

# **D'UN BATIMENT 19<sup>EME</sup> A UN BATIMENT « BDM » ...**

## **Une mutation utopique ?**



# SOMMAIRE

<b>Préambule .....</b>	<b>3</b>
Articulation de l'étude.....	3
Le bâtiment dans le quartier.....	4
<b>PARTIE 1 – Etat des lieux .....</b>	<b>7</b>
Diagnostic technique et architectural .....	8
Les contraintes du site.....	13
Les atouts et handicaps du bâtiment d'un point de vue du confort.....	14
L'accès aux énergies .....	17
Conclusions et pistes de réflexion.....	19
<b>PARTIE 2 – Analyse thématique.....</b>	<b>20</b>
Choix de composition et d'aménagement .....	21
L'enveloppe batie.....	26
Les systèmes.....	28
L'eau – les déchets – le végétal.....	34
<b>PARTIE 3 - Projet retenu et évaluation .....</b>	<b>36</b>
Le projet présenté .....	37
Analyse des solutions présentes .....	38
Le projet retenu.....	40
Evaluations .....	41
Pour aller plus loin .....	43
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>

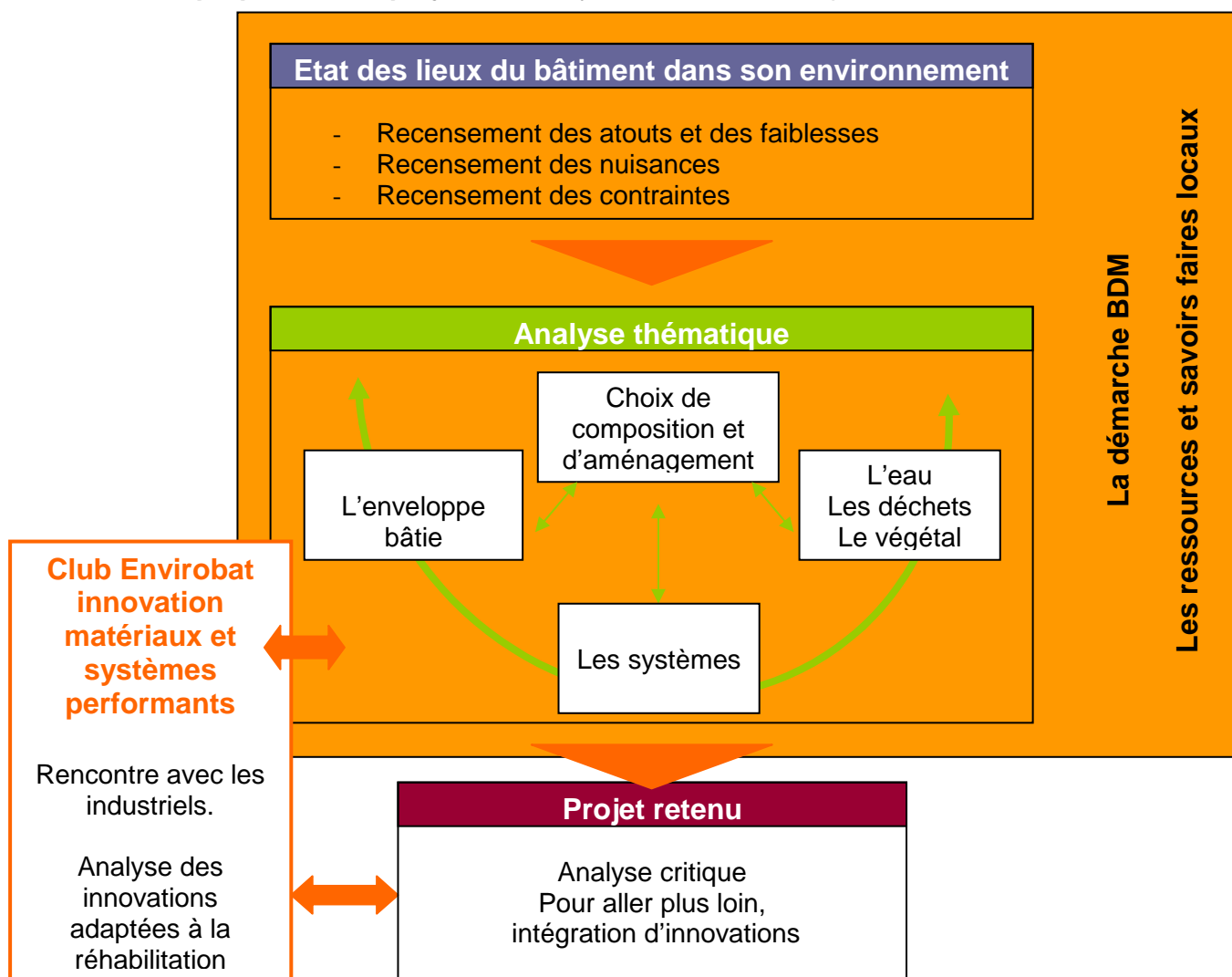
# PREAMBULE

La présente étude est une proposition de réhabilitation d'un immeuble urbain de construction traditionnelle dans une logique d'utilisation maximale des qualités intrinsèques du bâti, et de sobriété énergétique. Les propositions viseront à amener le bâtiment le plus proche possible du niveau BBC, sans perte de son caractère historique.

## ARTICULATION DE L'ETUDE

L'étude se déroulera en trois temps,

- ⇒ **Un état des lieux du bâtiment faisant apparaître ses qualités environnementales.**
- ⇒ **Une analyse thématique** ayant pour toile de fond la démarche Bâtiments Durables Méditerranéens, et la connaissance des ressources et savoir-faire locaux, et s'appuyant ponctuellement sur le savoir faire des industriels via le « Club Envirobat innovation système et matériaux performants » .
- ⇒ **Une proposition de projet**, son analyse, et son évolution possible.



## LE BATIMENT DANS LE QUARTIER

### REFAIRE LA VILLE SUR LA VILLE, LA « DURABILITE » DANS L'HISTORIQUE

---

Le bâtiment fait parti d'un îlot issu de la première extension du noyau médiéval à la Renaissance, à l'intérieur de l'enceinte fortifiée.

Cette extension s'est faite sous forme de lotissements, ce qui explique la trame relativement régulière du parcellaire.

Le parcellaire de l'îlot apparaît dans sa forme actuelle dès les plans cadastraux du XVème siècle.

Ses limites n'ont pas évolué au Nord (actuelle rue Seillon) et à l'Ouest (rue d'Alger).

L'îlot s'est par contre légèrement étendu au Sud en 1610 avec la démolition des remparts et la création de l'actuelle avenue de la République.

A l'Est, l'îlot intégrait l'ancienne Mairie. Il était à l'origine délimité par la rue de l'Hôtel de Ville qui passait approximativement au centre de l'emprise de l'actuelle Mairie, dans le prolongement de la place de la Poissonnerie.

Suite aux bombardements de la seconde guerre mondiale et à la reconstruction, la moitié Est de l'îlot a complètement disparue pour laisser place à l'actuelle mairie. Le projet du nouvel Hôtel de Ville (une tour de 15 étages) intégrait initialement la totalité de l'îlot, ce qui explique que la rencontre entre le tissu vernaculaire et ce nouvel édifice n'ait jamais réellement été traité.

Si le parcellaire s'est remarquablement conservé, peu d'édifices nous sont par contre parvenus dans leur volumétrie initiale.

Originellement les bâtiments construits au XVIIème siècle s'élevaient de 2 à 3 étages sur rez-de-chaussée, alignés en limite de voie. Non traversant, ils ouvraient sur une cour intérieure de taille réduite. Au XVIIIème siècle la plupart des maisons sont reconstruites ou remaniées.

Puis au XIXème siècle la ville se densifie sous la pression démographique. Les cours se réduisent et les immeubles sont surélevés plusieurs fois, pour atteindre les hauteurs que nous connaissons aujourd'hui. L'ensoleillement s'en trouve modifié, et les cours intérieures ne remplissent plus leur rôle d'éclaircissement et de ventilation.

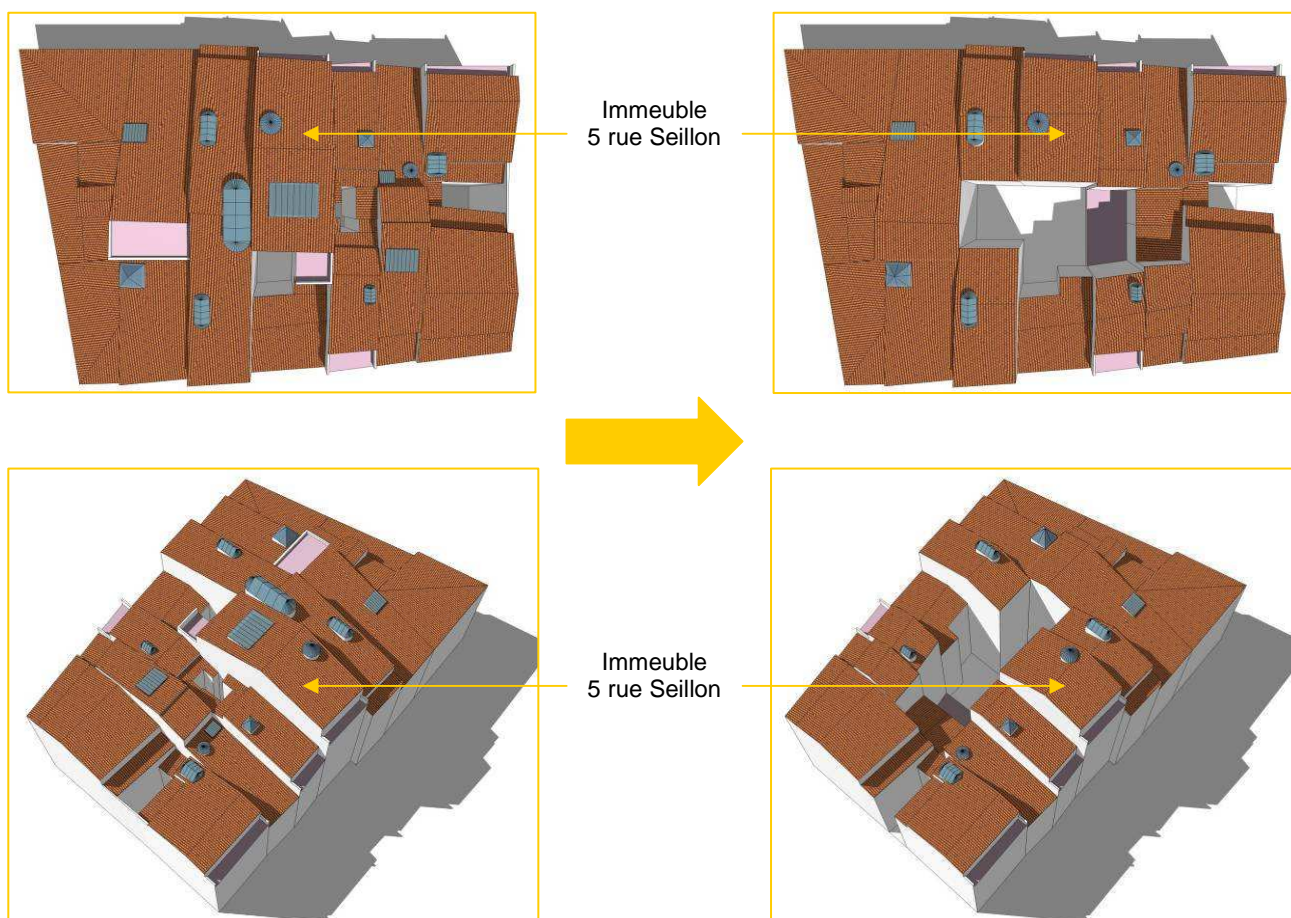
Si ces conditions d'habitabilité étaient satisfaisantes au XIXème siècle, l'évolution des habitudes de vie et les exigences de confort au cours du XXème siècle, ont poussé nombre d'occupants dans les années 60 à préférer les constructions neuves et « plus modernes » en périphérie de la Ville.

Peu à peu les immeubles les moins adaptés ont été désertés par les propriétaires, moins entretenus ils se sont paupérisés, jusqu'à leur état actuel.

Il en découle aujourd'hui un taux de logements indignes sur l'îlot de l'ordre de 68%, et un taux de vacance de l'ordre de 53%.

A la suite de toutes les évolutions subies par cet îlot, la démarche actuelle consiste à « refaire la ville sur la ville », en « ciselant » l'îlot pour créer une large cour en cœur d'îlot qui redonnera à chaque immeuble un environnement favorable permettant une réhabilitation conforme aux exigences de confort actuel. Cette démarche découle de la recherche de la meilleure configuration environnementale pour l'ensemble de l'îlot.

L'intervention publique consiste donc à acquérir les immeubles nécessaires à la réalisation de cette cour, à réaliser les démolitions et confortement nécessaires à sa création, puis à revendre à des investisseurs (publics ou privés) les parties d'immeubles restant pour réhabilitation. Afin de s'assurer de la qualité des réalisations, les ventes seront soumises à cahier des charges.



La présente étude, dans la continuité du projet urbain, consiste à analyser un des immeubles concernés par ce projet : l'immeuble situé 5 rue Seillon, dans une logique de réhabilitation intégrant les notions de qualité environnementale.

L'étude vise à vérifier la possibilité de faire évoluer cet immeuble, en un bâtiment respectant les critères des bâtiments basse consommation, tout en respectant son caractère patrimonial. La qualité environnementale est pensée dans ce contexte comme une continuité des évolutions passées et non pas comme une contrainte « moderne » imposée à un bâtiment ancien. Cette étude pourra permettre à terme de définir un cahier des charges environnementales annexé à la vente de l'immeuble.





# PARTIE 1 – ETAT DES LIEUX

## DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET ARCHITECTURAL

### PRESENTATION SOMMAIRE DE L'IMMEUBLE

---

L'immeuble est vacant depuis plus de 20 ans, hormis le rez-de-chaussée occupé par une galerie d'art.

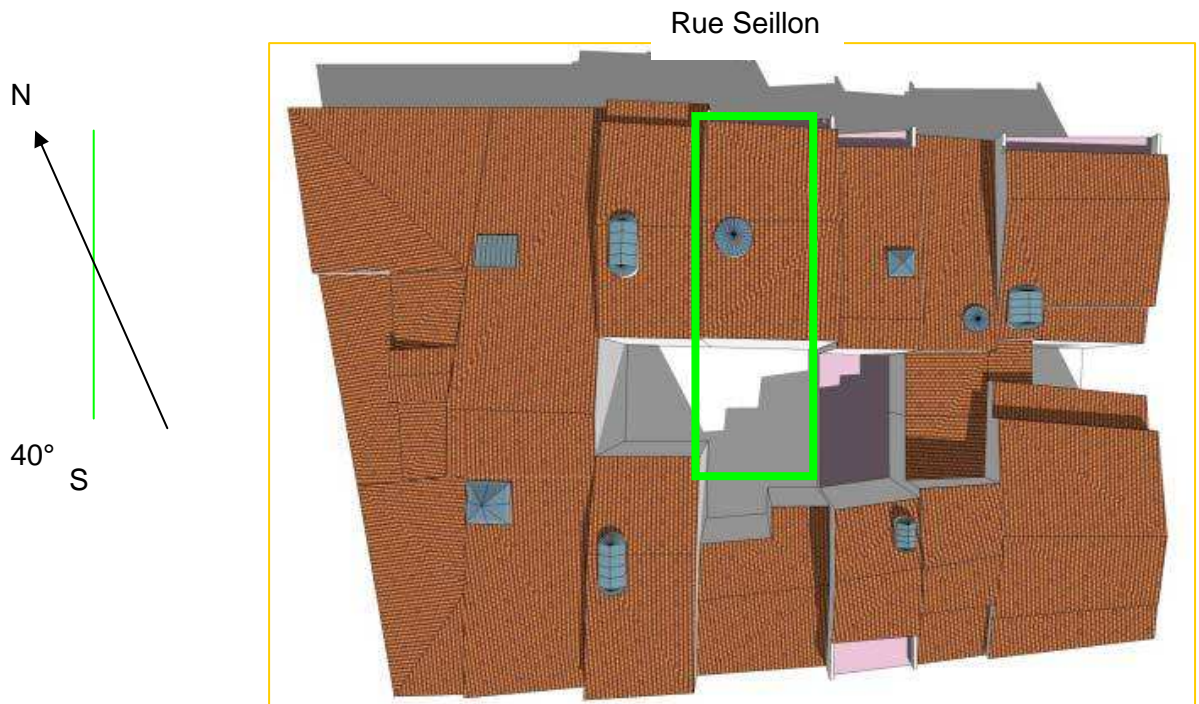
En 1995, une première tentative de réhabilitation s'est soldée par des démolitions de cloisons, et des reprises de structure, mais les travaux ont été stoppés et le projet n'est pas allé à son terme. Ce projet n'intégrait pas de réflexion sur l'îlot, et l'immeuble devait être traité dans son enveloppe. Les réseaux et équipements n'existent plus, l'ensemble de l'immeuble est à restructurer et réaménager. Son état relève de l'insalubrité.

