



# Bâti ancien & développement durable

VIVRE EN CENTRE ANCIEN



9 & 10 juin 2011

CAHORS



association **nationale**  
villes et pays d'art et d'histoire  
villes à secteurs sauvegardés  
et protégés



**Bâti ancien**  
**et développement durable**  
**Vivre en centre ancien**

---

9 & 10 juin 2011

---

**CAHORS**

---

# Remerciements

---

Ce séminaire a été organisé par l'Association Nationale des Villes et Pays d'art et d'histoire et des Villes à secteurs sauvegardés et protégés, en partenariat avec la Ville de Cahors, la Communauté de communes du Grand Cahors, la Région Midi-Pyrénées et la Caisse des Dépôts, ainsi qu'avec le soutien technique du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.

**L'ANVPAH & VSSP remercie :**

**La Caisse des Dépôts**

**Toutes les personnes qui ont préparé le contenu de ces rencontres et qui ont contribué à leur bon déroulement :**

- Serge BERGAMELLI - Directeur Régional Midi-Pyrénées de la Caisse des Dépôts
- Anaïs CLOUX - Chargée de mission de l'ANVPAH & VSSP
- Laure COURGET - Directrice du service patrimoine de la Ville de Cahors, et son équipe
- Elisabeth ESPITALIER - Directrice de l'Office de Tourisme du Grand Cahors
- Céline JULIEN - Directrice du service communication de la Ville de Cahors, et son équipe
- Jean-Luc MARX - Préfet du Lot
- Gérard MIQUEL - Président du Conseil Général du lot
- Marylise ORTIZ - Directrice de l'ANVPAH & VSSP
- Michel SIMON - Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement, de l'urbanisme et du développement durable
- Jean-Marc VAYSSOUZE-FAURE - Maire de Cahors, Président du Grand Cahors

---

**Publié avec le soutien de la Caisse des Dépôts**

**Transcription des textes :** société UBIQUS

**Relecture des textes :** Ludivine BASCOU, Anaïs CLOUX, Marion LASTIRI, Marylise ORTIZ

**Graphisme et mise en page :** Lucile GORCE, Marion LASTIRI, d'après la charte graphique de Céline COLLAUD

**Parution :** juin 2014

**Association Nationale des Villes et Pays d'art et d'histoire  
et des Villes à secteurs sauvegardés et protégés**

---

Adresse administrative  
**42, boulevard Raspail – 75 007 PARIS**

---

Adresse opérationnelle  
**Château Neuf / Place Paul Bert**  
**64 100 BAYONNE**  
tél/fax : +33 (0)5 59 59 56 31  
reseau@an-patrimoine.org  
www.an-patrimoine.org  
www.an-patrimoine-echanges.org

# L'Association Nationale

des Villes et Pays d'art et d'histoire et des Villes à secteurs sauvegardés et protégés constitue :

→ Une association créée en 2000 pour regrouper les villes et ensembles de communes porteurs d'un secteur protégé (secteur sauvegardé ou ZPPAUP / AVAP) et les villes et pays signataires de la convention Ville et Pays d'art et d'histoire

→ Un réseau de près de 200 collectivités de toute échelle

→ Une plateforme pour échanger des compétences, des expériences et des interrogations dans les domaines du patrimoine et de l'urbanisme (connaissance, protection, gestion et valorisation) au niveau national et international

→ Un espace de conseil, d'expertise et d'accompagnement des collectivités en termes de stratégies d'actions, de méthode et d'outils

→ Un centre de ressources, assurant une veille juridique et technique sur les politiques patrimoniales et leurs outils

→ Un représentant et relais des collectivités auprès des instances et assemblées parlementaires avec des partenaires forts et divers (MEDDE, MAE, Caisse des Dépôts, Régions, ...)

→ Un champ d'action très étendu incluant : séminaires, formations et ateliers à destination des différents acteurs du patrimoine (élus et techniciens), ainsi que des groupes de travail autour des thèmes actuels (quartiers anciens et développement durable, gestion et fiscalité du patrimoine, médiation du patrimoine, reconversion du patrimoine, patrimoine et tourisme, connaissance du patrimoine, paysage, ...)

→ Une association développant partenariats et échanges avec de nombreux autres acteurs du patrimoine : Fondation du patrimoine, ARF, APVF, Unesco, AMF, ADF, ...



Château Neuf - Place Paul Bert - 64 100 Bayonne - France • tél./fax. : +33 (0)5 59 59 56 31  
www.an-patrimoine.org (site national) • www.an-patrimoine-echanges.org (site international)

# Le réseau en octobre 2013



- Légende**
- **VPAH**  
Villes et Pays d'art et d'histoire  
\* VPAH en cours
  - **VSS**  
Villes à secteurs sauvegardés  
\* VSS en cours
  - **ZPPAUP / AVAP**  
Zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager / Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine  
\* AVAP en cours
  - **VPAH + VSS**
  - **VPAH + ZPPAUP / AVAP**
  - **VSS + ZPPAUP / AVAP**
  - **VPAH + VSS + ZPPAUP / AVAP**
- En Outre-mer**
- Guadeloupe : Basse-Terre • Pointe-à-Pitre
  - Martinique : Saint-Pierre
  - Réunion : St-Denis • St-Paul

# Sommaire

## 10 OUVERTURE DES RENCONTRES

JEAN-MARC VAYSSOUZE-FAURE, Maire de Cahors, Président du Grand Cahors  
SERGE BERGAMELLI, Directeur Régional de la Caisse des Dépôts  
MARTIN MALVY, Président de l'ANVPAH & VSSP, Président de la Région Midi-Pyrénées  
JEAN-LUC MARX, Préfet du Lot

## 16 I. POLITIQUE DE L'HABITAT ET DEVELOPPEMENT DURABLE : TRAITER L'INSALUBRITE ET PREVENIR LA PRECARITE ENERGETIQUE

*Traiter le logement en centre ancien ou comment passer d'un habitat indigne et sujet à la précarité énergétique à un habitat confortable, adapté et aux performances énergétiques élevées ?*

### 16 I.1. Introduction

PIERRE JARLIER, Sénateur, Maire de Saint-Flour, Vice-Président de l'Anah

### 17 I.2. Les pouvoirs du Maire pour traiter l'habitat indigne

NANCY BOUCHE, Présidente honoraire du PNLHI

### 19 I.3. Les interventions de l'ANRU pour favoriser le traitement de l'habitat indigne

GUILLAUME BOURLIER, Chargé de mission habitat privé, ANRU

### 21 I.4. La contribution de l'Anah sur les questions d'insalubrité et de précarité énergétique

CVETA KIROVA, Chargée de mission, Service études et prospectives, Anah

### 23 I.5. L'évolution potentielle du phénomène de précarité énergétique

FRANCK DIMITROPOULOS, animateur du réseau RAPPEL

### 25 I.6. Le Fonds social départemental d'aide à la maîtrise de l'énergie : un fonds spécifique développé par Quercy Energies

JOHANN VACANDARE, Directeur de Quercy Energies, Agence Locale de l'Energie

### 26 I.7. Débat

## 29 II. PROJET GLOBAL A L'ECHELLE D'UN CENTRE ANCIEN

*La révision du secteur sauvegardé : une opportunité pour intégrer les principes du développement durable – Exemple de la Ville de Cahors*

### 29 II.1. Introduction

MICHEL SIMON, Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement, de l'urbanisme et du développement durable

### 31 II.2. Raisons et objectifs de la révision du secteur sauvegardé de la Ville de Cahors

PIERRE SICARD, ABF, Chef du STAP du Lot

### 32 II.3. Evolution des centres anciens

ALEXANDRE MELISSINOS, Architecte du patrimoine

### 34 II.4. Volet thermique de la révision du secteur sauvegardé de la Ville de Cahors

LOIC KOCH, Chargé d'études, bureau d'études IDE-Environnement

## 36 III. LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DU BATI ANCIEN : HISTORIQUE ET RECHERCHES ACTUELLES

### 36 III.1. Introduction

LOUIS HENRY, Architecte, Caisse des Dépôts

### 37 III.2. Quelques repères chronologiques dans la conception thermique des bâtiments

CHRISTIAN-NOEL QUEFFELEC, MÉDDTL, Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

### 69 III.3. Débat

### 70 III.4. Etude comparative des performances énergétiques de fenêtres à valeur patrimoniale

HELENE MONTFORT, Ingénieur-architecte, Faculté des sciences de l'Université de Liège, Laboratoire EnergySuD

### 76 III.5. Débat

### 77 III.6. Un outil de modélisation adapté au bâti ancien : les résultats du projet BATAN

RICHARD CANTIN, Enseignant chercheur à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat de Vaulx-en-Velin  
JULIEN BURGHOLZER, Ingénieur-architecte au CETE de l'Est

### 82 III.7. Débat

## 84 IV. AMELIORER LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DU BATI ANCIEN : REHABILITATIONS CONCRETES ET SENSIBILISATION

### 84 IV.1. Introduction

LOUIS HENRY, Architecte, Caisse des Dépôts

### 85 IV.2. Patrimoine urbain, restauration et écologie : exemples en Rhône Alpes

NICOLAS DETRY, Architecte spécialiste en restauration des monuments, Agence d'architecture DETRY & LEVY

### 95 IV.3. Les logements privés : démarche de Quercy Energies pour la réhabilitation de logements anciens

HERVE TEYSSEDOU, Quercy Energies, Agence Locale de l'Energie

### 97 IV.4. Débat

## 98 V. LA SANTE, ENJEU INDISSOCIABLE DE LA REQUALIFICATION DES CENTRES ANCIENS

### 98 V.1. Introduction

JEAN ROUGER, Maire de Saintes, Vice-Président de l'ANVPAH & VSSP

### 99 V.2. La santé dans la révolution énergétique des bâtiments

SUZANNE DEOUX, Docteur en médecine, Professeur associé à l'Université d'Angers, Gérante de MEDIECO, société de management de la santé dans le cadre bâti et urbain, Présidente de Bâtiment Santé Plus

### 106 V.3. L'acoustique dans le bâti ancien : comment améliorer le confort des habitants ?

CHRISTINE SIMONIN, Architecte acousticienne

### 112 V.4. Débat

## 115 VI. HUMIDITE ET VENTILATION, QUELS CONSTATS ET QUELLES SOLUTIONS POUR LE BATI ANCIEN ?

### 115 VI.1. Introduction

JEAN LAUNAY, Député du Lot, Maire de Bretenoux

### 116 VI.2. Le projet HYGROBA : étude du comportement hygrothermique des parois anciennes

JULIEN BURGHOLZER, Ingénieur-architecte au CETE de l'Est

### 118 VI.3. Les mécanismes globaux des questions thermiques et hygrothermiques

LAURENT COIGNET, Urbaniste

### 121 VI.4. L'intérêt des outils de simulation pour apprécier les phénomènes liés aux transferts d'humidité

FREDERIC BETBEDER, Ingénieur, Nobatek

### 125 VI.5. L'isolation par l'extérieur et les doublages ventilés

MATTHIAS RICHTER, Physicien du bâtiment, Directeur de Midi-ENR

### 127 VI.6. Débat

## 130 CONCLUSIONS

JEAN ROUGER, Maire de Saintes, Vice-Président de l'ANVPAH & VSSP  
GERARD MIQUEL, Sénateur, Président du Conseil Général du Lot  
JEAN-MARC VAYSSOUZE-FAURE, Maire de Cahors, Président du Grand Cahors





**SERGE BERGAMELLI** -----

----- Directeur Régional de la Caisse des Dépôts



// Je représente le Directeur général, Augustin de ROMANET. La Caisse des Dépôts a noué un partenariat avec l'ANVPAH & VSSP depuis 2006 et surtout depuis 2008, date qui a marqué la signature de la première convention.

La Caisse des Dépôts accompagne les associations d'élus, en tant qu'organisme à la croisée entre le public et les collectivités. Le développement durable constitue pour nous un axe stratégique, aux côtés de l'économique. Le film sur les Grand Sites nous fait comprendre que la culture et le patrimoine sont parties prenantes du développement économique. Les problématiques de transport et de mobilité impacteront fortement nos déplacements à venir, en fonction de l'énergie qu'ils utiliseront et de leur fréquence.

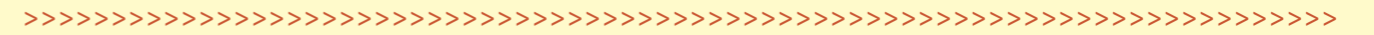
Nous sommes à vos côtés ce matin, car la Caisse des Dépôts affiche sa volonté, au-delà des séminaires, de poursuivre cette réflexion. La Caisse des Dépôts n'est pas uniquement destinée aux grandes métropoles et aux grandes entités publiques. Elle essaie en effet d'accompagner l'ensemble des collectivités locales dans leur politique publique, même si les outils de cet accompagnement, au-delà de leur financement, ne sont pas toujours évidents à construire, s'agissant de l'habitat privé.

Enfin, je tiens à témoigner de la reconnaissance du Directeur général pour la place qui nous est accordée au sein de ce séminaire.



**MARTIN MALVY** -----

----- Président de l'ANVPAH & VSSP, Président de la Région Midi-Pyrénées



// Je suis très heureux de retrouver ce matin partenaires et amis, car la particularité des centres anciens est avant tout de constituer un noyau d'amis. Cahors présente un intérêt particulier pour moi, puisqu'elle est la ville de mon enfance et de mon adolescence. La Ville de Cahors possède un centre ancien remarquable. Cahors constitue avant tout une traversée, via le boulevard Gambetta. Depuis trente ans, je soutiens l'idée d'une réhabilitation de ce boulevard, permettant de retrouver les teintes pastel d'autrefois. Ces travaux nécessiteraient une formation adéquate des artisans, car réaliser un beau crépi, en adéquation avec l'histoire du lieu, n'est pas si simple.

Je félicite Madame la Directrice du fonctionnement de l'ANVPAH & VSSP, qui regroupe les 180 plus belles villes de France. Je vous invite à consulter le Guide *Les Patrimoines de France* publié en partenariat avec Gallimard. L'ANVPAH & VSSP est très attachée à la défense de notre patrimoine. Nous sommes très heureux de pouvoir travailler avec la Caisse des Dépôts.

Vivre en centre ancien présente des avantages, mais aussi des inconvénients. Les français sont attachés à leur jardin. Les secteurs sauvegardés ont peut-être été trop figés. Il peut parfois être nécessaire de démolir, afin de mieux rénover, d'ouvrir pour faire entrer de la lumière. Les centres anciens ont pour avantage d'être conviviaux. Ils doivent toutefois être rendus plus accessibles, bien qu'ils

nécessitent moins de moyens de transport. Je regrette que le commerce traditionnel disparaisse des centres anciens, remplacé par des professions libérales et des chaînes commerciales. Je me réjouis de la réouverture, hier à Toulouse, du Bibent, café-restaurant du centre-ville, après avoir été menacé d'être remplacé par une chaîne de restaurants.

Au titre de la problématique énergétique, nous venons de mettre en place un dispositif régional en faveur des énergies renouvelables : « Energies Midi-Pyrénées ». La Région y investira 260 millions d'euros en dix ans. Le logement, social et privé, y tient une place prépondérante. Nous avons mis en place un éco-chèque de 1 500 euros par logement privé, afin de favoriser la réalisation des travaux de maîtrise de l'énergie et de performance énergétique. En Midi-Pyrénées, 7 à 8 % de l'habitat est éneergivore, et concerne souvent des catégories sociales qui n'ont pas les moyens de réaliser des travaux ni de payer leur facture d'énergie. Nous espérons passer des conventions avec l'Anah, y compris en secteurs diffus, avec les Conseils généraux et les agglomérations qui souhaiteront participer à cette démarche. Notre objectif est de traiter 60 à 70 000 logements en dix ans dans la Région. Le logement ancien des centres villes doit en bénéficier, car il est plus économe que les autres. Jusqu'à présent, les centres anciens ont été malmenés par nos politiques, notamment par le développement du tout électrique, qui a constitué un véritable crime social. Nous ne devons





## I. POLITIQUE DE L'HABITAT ET DEVELOPPEMENT

### DURABLE : TRAITER L'INSALUBRITE ET PREVENIR

#### LA PRECARITE ENERGETIQUE

## I.1. Introduction

PIERREJARLIER • Sénateur, Maire de Saint-Flour, Vice-Président de l'Anah

// Je souhaite revenir sur le réchauffement climatique et tous les problèmes qui en découlent, notamment en centre ancien. Nous en sommes tous les acteurs et seule notre capacité à réagir et à anticiper ensemble nous permettra d'inverser les tendances actuelles, ou au moins de les maîtriser. **Nous devons donc nous mettre dès maintenant en situation de proposition.**

**Les centres villes sont au cœur des nouvelles problématiques, liées à un urbanisme nouveau**, auquel il convient d'associer le bien vivre, la lutte contre l'étalement urbain et l'excès de mobilité. Les centres villes portent en eux ces qualités et constituent peut-être les modèles de demain pour inventer un nouveau type d'urbanisme. Les éco-quartiers doivent imaginer d'autres schémas de mieux vivre ensemble. Nous sommes toutefois face à un paradoxe, puisque notre pays compte plus de trois millions de mal-logés, énormément de logements vacants (500 à Cahors) et de nombreux logements indignes. Or, les centres villes constituent parfois des ghettos, ce qui conduit à l'arrivée de problèmes sociaux similaires à ceux des périphéries des villes, dans les grands ensembles datant des années 60-70.

Face à cette situation, **un certain nombre d'outils d'aménagement et de procédures existent**, mais ils sont limités, car les périmètres ne correspondent pas toujours aux contraintes imposées par l'ANRU. Des outils sont à la disposition de l'Etat et des Maires, notamment pour des opérations collectives, qui constituent l'une des priorités de l'Anah. En effet, un programme de plus d'un milliard d'euros de travaux est prévu, afin de résorber l'habitat indigne, notamment en centre ancien. Les Maires disposent d'un pouvoir de police, en lien avec l'Etat, mais celui-ci n'est pas si simple à exercer. Par ailleurs, le problème de maîtrise du foncier est très aigu. La précarité énergétique est difficilement maîtrisable en centres anciens qui n'ont pas fait l'objet de rénovation depuis longtemps. **Les politiques de la ville nécessitent donc d'être elles-mêmes rénovées**, afin d'être plus adaptées aux centres villes, y compris dans les petites et moyennes villes. Nous attendons donc des propositions de la part de nos experts présents ce jour.

Je vous propose de débiter par la question de l'aménagement, avant d'aborder celle du foncier. ■

## I.2. Les pouvoirs du Maire pour traiter l'habitat indigne

NANCY BOUCHE • Présidente honoraire du Pôle national de lutte contre l'habitat indigne (PNLHI)

// Mes propos vous paraîtront peut-être un peu sévères. Ils seront volontairement sommaires. Je rappelle que trois personnes sont décédées avant-hier à Montreuil, suite à l'effondrement sur une maison d'un immeuble insalubre, sous arrêté de péril. Je rappelle également les six morts dans un ancien hôtel meublé de Roubaix. J'ai d'ailleurs aidé le Maire de Roubaix à se défendre dans le cadre de l'instruction pénale qui était engagée contre lui. Je rappelle les morts à Saint-Denis, à Aubervilliers, à Paris, à Marseille, à Toulon, à Perpignan... **La question de l'habitat indigne est donc cruciale.**

Je suis toujours étonnée, Monsieur le Sénateur-Maire, face à des propos énonçant : « Nous sommes impuissants face aux marchands de sommeil ; nous ne savons pas quoi entreprendre face à l'indécence ; c'est compliqué, nous préférons reloger ». Ces propos sont inexacts. **Le Maire n'est pas impuissant face à l'habitat indigne. Il dispose d'une batterie d'outils, mais il a besoin, pour agir, d'une double volonté et d'une double compétence.** Il doit en effet afficher une volonté politique courageuse, car ces dossiers ne sont effectivement pas simples, portant toujours sur des situations de propriété ou d'occupation complexes, reposant sur des tutelles, des squats, etc. Je rappelle d'ailleurs que l'entretien est une obligation du Code civil. Le Maire a également besoin de s'appuyer sur un minimum de compétences des services techniques de sa ville et de compétences techniques et juridiques de l'Etat.

**Nous avons radicalement simplifié les procédures depuis la loi SRU de 2000, notamment en ce qui concerne l'arrêté de péril, qui est devenu l'outil de police du Maire le plus simple à utiliser.** Nous avons simplifié la question de l'insalubrité. Nous avons créé un droit complet des

occupants et une protection lorsqu'ils sont locataires. Nous avons remis à jour la police des hôtels meublés et des établissements recevant du public. Nous avons créé une police spécifique aux dangers des équipements communs des immeubles collectifs d'habitation.

**Il est vrai que la boîte à outils est difficile à manier, car les situations sont complexes, mais je reste étonnée par la pusillanimité des services municipaux et de l'Etat, alors que nous avons publié tous les guides et supports d'aide à la décision nécessaires.**

En 2009, j'ai réalisé, à la demande de la DREAL, une mission complète d'expertise sur l'organisation de la lutte contre l'habitat indigne dans les huit départements de la Région Midi-Pyrénées, dans le but de mutualiser et de créer un réseau régional de lutte contre l'habitat indigne en appui des départements et autres collectivités locales. Malheureusement, nous manquons d'interlocuteurs au niveau régional pour poursuivre ce travail.

