.

Il est plus intéressant d'évaluer l'impact d'une variation de $\pm 0.5\%$ du taux d'actualisation sur le prix des loyers au m^2 . La synthèse présentée dans le tableau ci-dessous permet de remarquer que l'impact de cette variation est d'autant plus grand que le scénario prévoit des travaux importants.

taux actualisation	VAN	loyer/ m^2	
scénario base			
de 2.05% à 4.27%	369'543.-	169.-/ m^2	-2.3%
de 2.55% à 4.77% (base)	46'569.-	173.-/ m^2	100%
de 3.05% à 5.27%	-219'298.-	177.-/ m^2	+2.3%
scénario 1			
de 2.05% à 4.27%	-474'606.-	179.-/ m^2	-4.3%
de 2.55% à 4.77% (base)	-1'097'956.-	187.-/ m^2	100%
de 3.05% à 5.27%	-1'583'605.-	196.-/ m^2	+4.8%
scénario 2			
de 2.05% à 4.27%	-202'505.-	176.-/ m^2	-3.8%
de 2.55% à 4.77% (base)	-730'107.-	183.-/ m^2	100%
de 3.05% à 5.27%	-1'486'365.-	189.-/ m^2	+3.2%
scénario 3			
de 2.05% à 4.27%	-1'491'404.-	154.-/ m^2	-6.1%
de 2.55% à 4.77% (base)	-2'167'098.-	164.-/ m^2	100%
de 3.05% à 5.27%	-2'690'869.-	173.-/ m^2	+5.5%

La variation d'un demi % des taux d'actualisation n'a pas d'influence sur la pertinence des scénarios de base et 3; les valeurs des loyers par m^2 restent dans tous les cas inférieures à la valeur limite de 181.-/ m^2 , souhaitée par le propriétaire. Dans le cas des scénarios 1 et 2, une baisse du taux permet de diminuer d'environ 4% le montant du loyer. Ils se situent ainsi légèrement au-dessous de la valeur limite, mais restent les variantes les moins avantageuses.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse de sensibilité porte uniquement sur le scénario envisageant le plus grand nombre de changements. Basé sur le calcul DCF établi pour le scénario 3 au point 5.5, l'objectif de cette analyse est de:

- déterminer les variables du projet qui sont plus sensibles que d'autres aux risques,
- mettre en évidence l'influence d'une variation des hypothèses de base sur les résultats obtenus.

Analyse de la sensibilité de la VAN par variation d'une variable, en gardant les autres constantes

L'analyse de la sensibilité du scénario 3 permet d'évaluer l'influence des variables suivantes:

- Travaux (investissement initial)
- Charges d'entretien et de maintenance
- Taux de vacances des logements
- Taux de croissance des loyers
- Valeur à neuf du bâtiment (-> coût travaux rénovation périodique)

Chaque paramètre sera modifié dans une fourchette allant d'une valeur "optimiste" (+) à "pessimiste" (-) à partir de sa valeur "probable", retenue pour le calcul de base, tout en gardant les autres variables constantes. Les VAN calculées sur la base de ces hypothèses sont présentées dans des tableaux individuels par variable. Un tableau récapitulatif présente également les incidences en terme de loyer par m^2 .

7. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

1. Travaux initiaux

% de variation	montant des travaux	VAN	
+20%	9'660'000.-	-3'717'466.-	-72%
0% (base)	8'050'000.-	-2'167'098.-	100%
-20%	6'440'000.-	-616'730.-	+72%

2. Charges d'exploitation

% de variation	montant charges	VAN	
+20%	191'470.-	-3'185'769.-	-47%
0% (base)	159'558.-	-2'167'098.-	100%
-20%	127'646.-	-1'148'427.-	+47%

3. Taux de vacance des logements

variation	taux de vacance	VAN	
+	4.00%	-2'450'844.-	-13%
0 (base)	2.00%	-2'167'098.-	100%
-	0.00%	-1'883'312.-	+13%