A l'issue des curetages prévus dans l'îlot, l'immeuble sera traversant, donnant au Nord Est sur la rue Seillon et au Sud Ouest sur une vaste cour.

Il restera mitoyen à l'Est et à l'Ouest et s'élèvera sur 7 niveaux plus combles.

Les plateaux restant à aménager seront d'environ 90m<sup>2</sup> de SHON.

Le programme prévu est l'aménagement d'un local commercial au rez-de-chaussée et de logements aux étages.





## PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

### Une structure en maçonnerie traditionnelle

- La façade rue Seillon est en pierres de calcaire bâties au mortier de chaux du rez-de-chaussée au 4ème étage sur une épaisseur homogène d'environ 60 cm, au 5ème étage la façade est en brique de 15 cm, au 6ème étage la façade a été reconstruite il y a environ 15 ans en parpaings.
- Les murs de refend sont en pierres de calcaire bâtis au mortier de chaux du rez-de-chaussée aux combles, ils présentent peu de signes de faiblesse (peu de fissures visibles) ;
- Les planchers sont en structure bois :
  - des poutres d'environ 40 cm de haut portent de refends à refends sur la moitié nord de l'immeuble sur une portée de 7.35 m, elles présentent un fléchissement attestant d'une inertie limite par rapport à leur portée
  - sur la moitié sud de l'immeuble, la présence du chevêtre entraîne une organisation complexe des poutres : des poutres parallèles aux murs de refend viennent compléter la structure, elles portent sur 2 poutres principales.
  - malgré certaines zones abîmées par l'eau, les poutres restent majoritairement réutilisables.
  - Les enfustages en bois viennent porter des tommettes bâties sur un mortier de chaux, l'état de ces tommettes est très médiocre elles seront très difficilement récupérables.

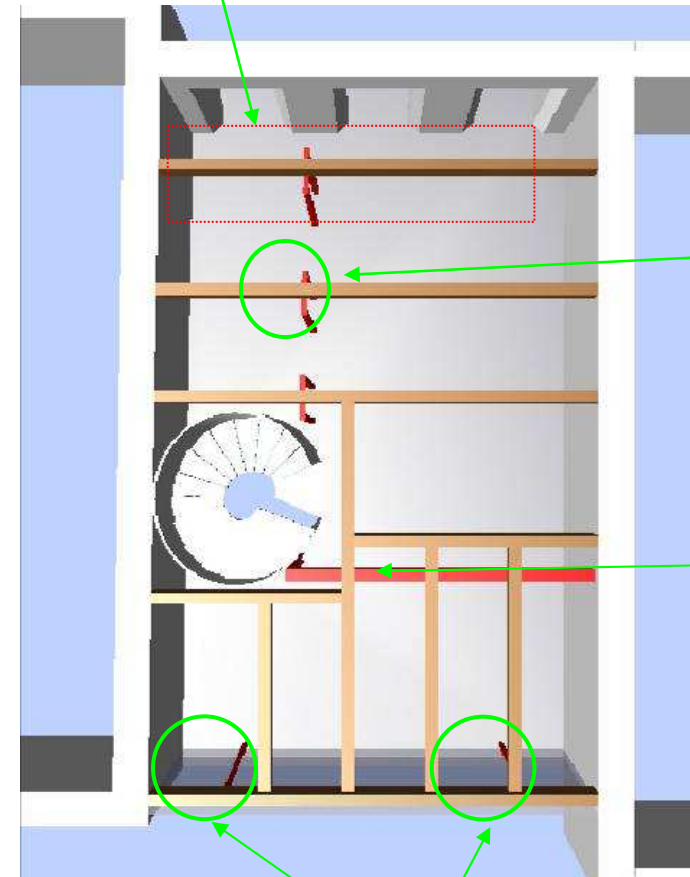
Les matériaux traditionnels utilisés dans cet immeuble lui confère la caractéristique d'être perspirant, et donc de réguler naturellement l'hygrométrie du bâti. Cette particularité devra être respectée dans le choix des matériaux utilisés dans la réhabilitation.

### Une structure secondaire mise en place il y a environ 15 ans

- en vue de la réhabilitation de l'immeuble, une étude assurée par le bureau d'étude « Norbert Aigoïn », a préconisé des travaux de consolidations :
  - micro pieux sous les angles du puits de lumière existant
  - reconstruction d'un mur porteur en rez-de-chaussée séparant le commerce et le hall d'entrée et création d'une structure métallique en échelle reposant sur ce mur du 1<sup>er</sup> au dernier niveau, ayant pour vocation de diminuer la portée des poutres (1).
  - Pose de 2 poteaux métalliques au nu de la façade du puits de lumière afin de consolider la poutre existante (2).
  - Pose d'une poutre transversale reposant sur un poteau en profilé I, allégeant les poutres parallèles aux murs de refends (3).
  - Création d'un plancher connecté, de la façade nord à la 1<sup>ère</sup> poutre, rendant la façade solidaire du plancher sur tous les niveaux (4).
  - Reprise ponctuelle de poutre par moisage (5).

Hormis les micro-pieux pour lesquels nous n'avons pas d'éléments, l'ensemble de ces travaux a été réalisé.

4/ Zone en plancher connecté



2/ Allègement de la poutre au nu de la façade du puit de lumière



1/ Structure métallique en échelle



3/ Allègement des poutres longitudinales

*Les reprises de structure attestent d'une volonté de réhabiliter l'immeuble en conservant au maximum les structures initiales, ce souci d'économie des matériaux permet de minimiser les mises en décharges et les nuisances entraînées par l'apport de nouveaux matériaux.*

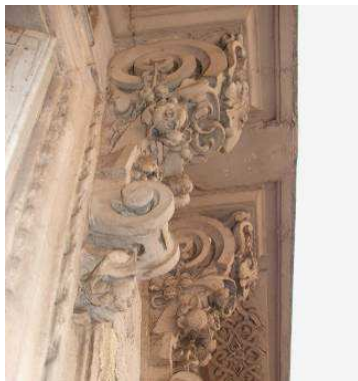
*Cette intervention datant d'il y a 15 ans environ, et l'immeuble n'ayant pas été entretenu depuis, il sera nécessaire de vérifier les travaux réalisés, et d'analyser l'évolution de l'ensemble des structures ; mais il est important de conserver cette logique dans les choix qui seront faits au niveau des reprises de structures nécessaires.*

*Les matériaux utilisés pour la réhabilitation (notamment les isolants) devront être perméables à la vapeur d'eau afin de conserver la perspirence du bâtiment*

## PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

### Une façade sur la rue Seillon remarquable par ses décors

- La façade sur la rue Seillon relève d'une architecture particulièrement soignée, remaniée fin 19<sup>ème</sup> début 20<sup>ème</sup>. De tels décors sont rares sur Toulon. Compte tenu du peu d'entretien qu'elle a reçu les 20 dernières années, elle est en relativement bon état.
- La devanture créée est en bon état, elle marque l'évolution des commerces au 19<sup>ème</sup> siècle lorsque les vitrines sont élargies, et que les descentes de charges sont reprises par des structures métalliques, non conforme à la réglementation actuelle de la ZPPAUP, elle devra être recomposée.



*Cette façade fait toute l'identité de l'immeuble, sa restauration est donc une priorité.  
La devanture devra elle être redessinée afin de dégager l'entrée de l'immeuble  
La partie côté cour du bâtiment étant vouée à être démolie suite au curetage du cœur d'îlot, la  
façade sud de l'immeuble sera entièrement reconstruite.*



# PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

## Les menuiseries

- Les fenêtres ont été déposées mais restent entreposées dans l'immeuble. Leur état très dégradé ne permettra pas une réutilisation mais serviront de modèle.
- Les persiennes de la façade rue Seillon sont en place et nécessitent une restauration.
- La porte d'entrée de l'immeuble est en place, elle est abîmée, mais récupérable, et nécessite une restauration.



*Il semble que seules les persiennes et la porte d'entrée de l'immeuble puissent être restaurées.*

## La toiture

- La toiture a été refaite il y a environ 15 ans, elle est constituée de plaques sous tuile recouvertes de tuiles de type canal, portant sur des poutres transversales (pas de charpente), certaines poutres ont été changées à cette occasion, mais il reste quelques poutres d'origine qui ont été conservées et certaines moisées.

## Les plafonds :

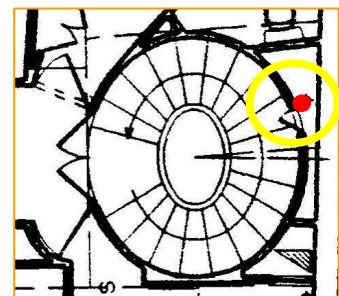
- On retrouve dans les parties au nord, (pièces principales dans la dernière organisation des logements), les faux plafonds en plâtre sur lattes qui étaient décorés de corniches et rosaces très travaillées, ce qui atteste de la fonction de pièces principales de ces espaces. L'état de ces plafonds ne permettra pas une restauration.
- Les hauteurs de plafonds varient de 2m12 à 2m80 du 1<sup>er</sup> étage au 5<sup>ème</sup> étage, au 6<sup>ème</sup> étage, une partie est sous rampant de 2m20 à 3m91, l'autre est à 2m60, quant au rez-de-chaussée, son plafond est à 3.60 m environ.



# PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

## L'escalier

- La première volée de l'escalier est constituée d'un départ en volée droite, puis d'un quart tournant. A partir du premier étage, l'escalier est sur plan ovale.
- Il est construit sur voûte sarrasine très bien conservée, et ne présentant que de faibles traces de désordre structurel en sous-face du limon.
- Sur la volée droite les marches ont été démontées, le reste de l'escalier est en état de conservation correcte.
- La rampe de l'escalier en ferronnerie est très simple, elle a une hauteur d'environ 80cm, ce qui ne correspond plus aux normes actuelles.
- En toiture, un altana (verrière traditionnelle sur Toulon de forme conique) éclaire la cage d'escalier, il présente des défaillances d'étanchéité et nécessite une restauration.
- On retrouve dans l'escalier les trappes d'accès aux colonnes de descentes d'eaux usées en terre cuites. Il sera intéressant d'analyser la possibilité de réutiliser ces emplacements pour le passage des nouvelles gaines.



*L'ensemble que constitue la cage d'escalier et la verrière est représentatif des systèmes constructifs traditionnels et des éléments du « petit patrimoine » que l'on trouve sur Toulon. A ce titre, et compte tenu de leur état, leur conservation et leur restauration seront privilégiées.*

## Les cloisons

- Initialement les cloisons sont en briques pleines de 5 cm. Les travaux entrepris il y a environ 15 ans, ont eu notamment pour conséquence la démolition de la quasi totalité des cloisons. Compte tenu de l'état des cloisons subsistantes, il paraît difficile de les conserver.



## LES CONTRAINTES DU SITE

### LA ZONE DE PROTECTION DU PATRIMOINE ARCHITECTURALE URBAIN ET PAYSAGER (ZPPAUP)

---

L'immeuble est soumis au règlement de la ZPPAUP.

Les façades : La façade rue Seillon sera entièrement restaurée, et les menuiseries seront réalisées selon le modèle d'origine.

Il n'y a pas de contrainte sur le traitement de la façade côté cour qui peut tout à fait faire référence à une architecture contemporaine.

Les toitures : Elles doivent être en tuile de type canal, leur pente ne peut excéder 30%. Les terrasse en toiture en cœur d'îlot sont autorisée, leur surface ne peut dépasser 15 % du pan de toiture. Les édicules en toiture sont interdits. Les altanas sont à restaurer.

L'installation de panneaux solaires :

Elle serait possible dans la mesure où les panneaux ne sont pas visibles de l'espace public. Leur surface est limité à 30% de la surface du pan de toiture soit 17 m<sup>2</sup> environ, et le calpinage des panneaux doit faire référence aux dessins de verrière.

Ces éléments n'étant qu'indicatifs, une discussion avec l'architecte des Bâtiment de France devra se faire à partir de projet dessiné.

### LA REGLEMENTATION HANDICAPEE

---

Le projet est soumis à la réglementation handicapé applicable dans le neuf. Il sera donc nécessaire à ce titre de créer un ascenseur. Ceci entraîne deux réflexions :

- la question de l'emplacement sur une parcelle réduite et très contrainte ;
- la question des charges locatives.

### DIFFICULTE D'ACCES AU SITE POUR LE CHANTIER ET LE FONCTIONNEMENT

---

La rue Seillon est accessible en véhicule, mais les espaces de stationnement sont très restreints.

#### Pendant le chantier

Le stationnement devant l'immeuble sera difficile : le trottoir est très petit et ne permet pas l'installation de benne, pour pallier au manque de place, la cour pourra être un grand atout. L'organisation du chantier sera donc un point particulièrement délicat.

#### Pour l'approvisionnement de l'immeuble en fonctionnement

Le stationnement étant difficile, l'approvisionnement de l'immeuble (bois, fioul, etc.) sera possible mais difficile.

## LES ATOUTS ET HANDICAPS DU BATIMENT D'UN POINT DE VUE DU CONFORT

### UNE CONFIGURATION APPORTANT DES ATOUTS D'UN POINT DE VUE THERMIQUE

---

#### Les qualités de l'immeuble

- Les murs mitoyens représentant 62% du linéaire périphérique de l'immeuble, limitant les surfaces déperditives aux façades rue Seillon et côté cour.
- Une façade sur cour, à créer, est orientée sud ouest, son traitement permettra de capter le plus possible les apports solaires passifs.
- Concernant la protection d'été, la façade la plus exposée est la façade sur cour, celle-ci étant à créer elle pourra intégrer les protections nécessaires. La façade côté rue Seillon est orientée au Nord Est, son temps d'exposition est limité, et la présence de balcons et de persiennes peut permettre d'en atténuer le désagrément.
- Compte tenu de la configuration du tissu urbain, l'exposition au vent est très atténuée.
- L'inertie du bâtiment est apportée par les murs mitoyens, et les planchers, soit une surface de prêt de 2 fois la surface du logement, cette inertie doit être conservée.

#### Ses défauts

- Une façade sur rue très « vitrées » (35% de la surface est vitrée) entraînant des déperditions importantes.
- Un ensoleillement contraint par un environnement urbain entraînant des masques.