### DEFINITION - REPERE

**L'hygiène publique s'est forgée en France au début du XIX<sup>e</sup> siècle contre les quartiers anciens.** Les premiers règlements des logements collectifs relèvent de pensionnats de jeunes filles, car la vie collective y est décrite comme un facteur de déprévation publique. Je vous invite à relire le pamphlet de Victor HUGO, *Guerre aux démolisseurs* de 1832, c'est-à-dire avant Haussmann, qui prétend n'avoir fait que détruire des centres anciens insalubres pour construire du neuf. La démolition des quartiers anciens a été, jusqu'à Le Corbusier et aux opérations de rénovation urbaines incluses, le mode d'intervention publique permettant de retrouver de l'air, de la lumière et de la circulation. Je rappelle le mot de Le Corbusier

en 1942 : « La rue n'est plus ordonnatrice de l'espace urbain ». Il a réussi à tuer la rue et à promouvoir le modèle d'intégration sociale que sont les grands ensembles. **Le conflit entre le patrimoine urbain et l'hygiénisme est consubstantiel à notre situation actuelle.** Le patrimoine s'est construit contre les excès de l'hygiénisme, puisque la première association de sauvegarde du vieux Paris s'est construite, en 1897, sur l'idée que les centres anciens nécessitaient des plans particuliers. Notre urbanisme est fortement issu de cette tendance hygiéniste. Les HLM en découlent. Les DDASS la suivent encore très souvent, d'où notre difficulté à appréhender l'évolution des modes de vie et de l'habitat dans ces quartiers anciens, que la conscience publique considère encore comme structurellement insalubres.

Je souhaite aborder un autre exemple de précarité énergétique. **J'ai été très marquée par l'explosion du nombre d'interventions des Fonds de Solidarité Logement pour défaut de paiement de facture.** Cette raison dépasse désormais largement celle de l'accès au logement ou le maintien dans le logement, ce qui est évocateur de la précarité environnante.

**De nombreux Maires méconnaissent leur pouvoir de police.** Or, le Président de la Cour administrative d'appel de Paris me rappelait récemment que **le Maire, en urgence, peut entreprendre toutes les mesures nécessaires : faire évacuer, fermer, imposer des travaux d'office, se faire rembourser, interdire à l'habitation, prescrire des travaux.** Avec l'autorisation du juge des référés, qui est une simple précaution de forme, il peut intervenir d'office, faire ensuite régulariser les travaux qu'il a entrepris et se faire rembourser, ce que beaucoup ignorent.

**Une police spéciale du péril et de l'insalubrité a été créée.** Je suis toujours étonnée lorsque je constate que de nombreux départements comme le Lot ne comptent aucun arrêté d'insalubrité, alors qu'il suffit de pousser la porte pour constater des situations qui relèvent, à l'évidence, de ces décisions. Le pouvoir de police ne porte pas sur l'aménagement, mais sur la suppression du risque immédiat. Au-delà, **des outils d'aménagement existent, telle que la restauration immobilière,** que nous avons

remise sur pied et qui ne doit pas être confondue avec un outil fiscal. Je rappelle que le pouvoir de police des Maires présente l'intérêt de faire chuter les valeurs immobilières. En effet, les travaux non réalisés par les propriétaires sont normalement déduits de la valeur immobilière du bien. Les services des domaines doivent se prévaloir de cette mesure. Je défends d'ailleurs le contentieux, qui permet de mettre en avant la jurisprudence et d'avancer sur ces sujets. ■

**DEFINITION - REPERE**

Selon l'INSEE, le mal-logement concerne trois millions de logements inconfortables ; 5 % des logements présentent des problèmes d'infiltration d'eau ou des ressentis d'humidité ; ils sont 9 % en comptant les autres désordres. En outre, 3,5 millions de personnes se plaignent d'avoir régulièrement froid chez elles ; 3,9 millions de personnes dépensent plus de 10 % de leur revenu en chauffage d'après l'enquête logement de l'INSEE, dont les résultats sont bien entendu sous-évalués, ayant été réalisée sur la base d'un très petit échantillon de personnes.

### I.3. Les interventions de l'ANRU pour favoriser le traitement de l'habitat indigne

GUILLAUME BOURLIER • Chargé de mission habitat privé, ANRU

// L'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU) est trop souvent associée aux seuls quartiers péricentraux, en ZUS, sans lien avec les quartiers anciens. Or ce lien existe.

Pour les quartiers situés en ZUS, les questions sociales et urbaines sont complexes, mais cela reste relativement « simple » comparé aux quartiers anciens. Il est en effet toujours possible de mettre autour d'une table les bailleurs sociaux et le porteur de projet. En revanche, **pour les quartiers anciens, nous sommes confrontés à une multiplicité de propriétaires aux stratégies et intérêts divers,** ce qui rend la tâche beaucoup plus difficile. **Nous devons nous appliquer à passer un cap pour que ces quartiers répondent aux exigences des habitants du XXI<sup>e</sup> siècle. Or, ils peuvent apparaître comme grevés de problématiques complexes à résoudre, telles que la**

**multitude de propriétaires, la nécessaire préservation et mise en valeur du patrimoine, les contraintes topographiques, les logiques de marchés immobiliers parfois détendus, ...**

**DEFINITION - REPERE**

Dans le cadre du programme national de rénovation urbaine, une vingtaine de quartiers anciens ont déjà été traités selon la « méthode » de l'ANRU. Celle-ci consiste à réaliser un diagnostic social et urbain, à s'entendre sur des enjeux, et à contractualiser avec toutes les parties prenantes afin de sortir d'une situation problématique. (doc. 1)



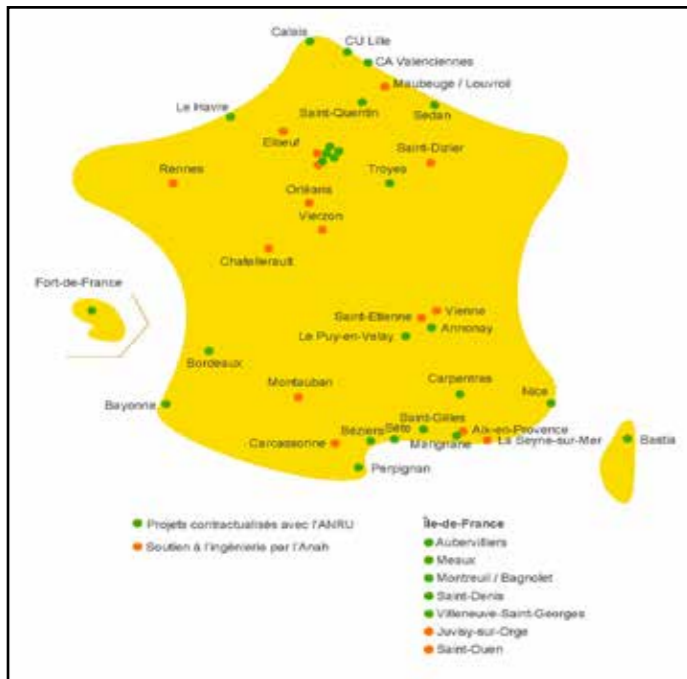
**DEFINITION - REPERE**

Un nouveau programme national de requalification des quartiers anciens dégradés (PNRQAD) a été initié par la loi du 25 mars 2009. Il vise à étendre la « méthode » ANRU aux traitements des quartiers anciens les plus dégradés. A l'origine, ce programme devait traiter une centaine de quartiers. Suite à la crise financière de 2008, seule une phase d'expérimentation portant sur 25 villes a été lancée (doc. ②). L'objectif est de traiter ces quartiers en les amenant à réaliser un réel saut qualitatif, en les améliorant durablement, mais aussi en contribuant à faire évoluer leur image parfois négative. Nous nous sommes en effet aperçus que ces quartiers anciens accueillent parfois des populations dans une situation encore plus précaire que celles des ZUS. Nous y trouvons notamment les exclus du logement social, les familles monoparentales, les jeunes ou les personnes âgées. Cette paupérisation nous impose de réfléchir à un projet social et urbain global. Nous sommes en phase de contractualisation d'une convention avec les 25 quartiers sélectionnés et nous pouvons dire aujourd'hui que ces projets sont particulièrement durs à faire émerger, tant la définition d'une vision prospective n'est pas évidente sur ce type de tissu. ++++++

Intervenir dans les quartiers anciens est très complexe, car la boîte à outils est effectivement peu maniable. Je rejoins d'ailleurs les propos de Nancy BOUCHE sur les moyens jusqu'ici déployés dans les quartiers anciens en termes d'ingénierie, qui ont jusqu'à présent fait davantage l'objet d'adjonction de procédures diverses, sans que ne puisse se dégager une réelle stratégie locale, soutenue par les moyens financiers adéquats. Il convient en outre de tenir compte de la notion de temps, car le temps du politique, du mandat, des dispositifs et des procédures, diffère du temps de l'urgence sanitaire et sociale. Nous devons en outre faire face à une série de défis à relever : enjeux patrimoniaux, enjeux financiers, enjeux en termes d'ingénierie et de conduite de projet, enjeux de territoire. Face à une telle complexité, les projets portent généralement sur le plus petit dénominateur commun de tous ces aspects, sans chercher à élargir le champ des actions, souvent faute de moyens. Les actions sont trop souvent entreprises pour répondre à une urgence ponctuelle.

Par ailleurs, le développement durable et la lutte contre la précarité énergétique ne devraient être vécus comme des contraintes, mais comme une opportunité de faire évoluer durablement ces quartiers et leur image, en leur offrant un avantage concurrentiel par rapport à l'habitat en périphérie. Cette démarche peut prendre différentes formes : le traitement des déchets, des logements à basse consommation énergétique, favoriser le mieux vivre, le vivre ensemble et la vie culturelle.

Nous tentons, avec nos partenaires que sont notamment le Ministère du logement et l'Anah, de favoriser le développement de cette nouvelle approche dans le traitement des quartiers anciens, afin de fédérer l'ensemble des procédures en vue d'une conduite de projet globale, capable de traiter toutes les dimensions, à la fois sociales et urbaines. Cette démarche fédératrice demande beaucoup de temps et d'énergie, mais cette réflexion est primordiale. Nous espérons que cette méthode, déployée sur les quartiers anciens dans la phase d'expérimentation du PNRQAD, puisse être étendue dans le futur pour devenir un des cadres de référence favorisant l'émergence de véritables projets sociaux et urbains au service des quartiers anciens mais aussi des territoires dans lesquels ils s'inscrivent. ■



② Cartographie des sites retenus au PNRQAD © ANRU

# I.4. La contribution de l'Anah sur les questions d'insalubrité et de précarité énergétique

CVETA KIROVA • Service études et prospectives, Anah

// Je tiens à rappeler que nous ne bâtissons pas sur le néant. Il existe une expertise, des opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH) que l'Anah finance depuis des années et qui fonctionnent très bien, ainsi que des outils pour accompagner les collectivités dans la mise en œuvre locale de cette politique.

Je rappelle également que le développement durable n'est pas une notion nouvelle, puisque les pouvoirs publics essaient de fournir des logements de qualité depuis des décennies.



**DEFINITION - REPERE**

**Qu'est-ce qu'un logement de qualité ?**  
C'est un logement sûr et sain, confortable et adapté à l'usage et à son temps, économe en énergie, compatible avec le budget global des ménages. Ce dernier item est désormais l'une des priorités de l'Agence, car les logements confortables ne représentent aujourd'hui que 57 % du parc. Les logements présentant un problème de confort représentent 25,8 %, les logements en mauvais état 14 %, et les logements sans confort, près de 3 %. Ces chiffres démontrent pourquoi les grands chantiers d'urbanisme se recentrent sur certaines problématiques. ++++++

Ainsi, aujourd'hui, l'Agence mène une action forte contre l'habitat indigne et très dégradé, les situations précaires, l'hébergement des personnes en grande difficulté, l'adaptation du logement, et la maîtrise des dépenses d'énergie. (doc. ①)



① Logements insalubres © Anah

Quelles sont les caractéristiques des logements des quartiers anciens ? Ils comportent une problématique sociétale et sociale. Ils présentent des **points forts** : ils favorisent la mobilité douce, offrent de meilleurs accès aux transports, aux commerces et aux activités. D'un point de vue technique, ils offrent des caractéristiques architecturales et patrimoniales fortes, des matériaux locaux et de qualité, permettent de développer le tourisme et de sauvegarder la trajectoire culturelle et historique des sites. Ils présentent également des **points faibles** : les logements sont petits, inconfortables et se situent en secteur tendu, leurs publics sont captifs. D'un point de vue économique, ce parc se spécialise sur une typologie de population au détriment de la mixité sociale et fonctionnelle, les commerces y déclinent.

La gouvernance du projet et sa stratégie de mise en œuvre sont décrites avec soin, afin d'en évaluer les résultats. De nombreux documents sont à votre disposition, notamment le Guide de l'Anah qui s'adresse aux collectivités. Il porte sur les aides à l'ingénierie et à l'élaboration des projets. **Le plafond pour les études pré-opérationnelles et spécifiques à l'habitat indigne et très dégradé a été réévalué.** Des enveloppes permettent aux collectivités d'évaluer leurs programmes tout au long de leur mise en œuvre, afin de construire et d'adapter des moyens de veille.

Il existe en outre des outils techniques spécifiques, comme celui de l'évaluation de l'état physique du bâti sur la base d'une grille ouvrant droit aux subventions pour les propriétaires. Pour les propriétaires occupants modestes, le régime est très favorable. Pour les propriétaires bailleurs, des contraintes existent effectivement. Ils sont notamment soumis à des obligations en matière de performance énergétique, sur la base d'évaluations avant et après travaux, avec un gain exigé de 25 % minimum. Nous avons mis en place une offre à loyer conventionné obligatoire pour les propriétaires bailleurs à l'issue de l'opération.

Le projet global a été évoqué précédemment. A l'Anah, nous nous attachons à l'assistance à maîtrise d'ouvrage dans le cadre des opérations. Cela nous a amené à mettre en place une fiche de suivi du projet, car les acteurs, issus du domaine social, urbanistique, financier ou politique,

sont aujourd'hui multiples et n'emploient pas tous le même langage. Ces outils permettent de décloisonner les pratiques et de travailler ensemble à la définition du besoin des occupants, qui doit constituer un pré-requis à tout projet. Cet aspect se situe d'ailleurs au cœur du programme « Habiter mieux ». ■

**DEFINITION - REPERE**

Le programme « Habiter mieux » s'attache à offrir de meilleures conditions de confort pour les ménages modestes. La notion de « valeur verte » a par ailleurs été introduite en début d'année sur le marché immobilier dans le cadre du diagnostic préalable.

+++++

**PIERRE JARLIER**

**Quatre millions de ménages vivent en situation de précarité énergétique.** L'Anah a donc pour ambition de rénover 300 000 logements d'ici 2017, grâce à un crédit d'environ 35 milliards d'euros. La mise en place du processus est longue, car il repose sur des partenariats et sur la nécessité d'une structure intercommunale abondant le crédit apporté par l'Etat. J'ai entendu avec plaisir que le Conseil régional de Midi-Pyrénées s'engageait dans cette voie. Le crédit complémentaire permet d'obtenir 1 600 euros de subvention supplémentaire pour la rénovation énergétique d'un logement, ce qui n'est pas neutre. L'accompagnement porte également sur le plan social, car le programme « Habiter mieux » s'insère dans la politique de la ville, notamment dans le cas des quartiers anciens qui sont déjà atomisés. Cet aspect est primordial, car nous constatons que l'aide financière ne suffit pas à régler ce type de problématiques.

# I.5. L'évolution potentielle du phénomène de précarité énergétique

FRANCK DIMITROPOULOS • Animateur du réseau RAPPEL

// La précarité énergétique est relativement ancienne en France, bien qu'ayant pris un statut institutionnel avec les travaux menés dans le cadre du Grenelle en 2010. Contrairement à l'indignité ou à l'insalubrité, il n'existe pas de définition précise, technique et quantifiable, ni de règle interdisant la location de logement précaire.

**Cette situation découle du prix des énergies.** Celles liées au pétrole ont vu leur prix multiplié par deux ou trois en une vingtaine d'années (doc. ①). La seule dont le prix était resté stable jusqu'ici connaîtra prochainement une hausse de 20 à 40 %. Les autres verront l'augmentation de leur tarif se poursuivre dans les années à venir. **La situation des ménages de moindre revenu risque donc de s'aggraver,** alors que le poids des dépenses contraintes (logement, énergie, assurances,...) représente déjà 50 % de leur revenu, sans compter les dépenses obligatoires comme l'alimentation. Aussi, la marge de manœuvre de ces ménages est très limitée (doc. ②). ■

**DEFINITION - REPERE**

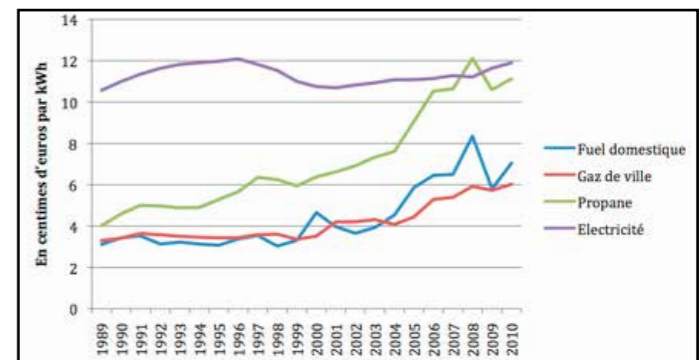
**Le Réseau RAPPEL,** un peu moins connu que les organismes représentés par les intervenants précédents, a été créé grâce au soutien de l'ADEME et de la Fondation Abbé Pierre. Il est maintenant animé par les fournisseurs d'énergie et la Fondation pour la Nature et l'Homme. **Il a pour but de créer du lien entre les différents acteurs qui interviennent sur les questions de précarité énergétique, RAPPEL signifiant Réseau des Acteurs de la lutte contre la Pauvreté et la Précarité Energétique dans le Logement.** Ce réseau est composé à l'heure actuelle d'environ 400 membres en France. Maintenant que son champ d'action est devenu un sujet d'actualité, sa croissance est plus rapide. Nous créons des outils de relation, de partage d'expérience et de concertation à destination des personnes confrontées à ces problématiques.

+++++

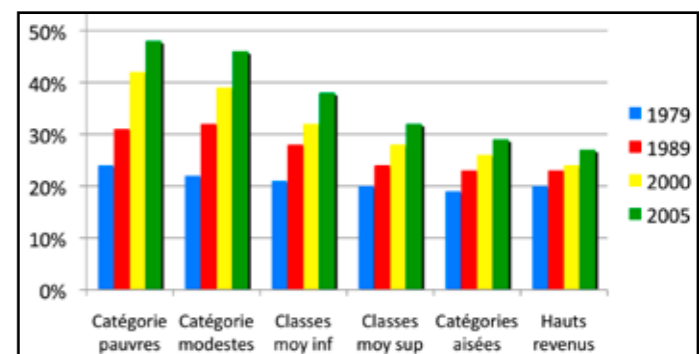
**TEXTE REFERENCE**

La définition proposée par le Grenelle 2 est la suivante : « est en **situation de précarité énergétique**, au titre de la présente loi, une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat ».

+++++



① Montant et variation du prix des énergies domestiques sur les vingt dernières années en France © Réseau RAPPEL



② Poids des dépenses contraintes des ménages en pourcentage des revenus © Réseau RAPPEL

**DEFINITION - REPERE**

D'un point de vue arithmétique, pour une famille de trois personnes habitant dans un logement de 80 mètres carrés (sachant que la moyenne française se situe à 91 mètres carrés), avec une consommation énergétique moyenne de 8,5 centimes d'euros, et une consommation de chauffage moyenne de 100 à 300 kilowatts par heure, la facture énergétique annuelle se situe entre 1 500 et 2 900 euros en fonction de l'état du logement.

Pour une famille classée en premier décile (c'est-à-dire les 10 % les plus pauvres de la population française), en logement de moyenne à mauvaise qualité, une consommation de 300 kilowatts par heure représente 23 % du revenu du ménage. Pour un logement de bonne qualité, 100 kilowatts par heure représente 12 % du revenu, ce qui nous porte encore au-delà du seuil des 10 %, défini pour observer le phénomène de précarité énergétique (doc. ③).

Sachant que chaque décile représente environ 2 500 000 ménages, **entre 4 et 5 millions de foyers se trouvent potentiellement en situation de précarité énergétique en France.** Parmi eux, 800 000 familles ont froid dans leur logement et payent en outre une facture d'énergie trop lourde.