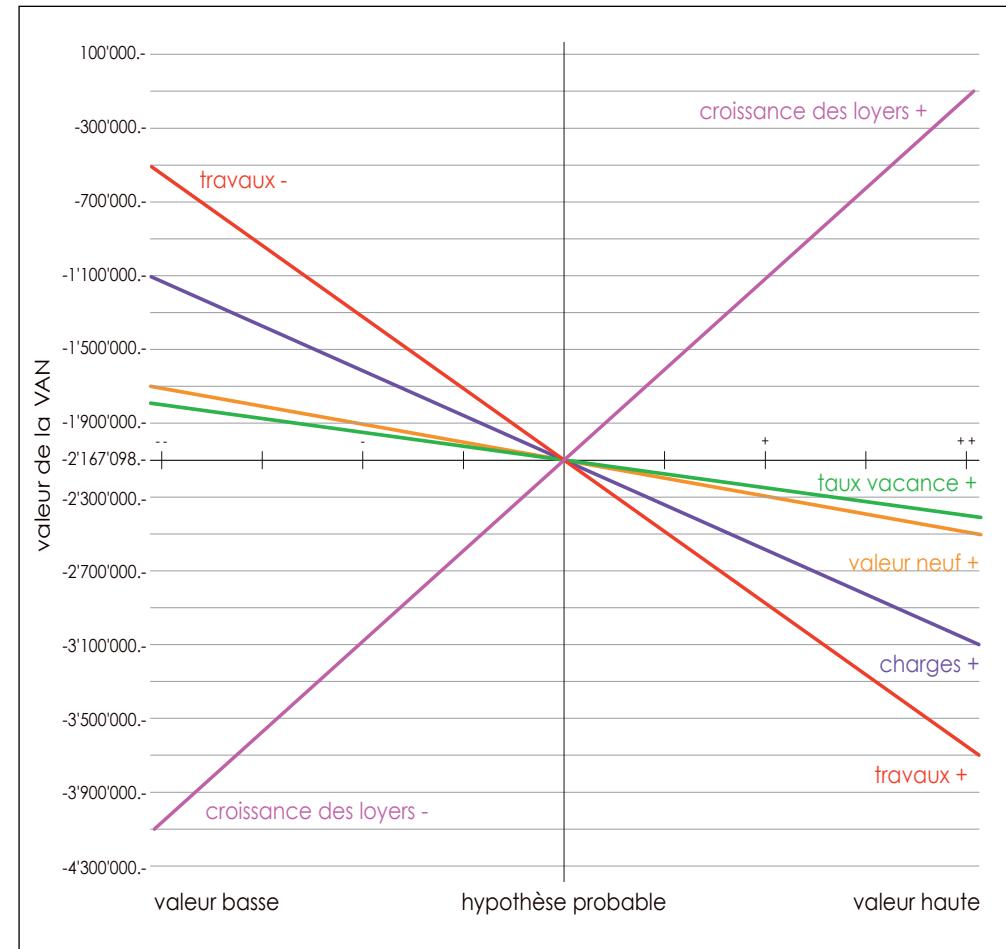
4. Taux d'amorce de croissance des loyers

variation	taux d'amorce	VAN	
+	1.60%	-177'044.-	+92%
0 (base)	0.80%	-2'167'098.-	100%
-	0.00%	-4'157'152.-	-92%

5. Valeur à neuf (influence coût travaux rénovations périodiques)

% de variation	valeur à neuf	VAN	
+20%	11'784'000.-	-2'587'175.-	-19%
0% (base)	9'820'000.-	-2'167'098.-	100%
-20%	7'856'000.-	-1'747'020.-	+19%

Représentation graphique de la sensibilité de la VAN aux variations des différents paramètres



7. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

La VAN montre un degré de sensibilité différent d'un paramètre à l'autre. Elle est très sensible à l'évolution des loyers, composante qui, dans le cadre de cette analyse est, selon l'hypothèse de base, modérée. Le deuxième facteur ayant une forte influence sur la valeur de la VAN est le montant des travaux initiaux. Afin de maintenir les loyers bas, il est indispensable d'optimiser le montant des travaux (projet compact, maximisation de la part des surfaces locatives par rapport à l'ensemble, réduction de l'équipement, choix de matériaux moins chers,...).