### UN CONFORT ACOUSTIQUE CONTRASTE

---

- Côté cour intérieure, l'ambiance est calme.
- Côté rue Seillon et bien que cette rue soit très limitée en termes de trafic routier, on subit les nuisances dues aux passages des services de nettoyage urbain, et du ramassage des ordures et dues aux activités nocturnes à proximité, bars et restaurant.

### UN CONFORT VISUEL DE QUALITE

---

- Côté cour, l'aménagement de cet espace permettra de procurer un espace visuellement agréable. A partir du 4ème étage, la vue porte plus loin jusqu'à avoir une vue mer au dernier niveau.
- Côté rue Seillon, la largeur de la rue permet de ne pas être gêné par les vis à vis. La présence de balcons à partir du 2ème étage permet d'avoir des vues en biais dégagées, les



# PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

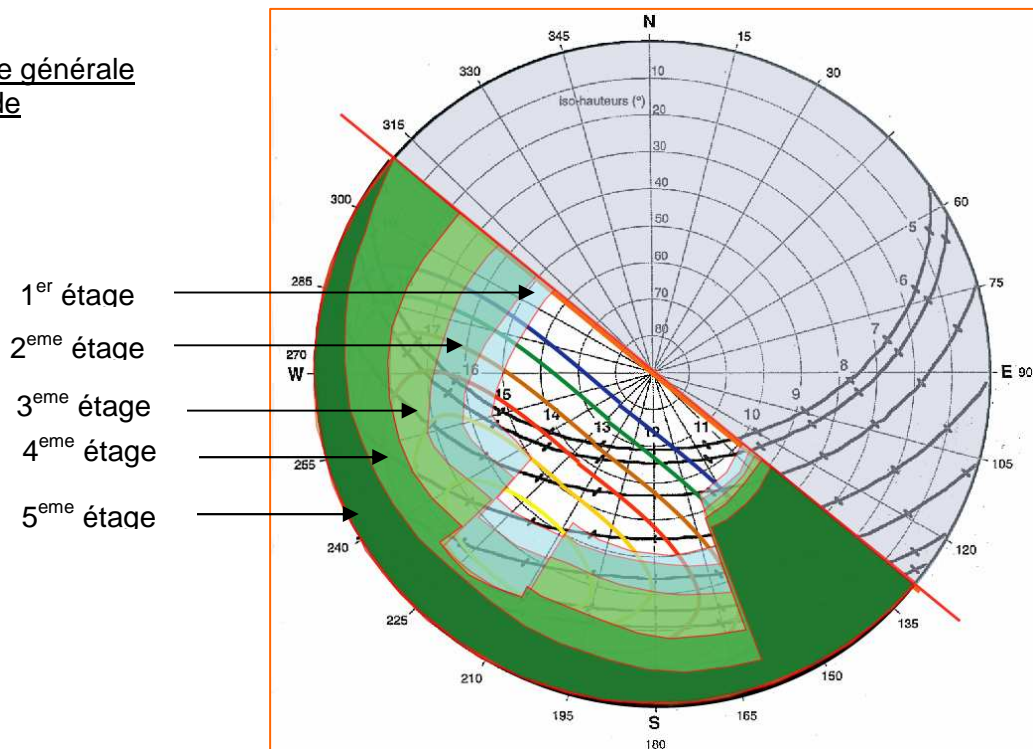
5ème et 6ème étages bénéficient de vue sur la montagne du Faron.

## UN ECLAIREMENT NATUREL VARIANT SELON LES ETAGES

L'éclairage aura une influence sur l'apport énergétique passif, et sur l'autonomie d'éclairage naturel des locaux.

- Côté Seillon, la présence de fenêtres de grande hauteur permettra, malgré une orientation Nord Est, d'avoir un éclairage intérieur naturel conséquent.
- Les vastes hauteurs sous plafond participent à la sensation de luminosité des espaces.
- Côté cour, la façade étant à créer, sa conception permettra de maximiser l'éclairage naturel. Celui-ci est très différent selon les étages et directement lié aux masques créés par les immeubles du pourtour de la cour. Cette situation mérite une analyse étage par étage (cf. annexes).

Diagramme générale  
de la façade



**Les 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> étages**, sont très favorisés, ils ne sont gênés que par le masque procuré par la mairie et celui, plus lointain procuré par la frontale du port. Ces appartements sont ensoleillés à partir de 11h toute l'année, jusqu'à 16h en hiver, et quasiment jusqu'au couché du soleil en été.

**Les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étages**, sont ensoleillés 1h30 à 2 h en hiver, 4 à 5h en été environ.

**Le 1<sup>er</sup> étage**, est ensoleillé pendant 7 mois dans l'année (de mars à septembre). En automne et au printemps, le temps d'ensoleillement est de 3h environ par jour.

Compte tenu de ces éléments, il est important de se poser la question du programme, et de savoir s'il est plus judicieux de prévoir un logement ou un local professionnel à ce niveau.

De façon générale, sur l'ensemble des étages, la protection solaire d'été doit être assurée.

# PARTIE 1 - ETAT DES LIEUX

## DES MATERIAUX PLUTOT SAINS D'UN POINT DE VUE SANTE

Les matériaux traditionnels favorisent la bonne qualité de l'air intérieur. La structure métallique posé lors des derniers travaux ne pose pas de problème d'un point de vue santé, par contre, il sera nécessaire de vérifier la composition des plaques sous tuiles.

## LA PRESENCE D'ESPACES EXTERIEURS

- La façade sur la rue Seillon comporte des balcons.
- La façade sur cour à reconstruire permettra de créer des espaces extérieurs.
- Au rez-de-chaussée, une cour privative à aménager procurera un espace rare en centre ancien. Le choix de créer une cour plantée est un choix préalable au présent projet, et découle de la réflexion sur l'îlot.

Pour que cet espace soit entretenu, il est important qu'il soit investi par les occupants de l'immeuble. Dans cette optique, l'aménagement du rez-de-chaussée doit favoriser l'accès à l'extérieur, et l'aménagement de la cour doit être pensé comme une partie intégrante de la réhabilitation de l'immeuble.

## LES CONTRAINTES D'AMENAGEMENT

- Les plateaux des étages étant libres de toute cloison, il procure une grande liberté d'aménagement, par contre, la structure métallique en échelle mis en place il y a 15 ans sépare fortement l'espace dans la partie nord du plateau. Si elle est conservée, elle constituera une contrainte forte.
- Le rez-de-chaussée est aujourd'hui utilisé en quasi totalité par le commerce, les espaces communs se limitent au couloir d'entrée.  
Aujourd'hui, la commune de Toulon n'organise pas de tri sélectif mais il est important de prévoir l'avenir, ce qui entraîne la nécessité de créer un local poubelle relativement vaste. De plus le projet devra comprendre un local vélo.  
La question se pose donc du positionnement des espaces communs dans un rez-de-chaussée restreint.

*Le facteur ensoleillement étant à la fois très contraint et très important du point de vue du confort qu'il procure, il sera nécessaire à la fois de se poser la question de l'usage du local du 1<sup>er</sup> étage, et de prévoir la protection d'été de la façade sur cour.*

*Ce facteur influera également sur les choix d'organisation des logements, sur les choix architecturaux de la façade sur cour.*

*L'inconfort acoustique procuré par la rue Seillon sera particulièrement sensible l'été où l'on a tendance à ouvrir les fenêtres le soir, il devra être pris en compte dans la réflexion sur l'organisation interne des logements et sur les méthodes employées pour le rafraîchissement des logements.*

*On portera un intérêt particulier à l'aménagement du rez-de-chaussée et à la jonction avec la cour qui est atout majeur pour cet immeuble.*



## L'ACCES AUX ENERGIES

### Le gaz et l'électricité

Le branchement au réseau gaz de Ville et au réseau électrique sont disponibles en pied de l'immeuble, côté rue Seillon.

### Le bois

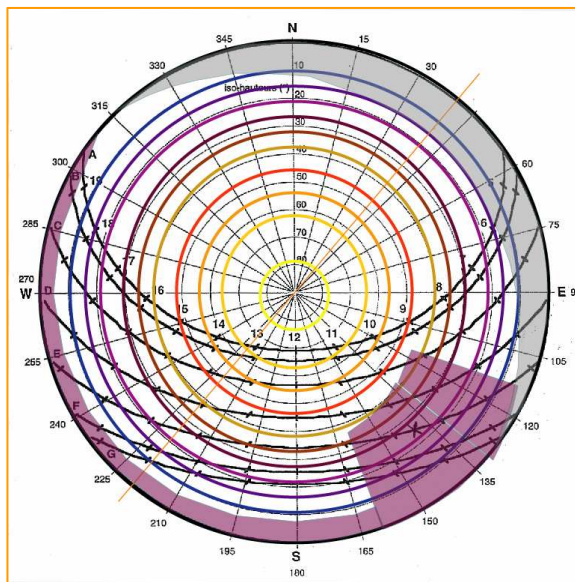
Un distributeur de granulés de bois est présent à la Garde. Mais cette énergie implique un approvisionnement difficile à assurer compte tenu du peu de place pour le stationnement, et un espace de stockage important dans l'immeuble également très contraignant.

### L'énergie solaire

La zone géographique est propice, 17 m<sup>2</sup> de panneaux solaire peuvent être installés sur le pan de toiture sur cour, toiture inclinée à 30%.

Le diagramme nous montre la « capacité énergétique » potentiel du pan de toiture. Malgré la présence du masque dû à la mairie, il reste largement ensoleillé, le masque n'altère l'ensoleillement que pendant 2 à 3 h, de 8 à 10h30, de septembre à mars, soit une période présentant peu d'intérêt d'un point de vue de la puissance énergétique du soleil.

Le potentiel en terme d'utilisation de l'énergie solaire est donc réel.



### Géothermie

La nappe phréatique est proche (les terrains ont été gagnés sur la mer au moyen âge), mais la difficulté d'accès au site et à l'intérieur de l'immeuble est une contrainte très limitante pour les travaux de forage. Cette énergie ne sera de ce fait pas retenue.

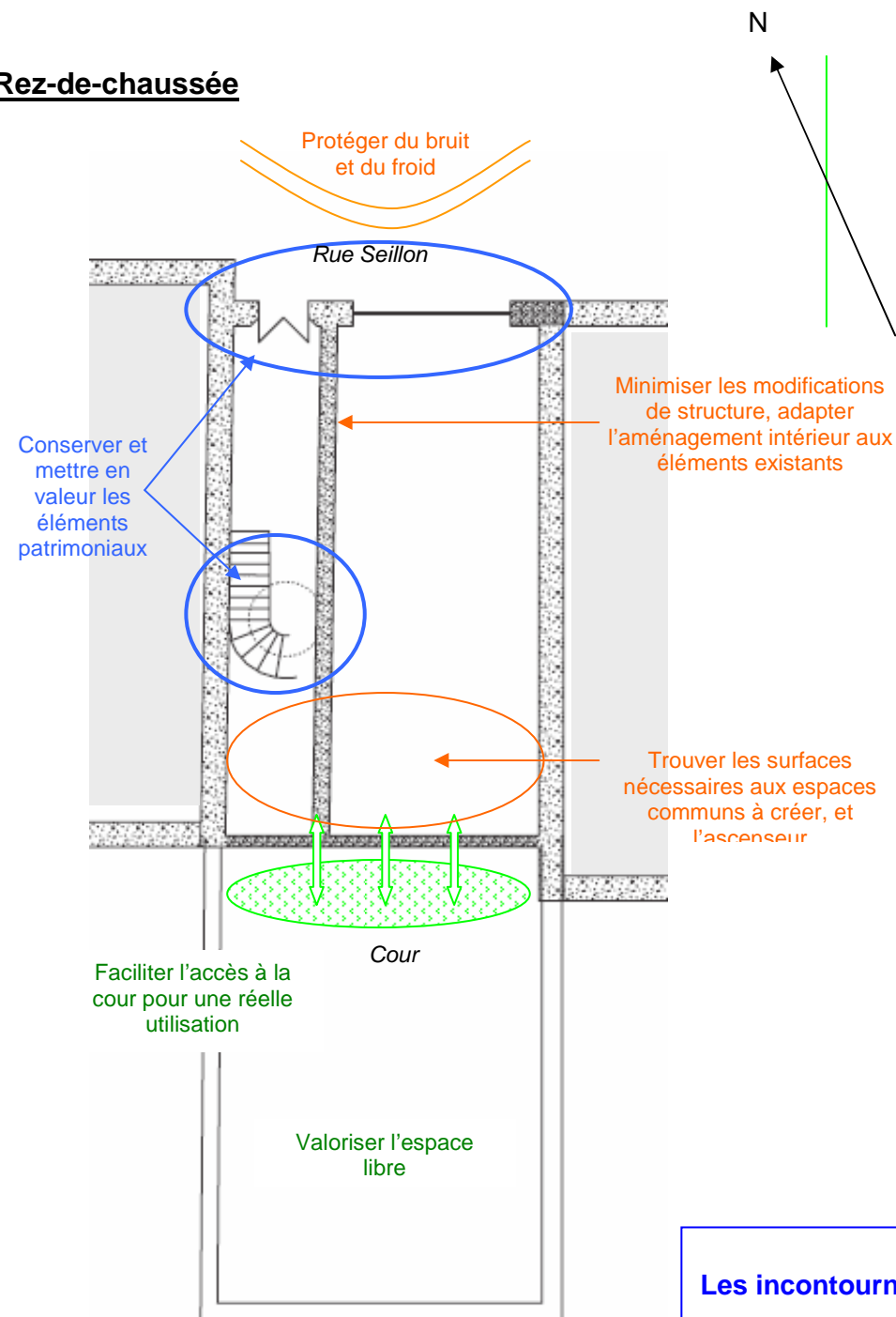
### L'énergie éolienne

La structure urbaine a pour effet de protéger l'immeuble des vents dominants. Même dans les parties supérieures de l'immeuble, cette énergie ne semble pas être utilisable.