Dans un logement de relativement bonne qualité, en cas d'augmentation du prix des énergies de 20 %, 1 % des revenus du ménage sera consacré à faire face à cette augmentation. Dans un logement de plutôt mauvaise qualité, mais qui ne soit pas pour autant une « passoire thermique », la même augmentation représentera 4 % des revenus du ménage. **Le logement destiné à des revenus modestes doit donc offrir une qualité thermique maximale, si nous souhaitons éviter un drame social.**

+++++

Énergie de chauffage prix moyen à 0,086 €		3 premiers déciles (limite haute)			5° décile	8° décile
Besoins m²	Facture	12 480 €	16 010 €	19 490 €	27 630 €	45 050 €
300 kWh	2857 €	23%	18%	12%	10%	6%
200 kWh	2168 €	18%	14%	11%	8%	5%
100 kWh	1479 €	12%	9%	8%	5%	3%

③ Croisement des revenus avec les consommations © Réseau RAPPEL

## I.6. Le fonds social départemental d'aide à la maîtrise de l'énergie : un fonds spécifique développé par Quercy Energies

JOHANN VACANDARE • Directeur de Quercy Energies, Agence Locale de l'Énergie

// Je représente **Quercy Energies, Agence locale de l'Énergie basée à Cahors**, dans les locaux de la Préfecture.

**Nous travaillons sur les problématiques de précarité énergétique** depuis la fin des années 90. En effet, à cette période, nous avons travaillé avec le Conseil Général au montage d'un fonds spécifique qui perdure aujourd'hui : **le Fonds social départemental d'aide à la maîtrise de l'énergie.** Le problème qui nous mobilisait déjà à l'époque était de travailler sur la formation des entrants dans les logements, car **l'approche énergétique ne mène nulle part sans une approche sociale.** Celle-ci doit donc être préservée et développée, en vue de mieux qualifier le logement et de s'assurer que le foyer pourra assumer sa facture énergétique.

**Avec les travailleurs sociaux, nous adoptons une méthodologie particulière :** nous identifions les problèmes énergétiques des logements, puis nous intervenons dans les logements ayant déjà fait l'objet d'un travail de sensibilisation auprès des familles, afin de les préparer à entendre notre discours. **Le cliché de la famille disposant de peu de revenus et consommant beaucoup est totalement erroné**, car ces familles ne se chauffent généralement pas. Si elles ouvrent les fenêtres en plein hiver, c'est en raison d'un chauffage collectif mal dimensionné, sur lequel même les propriétaires n'ont aucune prise.

Les thermiciens, dotés d'un outil de simulation de thermique dynamique, dimensionnent au mieux les travaux à réaliser pour atteindre la performance énergétique la plus élevée possible par rapport à l'état du bâti. **Nous établissons des préconisations qui, avec l'ADIL, l'Agence Départementale d'Information sur le Logement,**

**feront l'objet d'un montage financier**, permettant aux propriétaires occupants de réaliser les travaux nécessaires. **Ce système de sensibilisation et d'accompagnement financier a été étendu aux locataires**, bien que l'accord du propriétaire soit toujours requis puisqu'il supporte le coût des travaux. Malheureusement, **cette démarche reste très modeste.**

Au vu de l'augmentation de ces impayés, notre problème est d'améliorer la performance énergétique du patrimoine bâti en amont. **Les démarches d'urgence sont plutôt du ressort du Fonds de Solidarité Logement.** En ce qui nous concerne, **nous tentons d'intervenir en amont.** **La particularité de ce Fonds est qu'il n'est pas limité à un niveau de revenu particulier.** En effet, nous avons souhaité nous laisser la liberté d'intervenir dans tout type de foyer, car il est difficile d'appréhender le niveau de revenu convenable. Nous préférons travailler avec les travailleurs sociaux, en leur proposant des formations leur permettant d'identifier les problèmes énergétiques dans les logements, afin de mener une démarche globale. ■

**DEFINITION - REPERE**

Sur Cahors et sa Communauté de communes, ce programme ne concerne que cinq à six logements par an. Sur le Lot, elle représente une cinquantaine de visites et seule une vingtaine de logements bénéficient finalement de financements pour améliorer leur qualité énergétique et diminuer ainsi la précarité énergétique des familles y habitant. Il est à noter que **dans le Lot, les impayés de facture d'énergie s'élèvent à 300 000 euros pour 170 000 habitants.**

+++++

## I.7. Débat

« **PIERRE JARLIER,**  
Sénateur-Maire de Saint-Flour, Vice-Président de l'Anah

Nous comprenons le lien avec les objectifs du Grenelle. La sensibilisation des occupants est primordiale, sachant que les Maires ne sont pas toujours informés des outils mis à leur disposition. Ces Agences assurent l'information, la sensibilisation et quelquefois le lien avec les opérateurs. Elles constituent l'une des clés de la réussite de la nouvelle politique énergétique de notre pays.

« **NANCY BOUCHE,**  
Présidente honoraire du PNLHI

Je souhaite réagir sur l'influence du chauffage sur le statut locatif. Il est faux de dire que vous n'avez pas de moyens de pression sur le propriétaire, le défaut d'installation de chauffage ou leur dysfonctionnement étant juridiquement un facteur de non-décence. Le chauffage est donc un droit du locataire. Or beaucoup de services et d'agences l'ignorent. Les CAF, les Caisses de MSA, les ADIL font partie de votre tour de table. Vous pouvez donc aider le locataire à revendiquer la décence vis-à-vis de son bailleur et rappeler à celui-ci son obligation de délivrance d'un logement décent. En matière de chauffage, la Cour d'appel de Paris l'a rappelé à plusieurs reprises. Vous n'êtes pas démunis de moyens d'incitation, de persuasion, voire de menace vis-à-vis des bailleurs, car vous pouvez agir sur l'allocation au logement délivrée par la CAF.

« **GUILLAUME BOURLIER,**  
Chargé de mission habitat privé, ANRU

La constatation de non-décence permet effectivement d'engager des actions, mais ces démarches mènent généralement devant une commission départementale de conciliation et il est souvent très difficile de parvenir à de réels effets vis-à-vis des propriétaires.

« **JOHANN VACANDARE,**  
Directeur de Quercy Energies, Agence Locale de l'Energie

Vous avez raison de souligner notre ignorance dans ces domaines, car nous n'avons pas les compétences juridiques requises. Nous travaillons beaucoup avec l'ADIL pour définir correctement les travaux. La question est toutefois délicate lorsque ces dossiers concernent des locataires de bailleurs publics. En cas de changement de source d'énergie, notamment pour passer de l'électricité au bois, un important travail de sensibilisation et d'apprentissage doit être mené auprès des locataires qui doivent modifier leurs anciens réflexes. Ce travail occasionne des délais de traitement de ces dossiers assez longs. Je rappelle que ce type de démarche reste toutefois avant tout une question de moyens.

« **MARTIN MALVY,**  
Président de l'ANVPAH & VSSP, Président de la Région Midi-Pyrénées

Vous avez raison d'insister sur le nombre beaucoup trop restreint de logements traités. Je regrette que l'Anah n'intervienne pas sur les logements vacants, bien qu'elle puisse le faire. Je suis également Président d'une Communauté de communes lotoise et je peux témoigner de la difficulté d'obtenir l'intervention de l'Anah sur les logements vacants.

« **MICHEL SIMON,**  
Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement, de l'urbanisme et du développement durable

Je confirme que l'organisation territoriale de Midi-Pyrénées, par décision du Préfet de Région, a choisi de donner la priorité aux logements occupés.

« **MARTIN MALVY**

Aussi ne reste-t-il plus de moyens pour les logements vacants, ce qui constitue un vrai problème auquel nous sommes confrontés.

« **PIERRE JARLIER**

En tant que Vice-Président de l'Anah, je souligne que ces priorités sont liées à des orientations régionales, car l'Anah, au plan national, permet les interventions sur les logements vacants, notamment dans le cadre des délégations d'aide à la pierre, ce qui est visiblement votre cas.

« **CVETA KIROVA,**  
Service études et prospectives, Anah

L'Anah a développé une grille d'évaluation de la dégradation, en complément de la grille d'insalubrité qui se préoccupe des problématiques liées à la personne. Ce nouvel outil permet d'intervenir sur l'habitat physiquement dégradé, afin de compléter l'action, par un diagnostic global en amont, à la fois du bâti et de la personne. Il permet également l'accompagnement au projet en termes de compétences techniques, sociales, énergétiques et thermiques, sans oublier le portage politique et la communication.

« **MICHEL SIMON**

Je confirme que toutes les orientations de l'Anah depuis l'an passé vont dans ce sens. Les déclinaisons de programmations régionales les réorientent. Pour Midi-Pyrénées, je vous renvoie au compte rendu du Comité régional de l'habitat du 16 décembre 2010, qui a acté que, pour les départements ruraux, les déclinaisons régionales laisseraient de côté les logements vacants et les propriétaires bailleurs pour octroyer la priorité aux propriétaires occupants.

« **MARTIN MALVY**

Cette déclinaison est effectivement régionale. Nous évoquons aujourd'hui le problème des logements vacants insalubres dans les centres anciens, qui sont au nombre de 500 sur Cahors comme sur Figeac. Or, lorsque nous avons lancé ce type d'opération avec Alexandre MELISSINOS, nous en comptons déjà autant. Aujourd'hui, cette problématique, même si elle est régionale, est grave pour les centres anciens. Vous avez souligné la nécessité d'un travail en profondeur avec les services sociaux. Je suis en effet convaincu de son absolue nécessité. Notre objectif, sur le Lot, est de parvenir, grâce à la mise en place de l'éco-chèque, à rénover 300 à 400 logements par an.

« **GUILLAUME BOURLIER**

Je souhaite réagir à la question de l'intervention sur les logements vacants. Je pense qu'il convient de replacer cette question dans son contexte, car la solution adéquate dépend des sites. Sur certains d'entre eux, la remise sur le marché d'un certain nombre de logements vacants risque de créer un dysfonctionnement sur le marché local de l'habitat. En effet, créer une offre supplémentaire ne doit pas perturber d'autres segments du marché local immobilier : c'est le risque de la « suroffre ». La tension sur le marché doit donc être observée attentivement, à l'échelle d'une agglomération ou d'une commune.

« **FRANCK DIMITROPOULOS,**  
Animateur du réseau RAPPEL

Il est possible d'adopter deux démarches par rapport à cette problématique : une approche quantitative sur le nombre de logements et la tension du marché, ou une approche qualitative. Nous constatons que le parc bâti est majoritairement de mauvaise qualité, du moins sur le plan thermique. Or, seul le jeu de la concurrence peut inciter les bailleurs à améliorer la qualité de leur logement. Nous ne pouvons donc pas nous contenter d'une approche quantitative.



**SABRINA LACONI,**  
Adjointe au Maire de La Rochelle en charge de  
l'urbanisme du centre-ville et du secteur sauvegardé

Ne serait-il pas possible d'établir un guide très synthétique à l'usage du Maire ? Lors d'un incendie en centre ancien auquel nous avons été confrontés, j'ai pu constater la difficulté du service de l'urbanisme à le traiter au regard de la multiplicité des références.



**TAMARA RIVEL,**  
Adjointe au Maire de Carcassonne en charge de  
l'urbanisme

La précarité énergétique est une problématique aigüe pour Carcassonne, car elle concerne un secteur très vaste. Quelles sont les possibilités d'intervention publique en secteur sauvegardé ? Il me semble en effet primordial de conserver une maîtrise publique des opérations, car nous ne bénéficions d'aucun accompagnement public en matière foncière, hormis de la part de l'ANRU qui a pris en charge 50 % du montant de l'étude.



**NANCY BOUCHE**

Pour La Rochelle, je pense que vous connaissez le Vademecum et le guide que nous avons édité il y a quatre ou cinq ans sur les pouvoirs du Maire. Je me suis effectivement aperçue des difficultés à choisir entre les différents pouvoirs du Maire. J'ai donné une conférence la semaine dernière sur le pouvoir du Maire et nous avons beaucoup insisté avec le Président de la Cour administrative d'appel de Paris sur les différents échelons et les choix à opérer. Je suis prête à retravailler avec l'Association des Maires de France et à refaire une conférence au CNFPT. Le pôle est par ailleurs toujours prêt à vous répondre en cas de problèmes précis, y compris en urgence.

Pour Carcassonne, je rappelle que l'Anah a mis en place un programme d'intervention publique sur des programmes d'amélioration de l'habitat, sous travaux de restauration immobilière, avec ou sans expropriation.



**GUILLAUME BOURLIER**

Je précise que la Ville de Carcassonne n'est pas retenue en première liste au titre du PNRQAD et ne bénéficiera donc pas du soutien de l'ANRU. Notre principale famille d'intervention porte sur la restauration d'îlots dégradés, et notamment sur le traitement des points noirs identifiés au cours des précédentes OPAH, par l'acquisition de foncier avant de restructurer lourdement, en menant des actions de recyclage, dans le but de créer du logement social public ou privé. Ce recyclage en profondeur s'effectue sur la base d'un bilan d'aménagement.



**CVETA KIROVA**

J'ajoute que des études peuvent également être subventionnées à 50 % par l'Anah. Ces études permettent de calibrer convenablement le projet et de mettre en place les procédures nécessaires. ■

## II. PROJET GLOBAL

### A L'ECHELLE D'UN CENTRE ANCIEN

#### II.1. Introduction

=====  
**MICHEL SIMON** • Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement, de l'urbanisme  
 et du développement durable  
 =====

// J'ai le plaisir d'introduire la présentation de **la politique de reconquête du secteur sauvegardé de Cahors**. J'associe à cette démarche les services de la Direction Régionale des Affaires Culturelles en la personne de Philippe MOREAU, qui nous accompagne dans nos travaux, ainsi que ceux de la Direction du patrimoine de la Ville de Cahors, sous la houlette de Laure COURGET et de Gilles SERAPHIN et l'ensemble de leurs collaborateurs.

Je souhaite mettre l'accent sur nos objectifs communs de **redonner vie à notre centre ancien**, au travers des procédures mises à notre disposition. L'équipe ainsi constituée a pour mission de définir et de mettre en œuvre les outils et les moyens de la reconquête de notre centre ancien. La mise en révision du secteur sauvegardé, lui-même approuvé en 1988, était devenue indispensable, tout comme l'amélioration du cadre de vie au sein d'une démarche de développement durable (doc. ①).



① Vue aérienne d'une partie du secteur sauvegardé de Cahors © Dominique VIET / CRT Midi-Pyrénées

Aussi, **depuis mars 2008, notre collectivité s'est engagée dans une dynamique de requalification urbaine, prenant le développement durable comme fil rouge de notre action politique**. Par exemple, un agenda 21 local a été enclenché sur le Grand Cahors. **Une campagne de diagnostic thermique a été lancée sur l'ensemble du patrimoine communal, suivi d'un programme de réhabilitation ambitieux, associant patrimoine et développement durable**. Nous menons une politique en faveur du développement d'énergies renouvelables, en particulier la biomasse et l'énergie bois. Ainsi, l'an passé, nous avons doté nos ateliers municipaux d'une chaudière



2 Le Trait d'union, un cheminement paysager qui relie le centre historique au Pont Valentré © Photothèque Ville de Cahors

à bois et nous menons actuellement une étude pour réaliser un réseau de chaleur bois. Enfin, un éco-quartier a été initié dans le cadre de notre PLU. Nous avons l'espoir de mener la même démarche dans le périmètre de notre centre ancien.

Ces orientations nous ont amenés à réviser le PSMV (Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur). Elles ont constitué le socle du cahier des charges de la révision, sans toutefois perdre de vue que nous devons être opérationnels et pragmatiques. Cette révision régaliennne ne verra le jour qu'après quatre années d'étude.

A titre d'exemple, je cite trois opérations spécifiques, lancées par la collectivité en parallèle de la révision du PSMV :

- la requalification des espaces publics du secteur sauvegardé, alliant esthétique et fonctionnalité et amorçant la disparition de la voiture en centre-ville (doc. 2) ;
- le renforcement des commerces de proximité ;
- la restauration de façades emblématiques.

Il convient en effet d'être pragmatique, en mettant en œuvre une méthodologie simple et efficace. Dans ma vie professionnelle antérieure, consacrée notamment aux politiques énergétiques dans le logement social, j'ai pu mesurer l'impact du comportement humain sur la gestion énergétique quotidienne. Mon expérience m'a conduit à exiger une réflexion conjointe entre l'architecte du patrimoine et le bureau d'études. L'objectif de cette réflexion commune est d'aboutir à un cahier de recommandations et d'incitations pour les maîtres d'ouvrage et les professionnels qui interviendront sur la réhabilitation du centre ancien de Cahors, à l'instar de ce que réalise la Ville de Poitiers, à une autre dimension. ■

## II.2. Raisons et objectifs de la révision du secteur sauvegardé de la Ville de Cahors

PIERRE SICARD • ABF, Chef du STAP du Lot

// Je souhaite avant tout vous exposer les raisons de la révision du secteur sauvegardé. La Ville de Cahors présente des qualités reconnues et jouit d'un environnement naturel exceptionnel, grâce à sa liaison directe avec une grande rivière (doc. 1). Elle offre un patrimoine monumental mondialement reconnu, un patrimoine urbain hérité du Moyen-âge et une collection d'édifices allant du palais urbain jusqu'à l'habitat familial modeste, ce dernier constituant l'essentiel de la ville. Or, le cœur de ville est paradoxalement le quartier qui donne l'image la plus pauvre de la ville. Les espaces publics se sont érodés, suite aux mouvements de population vers l'extérieur, ce qui a abouti à des ambiances urbaines parfois dévalorisées et dévalorisantes, des immeubles où l'intérêt architectural et historique a disparu. Cette situation mitigée a conduit les municipalités successives à engager une réflexion sur la rénovation du centre ancien, afin de relancer l'intérêt des Cadurciens pour leur ville. La municipalité a donc engagé une réhabilitation de son bâti vétuste et obsolète, sur la base d'une connaissance patrimoniale et technique objective.

Il n'est en effet plus suffisant de nos jours de mettre en avant l'ancienneté d'un bâti pour le conserver. L'argumentaire doit également s'appuyer sur des éléments techniques. Ce travail est actuellement en cours. Une mauvaise prise en compte de l'intérêt architectural et historique d'un immeuble conduit à des aménagements malheureux, tels que le changement systématique des menuiseries. Je souligne donc qu'une étude technique doit être associée à celle des bâtis, afin de déterminer les travaux à réaliser. Si le bâti ancien a souffert d'hygiénisme par le passé, il est aujourd'hui nécessaire de revendiquer ses capacités de modernité, sur la base d'un argumentaire technique précis. Sa durabilité doit par exemple être mise en avant. Le bâti ancien est moderne et performant sur le plan énergétique, ayant perduré plusieurs siècles.

Ce plan de révision sera donc l'occasion de bâtir une communication forte, en évoquant le patrimoine en termes objectifs et techniques et non plus seulement esthétiques. ■



1 Vue aérienne de la Ville de Cahors © Photothèque Ville de Cahors



## II.3. Evolution des centres anciens

ALEXANDRE MELISSINOS • Architecte du patrimoine

// En préambule, je souhaite me faire l'écho de propos tenus précédemment. En tant que praticien, je suis intervenu sur une cinquantaine de villes en France et j'ai été confronté au problème du labyrinthe administratif. Auparavant, les municipalités pouvaient établir un dossier abordant les différents aspects de la rénovation, dans le cadre du Fonds d'aménagement urbain. Cela n'existe plus. Parallèlement à la démultiplication des procédures, même si elles sont simplifiées, et à l'amaigrissement des subventions, **plus aucun levier financier n'existe sur le foncier**. La loi Malraux a été dénoncée en tant qu'outil spéculatif. Or, certaines villes ont su l'utiliser à bon escient, comme Bayonne qui a su éviter toute spéculation. Les villes n'ont pas toujours les moyens de connaître toutes les procédures et tous les outils mis à leur disposition. Les petites communes, qui composent essentiellement la France, sont rarement dotées de techniciens possédant cette expertise.

**Les plans de sauvegarde ne sont pas des plans patrimoniaux, mais des plans d'urbanisme.** Si une ville se construit à partir de son patrimoine, **les PSMV doivent donc traiter tous les aspects de l'aménagement urbain.** Je me réjouis par ailleurs de la prise en compte du développement durable.

### DEFINITION - REPERE

Quelle est l'évolution des centres anciens, sans parler des secteurs sauvegardés, qui n'en représentent qu'une infime partie ? En 1968-1970, l'INSEE, le Centre de Recherche de l'Urbanisme et l'IGN ont mené une étude sur les 740 agglomérations françaises. A cette époque, **les centres anciens représentaient 3,7 % du territoire urbanisé des agglomérations. En 1990, les centres anciens n'en représentaient plus que 1,2 %, non seulement en raison de l'extension des périphéries, mais surtout en raison de leur propre délaissement.**

**En observant l'évolution de la population entre 1962 et 1990, nous constatons que les centres anciens ont perdu près de 50 % de leur population.** En parallèle, nous avons considéré des villes détruites, telles que Calais ou Dunkerque, offrant des centres reconstruits selon les nouveaux modèles. Or, ces villes ont également perdu une part équivalente de leur population. **Il s'agit donc davantage d'une posture face à l'urbain que d'un problème d'habitat ancien ou de densité.** Les centres universitaires suivent la même courbe, bien qu'ils redressent la tendance plus précocement. Ce phénomène est français, mais aussi européen.

La pyramide des âges montre que, par rapport à la moyenne nationale, **les centres anciens manquent**

**d'enfants et de familles.** Ils accueillent surtout des jeunes couples en attente de logement en périphérie et des personnes âgées. Le nombre de logements vacants dans ces secteurs croît dans toute l'Europe pendant les trente glorieuses, le nombre de résidences principales commence à augmenter.