Ci-dessous: tableau récapitulatif des loyers au m², selon les hypothèses de variation présentées à la page précédente. Les loyers constituant l'inconnue du système, ils sont calculés pour atteindre une VAN de 0.

variation	travaux	charges	vacance	loyers	valeur neuf (croissance)
+	180.-/m ²	175.-/m ²	167.-/m ²	140.-/m ²	179.-/m ²
0	164.-/m ²				
-	148.-/m ²	152.-/m ²	160.-/m ²	189.-/m ²	149.-/m ²
variation en %	10%	7%	2%	15%	9%

L'analyse des loyers par m² montre l'ampleur de leur variation: ainsi un taux d'amorce de croissance linéaire des loyers, évalué de manière "optimiste" ou au contraire "pessimiste", peut entraîner une variation de 15% du loyer par rapport à l'hypothèse "probable".

En ce qui concerne les travaux, une augmentation de 20% de l'investissement fait varier les loyers/m² de +10%. Ceci permet d'évaluer les conséquences d'un dépassement du devis général, ou constituer une aide à la décision, en cas de comparaison de variantes d'investissement.

Une valeur à neuf déterminée avec plus ou moins de soin peut également influencer le résultat, car elle sert de base au calcul des montants engagés dans les travaux périodiques de rénovation. Une valeur haute (+20% de la valeur probable) a pour conséquence d'augmenter les loyers de 9%.

De manière générale il faut remarquer que les hypothèses "pessimistes" permettent généralement d'obtenir des loyers au m² inférieurs à la valeur limite de 181.-/m². Seule exception: l'hypothèse d'un taux d'amorce de croissance des loyers nul, qui requiert un loyer minimum de 189.-/m².

8. CONCLUSION

La présente étude montre qu'il est possible de rénover le bâtiment selon la stratégie "réactive" (uniquement travaux indispensables) proposée par le **scénario de base**, selon laquelle les rénovations se font sans échéancier précis. L'état locatif requis reste alors compatible avec les objectifs du propriétaire. Des travaux plus conséquents (rénovation de l'enveloppe thermique) entraînent quant à eux des hausses de loyers plus importantes et ceux-ci deviennent moins abordables pour les locataires cible.

L'analyse a également démontré qu'il serait possible d'adopter une stratégie "proactive", basée sur une vision à long terme en adéquation avec la valeur patrimoniale du bâtiment. L'immeuble est en effet totalement adapté à un agrandissement, accompagné d'un changement de typologie, permettant d'offrir une diversité de logements supplémentaires sur le marché. Ces changements, proposés par le **scénario 3**, permettraient également de réduire les loyers par m^2 grâce à d'autres leviers:

- la réduction de la surface des logements, contrebalancée par l'augmentation de leur qualité d'usage (flexibilité, modularité).
- l'augmentation du nombre de logements.
- l'augmentation de la part des surfaces locatives par rapport à l'ensemble des surfaces de plancher.
- une limitation du standard permettant des économies en matière d'équipement (moins de cuisines par exemple).
- la limitation des coûts de construction par l'emploi de matériaux bruts.
- profiter d'économies d'échelle si tous les immeubles de l'ensemble d'habitation des Hauts de Schiffenen étaient rénovés selon le même scénario (possibilité de standardisation de certains éléments de construction).

Les scénarios "travaux indispensables" et "extension + changement de typologie" représentent des positions "extrêmes" et opposées. Pourtant, même si, selon les hypothèses de base, le scénario 3 est celui qui permet de pratiquer les loyers les plus faibles pour un rendement donné, les valeurs obtenues en terme de loyer au m^2 par les deux variantes sont très proches. Le choix de l'une ou de l'autre dépendra donc des options stratégiques et de l'appréciation du propriétaire.

Du côté du locataire, il faut toutefois relever que ce qui importe, ce n'est pas tant le prix au m^2 que le coût total de son logement, charges comprises. De ce point de vue-là, le concept d'appartements partagés offre certes des conditions de vie différentes de celles d'un logement "classique", mais permet également une réduction conséquente du prix de la location par personne.