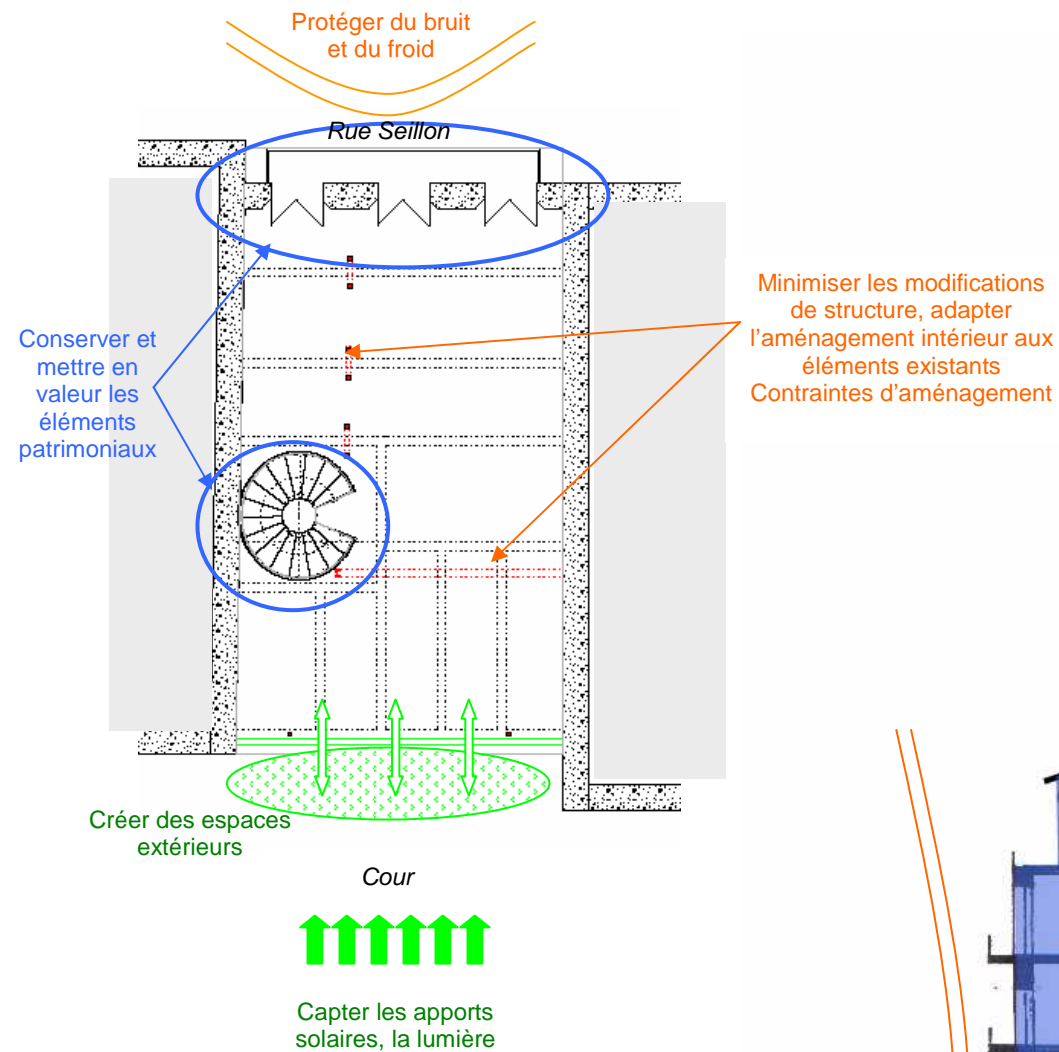


## CONCLUSIONS ET PISTES DE REFLEXION

### Rez-de-chaussée

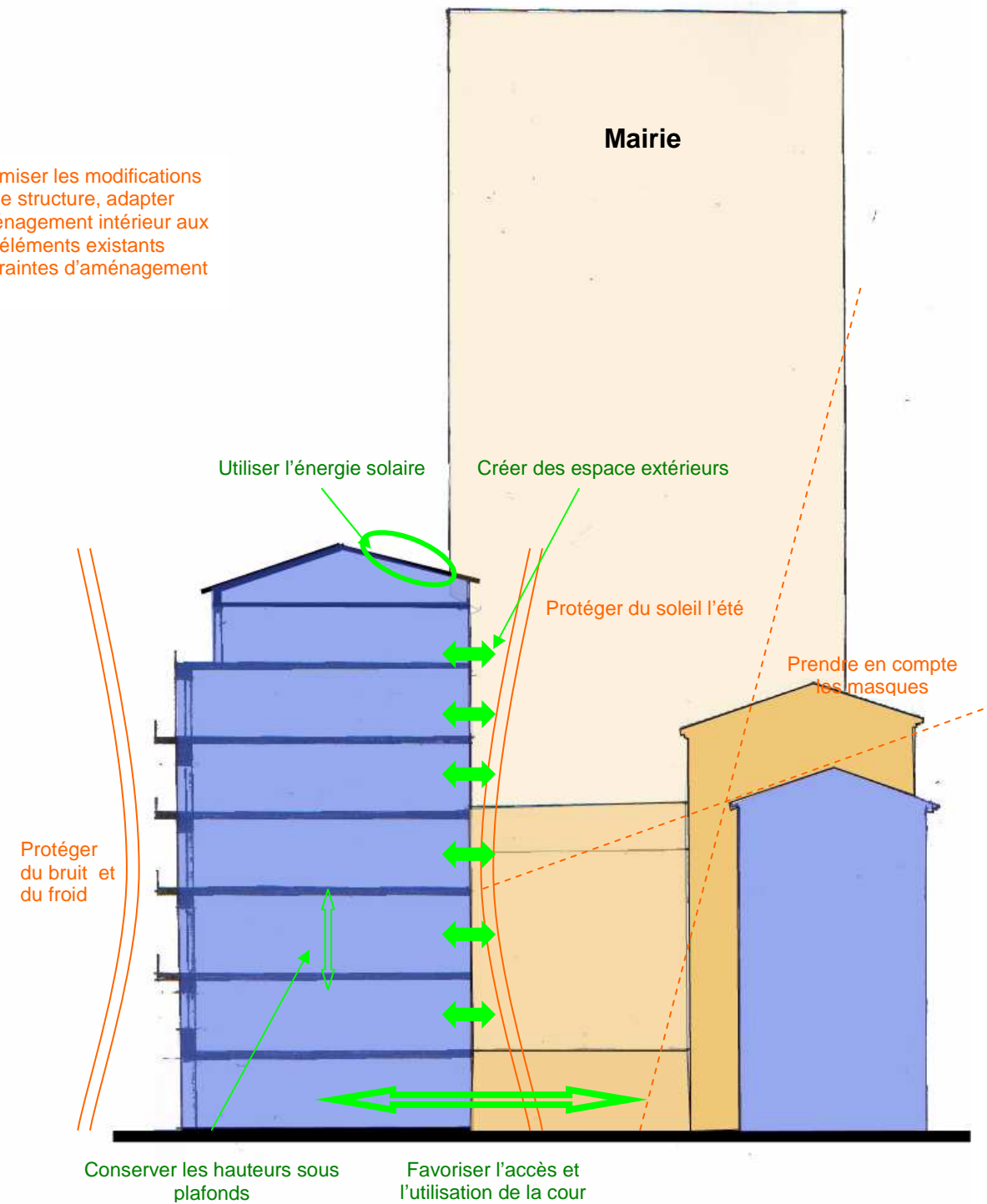


### Etage courant



#### Les incontournables :

- Minimiser les démolitions
- Utiliser des matériaux perspirants pour l'isolation
- Conserver l'inertie du bâtiment
- Créer des logements traversants



## PARTIE 2 - ANALYSE THEMATIQUE



## CHOIX DE COMPOSITION ET D'AMENAGEMENT

### DISTRIBUTION

L'entrée et l'organisation générale du rez-de-chaussée sont contraintes par la composition de la façade, et la structure générale de l'immeuble. La conservation du commerce qui est souhaitable au vu de la fonction urbaine de la rue, impose des espaces de distributions et les espaces communs réduits.

#### L'ascenseur

La création de l'ascenseur dans l'immeuble est difficile à trouver et entraîne une perte importante de surface habitable. Il est donc proposé de le positionner dans la cour intérieure, et d'accéder aux logements par une passerelle. Cette solution à plusieurs avantages :

- L'escalier, avec son caractère patrimonial, reste la circulation principale, qui se présente en premier lieu. Ce sera notamment par là (à priori) que les gens de passage, ne présentant pas de problème de mobilité, passeront. C'est un facteur limitant l'utilisation systématique de l'ascenseur et donc ses consommations d'énergie.
- L'ascenseur est accessible par une zone tampon, transition entre l'immeuble et la cour intérieure qui pourra être traitée en vitrage. De ce fait la cour est pratiquée quotidiennement par les habitants, elle a alors toutes les chances d'être investie par eux.
- Dernier point très important, en positionnant l'ascenseur en limite de propriété et en extérieur, il pourrait également être intégré au projet de réhabilitation de l'immeuble mitoyen (7/9 rue Seillon). Cette possibilité est bien évidemment à analyser au vu du projet de cet immeuble, mais elle aurait l'avantage de diminuer très fortement les charges des locataires, ces charges ne seraient plus portées par 6 logements mais par 11 logements. De même l'investissement serait partagé entre deux projets. Cette économie d'échelle nous semble particulièrement intéressante, en terme écologique et économique.

#### Le local vélo et le local poubelle

Compte tenu des contraintes spatiales, nous avons limité le local vélo à environ 13 m<sup>2</sup>, soit une capacité de 10 vélos à 1.25m<sup>2</sup>/vélo. Par soucis d'économie des surfaces intérieures, il aurait été possible de positionner ces espaces dans la cour. Et de permettre au commerce d'occuper une surface plus grande. Cette option à l'inconvénient d'encombrer un espace qui peut être très qualifiant pour l'immeuble.

Il nous paraît donc plus intéressant de conserver la cour sans construction d'annexes, et de la valoriser dans son aménagement. La surface commerciale restante est de l'ordre de 45m<sup>2</sup>. Cf. schéma 1.

#### Locaux techniques

Les combles sont vastes et accessibles par l'escalier, elles seront réservées si nécessaire aux équipements (VMC, etc.).

En rez-de-chaussée, les locaux techniques seront nécessaires si le système de chauffage est collectif. Leur dimensionnement est fonction des équipements choisis. Si l'option chauffage collectif s'avère particulièrement pertinente, il sera nécessaire de faire un compromis et de créer un local (vélo ou technique) en extérieur, afin de conserver une surface commerciale exploitable.

Schéma 1

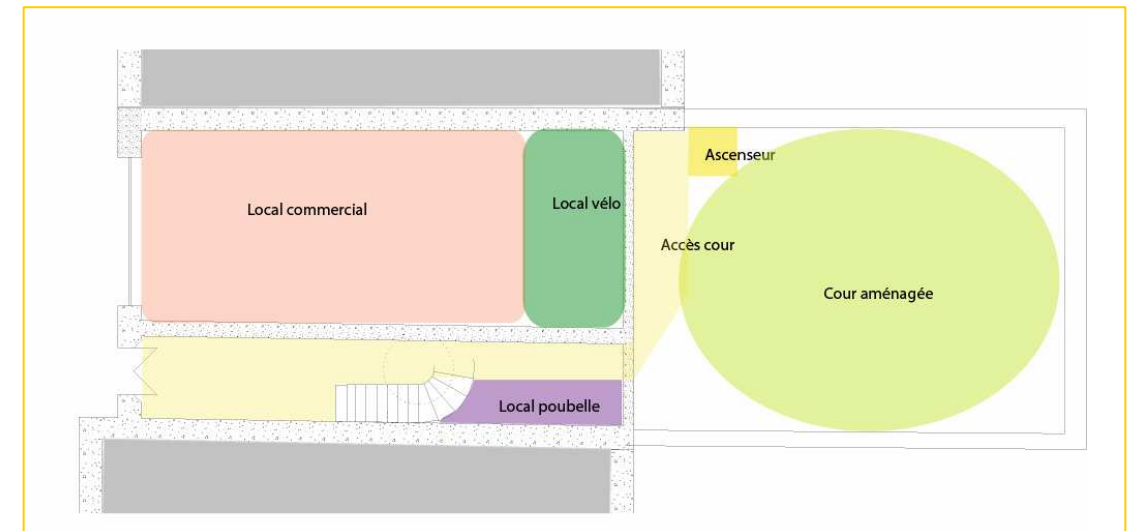
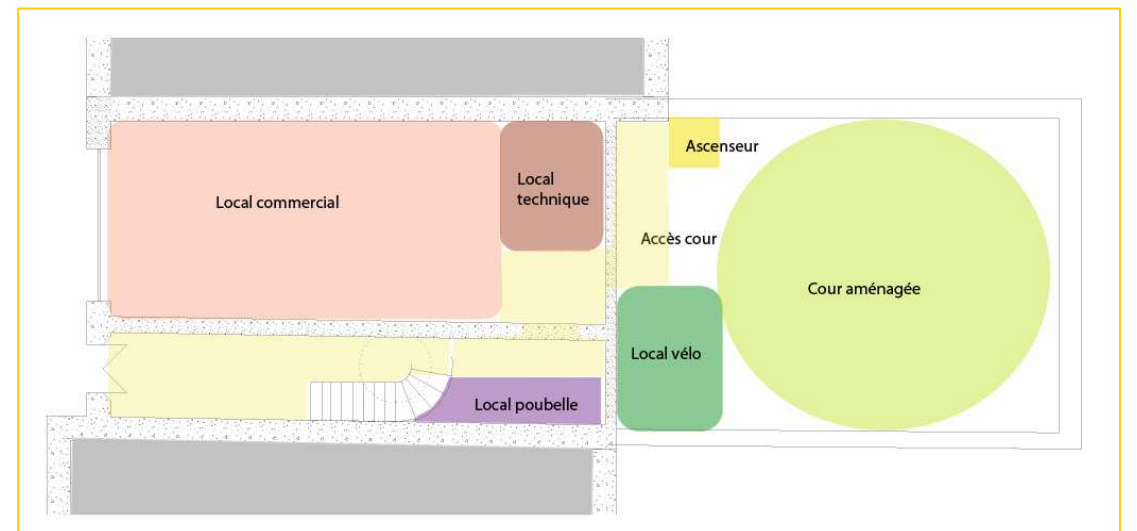