En résumé, **les centres anciens représentent aujourd'hui 5 % de la population des agglomérations et 7 % du logement. Le nombre de logements vacants s'établit entre 200 000 et 250 000 dans les centres anciens français pour les agglomérations de plus de 5 000 habitants.** Or, pour repeupler la moitié de ces logements, il suffirait d'attirer l'équivalent de 3 % de la population vivant en périphérie.

+++++



1 Centre ancien de la Ville de Bayonne © Ville de Bayonne

**La revitalisation des centres anciens passe, comme à Bayonne, par un plan de sauvegarde et une restructuration adaptée des logements,** afin de les rendre modernes et de leur restituer leurs fonctions et leurs qualités (doc. 1). **La revitalisation est un travail de longue haleine, qui ne peut être réalisé sans moyens,** car la qualité coûte cher, bien qu'elle soit finalement économiquement très rentable. **Nous constatons ainsi un transfert de la vacance depuis les marchands de sommeil vers des logements décents à loyer modéré.**

L'extension de la superficie bâtie s'est faite d'abord autour des agglomérations. Aujourd'hui, nous constatons un éparpillement dans le milieu rural. La rurbanisation envahit le pays. Pour preuve, 50 000 hectares sont consommés chaque année pour le logement et cette tendance est croissante.

Dans le Lot, le bâti représente 3,06 % du territoire, mais la consommation de superficie bâtie augmente sans discontinuer. S'agissant de la relation entre la croissance de la population, le nombre de logements et la consommation foncière, sur 154 PLU examinés au plan départemental, 25 % prévoient le doublement de leur surface urbanisée. ■

## II.4. Volet thermique de la révision du secteur sauvegardé de la Ville de Cahors

LOIC KOCH • Chargé d'études, bureau d'études IDE-Environnement

// Mon bureau d'études, basé à Toulouse, existe depuis bientôt 25 ans. Depuis 2004, nous travaillons sur le bâti et la démarche HQE, sous la marque commerciale Lignes Environnement.

### A. Missions

Notre mission dans le cadre du PSMV était de prendre en compte le volet développement durable concernant :

- les réseaux, avec la gestion des eaux pluviales ;
- la sécurité, avec la mise aux normes des installations ;
- les déchets, avec l'adaptation de la collecte ;
- la circulation, concernant l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite et les transports doux ;
- le stationnement ;
- l'acoustique ;
- la thermique.

Notre mission consistait à dresser un état des lieux initial, à relever des dysfonctionnements, et à rendre des préconisations sur les économies d'énergie thermique.

### TEXTE REFERENCE

Depuis 1990, des réglementations thermiques ont vu le jour, dans le but de réduire la part du chauffage dans la consommation énergétique des ménages. Le Grenelle de l'Environnement a fixé un objectif de rénovation thermique accélérée du parc ancien, avec un objectif chiffré de 38 % d'économie d'énergie d'ici 2020.

+++++

### B. Méthode

Face aux 2 000 logements composant le secteur concerné, **notre méthode a consisté à définir des typologies de logements** (doc. ①). **Nous avons donc établi un état initial**, afin de mesurer la performance énergétique antérieure (selon la méthode 3CL-DPE), **puis nous avons réfléchi à des solutions adaptées à la conservation du patrimoine tout en améliorant les performances thermiques du bâtiment, avant d'estimer le gain de nos solutions**. Nous avons validé cette méthode, en vérifiant qu'elle était adaptée au bâti ancien.

Les typologies retenues sont les suivantes :

- **le mode constructif** : en bois ou à maçonnerie épaisse ;
- **la surface des façades** (la mitoyenneté limitant les déperditions thermiques) ;
- **la surface vitrée** : comprise entre 15 à 25 % de la façade.

MODE CONSTRUCTIF SURFACE DE FAÇADES	Pans de bois		Maçonnerie épaisse	
	Alignée	En coin	Alignée	En coin
15%				
25%				

① Typologies retenues © IDE-Environnement

### DEFINITION - REPERE

La thermique est particulièrement intéressante à observer, car le chauffage représente 75 % de la facture énergétique, alors que l'eau chaude sanitaire n'en représente que 10 %, et la cuisson 5 %.

+++++

MODE CONSTRUCTIF SURFACE DE FAÇADES	Pans de bois		Maçonnerie épaisse	
	Alignée	En coin	Alignée	En coin
15%	132 kWh/m <sup>2</sup>	155 kWh/m <sup>2</sup>	119 kWh/m <sup>2</sup>	136 kWh/m <sup>2</sup>
25%	134 kWh/m <sup>2</sup>	157 kWh/m <sup>2</sup>	123 kWh/m <sup>2</sup>	141 kWh/m <sup>2</sup>

② Besoins en chauffage © IDE-Environnement

### C. Etat initial

En fonction de ces paramètres, **les besoins en chauffage se situent entre 120 et 160 kilowatts par heure et par mètre carré** (doc. ②), ce qui n'est pas désastreux mais toutefois assez éloigné des performances atteignables aujourd'hui, à raison d'un maximum de 50 kilowatts par heure, par mètre carré et par an. **Le potentiel d'amélioration est donc important, tout comme le risque de précarité énergétique.**

### D. Solutions

Les solutions définies sont de trois types :

- **l'isolation des combles et des pignons**, afin de préserver la façade, tout en vérifiant que le logement n'est pas sujet à la surchauffe ;
- **le survitrage, le vitrage de rénovation et la pose de double-fenêtres** (doc. ③), afin de conserver la menuiserie ancienne en façade ;
- **l'utilisation d'énergies renouvelables d'appoint** telles que des capteurs solaires thermiques, des panneaux photovoltaïques en toiture, des pompes à chaleur, sous réserve des conditions de préservation du patrimoine.



③ Double-fenêtre intérieure © IDE-Environnement

### E. Limites et conclusion

**Nous serons très attentifs aux limites du bâtiment ancien**, qui a un comportement thermique différent de celui des constructions actuelles et qui nécessite des précautions par rapport à la ventilation naturelle du bâti et à la circulation de la vapeur d'eau dans les murs (doc. ④). Nous savons qu'avec les infiltrations d'air inhérentes à ces constructions, **la classe A est difficile à atteindre, mais nous devons tenter de nous en rapprocher**, notamment en choisissant des isolants perméables qui laissent respirer les maçonneries, afin d'éviter des moisissures dégradant le bâtiment.

En conclusion, **le potentiel d'amélioration est important, mais nous devons trouver**, avec Alexandre MELISSINOS, la CAPEB et Quercy Energies, **des solutions adaptées au confort d'été, aux particularités du bâti ancien, et au respect du patrimoine.** ■



④ Ventilation naturelle par défauts d'étanchéité © IDE-Environnement

### III. LA PERFORMANCE ENERGETIQUE

#### DU BATI ANCIEN :

#### HISTORIQUE ET RECHERCHES ACTUELLES

### III.1. Introduction

LOUIS HENRY • Architecte, Caisse des Dépôts

// En préambule, il est utile de rappeler que nous sommes directement concernés par l'impact du coût de l'énergie, en particulier au travers de la consommation énergétique des logements, tant pour leur construction que pour leur fonctionnement. D'importants progrès ont été réalisés en termes d'équipements et de rénovation thermique des bâtiments, alors que les émissions de CO2 ont augmenté de 10 % entre 2008 et 2010, que **la consommation d'électricité spécifique, hors chauffage et eau chaude, a doublé au cours des vingt dernières années** et qu'elle fera de même dans les dix prochaines années. Nous serons donc confrontés aux conséquences de la raréfaction de la ressource énergétique, à l'augmentation de son coût et aux conséquences écologiques des choix qui sont faits aujourd'hui.

Contrairement à la consommation énergétique, **la consommation d'eau baisse d'environ 2 % par an depuis dix ans**, notamment en raison de l'amélioration de la performance des équipements. Nous devons nous poser la question des performances du bâti et de la façon dont il est utilisé. Christian QUEFFELEC nous exposera l'évolution des modes de chauffage à travers le temps.

Dans un travail récent que nous avons réalisé, nous avons tenté de comprendre ce qui caractérise les éco-quartiers. Nous en avons conclu qu'ils constituaient un support

bâti, une sorte de « tuteur » qui permettra l'évolution des modes de vie dans des conditions économiques, énergétiques, démographiques qui traverseront des périodes variées. Il est au croisement de facteurs pas toujours prévisibles. Les données évoluent au fil du temps et une adaptation très pointue du bâti aux contraintes de l'instant peut le rendre inadapté aux modifications de son environnement. C'est toute la question d'une adaptation « durable » des bâtiments anciens qui peut être définie au mieux comme le renforcement de son adaptabilité.

Nous avons demandé très récemment à des lycéens ce que signifiait pour eux de vivre dans un bâti ancien. Ils ont répondu qu'il s'agissait d'un bâti ayant su évoluer, comme le font tous les organismes. Il a su s'adapter à la chaleur et au froid. Il a su résister à la richesse et à la pauvreté, à la santé et aux épidémies, aux poussées démographiques et au vieillissement, au rayonnement et à la régression culturelle, à la paix et la guerre. Ils ont conclu sur la nécessité d'une grande fluidité pour les « rendre modernes ».

Je pense que nous devons prendre en compte l'ensemble de ces données, afin de bâtir divers scénarios sur la ville en cours de production permettant de déterminer sa facilité à évoluer. ■

### III.2. Quelques repères chronologiques dans la conception thermique des bâtiments

CHRISTIAN-NOEL QUEFFELEC • MEDDTL, Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

#### A. L'adaptation au climat

##### 1. Les textes fondateurs

// **L'objectif d'adaptation au climat est présent depuis les temps anciens.**

Socrate, dans un texte fondateur sur la conception de l'habitat et son usage en fonction du climat et du rythme des saisons mentionna les avantages que procurait l'orientation sud pour un bâtiment précédé d'une colonnade. Il remarqua que les rayons du soleil, bas l'hiver, venaient alors réchauffer, derrière les portiques, les espaces d'habitation, tandis que, hauts l'été, ils étaient interceptés par les avancées des toitures servant de parasol. Il trouva le schéma de la maison idéale adaptée au climat ; elle devait posséder une façade haute au sud pour offrir une large surface aux rayonnements solaires, une toiture débordante pour se protéger du soleil d'été, une façade nord basse et étroite, pour se garantir des vents froids, protégée, en outre, par des réserves enveloppantes servant d'espaces tampons.

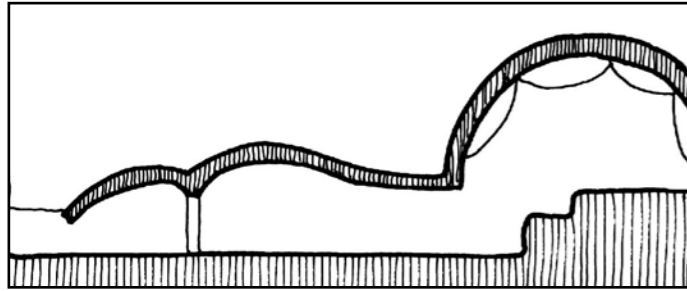
Vitruve, dans *Les dix livres d'architecture*, évoqua également la question ; il nota l'existence de climats différents et demanda de prendre en compte dans la conception des bâtiments la course du soleil et l'intensité du rayonnement en un lieu ; il cita quelques objets d'étude : l'utilisation de toits, les percements, le choix de l'orientation préférentielle non plus fixée uniquement au sud mais pouvant être nord ou nord-est.

##### 2. Les leçons de l'habitat vernaculaire

Les études entreprises sur l'habitat vernaculaire entre les deux guerres ont permis de montrer les apports de cette architecture, alors que le contexte était dominé par un appétit pour les conquêtes technologiques et la création de climats artificiels. Le courant scientifique alors en vogue tendait à ignorer les facteurs secondaires, dits locaux, au profit de questions en apparence plus universelles. Il fallait pourtant se rendre à l'évidence. Les exemples étaient nombreux où l'homme, pour survivre, avait appris à jouer avec la nature et ses manifestations et suivant le lieu, avait produit des archétypes adaptés, appréhendables en termes de programmes, d'organisation interne, de volumétrie, de percements, de matériaux, d'adaptation au site.

**Les populations soumises à des conditions extrêmes donnent des exemples frappants d'invention de structures adaptées au climat.** Les Esquimaux, vivant dans des contrées froides et ventées ont conçu un abri en forme de demi-sphère offrant une moindre prise au vent, un excellent rapport volume surface diminuant en proportion les pertes d'énergie. Un tunnel, incurvé pour arrêter le vent, creusé dans le sol, constitue l'entrée. Des gradins surélevés forment l'espace d'habitation. Des peaux de phoques suspendues à la structure en glace de l'igloo enferment des poches isolantes d'air (doc. 1). Les Malais, vivant dans des régions chaudes et humides ont produit un habitat surélevé par rapport au sol, aux formes longues et étroites, percées de multiples ouvertures, aux murs constitués de lattes disjointes, protégés du soleil par des toits débordants. Les matériaux utilisés sont légers et donc de faible inertie thermique. Tout est conçu en

vue d'une meilleure aération, jusqu'au groupement des maisons, distantes l'une de l'autre pour que le vent puisse s'écouler sans obstacle et produire un effet rafraîchissant.

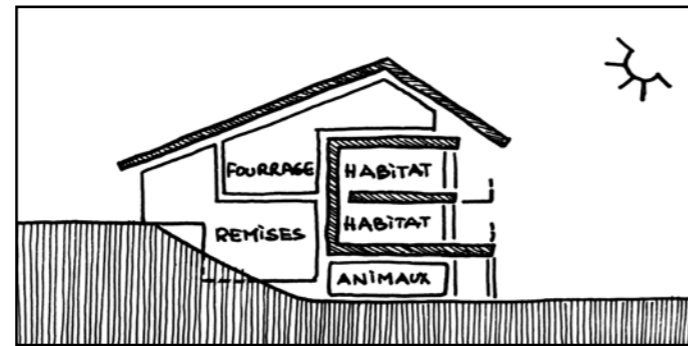


1 Habitat vernaculaire des Esquimaux © Christian-Noël Queffelec

Dans nos climats, le premier objectif était de se garantir du froid. Au temps où les ouvertures n'étaient que des trous sans vitre dans les murs, les coins agréables des maisons paysannes se trouvaient autour des emplacements de chaleur, les cheminées, centre également de la préparation de la nourriture, ainsi doublement symboliques au point de signifier, avec le toit, la maison même. Autour d'elles se disposaient des sièges et non loin des lits clos, ou pour le moins, placés dans des alcôves munies de lourds rideaux. Elles étaient le cœur des maisons autour duquel s'organisaient les pièces d'habitation. Dans les Vosges, le foyer de la cuisine chauffait la pièce voisine contiguë appelée poêle grâce à un évidement pratiqué dans le mur. En Meurthe-et-Moselle, il chauffait la chambre voisine par l'intermédiaire d'une plaque en fonte. Mais dans certaines régions de France, la cheminée est apparue très tard, dans le Haut-Ariège à la fin du XIXe siècle. Auparavant le feu était fait à même le sol, la fumée s'échappait par un trou réalisé dans le mur. En dehors de ces points de chaleur, le reste de la pièce ne jouissait que d'une faible température, que supportaient les habitants en s'habillant chaudement et en vivant dans le même espace que leurs animaux domestiques.

La lutte contre le froid donna lieu, dans le Briançonnais, à des formes ingénieuses d'organisation de la maison. A moitié enterrée au nord pour se protéger de la neige et du vent, elle contient dans un même volume et sous un vaste toit de bois ou de lauzes, des pièces d'habitation, façade plein sud, entourées d'une étable ou d'une écurie, de remises au nord, de granges sous le toit. Dans

certains villages, un appentis accolé au bâtiment principal constitue la maison d'été. L'organisation intérieure de cet habitat permet d'en distinguer deux types suivant qu'hommes et bêtes cohabitaient au rez-de-chaussée, les chambres se situant à l'étage, ou que le rez-de-chaussée était uniquement réservé à l'étable, l'habitation prenant possession des étages. Mais la rigueur du climat imposait autrefois une migration saisonnière ; la famille s'installait l'hiver dans la même salle que les bêtes pour ne rien perdre de la chaleur animale et bénéficier de l'inertie de la terre. La partie supérieure de la maison était réalisée en bois ; le pignon souvent ouvert pour aérer et sécher le fourrage était garni d'un ou de deux balcons servant d'ensoleilloirs pour mûrir les récoltes, et de passerelles de circulation ; ils jouaient également l'été le rôle de pare-soleil. La base de la maison était constituée d'épais murs de pierre amortissant les différences de température, ancrant l'habitat dans le sol ; la façade sud comporte fréquemment de lourdes arcades servant d'espaces de vie intermédiaires (doc. 2).



2 Organisation de la maison dans le Briançonnais © Christian-Noël Queffelec

L'exemple précédent met l'accent sur le facteur température et sur différentes réponses, l'orientation, l'utilisation du site. Le régime des précipitations constitue un autre paramètre du climat dont l'influence se manifeste parallèlement à la nature des matériaux locaux sur la forme et la pente des toits. La Région Rhône-Alpes en donne des illustrations convaincantes. A Chamonix, les chutes de neige sont importantes et rapides. Les nappes ainsi formées sont un très bon isolant contre les grands froids, qu'un savoir local habile a mis en œuvre en choisissant pour les maisons des toits à faible pente

où la neige s'accumule. A Annecy, la neige est rare mais les pluies fréquentes ; le vent ne pénètre guère dans les bassins abrités. Les toits sont plus pointus, couverts de petites tuiles sur lesquelles l'eau de pluie ruisselle. Dans les Dombes, le climat est plus sec avec des orages violents. Les toits ont une pente plus faible pour laisser s'écouler le vent ; ils sont couverts de lourdes tuiles romaines. A Lyon, une bruine fine persiste tout au long de l'hiver. Les toits sont hauts et couverts d'ardoises.

Soleil, pluie, neige et vent. Certaines dispositions sont issues en priorité de cette dernière influence. Ainsi l'île de Ré, soumise à un vent violent et régulier vit s'épanouir un type d'habitation caractérisé par des locaux groupés autour d'une cour clôturée de murs, une hauteur de construction réduite au minimum, l'absence d'ouverture dans les façades de l'enceinte de protection, la présence d'arbres qui assuraient une protection de l'espace des cours de ce vent dominant et y répandaient une ombre apaisante. L'architecture est ainsi marquée par les conditions particulières du lieu où elle se manifeste. Le climat influe sur le programme et tend à définir des espaces nouveaux, les treilles, les portiques, les balcons, les patios pour les climats chauds, les vérandas, les sas, les remises pour les climats froids. Il produit des dispositions plus naturellement compactes pour les régions froides, développées et dispersées pour les régions chaudes. Il tend à introduire des dispositifs originaux comme les fontaines rafraîchissantes, les pièges à vent, les parois percées pour favoriser la ventilation naturelle. Il a provoqué la venue d'éléments mobiles comme les volets ou les stores vénitiens. Il modifie les éléments fonctionnels de l'architecture. Dans les régions soumises à un soleil ardent, les fenêtres sont petites, aux larges embrasures. Dans le Nord, elles sont grandes et situées sur des façades de moindre épaisseur. La coloration est également fonction du lieu ; la couleur des grands murs extérieurs est claire pour provoquer des réverbérations, foncée au contraire pour capter l'énergie des radiations solaires.

## B. Innovation en matière de chauffage, de ventilation

### 1. Du foyer ouvert au foyer fermé ++++++

L'analyse du phénomène des échanges thermiques du corps humain avec l'ambiance fait apparaître la supériorité, du point de vue du confort, du chauffage par rayonnement sur les autres systèmes. Pendant des siècles, ce fut d'ailleurs le seul moyen connu. L'homme préhistorique chauffait sa caverne en utilisant les radiations de son feu de bois, ancêtre de nos braseros. Les Romains faisaient circuler l'eau chaude sous les dalles de planchers. Les dalles chaudes dégageaient des radiations capables d'assurer le confort même dans un Atrium à ciel ouvert. Les immenses cheminées du Moyen Age chauffaient les murs et les plafonds par le même principe. Ce n'est qu'à l'apparition du poêle en faïence, en Allemagne d'abord, ensuite en Suisse et enfin en Angleterre, que l'on vit apparaître un système mixte : radiation et convection.

**L'introduction de nouveaux dispositifs techniques bouleversa la conception de l'habitat.** Le foyer ouvert fut remplacé par le foyer fermé : poêles en porcelaines des châteaux bavarois, poêles en fontes du XIXe siècle propres à accueillir un nouveau combustible le charbon, augmentant les rendements, facilitant l'entretien.

### 2. Le chauffage à eau ++++++

Le principe consistant à chauffer de l'eau en un endroit choisi et adapté, à la faire circuler à l'intérieur de canalisations, bien qu'ancien, ne fut réellement utilisé qu'à partir de la fin du XVIIIe siècle. James Watt utilisa cette technologie de la vapeur pour chauffer ses propres bureaux en 1784. La technique utilisant des chaudières d'efficacité modeste, où la chaleur circulait de manière économique, par convection, sans avoir besoin de pompes, à travers un réseau complexe de canalisations et se diffusait par des radiateurs, était particulièrement adaptée à l'habitat. Avec l'assistance de pompes, elle pouvait servir pour des programmes plus importants. Elle se diffusa à partir des années 1860.