Du point de vue de l'ampleur du coût des travaux, le choix se porte sur le scénario de base, qui requiert l'investissement le moins élevé. Toutefois, la présente analyse, qui se concentre sur les options stratégiques de rénovation à long terme, a été réalisée avec l'hypothèse d'un financement 100% en capital propre. Les travaux étant conséquents et d'ampleur très différente selon les scénarios, le mode de financement doit faire l'objet d'une étude complémentaire, purement financière, qui constitue également une aide à la décision pour le propriétaire.

Pour conclure, il faut rappeler l'importance de la prise en compte de quelques **facteurs socio-économiques** fondamentaux. Servant de base à l'analyse chiffrée, ils jouent un rôle déterminant dans l'évaluation des solutions et mettent en perspective les résultats obtenus.

- **état et évolution du quartier, perspectives de l'offre et de la demande, positionnement du bien spécifié.** En dépit de la volonté du propriétaire de ne pas augmenter les loyers, l'état du marché, en général et dans le quartier en particulier, peut influencer la problématique de l'accroissement des prix.

8. CONCLUSION

- capacité de tenir compte des **enjeux écologiques** (respect des standards de construction exigeants édictés par l'Office fédéral de l'Énergie).
- **évaluation et la prise en compte des besoins actuels et futurs**, notamment par le biais d'adaptations ou de propositions de nouvelles typologies de logement. Les transformations en matière de démographie (vieillissement), de structure des ménages (familles monoparentales et recomposées, augmentation des ménages sans enfants..) et, plus largement, des modes de vie et des valeurs (travail à domicile, mobilité douce, aspirations à la vie collective...) appellent à réinventer les formes du logement.

En offrant un type d'appartements différent, le choix du scénario 3 permet au propriétaire de diversifier son portefeuille et de se positionner de manière dynamique sur le marché des logements à loyers modérés. Il y a certes une inconnue liée à l'attractivité de ce type d'appartement à Fribourg. Mais le risque est limité, car les loyers modérés constituent généralement un segment recherché. On peut aisément anticiper que, s'il n'attire pas suffisamment de nouveaux occupants, la forme d'habitat proposée, entre la collocation et la résidence étudiante, offre des logements adaptés aux nombreux jeunes en formation déjà en partie locataires des studios de l'immeuble.

CONCLUSION

Au terme de l'analyse des multiples aspects légaux, structurels, constructifs et techniques, socio-économiques ou encore patrimoniaux, il apparaît que le vieillissement normal de l'immeuble de la route de Schiffenen 2 entraîne une véritable réhabilitation qui va au-delà d'un simple entretien ou de la remise en état d'un appartement. Il s'agit de procéder à une "mise à niveau" de l'habitation, qui permette d'accroître la qualité de vie de ses habitants et par conséquent l'attractivité des logements.

Dans ce contexte, la **densification**, souhaitée par la loi sur l'aménagement du territoire, offre un potentiel d'optimisation **économique** et **énergétique** intéressant.

Dans le cas du bâtiment analysé, la réalisation d'une extension permet de **compenser les faiblesses énergétiques de l'immeuble** et d'atteindre les exigences élevées actuelles. L'ajout de surfaces de plancher permet également d'**optimiser l'investissement économique** conséquent dû à l'importance des travaux nécessaires et au changement d'enveloppe thermique.

Du point de vue des typologies actuelles des logements, la principale évolution, par rapport aux constructions de masse des années 1960-70, est la recherche d'une forme d'individualisation des appartements. Dans les formes urbaines d'aujourd'hui, parfois proches de celles des grands ensembles, les habitants souhaitent vivre dans des logements différenciés. En offrant la possibilité de "variations sur un même thème typologique", l'extension proposée permet la réalisation d'appartements flexibles et adaptés à diverses situations. Elle apporte une plus-value de confort et de surface utile pour les usagers, ce qui améliore l'intérêt et l'acceptation des travaux.

Villars-sur-Glâne, 18 mai 2018
Dominique Joliat-Schaer