Schéma 2

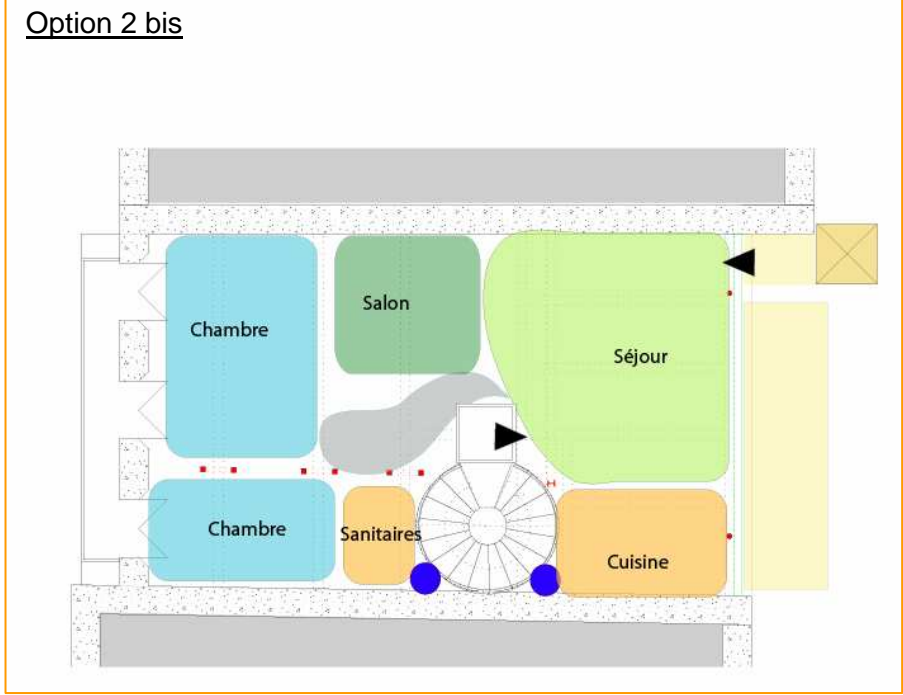
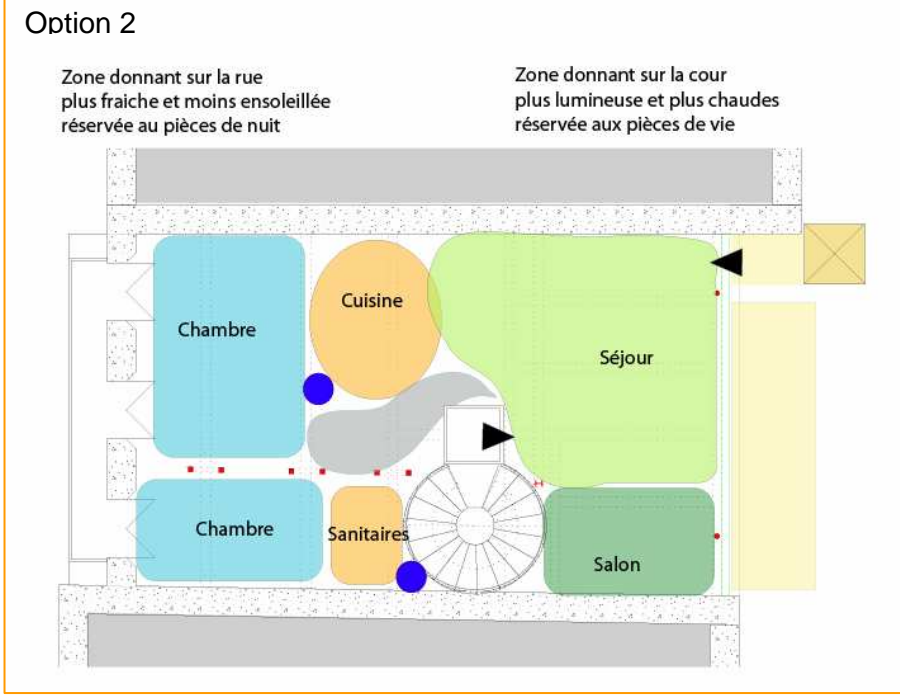
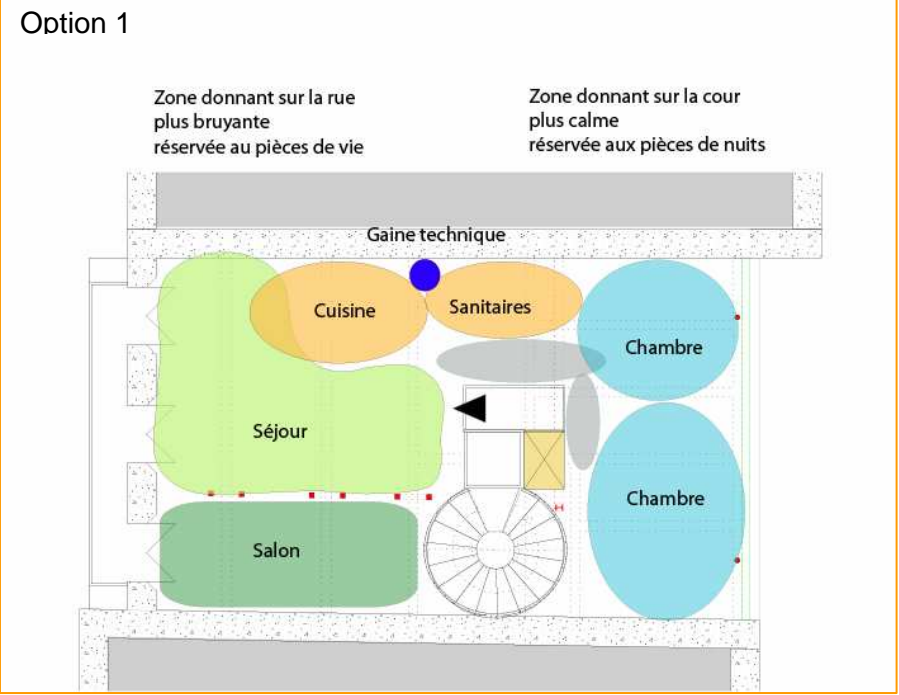


*Les options d'aménagement du rez-de-chaussée seront revues en fonction des choix des systèmes.*

PARTIE 2 - ANALYSE  
Les choix de composition et d'aménagement

ORGANISATION DES LOGEMENTS

Deux principes d'organisation « s'opposent », soit on privilégie la diminution des nuisances sonores (option 1), soit on privilégie le confort thermique et l'apport de lumière naturelle (option 2).  
L'option 2 présente une variante : soit la cuisine est positionnée en cœur de parcelle dans un espace plus sombre et le salon est plus éclairé naturellement, soit l'éclairage naturel de la cuisine est privilégié.



	Option 1		Option 2		Option 2 bis	
Apport thermique passif	--	Plus important dans les chambres, ce qui n'a pas d'intérêt Les pièces de vie sont dans la zone la plus froide du logement	++ +	Plus important dans le séjour /Salon, ce qui est favorable. Les chambres sont positionnées dans la zone la plus froide	++ +	Idem option 2
Apport lumière naturelle	---	Plus important dans les chambres, ce qui n'a pas d'intérêt, le séjour nécessitera plus d'éclairage	++ +	Dans le séjour /Salon, ce qui limite les apports artificiels	++ ++	Dans le séjour /cuisine, ce qui limite les apports artificiels
Protection contre les nuisances sonores	++	Les chambres sont au calme	--	Les chambres ne sont pas protégées du bruit de la rue	--	Idem option 2
Refroidissement l'été	++	Possibilité d'ouvrir l'ensemble des fenêtres la nuit pour sur-ventiler	--	L'ouverture des fenêtres des chambres entraîne une gêne sonore.	--	Idem option 2
Organisation de l'accès au logement	---	Impossibilité de créer l'ascenseur dans la cour (trop de circulation à créer), donc perte d'espace habitable dans le logement	++	Possibilité de positionner l'ascenseur dans la cour, l'entrée se faisant dans l'espace salon, d'où un gain de surface habitable	++	Idem option 2
Réseau technique	+	Cuisine et sanitaire adjacent, limitation des réseaux	0	Cuisine et sanitaire proches, réseaux raisonnables	0	Idem option 2

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, les options 2 et 2bis seront privilégiées.

Le choix entre l'option 2bis et 2 est à faire en fonction notamment de l'étude du facteur éclairage naturel.

En conséquent, la protection phonique pour les chambres et la sur-ventilation nocturne d'été seront deux contraintes fortes à traiter.

L'analyse et le choix des systèmes devra en tenir compte.

## PARTIE 2 - ANALYSE

### Les choix de composition et d'aménagement

#### LA CREATION DE LA FAÇADE SUR COUR

Cette façade étant entièrement à reconstruire, sa conception doit permettre :

- de créer des espaces extérieurs,
- de protéger de la surchauffe l'été,
- de maximiser la pénétration de la lumière et du rayonnement solaire aux autres saisons.

#### Composition

Si la seule préoccupation était d'éclairer la pièce le plus profondément possible, nous préconiserions des vitrages très hauts et aucune avancée.

Or la création d'espaces extérieurs est une chance et améliore considérablement la qualité d'usage d'un logement.

Le compromis trouvé sera donc de créer des balcons pour les niveaux en logements d'environ 1m50 de large, les vitrages étant dans ce cas d'une hauteur de 2m40.

Compte tenu de l'orientation de la façade, les balcons ne pourraient assurer une bonne protection solaire il est donc proposé de créer un système d'obturation verticale réglable positionné en extrémité du balcon, sur la partie ouest.

Ces obturations pourront notamment permettre d'étendre du linge en extérieur, abrité des regards.

Pour le dernier niveau, qui ne bénéficie pas de la protection du balcon supérieur, il est proposé un système de store ou de pergola.

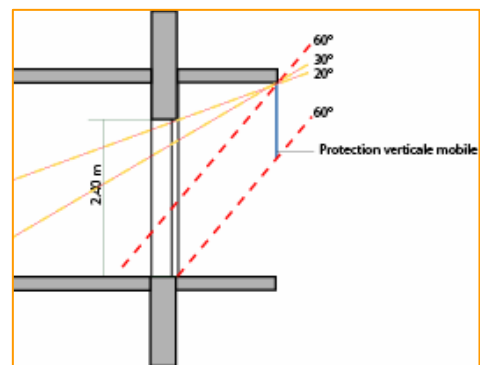
La pose de volets persiennés permettant la ventilation nocturne du logement est également à prévoir.

Concernant les surfaces vitrées elles seront les plus larges possibles afin de maximiser l'entrée de la lumière. L'espace à éclairer est d'environ 46 m<sup>2</sup>, pour arriver à un chiffre proche de 30% de surface vitré par rapport à la pièce éclairée, il faudrait plus de 5ml de baies vitrées.

#### Système constructif :

Concernant le système constructif de cette façade, l'inertie étant assurée par ailleurs (mur de refend et sol), il est proposé de s'orienter vers une ossature bois ce qui aura l'avantage de limiter les nuisances sur le chantier.

Cette façade doit par ailleurs avoir un déphasage important de l'ordre de 8h pour limiter les surchauffes en été, le choix de l'isolant sera fait dans ce sens.



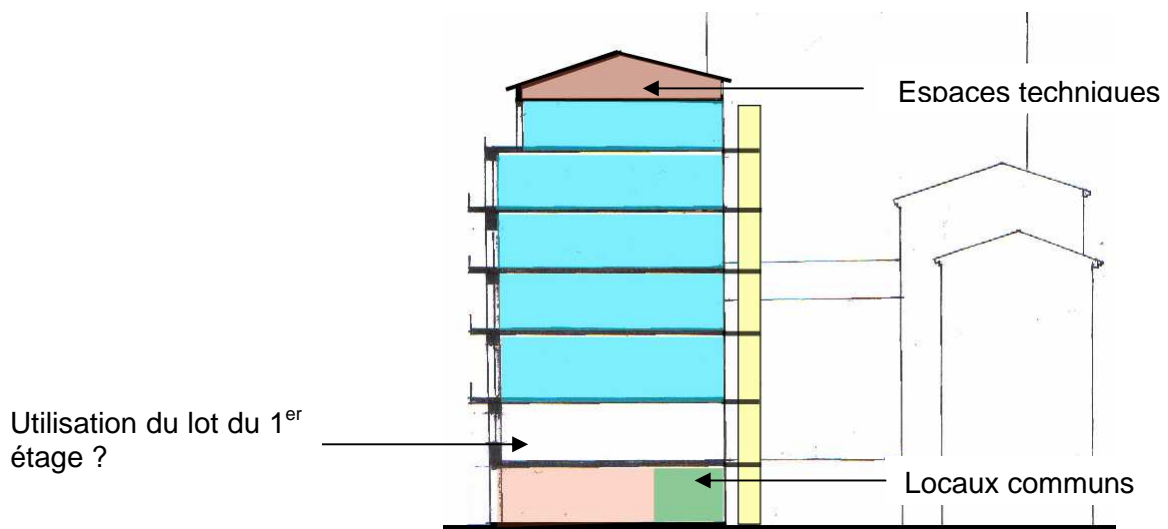
## PARTIE 2 - ANALYSE

### Les choix de composition et d'aménagement

#### PROGRAMMATION

Le programme prévoit la création de logement et de commerce, compte tenu des contraintes d'organisation du rez-de-chaussée, et des problèmes d'éclairage du 1<sup>er</sup> étage, deux possibilités sont envisageables :

- Création de 6 logements de type 3 et d'un commerce d'environ 45m<sup>2</sup> en rez-de-chaussée ;
- Création de 5 logements de type 3 et un commerce d'environ 110 m<sup>2</sup> en duplex en rez-de-chaussée, 1<sup>er</sup> étage.



*L'étude du facteur éclairage naturel permettra de vérifier l'opportunité de créer un logement au 1<sup>er</sup> étage.*

*Le choix des systèmes et les surfaces nécessaires qui en découlent pourront peser dans le choix du programme*



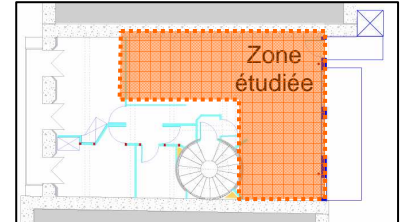
## PARTIE 2 - ANALYSE

### Les choix de composition et d'aménagement

#### VERIFICATION DE L'AUTONOMIE EN LUMIERE NATURELLE

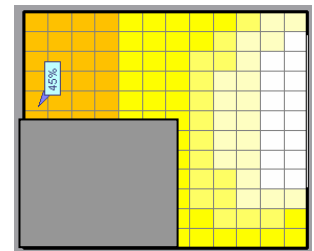
La façade étant définie, une analyse sommaire faite sur le logiciel « DIAL démonstration » permet de vérifier l'autonomie en éclairage naturel des pièces de vie (Cf. détail en annexes). L'hypothèse est prise avec un balcon de 1.50 de large, et 5ml de baies vitrées de 2.40 de haut.

Cette étude sommaire permet d'apporter des arguments pour le positionnement de la cuisine et du salon, et pour l'utilisation du 1<sup>er</sup> étage.



#### Pour les logements des 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> :

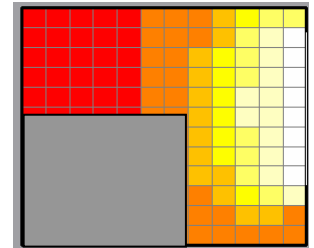
la valeur moyenne de l'autonomie est excellente dans la zone avant, elle reste acceptable dans la zone arrière avec environ 45% d'autonomie.



#### Pour les logements des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étages :

La valeur moyenne de l'autonomie est correcte dans la zone avant (proche de 60%). Dans la zone à l'arrière elle devient faible (inférieur à 30 %).

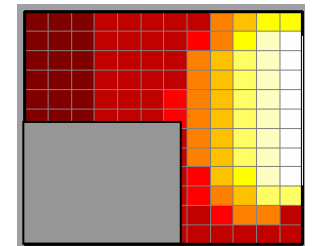
Considérant que le salon est utilisé plutôt pour des activités le soir (lecture, télévision, écoute de musique, etc.), et qu'il peut également devenir un « coin bureau », il semblerait plus judicieux de positionner la cuisine dans la partie la plus éclairée, et le salon dans ce fond de la pièce.



#### Pour le 1<sup>er</sup> étage

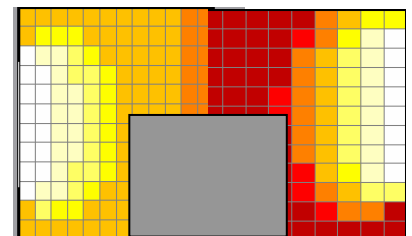
La partie avant reste acceptable en terme d'éclairage, mais l'arrière est sous éclairée (<10%).

La simulation en plateau libre bénéficiant d'un double éclairage donne de meilleurs résultats l'autonomie ne descend pas en dessous de 30%, et sur une zone limitée.



*Au vu de ces éléments, on privilégiera :*

- l'organisation 2bis prévoyant le positionnement de la cuisine en partie avant de l'appartement,
- l'option « 5 logements et un commerce en rez-de-chaussée et premier étage.



## L'ENVELOPPE BATIE

Le bâtiment datant d'avant 1948 sa réhabilitation est soumise à la Réglementation Thermique « RT 2005 élément par élément ».

A partir de cette réglementation nous avons envisagé l'amélioration de des performances afin de se rapprocher le plus possible du niveau BBC.

Les surcoûts représentés par notre choix par rapport à des solutions purement réglementaires sont analysés en fin de document.

### ISOLATION DES PAROIS OPAQUES

---

Deux orientations ont été privilégiées :

- L'isolant doit être perspirant
- L'isolant doit être si possible le même pour l'ensemble du bâtiment pour une question d'économie d'échelle de standardisation sur le chantier et de facilité d'approvisionnement.

Notre choix s'est porté sur la ouate de cellulose pour ses qualités écologiques et thermiques.

#### Façade existante sur rue

La façade en pierre existante doit rester respirante afin d'éviter les phénomènes de moisissure. Nous avons retenu la ouate de cellulose en épaisseur de 8 cm avec une finition plâtre.

La résistance de la paroi est de  $2.57 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  pour une valeur minimale réglementaire de  $2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  avec un  $U_{\text{bat}} = 0.36 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ .

Les ponts thermiques sont minimales, le plancher portant de refend à refend. En cas de réfection des planchers par des planchers collaborants, l'isolant sera descendu en rupteur thermique.