Le passage de la transmission de chaleur par radiation au passage par convection trouve son illustration la plus claire dans le chauffage central moderne. L'élément de chauffe est d'ailleurs appelé improprement radiateur : sa forme même l'empêchant de rayonner. Il chauffe l'air ambiant des pièces et cet air devenu plus léger s'élève, abandonne ses calories le long des murs et au plafond et retombe ensuite par gravité. Aussi s'établit un cycle de cinq à dix fois par heure selon la hauteur des plafonds. Ce mode de transmission est fondamental dans les chauffages par conduites présentant une surface de chauffe, comme allait le mentionner Barberot dans son *Traité de Constructions Civiles*.

### 3. Le chauffage à air ++++++

L'idée de chauffer une pièce par de l'air chaud est attribuée à Benjamin Franklin en 1742. Le poêle qu'il avait conçu comportait une chambre, entourée de plaques de fonte. L'air froid y entrait, se réchauffait et s'échappait par des ouvertures placées sur les cotés ou en partie haute. Des ancêtres de ce dispositif existaient bien ; les Romains employaient l'hypocauste dans les maisons patriciennes, chauffant ainsi le sol et les murs de plusieurs pièces à la fois, et nos anciens, des ballons d'eau chaude placés dans l'avaloir des cheminées. Aux Etats-Unis, une diffusion importante de poêles proches du celui de Franklin s'effectua dès les années 1840. Le principe connu des améliorations. La plus importante fut la séparation des gaz de combustion et de l'air servant au chauffage ; elle permit le chauffage de plusieurs pièces à partir d'un point de production et d'un système de canalisations et d'ouverture dans les murs. Dans ce schéma, il est à noter que chauffage et ventilation étaient, dès lors, inséparables. Ils allaient entraîner la construction, dans les bâtiments importants, de grands conduits en brique pour assurer le transport de l'air chaud ou de l'air froid.

#### La maison des femmes américaines

Catherine Beecher proposa en 1869 une maison américaine organisée à partir d'un noyau central de services, sur lequel se trouvaient greffés les différents planchers des étages, conçus davantage comme des espaces libres différenciés par du mobilier spécialement

adapté au lieu et des équipements et non plus comme une série de pièces identifiées. Cette maison comprenait un sous-sol, un rez-de-chaussée, un étage dans les combles. Le chauffage se faisait par l'intermédiaire d'un poêle au sous-sol dont le conduit d'évacuation des fumées, situé dans un conduit plus vaste, servait à chauffer de l'air frais, introduit au niveau du sol, puis distribué dans les pièces d'habitation par des carneaux situés au niveau des plafonds. Tous ces dispositifs de chauffage dont la génération était située dans un point unique, modifièrent l'organisation de la maison ; l'espace, autrefois centré autour des cheminées, devint homogène, permettant diverses dispositions, un aspect du plan libre.

#### Les recherches des hygiénistes anglais

Les hygiénistes anglais se préoccupèrent dès les années 1860 des problèmes de ventilation et de chauffage. Ils constatèrent des différences importantes de mortalité des travailleurs, suivant les conditions de travail et de ventilation. A Liverpool, dans les années 1860, Docteur Drysdale et Docteur Hayward bâtirent des maisons dont la conception tournait autour des problèmes de ventilation et de chauffage. Les deux protagonistes tirèrent de leurs expériences un texte intitulé *Health and Confort in House-building* datant de 1872. Un ouvrage important sur le sujet parut en Angleterre en 1899, *Outline of Heating, Ventilating and Warming*. Les idées sur le confort y étaient succinctes ; si le couple chaud-froid y était bien décrit, il n'en est guère de même de la pureté de l'air. Deux nuisances principales intervenaient dans la définition, le dioxyde de carbone et l'humidité, ainsi que deux perceptions humaines, l'odeur et le courant d'air.

#### La ventilation forcée

On prête à Desagulier l'invention du terme ventilateur pour décrire l'activité de l'homme chargé d'envoyer de l'air dans les parties basses des navires et de la Chambre anglaise des Communes en 1736, en tournant un ventilateur manuel. Ce ne fut qu'après 1860 que se développa la ventilation forcée, pour répondre à la demande industrielle, l'exploitation des mines, le développement du commerce maritime, l'apparition du séchage dans le processus industriel. Son usage amena à se poser des questions sur le positionnement du matériel et les parcours des canalisations, les sous-sols étaient

jusqu'alors particulièrement employés. L'usage du faux-plafonds et de la suppression des locaux se développa. L'application progressive des ventilateurs s'opéra dans les dernières années du siècle, grâce au développement de la recherche expérimentale de fabricants, comme Sturtevant et Sirocco, des études de Rateau en France, des théories de Joukovky en Russie, qui le conduisit à inventer le ventilateur centrifuge à grande vitesse, grâce également à la présence d'énergie domestique qu'apporta l'électrification des foyers.

#### Le refroidissement à air

En 1840, sous la conduite de R. Mills, des études de conditionnement de l'air furent entreprises pour le Capitole de Washington. Un système de refroidissement d'air fut introduit dans un hôpital en Floride en 1848. En 1844, deux ouvrages importants parurent sur ces sujets : *Warning Buildings* de C. Hood et *Theory and Practics of Moving Air* de D.B. Reid. Toutes les études précédentes préparaient les techniques de refroidissement et d'humidification de l'air. En 1906, A.M. Feldman mit au point, pour Kuhn and Loeb Bank à New York, un appareil permettant de chauffer et de refroidir.

### C. La ventilation et le chauffage dans les manuels techniques

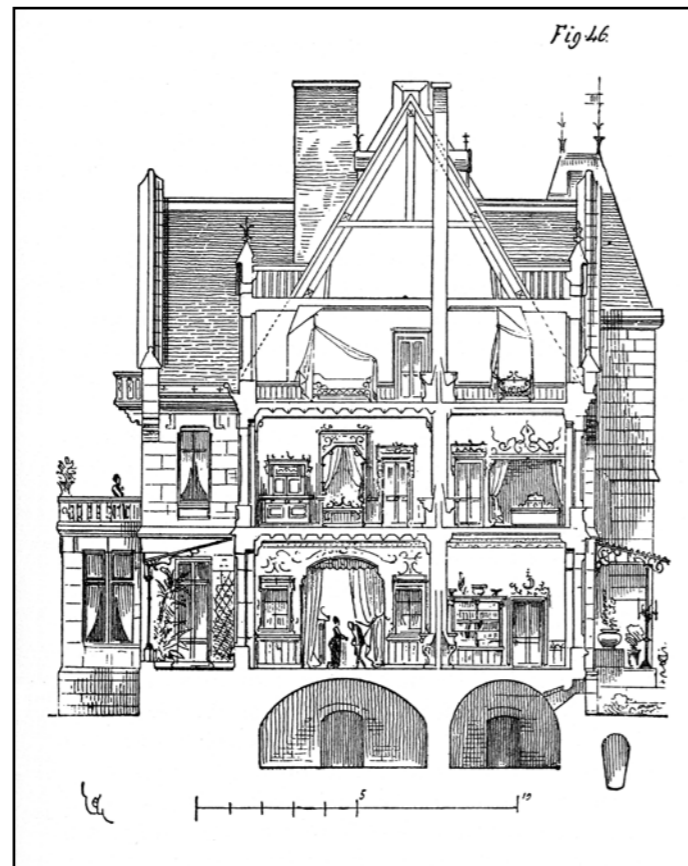
1. Histoire d'une maison, de Viollet-Le-Duc ++++++  
// Histoire d'une maison, de Viollet-le-Duc est bâtie comme un roman qui raconte le cheminement du jeune Paul dans son apprentissage du métier de conducteur d'opération. Sur le fond, il s'agit d'un plaidoyer philosophique sur le type d'habitat le plus adapté à l'homme, la maison individuelle. La position de Viollet-le-Duc est claire ; «L'habitation personnelle peut seule développer l'habitude d'être soi, comme l'habitude d'être soi impose un caractère particulier à l'habitation : les deux conditions se commandent.» Le texte est tout autant un traité pédagogique sur l'art de construire. La partie traitant du chauffage est développée dans le chapitre XXII : la fumisterie. Il aborde ce qui, sans doute, était le problème le plus délicat à l'époque : le refoulement de l'air dans la cheminée. «Beaucoup de causes contribuent à faire fumer les cheminées, tandis

qu'il n'est qu'une condition pour qu'elles ne fument pas. C'est donc à remplir cette condition qu'il faut s'attacher. Or voici cette condition : tuyau de fumée proportionné au foyer et alimentation de celui-ci par une quantité d'air proportionnée à la combustion.» Une bonne partie du texte est consacrée à la construction des ventouses. «Au lieu d'ouvrir une fenêtre pour activer le feu (ce qui est un moyen passablement primitif), on établit pour chaque foyer une ventouse, c'est-à-dire qu'on lui donne un canal par lequel l'air extérieur vient frapper le combustible dès que se développe la moindre chaleur, comme celle, par exemple, d'un morceau de papier allumé. Aussitôt cet air extérieur est appelé pour remplir le vide que produit le commencement de combustion, et il active le feu en apportant son oxygène. Plus le feu s'anime, plus le courant d'air est rapide ; plus cet air arrive rapidement, plus le bois ou le charbon brûle vivement. La ventouse est pour une cheminée ce qu'est pour un feu de forge le soufflet. Mais il n'en faut pas moins que la ventouse, aussi bien que le tuyau de fumée soient en rapport avec le foyer. Si le tuyau de fumée est trop étroit, il y a engorgement de fumée ; celle-ci déborde. S'il est trop large, il ne s'échauffe pas bien également ; puis les courants d'airs extérieurs, les vents exercent une pression à son orifice supérieur qui neutralise l'action de tirage ; la fumée rabat. Si la ventouse est trop étroite pour l'étendue du foyer, elle n'amène pas la quantité d'air nécessaire à la combustion ; le feu est languissant, il chauffe incomplètement, et la fumée tiède ne monte pas assez vite. Si cette ventouse est trop large, ou elle amène un volume d'air considérable dont l'oxygène n'est employé qu'incomplètement : alors une partie de l'air froid passe dans le tuyau de fumée et n'active pas le tirage ; ou, s'il y a des changements de température, la ventouse attire l'air de la cheminée au lieu d'apporter celui du dehors. Il y a renversement, et la cheminée fume horriblement.» Viollet-le-Duc aborda ensuite les sorties de cheminée, leur position, leur hauteur par rapport aux différents obstacles présents aux alentours, les phénomènes de vent ; il cita longuement les dispositions particulières de tuyaux à bifurcation, employés dans les vallées aux vents rabattants, des tuyaux avec deux sorties, l'une des sorties étant toujours sous le vent.

Viollet-le-Duc rappela les pratiques en cours dans la construction des immeubles de rapports. «On emploie

beaucoup à Paris maintenant le tuyau unique de fumée pour plusieurs foyers placés l'un sur l'autre et, parallèlement, un tuyau de ventilation qui dirige un embranchement sur chacun de ces foyers. Cela est bon surtout dans les maisons où l'on pose jusqu'à cinq foyers les uns au-dessus des autres, en ce qu'on évite ainsi d'affaiblir considérablement les murs par la quantité de tuyaux juxtaposés. Les foyers s'attisent réciproquement et ce système ne donne pas de fumée dans les pièces. Faut-il encore que ces tuyaux aient une section proportionnée à tous les foyers, c'est-à-dire qu'ils aient environ, pour cinq cheminées ordinaires superposées, une section de 0,16 m<sup>2</sup> superficiels, soit un carré de 0,40 m de côté. Mais ici (il en revient à la construction de sa maison individuelle), où nous n'avons que trois étages et de la place, je préfère adopter les tuyaux particuliers à chaque cheminée ; d'autant qu'avec le système à tuyau unique il est nécessaire que toutes les cheminées soient allumées : ce qui a toujours lieu dans une grande ville. Faute de ce, il arrive, dans les changements brusques de température, que la fumée passe dans un foyer supérieur ou inférieur au lieu de suivre la colonne verticale. On remédie à cet inconvénient, qui n'est d'ailleurs qu'accidentel, par des trappes bien établies.» Viollet-le-Duc revint sur le fonctionnement des ventouses en répondant à la question de la pénétration de l'air froid dans un local chauffé. «Cet air froid arrive dans le foyer même, non dans la pièce ; il est évident que si l'on ne fait pas de feu, cette ventouse donne de l'air froid qui contribue à abaisser la température d'une pièce ; on peut la fermer par une trappe. Mais retenez bien ceci : pour faire du feu, pour brûler du bois ou du charbon ou quoi que ce soit, il faut de l'oxygène (...) ; donc il faut de l'air ; sans air, pas de feu. Autrefois, on ne se donnait pas la peine d'établir des ventouses pour les foyers, parce que l'air arrivait dans les pièces par les dessous de portes, par des fenêtres mal fermées, et aussi parce que les pièces, étant très vastes, contenaient un cube d'air assez considérable pour alimenter longtemps un foyer. Puis, disons-le, les cheminées de nos aïeux fumaient passablement. Aujourd'hui nous sommes plus délicats, nous voulons des pièces peu étendues, bien fermées, nous redoutons les courants d'air ; c'est bien, mais la cheminée en exige un, courant d'air, sans quoi son combustible ne brûle pas et ne vous chauffe pas.» Il en vint à aborder la question du rendement de la combustion

et des moyens de l'accroître. «Il est évident que cette colonne d'air froid que vous appelez pour activer la combustion entraîne, en s'élevant dans le tuyau de cheminée, une quantité notable de chaleur. Aussi a-t-on inventé plusieurs systèmes pour faire que cet air chauffé ne s'en aille pas rapidement. On le fait tourner dans des tuyaux, on le force à séjourner le plus longtemps possible, ou du moins à laisser sur les parois des couloirs nombreux qu'il parcourt, une partie du calorifique qu'il a absorbé. Ces couloirs chauffent à leur tour une cavité, une chambre qui les enveloppe et qui est alimentée d'air. Cet air, dilaté par la chaleur, tend à s'extravaser. On lui ouvre des issues, qui sont les bouches de chaleur. C'est là le principe des calorifères.» (doc. 3).



3 Maison de Viollet-le-Duc © Christian-Noël Queffelec

## 2. Éléments et théorie de l'architecture de Julien Guadet (1901-1904) ++++++

Julien Guadet (1834-1908) fut chef d'atelier à l'École des beaux-arts à partir de 1872, puis professeur de théorie à partir de 1894. Il publia un traité, *Éléments et théorie de l'architecture*, sous la forme de quatre tomes entre 1901 et 1904.

Dans son tome II et le chapitre *Compléments de l'habitation*, il évoque la question des cheminées, de l'introduction de l'air frais par les ventouses et de son chauffage au contact du foyer avant de pénétrer dans la pièce par les bouches à chaleur. Il discute longuement de la question des cheminées adossées et des cheminées engagées, imposées aux architectes pour gagner de la surface habitable, tout en soulignant les contradictions de cette fonction imposée au mur de séparation avec celle de mur porteur. Il écrit : «Les cheminées doivent être établies dans des murs qui ne portent pas les planchers ; dans les étages supérieurs surtout, le mur à cheminées est tellement criblé qu'on y trouverait plus la place d'une portée et d'un scellement ; et d'ailleurs cette construction vide est sans force pour résister au poids des planchers. C'est encore une erreur fréquente de disposer les cheminées contre des murs de façade, avec tuyaux incorporés dans ces murs. Cette section du haut en bas d'un mur de façade est déplorable pour la construction ; le moindre tassement, le moindre feu de cheminée deviennent ainsi de grands sinistres ; d'autre part, ces tuyaux sont exposés au refroidissement, et un tuyau de cheminée froid tire mal ; enfin si ces cheminées augmentent de nombre à chaque étage, votre mur n'existe plus. Si donc la disposition exige impérieusement cette place pour les cheminées, faites au moins des tuyaux adossés.»

Dans la suite du chapitre, il présente le chauffage par calorifères, englobant sous ce nom le chauffage à air chaud, eau chaude ou vapeur, s'attarde sur le fonctionnement thermique dans le temps et sur la distribution des sources de chauffage. «Le chauffage pratique est celui qui combat efficacement le refroidissement : il faut bien comprendre en effet qu'il y a dans le chauffage deux opérations successives : l'élévation initiale de la température de la pièce, puis le maintien de cette température. La première

est une mise en train qui demande un certain temps, la seconde n'est plus que de l'entretien. Or pourquoi cet entretien ? Parce que sans cela la pièce se refroidirait. Et par où se refroidirait-elle ? Par les surfaces de refroidissement, c'est-à-dire avant tout par les fenêtres et les parois extérieures. Et pour empêcher ce refroidissement, il faut combattre là où il se produirait. De là cette théorie qui doit présider à toute installation rationnelle de chauffage : disposer les émissions de chaleur contre les surfaces de refroidissement. La théorie du chauffage doit d'ailleurs varier suivant les climats. Dans les pays septentrionaux, où le froid est un phénomène continu pendant la moitié de l'année, on emploie des modes de chauffage qui exigent une mise en train assez longue, mais qui font de la construction un réservoir de chaleur très lent à refroidir. Au moyen de doubles parois, on constitue de véritables murs chauds ; la chaleur n'est pas localisée, elle est partout. La maison est pour ainsi dire enveloppée d'une ceinture tiède, et on combat le refroidissement par l'usage de doubles fenêtres, rigoureusement calfeutrées au début de l'hiver, et jusqu'au printemps. Mais cette atmosphère enfermée se vicie rapidement et sans remède. Or, il n'y a pas de chauffage hygiénique s'il ne renouvelle pas l'air ; comme nous l'avons vu pour la cheminée, le chauffage sain introduit de l'air chaud et pur dans la pièce, en remplacement de l'air plus ou moins consommé qui lui fait place en s'évacuant soit par des cheminées de ventilation, soit par les interstices qui existent toujours, heureusement, dans nos clôtures. Ainsi, bon emplacement des émissions de chaleur, et introduction d'air pur, voilà pour nous les éléments d'un bon chauffage, et les questions à résoudre par la composition même de l'habitation.»

«Le chauffage par calorifère encore le plus répandu, dans l'habitation surtout, est le chauffage à air chaud. D'une façon générale, le système est toujours celui-ci. Un calorifère est installé en cave ; son foyer avec la cloche en fonte et les tubulures en tôle qui le prolongent en donnant passage à la flamme et à la fumée, forment un ensemble dont les parois sont portées à une température élevée ; autour de ces parois, et dans un espace dit chambre de chaleur, circonscrit par les parois du calorifère, de l'air venant de l'extérieur au moyen d'une large prise d'air s'échauffe, et en raison même de cet échauffement acquiert une force ascensionnelle qui le répartit entre

les diverses gaines qui, de la chambre de vapeur, vont jusqu'aux bouches des appartements. Il faut soit une gaine par bouche, soit des ramifications d'une étude assez délicate. [...] Elles (les bouches de chaleur) devraient être près des surfaces de refroidissement, c'est-à-dire près des fenêtres. Malheureusement, dans le chauffage par air chaud, si on cherche à les placer ainsi, c'est au détriment de la construction, en enlevant toute solidité au mur de façade, chose qu'il faut s'interdire absolument ; ou bien il faut avoir contre ce mur des gaines en saillie, ce qui n'a rien de contraire à la construction, mais est très inconfortable, impraticable d'ailleurs s'il y a des boutiques au rez-de-chaussée. Notez que pour desservir les divers étages, il faut des tuyaux de chaleur assez nombreux, et que les gaines adossées finissent par presque doubler l'épaisseur du mur.» Guadet aborde ensuite d'autres solutions : celle qui consiste à placer ces conduits dans le mur parallèle à la façade, et celle qui consiste à les placer dans les murs de refends qui portent cheminées, toujours avec le souci d'économiser de la place. Guadet voit une autre difficulté, la présence d'oxyde de carbone passant par les interstices de la cloche du foyer pour contaminer l'air destiné aux espaces habitables, menaçant la santé des habitants. «En somme, le calorifère à air chaud est le plus répandu parce qu'il est le plus ancien, parce qu'il est facile à construire, parce que sa construction est à la portée du simple fumiste. Mais il est très inférieur, comme confort et comme hygiène, aux calorifères à eau chaude ou à vapeur, qui tendent de plus en plus à le remplacer. Ces deux derniers modes de chauffage ont beaucoup de ressemblance entre eux quant à leurs exigences au point de vue de la composition. L'un et l'autre sont basés sur les mêmes principes : production dans une chaudière soit de l'eau chaude, soit de la vapeur, et circulation de ces agents de chauffage dans des canalisations qui deviennent des surfaces de chauffe dans les endroits voulus, puis retour à la chaudière des eaux refroidies.»

Guadet donne alors les caractéristiques des différents types de chauffage.

«Le chauffage à l'eau chaude peut être sans pression ou avec de l'eau en pression ; dans le premier cas, la canalisation peut être ouverte à sa partie supérieure, cette ouverture sert de trop-plein avec évacuation sur la toiture.