#### Façade arrière légère

La façade sur cour, entièrement reconstruite, doit avoir un temps de déphasage important afin d'assurer le confort d'été. Elle sera composée des éléments suivants :

- Enduit extérieur avec grillage d'accroche
- Double peau en bois avec incorporation de 14 cm de ouate de cellulose assurant un déphasage d'environ 8h.
- Enduit plâtre

La résistance thermique est de  $3.55 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  pour une valeur minimale réglementaire de  $2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  pour un  $U_{\text{bat}}$  de  $0.269 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ . Il n'y a pas de ponts thermiques dans ce cas.

#### Toiture

La réglementation nous demande un  $R$  de  $4 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ . La ville de Toulon impose dans le cadre du dispositif de subvention une valeur à minima de 5 que nous avons appliquée et obtenue avec 20 cm de ouate de cellulose.

Suivant les équipements retenus et installés en combles, cet isolant pourra être mis sous rampant ou sur dalle. Dans ce dernier cas une protection sera mise en place (platelage).

## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### Mur sur escalier

Nous avons pris pour option d'isoler le mur sur l'escalier existant (en brique pleine de 7cm) par 7 cm de ouate de cellulose pour obtenir une résistance de 2.15.

#### Plancher sur hall d'entrée

Nous avons pris en compte l'épaisseur du plancher béton avec l'apport en sous face d'une épaisseur de 7 cm ouate de cellulose pour une résistance de 2.

### ISOLATION DES PAROIS VITREES

---

Nous avons pris en compte dans nos calculs la mise en place de fenêtre bois (imposées dans le cadre de la ZPPAUP) avec un double vitrage (4/6/4) à isolation renforcée avec de l'argon pour un  $U_w$  de 2.27 W/m<sup>2</sup>.K pour un  $U_w$  minimal de 2.30

Notons qu'en façade sur cour, nettement plus exposée au soleil que la façade sur rue, un balcon d'une largeur de 1.50 m fait office de protection solaire.

### SYNTHESE DES VALEURS DE RESISTANCES THERMIQUES

---

Exprimées en m<sup>2</sup>.K/W sauf  $U_w$  vitrage en W/m<sup>2</sup>.K

Parois	Unité	Réglementaire	Projet
Mur façade sur rue	R	2	2.57
Mur sur cour	R	2	3.55
Toiture	R	4	5
Mur sur local non chauffé	R	2	2.15
Plancher sur local non chauffé	R	2	2
Fenêtres	$U_w$	2.3	2.27

Le projet est proche des valeurs réglementaires à l'exception de la façade arrière à construire en ossature légère qui dispose d'une épaisseur d'isolation relativement importante (14 cm) et de la toiture.

## PARTIE 2 – ANALYSE Les systèmes

### LES SYSTEMES

#### Méthodologie :

Dans un premier temps, nous avons inventorié les différents systèmes utilisables pour cette rénovation, afin d'assurer le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la ventilation.

Pour chacune de ces fonctions nous avons identifié, par type d'énergies, les différents produits et techniques présents sur le marché, des plus simples aux plus innovants et performants.

Ces différents produits ont été analysés selon une grille multicritères qui permet de faciliter les choix pour ce programme.

Les critères retenus ont été :

- L'intégration au bâti
- La faisabilité de mise en œuvre
- L'approvisionnement en énergie
- La performance
- Le confort client
- L'investissement
- Le coût d'exploitation
- La maintenance
- L'aspect santé
- Le bilan carbone

Dans un deuxième temps, cette analyse préalable nous a permis de retenir les solutions envisageables à priori, et devant être étudiées plus précisément.

L'ensemble des grilles, avec les arguments justifiant ces choix sont disponibles en annexe. Notons que ces grilles pourront servir de référence pour d'autres rénovations.



## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### LE CHAUFFAGE

---

Trois systèmes de chauffage adaptés aux contraintes du bâtiment ont été retenus.

#### **Le chauffage par panneaux rayonnants électriques ou par radiateur à inertie chaleur douce.**

Les arguments forts :

- Ce système ne nécessite pas d'entretien.
- Le coût d'investissement est faible
- Mieux adapté à un bâti BBC à faibles besoins énergétiques
- L'énergie électrique est considérée comme moins émissive en CO2

L'argument négatif principal est l'utilisation de l'énergie électrique, dans une région (PACA) où le réseau est sous contraintes surtout dans les périodes de grands froids.

L'autre inconvénient est un rendement insuffisant.

#### **Le chauffage par PAC air/air individuelle et gainable**

Ce système est composé de deux parties distinctes : un groupe de condensation (la partie production de chaleur) et un évaporateur (l'unité d'émission placé dans le logement).

Les deux étant reliés par des liaisons frigorifiques utilisant un fluide frigorigène dépourvu de CFC nuisibles à la couche d'ozone.

Dans le cas présent l'unité intérieure est placée dans le faux plafond du couloir du logement. Elle diffuse de l'air chaud dans les différents locaux par l'intermédiaire de diffuseurs muraux. Ces diffuseurs sont en liaison avec l'unité intérieure par l'intermédiaire d'un réseau en gaine tôle cheminant dans le vide du faux-plafond. (La distribution d'air peut aussi être traitée en plénum)

L'air est recyclé vers l'unité intérieure à l'aide de grille de reprise.

Ce système peut être indépendant ou en association avec la ventilation hygiénique des locaux.

Le système de régulation est individualisé pièce par pièce par des registres motorisés.

Les groupes de condensation sont positionnés en comble, dans des baies créées en façade sur cour, cachées derrière des systèmes de persiennes.

Les arguments en faveur du système :

- Système performant grâce des coefficients de performance variant entre 3 et 3.5
- Système de comptage énergétique individualisé par compteur électrique
- Filtration de l'air traitant l'aspect santé de la QE
- Un seul évaporateur par logement

Les arguments défavorables :

- Nettoyage des filtres de l'unité intérieure
- Utilisation d'un ventilateur pour chaque logement (consommation moteur)
- Entretien par du personnel qualifié

## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### Le chauffage par chaudière gaz individuelle à ventouse

Dans cette solution, chaque logement est équipé d'une chaudière à haut rendement fonctionnant au gaz. Les ventouses sont placées en façade coté cour.

Avantages de cette solution :

- Quasiment pas d'utilisation d'énergie électrique (très faible pour le circulateur) dans un contexte de réseau sous contraintes en PACA

Inconvénients :

- Mauvais bilan carbone
- Rendement insuffisant par rapport à un système thermodynamique
- Contrat d'entretien
- Réseau hydraulique.

#### Récapitulatif

Critères	Panneaux s rayonnants ou radiateurs à inertie	PAC air/air individuelle et gainable	Chaudière gaz individuelle haut rendement
Intégration Bâti	+++	neutre	- -
Faisabilité mise en œuvre	+++	-	- -
Performance	- (neutre si BBC)	+++	+
Confort client	+	neutre	++
Investissement	+++	-	neutre
Coût d'exploitation	- - - (neutre si BBC)	+ +	+
Maintenance	+ + +	-	neutre
Bilan carbone	neutre	+ +	- -

4 critères nous paraissent prépondérants : le confort client, la performance, et le coût d'exploitation et le bilan carbone.

Nous avons donc choisi d'étudier prioritairement la solution PAC.

En parallèle et à titre comparatif, nous étudierons également la solution panneaux rayonnants ou radiateurs à inertie, mais sous réserve d'une excellente performance du bâti.

## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Bien que l'eau chaude électrique par ballon à accumulation ait un excellent rapport qualité / prix / performance, ce système n'a pas été retenu pour ce projet.

Le poids de l'eau chaude sanitaire dans le bilan énergétique d'un bâtiment bien isolé devenant de plus en plus important, les énergies renouvelables ont été privilégiées pour se rapprocher plus facilement du niveau BBC.

L'orientation Sud - Sud Ouest ne générant qu'une perte de 7% de rendement par rapport à une orientation plein sud et la disponibilité de 17 m<sup>2</sup> de toiture ont conforté notre choix.

Deux solutions techniques nécessitant 8 m<sup>2</sup> de capteurs sont possibles, le choix entre l'un ou l'autre des systèmes n'engendre pas de problèmes d'intégration. Par contre la solution collective individualisée permettra d'atteindre un meilleur rendement qui contribuera à se rapprocher plus facilement du niveau BBC.

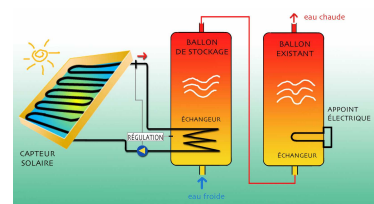
##### Solaire et appoint centralisé

Avantages :

- Stockage d'ECS centralisé, libérant l'espace des logements (placards).
- Gestion centralisée de l'ECS, avec une seule gestion de l'appoint à prévoir.

Inconvénients :

- Recouvrement des charges d'eau et d'électricité répercuté sur le gestionnaire, nécessité de pose de compteurs d'eau chaude.
- Nécessité de prévoir un maintien en température de la boucle et d'isoler le circuit de distribution pour éviter les risques de pertes de distribution de la boucle collective.
- Besoin d'un local commun pour le stockage des ballons.



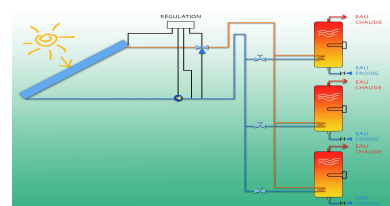
##### Solaire collectif individualisé

Avantages :

- Individualisation des charges d'eau et d'électricité.
- Appoints décentralisés et régulés individuellement en fonction des besoins de chaque logement.
- Gestion individuelle de l'appoint électrique en heures creuses, une panne n'affecte qu'un usager.
- Seule l'énergie solaire supporte les pertes de la boucle collective

Inconvénients :

- Espace requis dans les logements pour les chauffe-eau électro-solaires individuels.
- Investissements un peu plus coûteux qu'une solution tout collectif (maîtrise des coûts en cours).
- Portage de la GRS à clarifier pour chaque opération (comptage individuel)
- Contrat d'entretien pris par la copropriété pour la partie individuelle et collective.



## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### LA VENTILATION ET LE RENOUVELLEMENT DE L'AIR

---

Avant travaux il existe des débits de renouvellement d'air parasites très difficiles à évaluer.

Le débit de renouvellement d'air est très irrégulier, non contrôlable.

Lors de la rénovation le risque est de rendre définitivement étanches les logements, notamment lors du remplacement des menuiseries extérieures, sources de renouvellement d'air dans les bâtiments anciens.

De plus, plus on isole et plus l'impact du renouvellement d'air est important dans le bilan énergétique du fonctionnement du logement, ce poste peut atteindre jusqu'à 30% des consommations, il mérite donc une attention toute particulière.

La VMC hygroréglable tirant ses économies d'énergies de la réduction des débits a été étudiée.

Pour ce programme, cette ventilation simple flux a été écartée pour trois raisons :

- ses faibles performances
- l'impossibilité de sur-ventiler suffisamment la nuit en été avec les fenêtres fermées
- la diminution des débits ne nous paraît pas opportune compte tenu des gaz et COV pouvant se trouver dans les logements (meubles etc.).

Le système retenu est donc une ventilation double flux, système procédant par soufflage d'air neuf dans les pièces principales et reprise d'air vicié dans les pièces humides avec échangeur de chaleur entre le flux d'air neuf et l'air vicié. Le rendement de l'échangeur est voisin de 90%.

Ce système a l'avantage de pouvoir faire circuler un grand débit d'air neuf dans le logement sans être pénalisé au niveau énergétique.

Les gaines techniques et faux plafonds permettent d'insérer un tel système.

Nous avons opté pour ce projet pour une VMC double flux centralisée à haut rendement, avec échangeur collectif en local technique en combles. Cette solution présente des facilités d'intégration et de maintenance et la meilleure adéquation prix/performance.

La ventilation double flux avec échangeurs Individuels à haut rendement a été également étudiée, elle a été classifiée en innovation. Peu répandu en existant, plus performante mais plus coûteuse elle méritera la réalisation d'études particulières en partenariat avec les industriels (cf. § « Pour aller plus loin »)

La VMC double flux est d'abord un choix technique mais aussi un choix sanitaire, traitant de façon plus rigoureuse la qualité de l'air entrant.



## PARTIE 2 – ANALYSE

### Les systèmes

#### L'ECLAIRAGE

---

##### Eclairage des parties communes

Les consommations d'électricité des parties communes (éclairage des halls et circulations ...) prennent souvent une importance considérable.

Pour ce projet il sera recommandé la mise en place de minuteurs ou détecteurs de présence, mais sans recours aux lampes à économie d'énergie (Lampes Basse Consommation) non adaptées en raison des allumages fréquents.

Des lampes à incandescence nouvelle génération seront Intégrées pour ces usages. Contrairement à ce que l'on pourrait penser les lampes à incandescence ne seront pas proscrites après 2012 dans le cadre de la réglementation européenne, le Grenelle précisant l'obligation du respect d'une certaine efficacité lumineuse (Lumen/Watts), ratio devant être supérieur à 50 lumens par Watt.

Aujourd'hui les produits répondant à ces contraintes existent sur le marché avec par exemple des 70 Watts remplacées par des 53 watts à flux équivalent générant 30% d'économies. (Durée de vie passant de 900 heures à 2000 heures).

Autre solution possible, équiper les parties communes de luminaires à ballasts électroniques permettant de faire fonctionner des LBC sur minuterie ou détecteurs de présence. (Allumage franc car préchauffage des électrodes).

Dans ce cas, 53 Watts à incandescence sont remplacés par 18 watt LBC avec une économie de plus de 50%.

##### Eclairage des logements

Tous les logements seront équipés à la livraison de lampes à économies d'énergie ou lampes fluo compactes.

C'est 3 à 5 fois moins d'électricité consommée, 15 Watt LBC équivaut à 60 Watts incandescence avec une durée de vie passant de 900 heures à 8000 heures.

##### Avenir technique

A terme toutes les lampes seront équipées de lampes LED de plus en plus performantes avec des évolutions technologiques très rapides.

Exemple de lampes allogènes de 50 W à culot spécifiques remplacées par des LED de 7 W pour des éclairages spécifiques, cuisine, plans de travail, faux plafonds. Durée de vie de 25000 à 40000 heures au lieu de 3000 heures pour les allogènes.

Les prix des lampes LED restent dissuasives, 45€ contre 3€ pour les allogènes.

Vu l'évolution rapide des technologies et des économies d'échelle tout laisse à penser que les prix vont évoluer dans un avenir proche.

## **L'EAU – LES DECHETS – LE VEGETAL**

### **MAITRISE DE L'UTILISATION DE L'EAU**

#### **Récupération de l'eau de pluie**

L'eau de pluie reçue par le pan de toiture donnant sur la cour sera récupérée dans une cuve située dans le jardin, cette eau pourra être utilisée pour l'arrosage et le nettoyage du local poubelle. Le potentiel est de 716l/m<sup>2</sup>an, soit 32 000 l/an. Compte tenu de l'utilisation prévue de cette eau, une cuve de 2000l sera suffisante.

#### **Diminution des consommations / Utilisation des eaux grises**

Pour limiter les consommations, les douches seront équipées de mitigeur thermostatique, et les WC d'un mécanisme 3/6l. L'ensemble des appareils recevront des appareils de limitation de débits.

Les systèmes de réutilisation des eaux des douches et lavabos après nettoyage biologique et filtration ont été étudiés.

L'ensemble des évacuations de douches et de lavabos doit être séparé du réseau d'assainissement afin de collecter les eaux grises dans un premier réservoir.

L'eau est conduite dans un second réservoir où elle va subir un nettoyage biologique. Grâce à une oxygénation spécifique les bactéries vont naturellement consommer des protéines et autres éléments présents dans l'eau grise.

Ainsi préparée l'eau va ensuite rejoindre le réservoir de filtration.

Une pré filtration empêche toutes les particules et bactéries d'une taille de supérieure à 0.001mm d'atteindre la membrane.

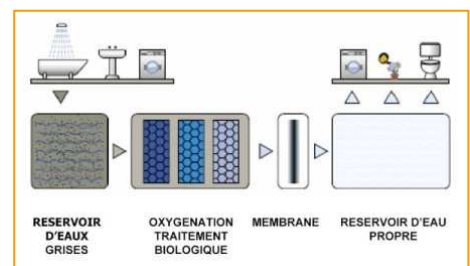
Ensuite, l'eau traverse la membrane dont les pores d'une taille de 0.00005 mm assurent une barrière sûre et complète.

L'eau peut ainsi être réutilisée pour les toilettes et les lave linges.

Ce système permettrait une économie d'environ 50% des consommations, soit près de 60 m<sup>3</sup> par an et par logement.

Pour 5 logements, 3 cuves de 1200l chacune seraient nécessaires, soit un emplacement d'environ 4m\*1m\*1m. Il paraît difficile de les positionner dans les communs, il est par contre possible de les enterrer dans la cour. Compte tenu de la place disponible en extérieur, le système paraît tout à fait intéressant à intégrer au projet.

L'installation d'un tel système demande une étude par les professionnels que nous n'avons pas encore obtenue. Son intégration au projet reste donc à ce stade une hypothèse intéressante à valider.



## **PARTIE 2 – ANALYSE**

### **L'eau – Les déchets – Le végétal**

#### **GESTION DES DECHETS**

---

Le tri sélectif n'est pas organisé dans Toulon actuellement. Il existe néanmoins des points de collecte pour le verre et le papier.

Pour encourager la diminution des déchets par le tri, il est donc nécessaire de prévoir des poubelles spéciale verre et spéciale carton dans le local collectif, et de prévoir dans le contrat d'entretien de l'immeuble, la prise en charge de ces poubelles spécifiques. Sans cette gestion commune, seuls les locataires très motivés feront l'effort d'aller jusqu'à ces points de collecte.

Il serait éventuellement possible de prévoir un composteur dans le jardin, mais son fonctionnement serait uniquement fonction de la volonté des locataires. Il serait intéressant de le proposer lors de réunion de sensibilisation des locataires au fonctionnement de l'immeuble.

#### **PLACE DU VEGETAL**

---

##### **Traitement de la cour**

La cour peut permettre de créer un espace végétalisé qui serait un atout pour le confort d'été. Les espèces plantées seront des espèces locales limitant ainsi les besoins en arrosage.

##### **Traitement de la façade sur cour**

La création de jardinières sur les balcons permettrait de planter des espèces grimpantes assurant une ombre fraîche. Il serait judicieux de prévoir une arrivée d'eau connectée au système de récupération d'eau de pluie.

## PARTIE 3 - PROJET RETENU ET EVALUATION



### LE PROJET PRESENTI

Le projet tel que défini comprend donc :

- Une configuration la plus « bioclimatique » possible,
- Une enveloppe performant isolée en ouate de cellulose,
- Une ventilation double flux ,
- Une production d'eau chaude sanitaire par solaire thermique,
- Et pour le chauffage, 2 solutions sont envisagée, une PAC air/air, ou des convecteurs rayonnants

Ces choix vont maintenant être évalués afin de les comparer au niveau BBC, et le cas échéant de les faire évoluer.

## PARTIE 3 – PROJET RETENU ET EVALUATION

### ANALYSE DES SOLUTIONS PRESENTIES

#### Comparaison avec le niveau BBC

Par rapport aux choix établis, 2 solutions ont été simulées à l'aide du logiciel certifié Clima Win (calé sur le moteur du CSTB) :

- Solution 1 : PAC air/air (cop de 3.8) + double flux (90 % d'efficacité) + ECS solaire (8m<sup>2</sup>).
- Solution 2 : Convecteur rayonnant (avec régulation électronique certifié) + double flux (90 % d'efficacité) + ECS solaire (8m<sup>2</sup>).

Résultats	Solution 1	Solution 2	Commentaires
Cep	76.75	100	Consommation énergie primaire en kWh/m <sup>2</sup> shon an
Cep réf.	115.25	137.52	Conso énergie primaire de référence par rapport au projet
Gain	33.41	27.23	En %
Cep-p	50.72	83.31	Consommation énergie primaire hors éclairage et auxiliaire
Cep max	130	130	Valeur sur l'existant
Ubat	0.439	0.439	Coefficient global sur enveloppe
U bat réf	0.453	0.453	
Gain Ubat	3.19	3.190	En %
Consommation électricité	13386	17486	Energie consommée en KWh par an y compris auxiliaires et éclairage)
Gain énergie solaire	4460	4460	En kWh par an
Taux carbone	1.4	3.6	En kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Classe énergie	B	B	

La valeur Cep Bâtiment Basse Consommation (BBC) en région H3 est de 64 kWh/m<sup>2</sup>.

#### Enveloppe

Au niveau de l'enveloppe nous constatons que nous obtenons un faible gain de 3.19 % sur l'Ubat du bâtiment par rapport à celui de référence. Il est à noter que le calcul de ces deux valeurs est dépendant des surfaces du bâti et de ses composants.

Dans le cas présent le fait que le bâtiment dispose d'une surface vitrée relativement importante remet en cause notre choix de se contenter pour les fenêtres d'un Uw réglementaire.

#### Consommation

Bien que nous obtenions dans les deux cas une classe B (Cep-p entre 51 et 90 kWh/m<sup>2</sup>, la solution 1 avec utilisation d'une PAC air/air présente les meilleurs résultats.

Ce constat n'est pas surprenant, la machine thermodynamique disposant d'un COP de 3.8 nettement plus performant que l'énergie joule utilisée en solution 2.

La solution 2 permet donc d'atteindre une Cep de 76.75 kWh/m<sup>2</sup>, nettement inférieur à la valeur de la Rt2005 sur l'existant, mais nettement supérieure à la consommation d'un bâtiment BBC.

Le gain à atteindre est donc de 12.75 kWh/m<sup>2</sup>.

## PARTIE 3 – PROJET RETENU ET EVALUATION

### Simulation pour atteindre le niveau BBC

Pour atteindre le niveau BBC nous avons fait des simulations de calculs en améliorant l'enveloppe thermique et les caractéristiques de rendement des différents composants techniques.

#### L'enveloppe thermique

Façade sur rue : augmentation du R de 2.57 à 3.5 en augmentant l'épaisseur de ouate de cellulose de 8 à 15 cm nous obtenons un Cep de 73.84. La valeur est nettement insuffisante, avec la valeur initiale nous avons déjà atteint un bon compromis. Changement non retenu.

Fenêtres : augmentation de la lame d'argon en passant d'une fenêtre de 4/6/4 à 4/12/4 avec un  $U_w$  de 1.84 W/m<sup>2</sup>.K nous obtenons un Cep de 75 , valeur nettement insuffisante pour obtenir un BBC . Le changement des vitrages influe peu compte tenu des apports solaires gratuits que procure la façade sur cour.

Une simulation sans les balcons donne un Cep de 72 au lieu de 76.75, ce qui montre l'importance des apports solaires passifs. En contre partie l'absence de protection solaire augmente la température de confort d'été de 31.70 °C à 32.65°C. Il semble donc que le compromis proposé dans le projet est le meilleur au niveau du choix des vitrages (dimensions, performances et protection solaire). Changement non retenu.

L'amélioration de l'enveloppe n'apporte que très peu de modification sur la consommation d'énergie primaire.

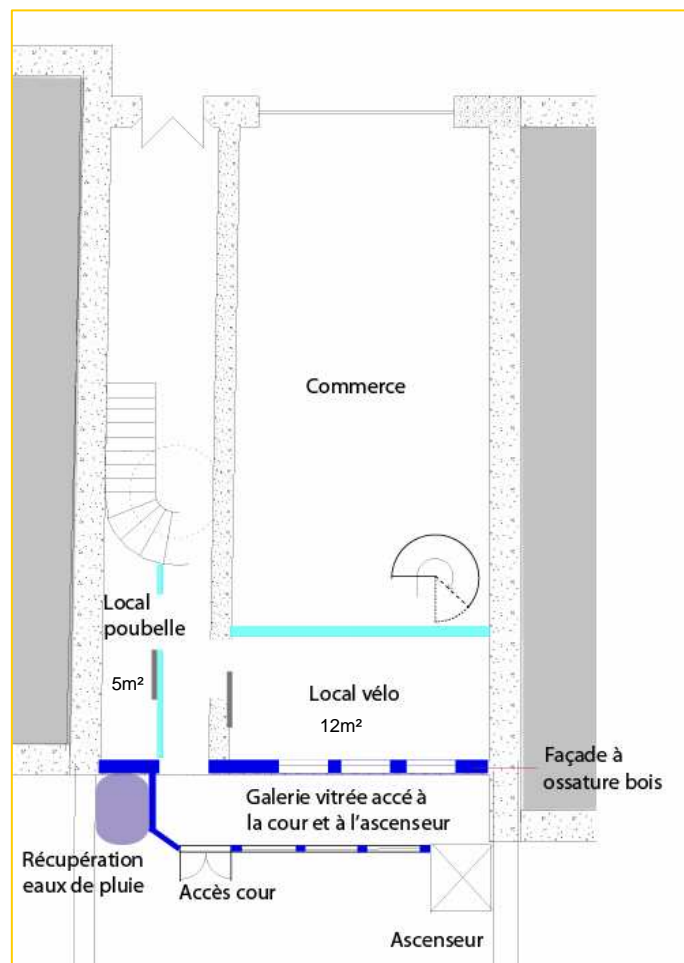
#### Les systèmes

Les valeurs de performance du système double flux et de la production calorifique par PAC étant optimales, nous avons analysé le système de production de l'eau chaude sanitaire, qui est devenu depuis l'amélioration très prononcée de l'enveloppe thermique, l'élément le plus important dans les consommations du bâtiment.

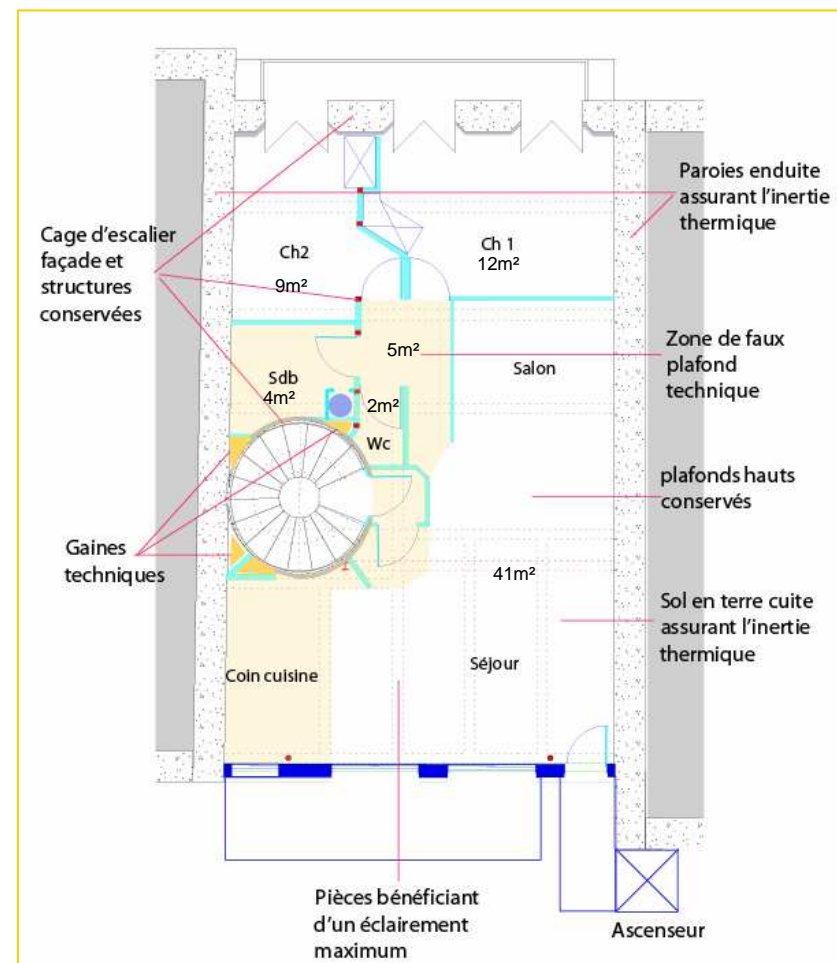
En faisant passer de 8 à 10 m<sup>2</sup> la surface de capteurs solaires, et de 200l à 300l la capacité des chauffe-eau électrosolaires individuels à échangeurs, le taux de couverture annuel passe de 40 à 56.9 %. Ce taux est satisfaisant du point de vue production et n'apporte pas de désordre dû à une surproduction l'été.

Cette amélioration sensible permet d'atteindre un Cep de 66 kWh/m<sup>2</sup>, l'objectif BBC est quasiment atteint.

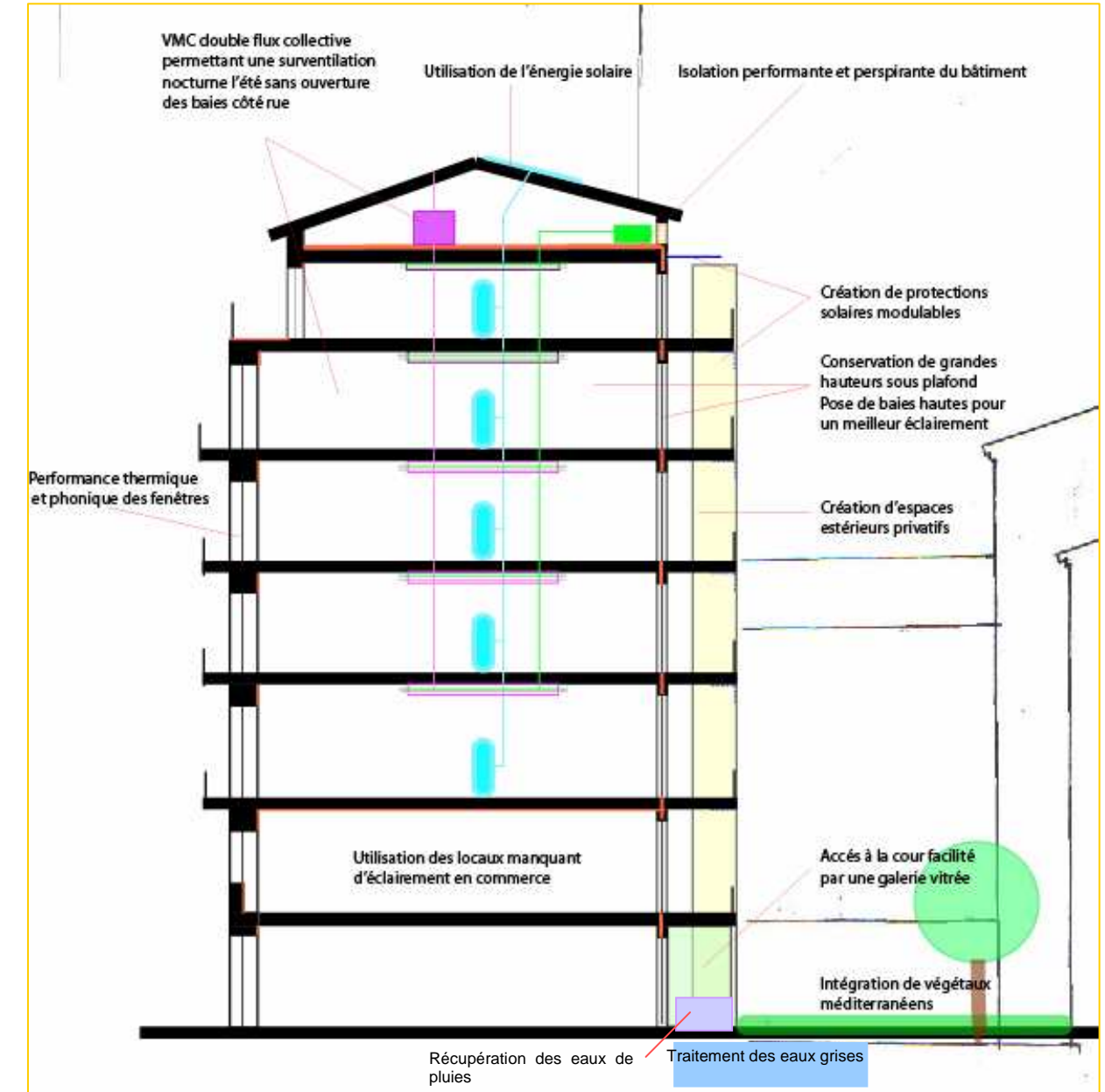
### LE PROJET RETENU



Rez-de-chaussée



Etage courant



#### Le programme :

RdC : Local vélo, local poubelle, et cour d'environ 95 m².  
 RdC : 1<sup>ER</sup> : Commerce de 110 m² environ  
 2<sup>ème</sup> au 6<sup>ème</sup> : 4 logements T3 de 73 m² et 1 logement T3 de 65 m² environ.