Dans le second cas, elle forme un circuit rigoureusement fermé, et il faut un vase d'expansion permettant à l'eau de prendre sa dilatation due au chauffage ; mais le réseau proprement dit du circuit doit toujours être plein d'eau : eau au repos lorsque le chauffage s'arrête, eau en mouvement lorsqu'il y a chauffage. Le circuit consiste en une ou plusieurs colonnes montantes sur lesquelles se greffent les circulations locales ; ainsi l'eau chaude s'élève dans la colonne montante, prend l'embranchement en légère pente qui alimente les surfaces de chauffe, puis arrivée à l'extrémité de sa course, trouve un tuyau de retour soit vertical, soit le plus souvent en légère descente jusqu'à la gaine qui renferme déjà la colonne montante, que le tuyau de retour accompagne verticalement, mais avec un mouvement inverse.»

«Le chauffage par la vapeur doit se diviser en deux combinaisons : chauffage à basse, ou plutôt à moyenne pression, pouvant aller à deux atmosphères environ ; et chauffage à très basse pression, ne dépassant pas ordinairement deux dixièmes d'atmosphère. Voyons le premier. Le chauffage par la vapeur à moyenne pression se fait lui aussi par circulation dans une canalisation desservant des surfaces de chauffe aux endroits désignés. Le système est donc dans son ensemble, analogue au chauffage par l'eau chaude, mais avec des conditions de fonctionnement à certains égards inverses. En effet, la vapeur, en communiquant sa chaleur à la canalisation se condense, c'est-à-dire retourne à l'état d'eau ; il faut que cette eau de condensation s'écoule, et elle ne peut le faire que dans le sens de la pente des tuyaux, car elle n'est plus, comme dans le chauffage à l'eau, refoulée par la circulation de l'eau ascendante. Elle redescend en vertu de son propre poids. Si la vapeur circule en sens inverse, il y a entre ces deux circulations conflit, choc et bruits désagréables. Il faut donc que l'eau de condensation et la vapeur non encore condensée circulent dans le même sens, c'est-à-dire en descendant.»

«**Une conclusion s'impose : après avoir été longtemps un programme d'une simplicité relative, l'habitation est devenue d'une complication extrême.** Récemment encore, la génération qui nous a précédés ne connaissait pas le vestibule clos, les escaliers fermés et chauffés, les circulations d'eau, de gaz, d'électricité, etc., les calorifères,

les ascenseurs, les monte-charges, les téléphones, que sais-je encore ? **Aujourd'hui la maison moderne est usinée du haut en bas, il y faut tous les progrès, et chaque jour en apportant de nouveaux crée de nouvelles exigences.** Une maison très ordinaire a des kilomètres de canalisations de toutes sortes.»

### 3. La petite maison de Daurente, en 1912 ++++++

Le texte de E. Daurente, **La petite maison d'habitation** (Librairie des Annales, Paris, 1912) a été rédigé pour de futurs propriétaires, aux revenus modestes, qui avaient le projet d'acheter ou de faire construire une maison individuelle. Il se donnait pour objectif de présenter les problèmes techniques inhérents à l'opération de construction, un éventail de modèles types avec quelques références de prix. Un chapitre entier portait sur l'hygiène et le bien-être.

#### *La ventilation*

Il évoquait tout d'abord la question de la ventilation en en définissant la fonction et en indiquant quels étaient les moyens alors utilisés. «La ventilation a pour but d'évacuer des pièces d'une maison l'air vicié et de le remplacer par de l'air pur. L'air qu'il s'agit d'expulser peut avoir été vicié par la respiration, par des odeurs de cuisine, par les poussières en suspens. Il faut trouver le moyen de le chasser au dehors et de le remplacer par de l'air vraiment respirable. Comme ventilation naturelle, on renouvelle l'air par les fenêtres. Mais il est des moments où l'on voudrait bien que la fenêtre ne fût pas ouverte, tout en tenant à chasser l'air vicié pour le remplacer par de l'air pur. Il faut alors une ventilation artificielle. Cette ventilation existe, par exemple, pour le cabinet d'aisance, où un tuyau d'aération monte jusqu'au haut du toit, emportant les émanations désagréables et les remplaçant par de l'air complètement inodore. Les cheminées forment, elles aussi, une ventilation artificielle, par leur conduit de fumée, alors même qu'on ne fait pas de feu. Dans les cheminées où le feu est allumé, l'appel d'air extérieur est beaucoup plus considérable, soit qu'elles prennent l'air directement sous les portes, soit qu'elles aient un appel d'air extérieur.»

#### *Le chauffage*

Daurente évoquait ensuite le chauffage avec le mode le plus utilisé, la cheminée, dont il n'ignorait pas les inconvénients : la cheminée qui fume et le mauvais rendement de la combustion. «Si l'orientation de la cheminée est mauvaise, il est indispensable d'avoir une conduite d'air froid, venant de l'extérieur, et de créer une ventilation artificielle (...).», mais il remarquait l'absence très courante de dispositif prévu lors de la construction du gros œuvre. «Nous ne comprenons la cheminée à feu rayonnant qu'avec un appel d'air pris à l'extérieur ; cet appel d'air a le double avantage de donner du tirage et de ventiler la pièce, en chassant l'air vicié, même si la cheminée n'est pas allumée. (...) Il est donc indispensable qu'ayant prévu des appels d'air extérieur, on n'installe les parquets qu'après que le fumiste aura établi ses conduites d'air froid entre les lambourdes. Ce n'est que lorsque son travail sera complètement terminé, qu'il faudra poser le parquet.»

Pour Daurente, il apparaissait que les poêles étaient susceptibles de répondre plus facilement aux exigences de rendement, de stabilité de la température intérieure et il remarquait qu'il existait beaucoup de modèles «parfaits, du moins excellents». «Les poêles ne sont, en général, pas décoratifs ; ils sont même encombrants s'ils ne sont pas appliqués à la trappe de la cheminée ; mais il faut avouer que, lorsque la cheminée a un bon tirage et que la ventilation est bien installée, ce sont les appareils les plus pratiques et les plus économiques de chauffage. Avec eux, on peut entretenir dans une pièce une température constante ne variant que de un à deux degrés. La bonne température des appartements est, comme nous l'avons dit, de 16 à 18 degrés.» Il existait alors des poêles fixes et des poêles mobiles que l'on déplaçait d'une pièce à l'autre ; mais les inconvénients de ces derniers étaient nombreux. «Lorsque l'on roule le poêle d'une pièce à une autre, il faut penser que, sans compter l'aération qu'on est obligé de faire par les fenêtres pour chasser les vapeurs d'oxyde de carbone, le poêle mobile sortant d'une cheminée chauffée, est introduit dans l'ouverture d'une autre cheminée complètement froide. Dans ces conditions, la colonne d'air froid est supérieure comme pression descendante, à la pression montante produite par le tirage du poêle, et jusqu'à ce que cette pression soit

devenue suffisante pour chasser l'air froid, il se produit des refoulements d'oxyde de carbone dans la chambre où l'on vient de rouler l'appareil.» Un poêle fixe ne rencontre ce phénomène qu'à l'allumage et de manière plus réduite. Il notait la bonne adéquation du poêle aux conditions d'usage. «Un petit poêle à feu continu est largement suffisant comme dimensions, pour le chauffage d'une pièce de 4 mètres sur 4 mètres 50. Il brûle, par vingt-quatre heures de 28 à 34 centimes de combustible. C'est donc l'appareil le plus économique que nous puissions conseiller.»

Daurente présentait aussi les calorifères, mais pour en dire qu'ils ne convenaient pas à l'échelle des petits projets de maisons. «Quant aux calorifères dans les sous-sols, envoyant soit de l'air chaud par les bouches de chaleur, soit des vapeurs d'eau par la tuyauterie spéciale, ils nécessitent une installation qui ne nous permet pas d'étudier ici leurs avantages, car les frais d'achat et d'aménagement augmenteraient les devis dans des proportions exagérée. Il faut penser de plus que nous ne sommes pas dans des appartements à pièces vastes et à plafonds très élevés. Le total de superficie des trois ou quatre pièces de chaque étage ne dépasse pas 35 à 50 mètres de superficie couverte.»

#### L'éclairage

L'éclairage était un autre point à aborder à une époque où l'éclairage électrique ne s'était pas encore répandu partout. «Si le gaz est installé dans le pays qu'on a choisi pour y faire construire sa petite maison, il n'y aura pas à hésiter à l'adopter comme éclairage. Comme pour l'eau, la canalisation doit être parfaitement étanche, les robinets bien entretenus. Dans chaque pièce où sera établi le gaz, on devra faire ouvrir des jours de ventilation, soit dans l'épaisseur des fenêtres, soit dans les murs. On pourra même employer le gaz comme chauffage ; il est aussi économique que le charbon de terre, et plus économique que l'anthracite lorsque le prix du mètre cube est, comme actuellement à Paris, de 20 centimes. Nous ne saurions conseiller une installation d'éclairage à l'acétylène. Quoi qu'on en dise, cet éclairage présente certains dangers et demande un entretien constant de nettoyage et de recharge. De plus, l'acétylène brûlant avec bec pavillon, vicie l'atmosphère des chambres beaucoup plus que

n'importe quel éclairage.»

#### 4. Constructions civiles de E. Barberot, 1924 + + + + + + +

En 1924, E. Barberot, architecte, membre de la Société Centrale des Architectes, publia la sixième édition de son *Traité de Constructions Civiles*, avec, comme éditeur, la Librairie Polytechnique Ch. Béranger. Cet architecte s'était spécialisé dans la rédaction de nombreux traités portant aussi bien sur la serrurerie et les constructions en fer, que sur les styles d'architecture, la menuiserie, la charpente de bois et de fer, la législation des bâtiments et des usines. Il voulait ainsi donner tous les éléments de «l'art de bâtir», constituer des aide-mémoires facile à consulter, «donnant tous les procédés employés, toutes les règles de l'art de construire, [...], toutes les connaissances indispensables à l'architecte et au constructeur». Le chapitre XIII est consacré au chauffage et à la ventilation. Il commence par la description des énergies disponibles. (Il est à noter que Barberot utilise comme unité la grande calorie, qu'il appelle calorie, et qu'il définit comme la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un litre ou d'un kilogramme d'eau à l'état liquide.) Barberot continua dans cette partie à examiner l'aspect physique et chimique du phénomène de la combustion et rappela ainsi les quantités d'air nécessaire à la combustion. Il examina ensuite un autre aspect de la thermique du bâtiment : la déperdition énergétique. On trouve dans son texte la définition du coefficient de conductibilité d'un corps : quantité de chaleur qui, pendant l'unité de temps et par unité de surface, traverse une couche de ce corps dont l'épaisseur est elle-même égale à l'unité.»

Barberot s'intéressa ensuite à la chaleur rayonnante et rappela les lois suivantes sur «l'intensité du calorique rayonnant :

- l'intensité du calorique rayonnant est proportionnelle à la température de la source ;
- cette même intensité est en raison inverse du carré de la distance ;
- l'intensité des rayons calorifiques est d'autant moindre qu'ils sont émis dans une direction plus oblique par rapport à la surface rayonnante.

Il donna son interprétation de la convection. «Dans le vide, la chaleur se propage par le seul rayonnement ; mais dans l'air, le mode de propagation est tout différent ; cet air s'échauffe par la chaleur rayonnée ou au contact d'un corps chaud, et se met en mouvement ; il est remplacé par de nouvelles couches gazeuses qui s'échauffent à leur tour au contact de la chaleur, pendant que les premières, dans leur mouvement, transportent à distance la chaleur qu'elles ont reçue. C'est ce qui se produit dans tous les chauffages par conduites présentant une surface de chauffe, c'est-à-dire une surface chauffée sur laquelle l'air vient s'échauffer par contact, puis s'élève et fait place à une autre couche qui viendra de même lécher le corps chaud et suivra la même voie.» Pour finir la description des phénomènes physiques, Barberot consacra une part du chapitre à la chaleur dégagée par l'éclairage, en reprenant un texte de Planat, qui dirigea la publication d'une Encyclopédie de l'Architecture et de la Construction à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, devenue célèbre. Cette dernière question évoque la chaleur gratuite, et son pendant, la thermique d'été. «Pendant l'été, au contraire, on verra quel est l'excédent de chaleur et on en déduira la quantité d'air frais à introduire pour maintenir la température au même degré ; la question change de face et devient un problème de ventilation et non plus de chauffage.»

#### Cheminée d'appartement

Le chapitre *Chauffage, Ventilation*, se poursuit par une partie réservée aux cheminées d'appartement. Barberot rappela qu'une cheminée d'appartement fonctionnait essentiellement par rayonnement et qu'elle ne possédait qu'un rendement assez faible. «Cependant, comme nous le verrons bientôt, il est toujours facile d'obtenir un rendement de chaleur beaucoup plus considérable en complétant la cheminée par un appareil permettant d'utiliser, au moins en partie, une certaine quantité de calorique perdu, et l'on sait que cette perte est pour le chauffage au bois par exemple, de 94% ; c'est à dire que la chaleur utilisée n'est que de 6% et que pour 4.000 calories obtenues, il n'y en aura que 240 de rayonnées et encore faut-il admettre que la cheminée est parfaitement installée, et ne s'oppose pas comme il arrive si souvent, au rayonnement».

Vient alors la description de la cheminée. «La cheminée

se compose d'un foyer et d'un trou d'échappement. (...) Le foyer est logé dans un vide laissé dans la maçonnerie ; c'est la disposition adoptée quand le tuyau de fumée passe dans l'épaisseur du mur. Quand au contraire, on ne peut faire passer la conduite dans le mur, soit par ce que le mur est déjà construit, - mur mitoyen par exemple - soit parce qu'on n'y est pas autorisé, on a recours alors à la disposition dite adossée. (...) La partie inférieure du foyer, partie horizontale, est appelée âtre ; c'est une aire en brique, carreaux de terre cuite ou plaque de fonte reposant sur un lit de maçonnerie. Quand le plancher est en bois, on laisse au droit de l'âtre un espace vide qui est garni de barres de fer formant une paillasse que l'on hourde en maçonnerie ; cet espace réservé dans le solivage prend le nom de trémie. Le fond du foyer se fait en brique ou en pierre, il est parfois aussi garni d'une plaque de fonte ; il est appelé contre cœur. De chaque côté de l'âtre sont placés les jambages qui supportent le manteau. Cet ensemble est généralement recouvert d'une enveloppe en marbre et quelquefois en bois. L'ouverture du foyer est fermée par un rideau mobile qui est composé de lames de tôle - comme les fermetures des magasins - et qui sont arrêtées en une place quelconque, suivant le besoin de tirage, par une crémaillère ou un contre poids. La profondeur de la cheminée varie de 0,45 m à 0,80 m. La largeur des jambages et des manteaux est le 1/10 de celle de la cheminée.» Barberot accompagna son texte d'un tableau tiré des Nouvelles Annales de la Construction, indiquant les dimensions à donner aux cheminées d'appartement en fonction de la grandeur des pièces, petites, moyennes ou grandes.

#### • • • Le dispositif de la ventouse

Le dispositif de la ventouse prenait ensuite une part importante dans la description des cheminées. «Les ventouses sont des conduites qui prennent l'air à l'extérieur, au travers d'une petite grille, passent horizontalement dans l'épaisseur du plancher, et l'amènent au foyer où il doit servir à la combustion. Quand il s'agit seulement de fournir de l'air au foyer, on peut ne pas ménager des ventouses, les menuiseries laissent suffisamment passer d'air, mais elles sont indispensables quand la cheminée est munie d'un appareil destinée à augmenter le rendement de la chaleur utile. Alors elles prennent l'air pur à l'extérieur et l'amènent derrière le contre-cœur où il est chauffé par



contact avant d'être évacué dans la pièce par des bouches de chaleur. Elles sont généralement construites en tuiles plates et plâtre mais se font cependant aussi en tôle. On leur donne généralement les dimensions suivantes : 2 à 3 décimètres carrés pour les pièces ordinaires et 4 à 5 pour les grandes pièces.»

Barberot en vient alors à présenter les dispositifs inventés pour améliorer le fonctionnement thermique des cheminées. «Leras, dit M. Planat, construisait son foyer en tôle ou en fonte, et ménageait à l'entour un passage pour l'air froid venant de la prise d'air a. Cet air s'échauffait en passant sous le foyer, puis à l'arrière du foyer, puis débouchait dans la pièce par des bouches de chaleur placées latéralement à la cheminée. On améliorait ainsi l'utilisation de la chaleur, car on récupérait une partie de la chaleur qui s'échappe, presque entièrement perdue, par le tuyau de fumée. Cet avantage était compensé par un nettoyage difficile qui exigeait un démontage préalable.

Fondet, renonçant à l'emploi des tuyaux en tôle qu'avait introduits Leras et qui se détérioraient trop rapidement, fit en fonte tout l'appareil destiné à réchauffer l'air. Deux tubes horizontaux réunis par des prismes creux et placés en quinconces, sont logés au fond du foyer ; tout le système a une inclinaison d'environ 20°, d'arrière vers l'avant, le tuyau horizontal du bas communique avec la prise d'air, le tuyau du haut avec les bouches de chaleur placées latéralement à la cheminée. Il faut remarquer que le bois seul convient bien aux cheminées munies de ces appareils, le coke et la houille, brûlant au contact des tubes, les détériorent très rapidement.

C'est cette idée de réchauffer l'air appelé directement du dehors par une prise d'air, au moyen de la flamme et de la fumée, avant de l'introduire dans la pièce, qui a donné lieu aux plus récents et aux plus complets perfectionnements. On a donné une part de plus en plus grande à l'appareil de réchauffement ; on a cherché à convertir la cheminée en une sorte de poêle ou de calorifère. Toutefois, la cheminée diffère toujours de ces deux appareils en ce que le foyer reste découvert, et que, par conséquent, il s'introduit toujours, dans l'intérieur du foyer, une quantité d'air bien plus grande qu'il ne faudrait pour la combustion. De là, pour la cheminée, si perfectionnée qu'elle soit,

un désavantage économique, mais que compensent largement les avantages d'agrément et de salubrité.»

Des procédés furent mis au point pour obtenir un réchauffage de l'air frais par les fumées s'échappant par la cheminée et augmenter le rendement de cette dernière. Barberot cita l'appareil Fondet, la cheminée Cordier, la cheminée Fortel, d'efficacité plus ou moins grande. Ils pouvaient devenir plus ou moins complexes, comme l'appareil Manceau qui possédait des ailettes pour obtenir une plus grande surface de chauffe. Barberot cita les propos de l'inventeur C. Joly. «Appliquons nos principes à l'examen d'un appareil moderne que j'ai perfectionné dans le but de satisfaire à tous les besoins et de résoudre le problème suivant indiqué par Franklin en 1744, puis renouvelé par la Société d'encouragement à Paris : Combiner les avantages que présentent les feux apparents avec ceux des poêles de différents genres, et obtenir, à l'aide de l'appareil de chauffage proposé, l'évacuation de l'air vicié, l'introduction d'un volume équivalent d'air nouveau, à une température modérée, n'excédant pas 40 à 50°, en même temps qu'un emploi économique du combustible.» Joly chercha, dit-il à combiner «le feu apparent, le renouvellement de l'air, la facilité de nettoyage, l'utilisation en tout sens du calorique rayonnant du foyer, c'est-à-dire l'emploi des surfaces intérieure, latérale, postérieure et supérieure, en sorte de donner à l'issue de la fumée une ouverture proportionnée au foyer pour utiliser à sa sortie la plus grande partie de l'air brûlé et augmenter à volonté la surface de chauffe.» «La grande différence qui distingue l'appareil en question de ceux qui l'ont précédé, c'est que celui-ci fait passer la fumée à l'intérieur des tuyaux, tandis que dans les autres dispositions, la flamme et la fumée vont entourer et lécher les surfaces de chauffe.» Son appareil introduisait un cheminement plus complexe des fumées, de manière à chauffer des conduits en tôle sur la surface desquels l'air neuf venait se réchauffer. Il utilisait également comme plaque de chauffe «une coquille en fonte formant réflecteur et disposée avec rétrécissement» pour limiter les appels d'air à ce qui était nécessaire. Sa surface était lisse à l'intérieure, pour éviter tout engorgement, tandis qu'à l'extérieur, elle était ondulée et munie de lames ou nervures nombreuses «recourbées en forme de dôme pour multiplier les surfaces de transmission, là où la

chaleur est la plus intense, c'est-à-dire au haut du foyer».

### Les poêles

Le chapitre se poursuivait par la présentation des poêles. «On désigne sous le nom de poêles les appareils amovibles ou fixes placés à l'intérieur des pièces dans lesquels on brûle un combustible quelconque. Les poêles se font en tôle, en fonte ou en terre cuite, et leurs formes varient à l'infini. De tous les appareils employés pour chauffer les pièces, ce sont eux qui donnent le plus grand rendement de chaleur à quantité égale de combustible brûlé ; par contre, la ventilation est pour ainsi dire nulle, et l'air est desséché à l'excès.»

#### • • • • Poêle en métal

«Une des meilleures, ou plutôt des moins mauvaises dispositions, est celle à double enveloppe dans laquelle l'air échauffé par la circulation de la fumée sort par des ouvertures grillagées jouant le rôle de bouches de chaleur. Certains de ces appareils ont été disposés soit pour diminuer la consommation de combustible, soit pour assurer une marche régulière et dont on n'ait pas à s'occuper ; ces poêles sont dits à combustion lente ; ils sont ordinairement composés d'un cylindre fermé par le haut et dans lequel on place le combustible ; les gaz redescendent toujours sur ce foyer, le traversent et brûlent en s'échappant par son périmètre ; on obtient ainsi une combustion complète. Ce système s'applique à l'utilisation du coke comme combustible, parce qu'il permet de le brûler en masse.» Une description accompagne la figure 1531. «Cet appareil comprend, à l'intérieur, un réservoir de combustible A de forme conique et ouvert par le bas ; la partie inférieure b est garnie d'un épais revêtement en fonte qui reçoit le coup de feu. Le combustible est retenu par un bassin en fonte c et par la grille mobile d qui laisse pénétrer l'air nécessaire à la combustion. En e est la porte du foyer, qui est rendue transparente par une plaque de mica qui permet de se rendre compte de l'intensité du feu ; en f celle du cendrier qui permet de régler l'entrée d'air. La fumée après avoir monté jusqu'à la partie supérieure du poêle redescend pour s'échapper par l'orifice d'évacuation g (situé à mi-hauteur). Le chargement se fait par le haut en ôtant le couvercle h et l'obturateur i (placé sur le cône central). Pour l'allumage, on commence par placer sur la grille des copeaux et un peu de charbon de

bois ; on ajoute par dessus une petite quantité de coke et on allume. Ces premiers combustibles étant allumés, on complète le chargement.»

#### • • • • Poêle en faïence

En accompagnement de la figure 1532, un poêle «Sébastien» de construction mixte en métal et en céramique, Barberot donna la description suivante. «Les poêles en faïence se sont faits dans toutes les formes et de toutes les dimensions ; les cloisonnements établis à l'intérieur ont pour but de forcer la fumée à circuler le plus bas possible de l'appareil avant d'arriver au tuyau de fumée de manière à augmenter la surface de chauffe, et, par conséquent, à céder aux parois la plus grande partie de la chaleur qu'elle contient.» Les maisons de rapport ont fait un grand usage de ces poêles-cheminées, ordinairement placés dans les salles à manger. On a utilisé des appareils faciles à installer et à ramoner mais d'une efficacité limitée parce que de dimensions trop réduites.» Ils ont, en général, une très faible saillie, 0,11 m, de manière à ne pas diminuer encore les dimensions de nos salles à manger déjà si petites, mais cette faible dimension ne peut être obtenue qu'en plaçant les conduits de fumée dans l'épaisseur du mur, ou, dans le cas contraire, il faut compter la saillie à partir du coffre.

### Le chauffage à air et les calorifères

• • • • La prise d'air, les canaux et les bouches de chaleur  
Selon Barberot, «Un calorifère est un générateur d'air chaud. Cet air emmagasiné dans une chambre de chaleur est ensuite distribué dans les locaux à chauffer par des conduites. Il provient de l'extérieur ; sa prise est généralement au nord.» Le premier problème évoqué est celui de la prise d'air. «Les calorifères étant presque toujours établis en cave, la prise d'air frais, qui doit arriver directement sous le foyer, se trouve donc en galerie ou plutôt en tranchée avec côtés et fond maçonnés en brique et un petit plancher hourdé en mortier pour former ciel. Sa section totale doit représenter au moins les trois quarts de la somme des sections des canaux conducteurs de l'air chaud. On place généralement la prise d'air au nord ; en tout cas, il faut toujours la mettre dans l'endroit le plus favorable pour trouver l'air le plus pur.»

Le texte évoquait ensuite les conduites d'air chaud ou

canaux. «Les canaux conducteurs d'air chaud doivent avoir au moins 0,04 m<sup>2</sup> de section pour desservir les petits espaces, pour ceux ordinaires 0,05 m<sup>2</sup>, et enfin pour les grands espaces de 0,05 à 0,08 m<sup>2</sup>. On doit dans la section des conduites tenir compte de l'éloignement : ainsi, passé 25 mètres de la chambre de chaleur à l'arrivée dans la pièce, on peut obtenir approximativement la section du canal en décimètres carrés en divisant cette distance par 5. [...] Il ne faut jamais laisser poser les conduites de chaleur horizontales parce que l'air resterait stagnant et sortirait en trop petite quantité par les bouches de chaleur : il faut, profitant de la propriété qu'à l'air chaud de s'élever, donner aux canaux une pente minimum de 0,02 m par mètre. Les conduites se font en terre cuite ou en fer et sont suspendues aux plafonds des caves par de grands étriers en fer plat scellés dans le hourdis. Pour éviter une déperdition immédiate de chaleur dans la cave, où ce serait plutôt nuisible qu'utile, on enveloppe les tuyaux dans une épaisse chemise en plâtre.»

Puis venait, pour compléter la description du circuit de l'air chaud, les bouches de chaleur. «Ce sont les orifices ménagés dans les plinthes ou les parquets à l'extrémité des canaux à leur arrivée dans la pièce à chauffer. Les bouches de chaleur s'ouvrent sur les parties inférieures des cloisons, sur les plinthes ou les stylobates ; elles sont alors à soufflet ou à persienne. En parquet, c'est-à-dire placées horizontalement, les bouches peuvent être rondes et composées de deux disques percées de trous, moitié pleins, moitié vides. Par une très faible course obtenue par un mouvement de rotation la partie pleine du disque inférieur vient se placer devant le vide de l'autre et l'ouverture est aveuglée ou bien les vides en face les vides permettent l'introduction de l'air chaud. La bouche carrée ou rectangulaire est basée sur le même principe de pleins ou de vides, dont une des plaques est montée à coulisse. Toutes ces bouches se font en fonte ou en cuivre.»

#### • • • • Les appareils de chauffe

Pour décrire les appareils de chauffe, Barberot se servit des indications de Planat. Ses descriptions se terminaient par des indications sur la chambre de chaleur. «Actuellement, presque tous les appareils sont munis d'une cloche à ailettes et d'un jeu de tuyaux en tôle ou en fonte qui forme la surface de chauffe.» Un modèle d'appareil retint

plus spécifiquement l'attention de Barberot : celui de Michel Perret, qui permettait d'utiliser des combustibles pulvérulents, extrêmement abondants, soit comme déchets d'exploitation de mines, soit comme résidus de combustions déjà utilisés en partie. Michel Perret eut l'idée d'introduire un calorifère avec un foyer à étage multiple.

#### *Le chauffage à eau chaude*

##### • • • • Chauffage à basse pression

Le chapitre se poursuit avec la présentation du chauffage à eau chaude. «Le chauffage à eau chaude et à basse pression est basé sur ce fait que l'eau chaude à volume égal est moins lourde que l'eau froide. C'est un mouvement circulaire de l'eau, qui après s'être échauffée dans une chaudière, s'élève dans une série de tubes ; puis après s'être refroidie, revient à la chaudière par des conduites semblables. L'emploi du chauffage à eau chaude peut être recommandé de préférence à la vapeur parce que tant que l'eau est à une certaine température, même basse, la circulation s'effectue et qu'il n'y a pas refroidissement complet. Un feu, même peu considérable, oblige l'eau, par la différence de densité existant entre l'eau qui contient de l'eau chaude et le retour où circule de l'eau déjà refroidie, à donner sur tout le parcours des conduites une certaine quantité de chaleur, alors qu'avec la vapeur il faut une combustion beaucoup plus considérable pour obtenir de la vapeur et qu'aussitôt que cette vapeur cesse d'être produite le refroidissement est immédiat et par conséquent le chauffage n'existe plus, car si on obtient pas de la vapeur à une pression suffisante, c'est par pure perte que l'on use du combustible.»

Dans le schéma de base, la chaudière, remplie d'eau, est disposée dans le point le plus bas de l'édifice à chauffer ; partant de cette chaudière, un tube conduit l'eau dans un récipient placé en partie haute du bâtiment à chauffer, et appelé vase d'expansion ; de ce vase partent des conduites qui desservent les étages à chauffer puis retournent à la chaudière. Chauffée à 60°C ou 90°C, l'eau transmet par mètre carré et par heure 360 ou 690 calories. Quand l'eau sort de la chaudière, elle est à une température d'environ 90° et n'a plus que 30° quand elle y rentre. On peut considérer que la température moyenne est de 60°C et la quantité de chaleur que transmettra la surface de chauffe

par mètre carré et par heure est de l'ordre de 400 calories. Les conduites se font en fonte unie ou garnie d'ailettes en cuivre et même en fer. Les chaudières sont généralement simples ; toutes recherchent la plus grande surface de chauffe ; elles ont souvent un ou plusieurs bouilleurs, ou utilise un système tubulaire.

##### • • • • Chauffage de bain

Le texte mentionne des chauffages de bain utilisant le phénomène de thermosiphon, et portant d'ailleurs ce nom. Il fonctionnait, comme dans le chauffage à eau chaude précédent, en se greffant sur le fourneau de cuisine. Un autre système, préconisé par M. Joly, a consisté à obtenir de l'eau chaude en plaçant un grand réservoir d'eau dans le conduit d'évacuation des fumées du fourneau de la cuisine. Joly recommandait de réduire les distances de tuyaux et prévoyait de placer la salle de bain contre le mur de la cuisine. On peut voir là un précurseur du ballon d'eau chaude.

##### • • • • Chauffage par eau chaude à haute pression

*Le Traité de Constructions civiles* contient une partie consacrée au chauffage par eau à haute pression. Ce système mis au point par l'ingénieur anglais Perkins, vers 1830, repose sur le fait qu'une petite quantité d'eau dans un système tubulaire clos, étant soustraite à la pression atmosphérique et ne pouvant donc pas entrer en ébullition, s'échauffe rapidement et peut atteindre une température élevée. Prenant appui sur cette remarque, Perkins distribua de la chaleur dans les différentes parties d'un édifice au moyen d'une circulation d'eau enfermée dans un conduit sans fin, formé par de très petits tuyaux en fer, dont une partie était enroulée en spirale et placée au-dessus du foyer d'une chaudière. Ce système, que M. Gandillot importa en France, tirait partie, comme le chauffage à eau à basse pression, du mouvement de l'eau portée à des températures différentes, mais il paraissait d'une plus grande souplesse. Par contre, il était difficile de connaître la pression de l'eau. Le tube enroulé en spirale servait de pièce de base à la chaudière imaginée avec le système ; il était au contact direct des gaz de combustion. On pouvait ainsi obtenir des chaudières de dimensions très petites. L'eau se mettait en mouvement dès que le feu était allumé ; à la partie supérieure des tuyaux, on greffait un tube d'un diamètre plus fort, dit tube d'expansion,

qui recevait l'excédent de volume d'eau dilatée quand l'appareil était en marche. Les tuyaux composant tout l'appareillage étaient en fer, étirés et soudés à chaud, d'un diamètre extérieur de 27 mm et d'une épaisseur de 6 mm. Les raccords des tuyaux se faisaient au moyen de manchons à vis, dont le joint spécial rendait toute fuite matériellement impossible. La faible dimension des tuyaux leur permettait de courir dans les pièces le long des murs, d'être là où les déperditions se produisent, près des fenêtres, de prendre place dans des endroits limités, en plinthe derrière une tôle perforée, sous une grille dans l'épaisseur des lambourdes du plancher. Cette possible dispersion permettait d'assurer une très grande régularité de température dans les pièces. Les tuyaux réunis en forme de serpentins, pouvaient être enfermés dans des meubles en fer ou en bois, placés dans les angles des pièces, les embrasures des fenêtres, des meubles munis de bouches s'ouvrant et se fermant à volonté, pour augmenter ou diminuer la diffusion de la chaleur. Enfin on pouvait utiliser ces serpentins pour chauffer l'eau du bain et constituer des réservoirs d'eau chaude. On pouvait encore mettre ces serpentins en communication avec l'air frais venant de l'extérieur, pour le préchauffer avant de l'introduire dans les pièces d'habitation.

#### *Le chauffage par la vapeur*

*Le Traité* présente ensuite le chauffage à la vapeur comme l'une des alternatives du chauffage par eau chaude. «On a employé le chauffage à haute pression mais on y a bien vite renoncé par suite des accidents causés par l'explosion des générateurs, des conduites ou des appareils, une négligence pouvant avoir les résultats les plus graves. Le seul système employé actuellement est le chauffage à basse pression, qui ne présente aucun danger et qui est susceptible de porter la chaleur à des distances considérables. [...] Un chauffage à vapeur à basse pression consiste en la production de vapeur dont la pression varie de 1 à 3 dixièmes de kilogramme par centimètre carré. La vapeur est produite par un générateur placé en contrebas des surfaces de chauffe, de manière que les eaux de condensation produites par le refroidissement de la vapeur reviennent par une conduite de retour se déverser dans la chaudière pour être de nouveau vaporisées. La vapeur dans ce genre de chauffage ne dépasse pas une température de 106°C.» Les chaudières utilisées, d'après

le décret du 1er mai 1880 relatif aux appareils à vapeur, étaient classées dans la troisième catégorie, ce qui les autorisait à être placées dans n'importe quel endroit des locaux habités à la seule condition que le foyer fût éloigné des murs des maisons voisines de 0,50 m au moins.

Barberot étudia plus particulièrement le chauffage Hamelle, dans lequel l'aller et le retour se faisaient dans la même conduite. La vapeur introduite transmettait aux appareils radiateurs ou autres la majeure partie de la chaleur qu'elle véhiculait, puis se condensait, retombait en eau, et se trouvait immédiatement remplacée par de la vapeur nouvelle. Il résultait de l'emploi d'une conduite unitaire la nécessité de débarrasser immédiatement la conduite de l'eau de condensation, qui, si elle séjournait, gênait le passage de la vapeur et diminuait la surface de chauffe de toute la superficie qu'elle occupait. Pour assurer cette évacuation immédiate, Hamelle n'employait que des conduites verticales et, accidentellement seulement, des branchements suivant une pente d'au moins 1 cm par mètre pour assurer l'écoulement des eaux de condensation. D'un générateur de vapeur placé dans un endroit quelconque du sous-sol, mais autant que possible sur la périphérie, partait une conduite en fer d'un diamètre variant de 26 mm à 40 mm suivant l'importance de l'installation. Cette conduite montait verticalement jusqu'au plafond, puis se coudait et, par une pente de 1 cm par mètre, contournait le sous-sol et allait rejoindre la base de la chaudière, à laquelle elle restituait l'eau provenant de la vapeur condensée. De cette ceinture ou conduite de distribution partaient verticalement les colonnes montantes, sur chacune desquelles on pouvait, à chaque étage, placer une surface de chauffe, radiateur, colonne ou batterie.

#### Le chauffage au gaz

En 1924, le chauffage au gaz était largement utilisé. Barberot consacra une partie de son traité, le mentionnant pour le chauffage des appartements et des serres. «Les appareils de chauffage au gaz, pour les appartements et locaux quelconques, suppriment l'emmagasinage du combustible, le transport aux étages supérieurs, les inconvénients de la suie, des cendres, des copeaux, des pincettes, de la fumée, tout l'attirail encombrant et salissant du chauffage au bois, à la houille ou au coke.»

Ce chauffage nécessitait certaines précautions. «Il faut, d'une façon générale que les appareils soient munis de tuyaux de dégagement, sans lesquels ils vicieraient l'air et donneraient naissance à des dépôts de buée humide qui altéreraient les papiers des tentures, les couleurs, les dorures, etc. Ces inconvénients disparaissent dans certains appareils à condensation d'une façon spéciale.» «Un kilogramme de gaz fournit en brûlant 10.000 calories, forme un kilogramme d'acide carbonique (2 mètres cubes environ) et 2 kilogrammes de vapeur d'eau (ou 3,200 m3 environ). On conclut de cela qu'un mètre cube de gaz, pesant 0,68 kg en moyenne, peut élever de 20° la température de 1.000 mètres cubes d'air si sa chaleur est complètement utilisée.»

Le texte décrit ensuite ce que Barberot appelle les cheminées à gaz. «Comme dans les cheminées ordinaires, on utilise seulement la chaleur rayonnante de la flamme ; celle des produits de combustion est presque entièrement perdue dans la cheminée d'appel. Dans beaucoup d'appareils, on fait arriver le gaz dans une bûche en fonte percée de trous et placée sur des chenets comme une bûche ordinaire ; cette bûche est garnie de brindilles d'amiante qui rougissent et stimulent un feu de bois. On a soin de faire brûler le gaz à la flamme blanche, parce qu'elle est plus claire et donne plus de chaleur. [...] Dans ces cheminées, la bûche et la conduite de gaz forment tout l'appareil, mais il convient cependant de le compléter pour lui assurer un rendement de chaleur plus grand, et pour cela on loge la bûche dans une coquille, qui, elle, rayonne la chaleur reçue et qu'on peut encore rendre plus efficace en s'en servant comme des appareils que nous avons étudiés pour les cheminées ordinaires, le système Joly par exemple ; c'est-à-dire qu'on peut chauffer de l'air frais amené de l'extérieur en le mettant au contact avec la coquille et une certaine longueur du tuyau d'évacuation avant de le répandre dans la pièce par des bouches de chaleur latérales.» «Un appareil très employé est celui à foyer en cuivre poli à facettes. La forme du réflecteur dirige le rayonnement vers le bas ; le gaz brûle sur une rampe placée en haut et masquée par le manteau. Il peut y avoir à ces foyers une circulation d'air et des bouches de chaleur comme dans le cas précédent.» «D'après M. Germinet, dans une pièce de 45 mètres cubes, à deux fenêtres et de 3,50 mètres de hauteur, il faut, pour porter

la température de 0° à 15°, brûler d'abord 720 litres de gaz, puis, pour maintenir la température, 381 litres par heure.»

Le *Traité* présente ensuite les poêles à gaz. «Les poêles les plus simples se composent d'un cylindre en tôle ou en fonte simplement muni d'une arrive de gaz et d'un certain nombre de brûleurs. Alors il n'y a pas de chaleur perdue, mais les produits de la combustion se mélangent à l'air, et tout en contribuant à la chauffer, le vicient. Les poêles à gaz - comme tous les autres appareils d'ailleurs - doivent être munis d'un tuyau d'évacuation, cependant nous devons citer le modèle que fabriquait M. Delafollie, poêle qui n'a pas de tuyau et répand peu ou point d'odeur. Le gaz employé dans ce poêle n'est pas additionné d'air, il brûle comme un bec d'éclairage ; de ce fait, il ne produit pas plus de gaz délétère qu'un bec papillon disposé pour l'éclairage, et il n'est pas nécessaire d'employer un tuyau d'évacuation des produits de la combustion. Il est construit comme un poêle à coke avec double paroi ; l'enveloppe intérieure cylindrique est garnie de trois cloisons perforées en terre réfractaire ; la cloison inférieure est placée assez haut pour que la flamme des becs ne puisse l'atteindre et produire du noir de fumée ; les deux autres, espacées dans la hauteur disponible, forment chicanes et servent à retenir la chaleur produite par les becs papillons. Il en résulte un échauffement très grand de l'enveloppe intérieure, qui porte à son tour à une température élevée la gaine d'air extérieure et la seconde enveloppe.» Le *Traité* donne toutefois le conseil suivant : «Même pour un bon poêle à gaz, il faut un tuyau d'évacuation.»

#### La ventilation

Ce problème est présenté en dernier. «La ventilation, bien entendue, consiste à évacuer l'air vicié pour le remplacer par de l'air pur. Les principaux moyens pour ventiler les bâtiments sont :

- faire communiquer la pièce à ventiler avec une cheminée d'appel dans laquelle on peut obtenir une colonne ascendante d'air chaud au moyen d'un foyer allumé ou de brûleurs à gaz, et, au moins une prise à l'extérieur ; remplacer par de l'air neuf chauffé ou rafraîchi suivant les saisons, celui vicié qu'on a évacué par la cheminée d'appel. C'est le moyen le plus simple et dans beaucoup de cas on peut faire servir la chaleur de la fumée à

l'aspiration de l'air vicié, il suffit pour cela de faire passer dans la gaine d'appel le tuyau de fumée de la cheminée. On a reproché à ce système de ventilation de contrarier le tirage des cheminées ; d'attirer les odeurs provenant des cuisines et cabinets d'aisance ; d'exiger des gaines de grandes dimensions.

- Par injection d'air, au moyen de ventilateurs soufflants mécaniques, ce qui permet d'agir par diffusion et d'arriver à délivrer l'air au point précis où il est nécessaire de même qu'au moyen de ventilateurs aspirants on extraira l'air vicié.»