#### L'enveloppe bâtie :

Menuiseries performantes.  
 Isolation par ouate de cellulose :  
 - en intérieur pour la façade sur rue,  
 - sur le plancher des combles sous platelage et  
 - entre la structure bois de la façade sur cour.

#### Les systèmes :

PAC air/air avec un cop de 3.8  
 VMC double flux avec 90 % d'efficacité  
 ECS solaire avec 10 m² de capteur  
 Eventuellement système de ré-utilisation des eaux grises

#### Traitement des surfaces :

Terre cuite, enduit ou plâtre, peintures label EU

#### Les incontournables pour le bon fonctionnement du projet :

- L'organisation d'une réunion d'information pour les occupants sur les éco-gestes, comprenant la remise du livret d'utilisation du logement.
- La mise en place par la copropriété de contrats de gestion de l'immeuble comprenant :
  - des contrats d'entretien pour la VMC, l'eau chaude sanitaire solaire, et les PAC (appareillage privatif et collectif) ;
  - l'entretien des locaux et de la cour respectant les engagements du label BDM, et la gestion des déchets triés (verre et papier).

## PARTIE 3 – PROJET RETENU ET EVALUATION

### EVALUATIONS

#### APPROCHE FINANCIERE, SURCOUT ET SUBVENTIONS

Il s'agit d'évaluer le surcoût à l'investissement du projet BBC tel que défini précédemment :

##### Montant Hors taxes

	Réhabilitation "RT 2005"		Projet		Surcoût	Surcoût avec traitement eaux grises
	Type	Coût	Type	Coût		
Isolation Toiture	Laine de verre	525	Cellulose	1 200	675	675
Isolation Murs	Laine de verre	956	Cellulose	2 713	1 758	1 758
Isolation Murs cour	Laine de verre	294	Cellulose	823	529	529
Fenêtres sur cour	Uw = 2,3	49 000	Uw = 2,27	49 000	-	-
Fenêtres sur cour	Uw = 2,3	28 000	Uw = 2,27	28 000	-	-
Chauffage	convecteur radiant	5 250	PAC air/air	48 000	42 750	42 750
Ventilation	VMC hygroréglable A	3 000	VMC double flux	19 200	16 200	16 200
ECS	Chauffeau électrique	4 200	Solaire	14 000	9 800	9 800
Eaux grises			Réutilisation	20 000		20 000
Surcoût global					71 712	91 712
Coût global de la réhabilitation au m² utile		2 000		2 157	157	200
Soit par rapport au coût global du projet de base					8%	10%
Prime qualité environnementale de la Ville de Toulon					45 800	45 800
Subvention ADEME/ Région solaire thermique					4 594	4 594
Crédits d'impôt					-	5 000
Surcoût résiduel					21 318	36 318
Surcoût résiduel au m²					47	79
Soit par rapport au coût global du projet de base					2,33%	3,96%

Le surcoût par rapport à la solution de base est évalué à environ 8% du montant global du projet « RT 2005 » sans le traitement des eaux grises, 10% avec.

Cette rapide approche montre que ce surcoût est fortement réduit par les subventions mises en place par la Ville de Toulon, celles de la Région pour le solaire thermique, il passe à moins de 3%. Dans le cas de l'installation du système de traitement des eaux grises, un crédit d'impôt vient s'ajouter aux subventions, et le surcoût est alors d'environ 4%.

Si le projet est assimilé au BBC, il peut prétendre aux subventions de la Région et de l'ADEME dans le cadre de l'appel à projet 100 bâtiments exemplaires (soit un montant de subvention d'environ 36 000€ de plus). Dans ce cas, les surcoûts sont totalement compensés.



## PARTIE 3 – PROJET RETENU ET EVALUATION

Ainsi que le surcoût à l'entretien :

*Montant TTC*

	Réhabilitation "classique"		Projet		Surcoût	Surcoût avec traitement eaux grises
	Type	Coût annuel	Type	Coût annuel		
Chauffage	Convecteur radiant	-	PAC air/air	450	450	450
Ventilation	VMC hygroréglable A	100	VMC double flux	200	100	100
ECS	Chauffeau électrique	-	Solaire	150	150	150
Eaux grises			Réutilisation	100		100
Surcoût annuel global					700	800
Surcoût annuel par logement					140	160
Economie d'énergie annuelle évaluée par logement					146	146
Economie d'eau évaluée par logement						131
Bilan annuel par logement					- 6	- 117

L'entretien des systèmes, payés par les propriétaires, fait partie des charges récupérables sur le locataire.

Cette évaluation sommaire montre que l'économie d'énergie apportée par le projet couvre juste les surcoûts d'entretien liés aux systèmes qui permettent d'amener le bâtiment au niveau BBC.

Par contre l'économie apportée par la réutilisation des eaux grises est une véritable source de diminution des coûts pour le locataire : environ 117€ par an.

### ANALYSE DU PROJET SELON LES CRITERES DE LA DEMARCHE BDM

L'immeuble étant voué à être en locatif, les engagements des utilisateurs sont difficiles à anticiper, ils seront donnés et expliqués aux locataires lors de la cession d'information aux éco gestes, et annexés au livret de fonctionnement du logement (Cf. « les incontournables pour la réussite du projet »).

Considérant ce point et si l'on admet qu'une consommation d'énergie primaire de 66 kWh/m<sup>2</sup> est assimilable à l'objectif BBC, l'ensemble des engagements de la méthodologie Bâtiment Durable Méditerranéenne est respecté.

Le bâtiment totalise 52 points, ce qui le situe, pour l'étape projet, au niveau « BDM Argent » (cf. détail en annexes).

Concernant la pertinence de la démarche BDM avec l'étude d'un projet de réhabilitation, il pourrait être intéressant de créer un paragraphe concernant la conservation des éléments existants.

En effet, la grille actuelle valorise peu le fait de conserver au maximum l'existant, ce qui revient à traiter de la même manière un projet où tout est démoli, et un projet où l'on minimise les démolitions en réutilisant l'existant, alors que la recherche de la conservation des éléments et des matériaux est à notre sens un point prépondérant du projet en réhabilitation.

*Une évaluation du projet avec le logiciel ELODIE, aurait été intéressante, mais celui-ci n'intègre pas les maçonneries traditionnelles et la ouate de cellulose, elle n'a pu être réalisée.*

### POUR ALLER PLUS LOIN

#### L'INTEGRATION D'INNOVATION

---

Compte tenu de la recherche de l'atteinte des niveaux BBC ou Bepos au regard du Grenelle, l'innovation va prendre une place prépondérante dans le montage des projets.

Leur réalisation va dépendre de la capacité d'écoute des industriels, de leur réactivité et de leur faculté d'adaptation pour répondre au mieux au marché en proposant des produits et des techniques innovantes à coûts maîtrisés.

Il nous a paru important de faire se rapprocher les industriels des membres d'EnviroBAT, concepteurs de projets et producteurs de bâtiments à hautes performances, pour favoriser les échanges, mutualiser les compétences et apporter rapidement des solutions adaptées à court ou moyen terme.

Durant l'année 2009 dans le cadre d'EnviroBat nous avons intégré un groupe projet dont l'objectif était de mettre en place le Club EnviroBat Innovation matériaux et systèmes performants dans le but d'organiser un partenariat rapproché avec les industriels sous forme de veille technologique et donner ainsi une place importante à l'innovation.

**L'objectif de ce Club étant de mieux connaître l'offre industrielle existante et de la faire évoluer eu égard au contexte réglementaire en s'appuyant sur des cas concrets et la recherche et développement.**

**Le projet concret de réhabilitation sur Toulon étant tout trouvé pour servir de laboratoire.**

#### Objectifs du Club :

- Mieux connaître l'offre existante des industriels et la faire évoluer eu égard au contexte réglementaire et des pratiques des acteurs en climat méditerranéen, en s'appuyant sur des cas concrets et la **recherche et développement**.
- Rechercher la meilleure adéquation produit/performance/prix pour répondre aux besoins en tenant compte des contraintes de la construction/réhabilitation, de l'utilisation et de l'entretien .
- Adapter au mieux les systèmes constructifs aux enjeux et contraintes de la construction.
- Créer des synergies entre industriels, concepteurs et entreprises de mise en œuvre et favoriser les échanges sur des projets concrets.
- Renforcer l'innovation sur les matériels, systèmes et matériaux proposés.
- Capitaliser la matière pour l'enviroBOITE (centre de ressources régional de la qualité environnementale du cadre bâti) sur les rubriques matériaux, énergie, santé, ...

## PARTIE 3 – PROJET RETENU ET EVALUATION

### Intérêts :

Pour les fabricants

- Recueillir des retours d'expérience de terrain sur des caractéristiques encore non prises en compte
- Développer les échanges entre fabricants pour créer une émulation sur les aspects environnementaux
- Mettre en place un espace privilégié pour présenter les produits, la recherche et l'innovation

Pour EnviroBAT Méditerranée et les professionnels

- Créer un espace d'échange entre publics qui ne communiquent pas forcément (fabricants/artisans)
- Renforcer les contacts avec les industriels. Créer une passerelle fabricants / architectes / entreprises
- Alimenter l'EnviroBOITE : réactualisation et création de nouveaux contenus
- Favoriser la meilleure adéquation possible entre un système et un projet (intégration, coût, ...)

**Pour l'étude de ce programme et dans ce cadre nous avons multiplié les échanges avec les industriels sur les systèmes, VMC, chauffage, eau chaude sanitaire.**

Des solutions innovantes et plus performantes ont été recensées, lesquelles mériteraient des études particulières ainsi que des échanges avec les créateurs des outils de valorisation de ces systèmes dans le cadre de la future réglementation thermique BBC 2012.

Identification de solutions innovantes :

- Ventilation double flux avec échangeurs Individuels à haut rendement
- Solutions T.Flow, ventilation Hygro avec récupération d'air extrait pour produire de l'eau chaude sanitaire à 55 degrés.
- VMC Hygro + Pac Inverter + Ventilateur micro-watt
- Double flux thermodynamique 4 en 1 assurant la ventilation, la production d'eau chaude, le chauffage et la filtration de l'air pour traiter l'aspect santé de la QE
- Relais optimiseurs sur les chauffe-eau pour décaler la charge sur le réseau.

La solution T.Flow a fait l'objet d'une évaluation réalisée par l'industriel. Ce système innovant a 2 fonctions : ventilation et production d'ECS, il capte l'énergie contenue dans l'air extrait grâce à une pompe à chaleur pour produire de l'ECS à 55°C.

Cette solution permettrait d'atteindre un niveau plus bas que la solution que nous avons préconisée, puisque la consommation d'énergie primaire atteindrait alors 64,55 kWhEP/m<sup>2</sup>/an.

En kWhEP/m <sup>2</sup> /an	Tflow hygro
Chauffage	25,4
Refroidissement	0
ECS	27,2
Ventilation	3,52
Eclairage	7,3
Auxiliaires	1,12
<b>Total</b>	<b>64,55</b>

### L'EQUIPEMENT EN ELECTROMENAGER DES LOGEMENTS

---

La consommation d'électricité spécifique (autres usages) a doublé durant ces 20 dernières années pour représenter aujourd'hui plus de 46% des consommations du secteur résidentiel. Au-delà de la performance même du bâti il est donc important de poursuivre des opérations de maîtrise de la demande en électricité dans ce secteur. En effet, l'utilisation d'électroménager performant peut permettre de réduire d'environ 40% cette consommation.

Outre l'information sur l'étiquette énergie pouvant être relayée auprès des futurs occupants pour des achats futurs, nous avons été amené à réfléchir sur un autre modèle de conception des bâtiments intégrant, dès l'origine, cet électroménager (A+, A++ ...).

En effet dans un certain nombre de cas l'investisseur choisi d'équiper totalement ou partiellement le logement.

Il pourrait donc être proposé dès la conception de négocier avec un fournisseur la fourniture de matériel performant avec un montage financier qui intégrerait dans un loyer la fourniture et l'entretien.

La mensualité pourrait être supportée par le propriétaire et répercutée sur le locataire.

### LE CHANGEMENT D'ECHELLE

---

Cet immeuble fait partie d'un projet global de restructuration d'un îlot.

Fort de la présente étude, il peut être pertinent d'analyser si le couplage de ce projet avec le projet de réhabilitation de l'immeuble voisin (7/9 rue Seillon) apporterait un plus.

Ce couplage ne changerait pas la performance du bâtiment, mais la création d'une copropriété de 10 logements et non plus de 5 permettrait une mutualisation de certain poste :

- L'ascenseur (nous l'avons déjà abordé)
- La VMC double flux qui est collective
- L'installation d'eau chaude sanitaire solaire, qui pourrait profiter de la bonne exposition du toit du 5 Seillon pour l'ensemble des logements sans doubler les surfaces de capteurs.

Cette mutualisation permettrait une diminution du coût d'investissement et du coût d'entretien.

De plus les locaux communs pourraient également être mis en commun entraînant une économie d'échelle.

# CONCLUSION

Cette étude nous a permis de valider le fait qu'un bâtiment traditionnel, remanié depuis le 15<sup>ème</sup> siècle, et nous apparaissant dans sa composition du 19<sup>ème</sup> est en mesure de continuer son évolution pour atteindre un niveau proche du Bâtiment Basse Consommation.

Il faut par contre se garder de conclure hâtivement sur la possibilité pour l'ensemble des bâtiments du centre ancien de Toulon d'atteindre ce niveau de performance énergétique.

Rappelons que le niveau est atteint grâce notamment à l'utilisation de l'énergie solaire et à l'utilisation de PAC.

Tous les bâtiments ne disposent pas d'un potentiel solaire similaire, et les PAC sont parfois impossibles à positionner dans les bâtiments.

Par contre, la méthodologie et les outils (grilles d'analyse multicritère, logiciel d'analyse d'éclairage, analyse financière, etc.) utilisés lors de cette étude pourront être repris pour toute autre étude de réhabilitation.

Les objectifs étant :

- de bien comprendre les qualités du bâti pour en tirer parti,
  - de choisir les systèmes en fonction des particularités de l'immeuble
- pour tendre vers le niveau BBC,