«Introduction de l'air. L'air est introduit, soit par les appareils de chauffage, soit par des conduites spéciales disposées comme celles des calorifères et prenant l'air à l'extérieur. Il faut avoir soin que les prises d'air soient établies à l'abri de toute émanation malsaine, de toute infiltration des eaux ou des gaz du sol ou des égouts ; elles doivent être de même assez éloignées des orifices évacuant l'air vicié. La vitesse de l'air doit être très faible ; la section des conduits doit donc être considérable pour que la vitesse de cet air ne dépasse pas un mètre au maximum par seconde, surtout aux points où cet air débouche dans les pièces, cette vitesse doit être assez faible pour que le courant d'air chaud ou froid ne vienne pas frapper brusquement les personnes occupant la pièce ventilée, et soit immédiatement mélangé à l'air ambiant, ce qui ne se produirait pas s'il y avait une trop grande vitesse.» «Température de l'air. Cette température est variable suivant la destination des lieux ventilés. On admet en moyenne : pour les églises, 14° ; pour les hôpitaux, 16 à 17° ; pour les salles de spectacles, 18 à 20° ; pour les bureaux, de 15 à 16° ; pour les habitations, de 17 à 18°. Pendant l'hiver, on arrive facilement à régler la température au moyen du chauffage ; mais pendant l'été le problème est beaucoup plus difficile et à moins d'employer les réfrigérants qui sont coûteux, on ne peut guère que faire passer l'air dans les galeries souterraines où il peut prendre une certaine fraîcheur. Lorsqu'on détermine la quantité d'air chaud ou froid à introduire ou à évacuer, il convient de tenir compte qu'une personne dégage à l'heure 100 calories, une bougie autant, une lampe 300 à 400, un bec de gaz, 700 en moyenne.»

Pour le renouvellement d'air, le *Traité* propose d'adopter,

par individu et par heure, dans les écoles d'enfants, 15 à 20 m<sup>3</sup>, les écoles d'adultes, 30 à 35 m<sup>3</sup>, les salles de réunion ordinaires, 60 m<sup>3</sup>, les salles d'hôpitaux, 70 m<sup>3</sup>, les salles de chirurgie, 150 m<sup>3</sup>, les salles de varioleux, 200 m<sup>3</sup>, les salles de femmes en couches, 300 m<sup>3</sup>, les prisons, 50 m<sup>3</sup>, les ateliers ordinaires, 60 m<sup>3</sup>, les ateliers malsains, 100 m<sup>3</sup>, les théâtres et salles de concert, 40 à 50 m<sup>3</sup>, les écuries, 180 à 200 m<sup>3</sup> par cheval et par heure. «L'air frais de ventilation ne doit pas avoir une température sensiblement inférieure à celle régnant dans l'espace à ventiler. Il faut, par conséquent, dans beaucoup de cas, chauffer l'air de ventilation avant de l'introduire dans l'espace à ventiler. Comme ce chauffage diminue la quantité d'eau contenue dans l'air, il faut, par évaporation, restituer à cet air une quantité d'eau correspondant à cette diminution. (...) La vitesse de l'air entrant ne doit jamais dépasser un mètre par seconde.»

«L'éclairage, lorsqu'il a quelque importance, exige un cube d'air additionnel qu'il faut baser sur les chiffres suivants : 6 m<sup>3</sup> par bougie et par heure, 24 m<sup>3</sup> par lampe gros bec, 25 m<sup>3</sup> par bec de gaz brûlant 100 litres à l'heure.»

### 5. La législation sur la sécurité ++++++

*Le Traité de Constructions Civiles* de Barberot présente l'intérêt de rappeler la réglementation touchant les domaines du bâtiment. On y trouve L'ordonnance de police du 15 septembre 1875, L'arrêté du 15 janvier 1881, L'ordonnance du 1 septembre 1897 du Préfet de police de Paris, concernant les mesures préventives et les secours contre l'incendie dans la ville de Paris, Les arrêtés-règlements du 18 février 1862 et du 2 avril 1868 sur l'utilisation du gaz pour l'éclairage et le chauffage des bâtiments, qui sont à la base de l'Arrêté-règlement concernant les conduites et les appareils d'éclairage et de chauffage par le gaz à l'intérieur des bâtiments et habitations. Ce règlement imposait une autorisation du préfet de la Seine pour l'établissement et l'emploi d'appareil à gaz, une surveillance et une réception des travaux. Il réglementait la position des robinets de branchement sur le réseau des Compagnies d'éclairage et de chauffage par le gaz, et leur protection, imposait des modèles de compteurs, définissait des règles pour le réseau intérieur. Parmi celles-ci, on note le souci de

bien ventiler les canalisations. Un arrêté préfectoral du 14 avril 1908, définissant le Règlement des installations intérieures au gaz remplaça les arrêtés des 18 février et 10 juin 1862 et 2 avril 1868. Il s'agissait d'abord d'éviter les transformations sauvages des circuits de gaz existants et de veiller aux bonnes règles de sécurité. Par ailleurs, il reprenait la plupart et sous la même forme des articles des textes précédents, cependant sur les seize articles, aucun ne traitait de la ventilation des locaux habités.

### 6. Le Cours d'architecture et de constructions civiles de E. Arnaud, 1931 ++++++

#### *La construction d'une cheminée*

Le *Cours d'architecture et de constructions civiles* d'Arnaud consacre le chapitre LV à la fumisterie. Une large part porte sur les cheminées d'appartement ; il en définit les avantages et les inconvénients et tous les différents éléments de construction. «De tous les appareils de chauffage, la cheminée est celui qui a le plus mauvais rendement puisqu'elle ne chauffe que par rayonnement, et encore dans cette chaleur rayonnée, un quart seulement est utilisé au chauffage. Il peut même arriver que la ventilation nécessaire pour le fonctionnement de la cheminée soit tellement énergétique que le rendement devienne presque nul ; aussi s'est-on ingénié à trouver des appareils qui, placés dans les cheminées, en augmentent le rendement. Malgré ce faible rendement, la cheminée s'installe toujours dans les pièces d'habitation à cause certainement du charme et du confort que procure la vue du feu, surtout du feu de bois. Si elle a des inconvénients, elle a du moins l'avantage de procurer une ventilation de locaux.»

#### • • • L'amenée de l'air frais : la ventouse

Arnaud décrit une cheminée engagée dans le gros-œuvre et montre la partie maçonnée qui comprend le contre-cœur et les jambages qui vont maintenir en place le chambranle. «Le contre-cœur (fond de la cheminée) est fait par le maçon en briques de 22 cm d'épaisseur. Toutefois, il peut être fait en briques de 11 cm si l'on place, pour le protéger, une plaque de fonte.» Pour Arnaud, la construction d'une cheminée commence par celle des ventouses. «Le but des ventouses est d'amener au foyer de la cheminée l'air indispensable à la combustion. Si la

ventouse n'existe pas, si les locaux sont bien clos, il est impossible à la cheminée de fonctionner. Elle ne pourra fonctionner que lorsque l'air s'infiltrera par les portes et les fenêtres en quantité suffisante, d'où la nécessité, au début surtout, et fréquemment ensuite, d'ouvrir les fenêtres. Pour éviter cela, le fumiste pose les ventouses après que le gros œuvre des planchers est terminé et bien entendu avant la pose des sols. L'air est pris soit en façade, soit sur cour, généralement dans les allèges des baies. Il est conduit par des gaines, jusqu'à la cheminée (généralement au pied d'un des jambages), et peut ainsi alimenter le foyer.» Les ventouses peuvent être posées sous les parquets posés sur lambourdes. «Dans ce cas, on a la place suffisante entre le dessus des fers et le dessous du parquet ; c'est-à-dire l'épaisseur de la lambourde (en moyenne à 0,054). Cela donne des ventouses plates qui ont 30 à 35 cm de largeur et que l'on fait en tôle pour pouvoir utiliser au maximum la faible hauteur. On coupe donc les lambourdes sur le trajet de la ventouse. Il y a intérêt au point de vue des pertes de charge à faire des coudes arrondis et peu nombreux. Il y a intérêt aussi à faire des ventouses qui ne soient pas aplaties. Aussi toutes les fois que le solivage le permet, ou que les lambourdes sont scellées passablement au-dessous de solives, on augmente la hauteur de la ventouse que l'on peut construire alors avec des joues en plâtre surmontées d'un tuileau plat.» Dans le cas de dallages et de carrelages, «C'est dans le béton de gravillon ou dans la charge de mâchefer que l'on posera les ventouses. Il est donc nécessaire que cette pose soit faite avant la confection du béton.» Dans le cas d'enduits posés directement sur béton armé, «Il n'est plus possible de placer les ventouses entre le béton armé et les enduits : ciment, asphalte, xyloolith, porphyrolith, etc., lorsqu'ils sont posés à même la dalle en béton armé. Il n'y a que deux moyens de s'en tirer :

- ou, cas exceptionnel, la composition d'ensemble de l'édifice permet d'établir des gaines verticales partant d'un sous-sol très aéré et communiquant avec des gaines horizontales à chaque étage, établies dans le gros œuvre même du plancher, formant ventouses et aboutissant sous les cheminées ;

- ou, cas général, il faudra placer ces ventouses au plafond de l'étage en dessous, c'est-à-dire composer la corniche avec une sorte de soffite, dans lequel sera placée la ventouse.» Arnaud n'évoque pas les problèmes

d'acoustique qui peuvent intervenir dans ce cas.

#### • • • Les différents composants de la cheminée

Une fois l'ouverture de la cheminée réservée par le maçon, les conduits de fumée construits en même temps que le mur, les ventouses ayant été établies, la construction se poursuit par la pose du chambranle et celle du foyer extérieur. Les foyers peuvent être en pierre, en marbre, en grès-cérame, en mosaïque, en briques ; les chambranles (partie de la cheminée formant façade), peuvent être en pierre, en marbre, en grès-cérame, en brique, en bois. Arnaud donna l'exemple d'un chambranle en marbre. «En principe le chambranle se compose : de deux piédroits en marbre avec retour en marbre perpendiculaire au mur (sauf pour les cheminées tout à fait ordinaires), d'une traverse horizontale, reliant les piédroits, et d'une tablette qui coiffe le tout. Cette tablette n'est mise qu'en dernier lieu, lorsque l'intérieur de la cheminée est terminé.» Puis, il décrit l'arrangement intérieur d'une cheminée ordinaire.

«Cet intérieur se compose de :

a) L'âtre que l'on appelle quelquefois foyer intérieur. Partie construite au niveau du plancher sur laquelle on posera les chenets, grilles, etc., destinés à recevoir le combustible. Il ne faut employer dans sa construction que des matériaux réfractaires : plan de fonte de 10 à 20 mm scelles sur le pourtour avec vide en dessous, ou carreaux d'âtre ayant 0,16 m x 0,16 m sur 16 mm d'épaisseur, scellés avec de l'argile. On emploie aussi pour l'âtre dans les cheminées de style des briquettes placées de champ. L'âtre s'étend du fond de la niche (réservée par le maçon dans le mur) jusqu'aux montants du chambranle, tandis que le foyer extérieur est la partie en marbre s'étendant devant la cheminée, dans la pièce.

b) Le rétrécissement. C'est la partie qui, avec le châssis dont nous reparlerons et avec le chambranle posé en premier lieu, complète la façade d'une cheminée. Il se compose souvent de trois parties : deux montants et une plaque supérieure les reliant. Ce rétrécissement est nécessité par la faible section dans les immeubles de rapport du conduit de fumée (20 cm x 20 cm) ; sans lui l'ouverture de la cheminée serait trop grande et le tirage ne se ferait pas bien. On fait des rétrécissements en briques enduites de plâtre, en briques apparentes, en

faïence (lisse, gaufrée ou décorée), en grès (par panneaux de petits carreaux) ; dans ce cas, le foyer au lieu d'être en marbre est en carreaux de grès, afin de donner plus d'harmonie. On peut les faire en fonte d'un seul morceau, ce qui est préférable que de les constituer en trois parties. Enfin on peut les faire en cuivre, bronze et nickel. Dans ce dernier cas, le rétrécissement est fait en tôle emboutie d'un seul morceau recouverte des feuilles du métal choisi, préalablement martelées et repoussées pour obtenir le dessin voulu. Les rétrécissements en faïence sont munis de nervures appelées des colombins, destinées à la fois à renforcer la faïence et à maintenir la terre dont on la garnira pour éviter le fendillement sous l'effet de la chaleur.

c) Le châssis. Le rétrécissement est maintenu d'une part par le chambranle, primitivement posé, qui lui sert de cadre extérieur, et, d'autre part, par le châssis qui lui sert de cadre intérieur. Un châssis se compose de trois parties : le cadre, le rideau et le bâti. Le cadre sur lequel vient s'appliquer le rétrécissement est généralement en laiton ; les moulures de ce cadre varient de 40 à 50 mm de largeur ; on les assemble d'onglet ou à angles arrondis et on les soude entre elles. Le cadre ainsi construit est rivé sur le bâti. Le bâti se construit en tôle douce. Il se compose de deux montants qui portent des coulisseaux dans lesquels s'engagent les extrémités des lames du rideau et qui servent de guidage. A la partie supérieure, ces montants sont réunis par une traverse en fer carré ou plat supportant les poulies de renvoi de la chaîne ou des chaînes qui réunissent la lame inférieure du rideau avec son ou ses contrepoids. Le rideau est constitué généralement de trois feuilles de tôle coulissant dans le bâti, placées l'une derrière l'autre, la lame du bas étant la plus éloignée du cadre, lorsque le rideau est levé ; la manœuvre du rideau se fait soit à crémaillère (sans contrepoids), soit avec un ou deux contrepoids (pour les largeurs supérieures à 0,70 m).

d) Les languettes de contre-cœur. Sont nécessaires pour maintenir et lier le cadre du châssis avec le mur du contre-cœur construit par le maçon ou avec la plaque de contre-cœur en fonte (si le contre-cœur ne peut avoir les 22 centimètres réglementaires). Souvent on les incline pour donner un meilleur rayonnement de la chaleur dans la pièce. On les construit en briques réfractaires posées de champ ou à plat, hourdées avec de la terre à four. On peut

les construire avec des plaques de fonte unies, moulurées ou ornementées ; la plaque du fond porte alors sur les bords verticaux une feuillure dans laquelle viendront se loger les plaques de contre-cœur. (On maintient, dans ce cas, les plaques de contre-cœur par de petits murets et l'on comble le vide par des plâtras.) Pour éviter les fissures, les plaques ne doivent pas être scellées sur toute leur surface, mais sur le pourtour. Les plaques de fond se prêtent fort bien aux motifs d'ornementation.

e) Les goussets et l'entonnoir. Il s'agit de relier l'intérieur de la cheminée, formé par le contre-cœur et les languettes de contre-cœur avec le conduit de fumée. On y arrive en faisant une sorte d'entonnoir avec des planches en plâtre ou des tôles s'appuyant sur les languettes de contre-cœur.»

#### • • • • L'amenée d'air frais

La description donnée par Arnaud s'explique par le processus de construction, pas à pas, et par une réflexion sur le moyen d'amener de l'air frais jusqu'au foyer. «Il y a deux façons de procéder pour amener l'air nécessaire à la combustion et confectionner l'entonnoir.» Dans la méthode consistant à amener l'air de la ventouse au châssis, «On laisse un vide entre la plaque d'entonnoir (contre-soubassement), et le châssis, de façon que l'air de la ventouse (air que l'on a fait déboucher horizontalement entre le jambage et la languette de contre-cœur, et monter verticalement dans cette gaine) puisse descendre sous forme de rideau, par la rainure laissée entre le châssis et la plaque de l'entonnoir, afin d'alimenter le foyer ; ce rideau forme un arrêt des fumées qui ne peuvent le couper et se répandre dans la pièce.» Dans son texte, Arnaud attirait l'attention sur une mauvaise disposition consistant à laisser le bas de l'entonnoir trop haut par rapport au châssis. «Aussi, l'air de la ventouse au lieu de descendre sous forme de rideau devant le feu pour se rendre sous le combustible, s'en va de suite dans le conduit de fumée pour peu qu'il ait été échauffé par l'allumage du feu. La cheminée alors manquant d'air d'alimentation du côté de la ventouse, appelle l'air des portes et fenêtres mal jointes ; d'où la naissance de courants d'air, insuffisants d'ailleurs à l'alimentation du foyer de la cheminée qui répand sa fumée à l'intérieur de la pièce. C'est donc la disposition du croquis 4 qu'il faut prendre et non celle du croquis 2.» Il en venait ensuite à la méthode consistant à

amener la ventouse au soubassement. «C'est la meilleure façon de procéder. Très peu de cheminées pourtant sont ainsi installées parce que cette façon d'opérer est un peu plus onéreuse que la précédente. La traverse haute du rétrécissement en faïences, que l'on appelle improprement le soubassement, est placée de façon qu'il existe entre ce soubassement et le chambranle en marbre un vide de 1 cm, sorte de rainure sur toute la largeur. La plaque d'entonnoir que l'on appelle le contre soubassement étant mise en place, on scelle horizontalement une barre de fer sur laquelle on dispose des tuiles, qui viennent d'une part contre le rebord de la faïence, et d'autre part sur le coffre. On calfeutre les joints au plâtre et l'on forme ainsi un plancher incliné. A une des extrémités, il est en liaison avec la gaine verticale de la ventouse qui monte le long du jambage de la cheminée. L'air de la ventouse suit le mouvement des flèches. L'avantage de ce système est que l'air de la ventouse débouche en formant un rideau, non plus contre le châssis, mais contre le chambranle. Cet air ne peut s'échauffer ; en sorte qu'au lieu d'avoir une tendance à s'engager immédiatement dans le conduit de fumée (comme il peut le faire dans la disposition mauvaise du croquis 2, et parfois même dans la disposition du croquis 4), il servira à alimenter le foyer et empêchera les fumées de pénétrer dans la pièce. Le rideau baissé augmente énormément le tirage dans cette disposition, tandis que dans la disposition précédente, le rideau n'a aucune action sur l'air qui vient par la ventouse.»

#### • • • • Les dernières opérations

«On termine la construction de l'intérieur de la cheminée par un plancher horizontal, sorte de paillasse composée par des carrillons s'appuyant sur les jambages. Ce plancher forme ainsi la chambre d'air horizontale aussi bien dans le système a (ventouse au châssis), que dans le système b (ventouse au soubassement). Il sert à supporter la tablette horizontale en marbre sur toute sa surface. Enfin, on termine en plaçant les carreaux de l'âtre en raccordement avec la dalle en marbre du foyer posée en même temps que le chambranle par le marbrier.»

#### Les dispositifs d'amélioration du rendement

«Nous avons dit, combien est déplorable le rendement des cheminées. Avec le bois, il est d'environ 6%, avec le coke ou la houille d'environ 12%. On a essayé d'augmenter

ce mauvais rendement en réchauffant l'air amené par les ventouses et en le renvoyant par des bouches de chaleur, dans la pièce.» Avec le système de la boîte de contre-cœur en tôle, «On ferme les trois parties du foyer (cœur et contre-cœur) au moyen d'un coffre en tôle réuni à la ventouse par une ouverture disposée dans son centre (croquis 1). Des chicanes empêchent l'air de monter directement et l'obligent à lécher les parois chauffées. Il est ensuite renvoyé dans la pièce par des bouches de chaleur placées latéralement.» L'appareil Fondet, «Il se compose de deux coffres A et B réunis entre eux par des tubes prismatiques disposés en quinconce sur trois rangs. Tous les assemblages des coffres et des tubes sont maintenus par deux tirants boulonnés à la partie haute b. On pose le Fondet en l'inclinant de 16 à 29 degrés sur l'âtre. Il forme le fond de cheminée. L'air de la ventouse arrive par le bas, et après avoir circulé dans les tubes et s'être échauffé, il sort dans la pièce par deux branchements placés à gauche et à droite du chambranle, et donne en même temps à la pièce le renouvellement d'air nécessaire à la combustion. Il n'y a pas lieu d'établir le rideau d'air ; en effet, en ayant soin d'ouvrir les bouches de chaleur lorsque l'on a allumé le feu, c'est par ces bouches que l'air de l'extérieur, froid d'abord, chaud en suite, pénétrera dans la pièce pour alimenter le foyer. Si donc une cheminée avec appareil Fondet fume au moment de l'allumage, c'est que les bouches sont fermées. Le rendement d'une cheminée avec appareil Fondet est environ de 20% avec du bois, de 26% avec de la houille ou du coke.»

#### Les dispositifs pour faciliter l'évacuation des fumées

Quand le conduit de fumée est dominé par des édifices plus hauts, les cheminées fument lorsque le vent souffle dans la direction qui rabat la fumée. «On y remédie plus ou moins par des appareils placés sur le haut du conduit de fumée et qui s'orientent selon la direction du vent, ou encore en surélevant le conduit de fumée.» Arnaud décrit divers types d'appareils susceptibles de faciliter l'évacuation des fumées, deux types d'appareils mobiles (1) et (2) et deux types d'appareils fixes (3) et (4) étudiés pour que, quelle que soit la direction du vent, ce vent accélère le tirage au lieu de produire des refoulements. Il mentionna aussi l'Aspirateur Chenard 1920, agissant par dépression, l'Aspirant Villard, «bâti sur le principe du vaporisateur» et constitué par des cadres horizontaux

mobiles permettant de régler le tirage, l'Aspirateur Coupard utilisant une forme de chapeau.

### 7. Le gaz chez soi, 1930-1940 ++++++

#### La cuisson des aliments

##### • • • • Le réchaud, le four, la cuisinière

Dans un document destiné aux architectes, Le gaz chez soi, les producteurs de gaz présentent les avantages de cette nouvelle source d'énergie pour les différents usages de l'habitat. Le texte commence par les équipements de cuisine. «A l'origine, c'est sous l'inoffensive apparence d'un réchaud à un seul feu que le gaz s'est introduit auprès de la cuisinière à charbon, dont il ne prétendait être que l'auxiliaire matinal. Comme cette cuisinière, pour ne point se faire remarquer, le réchaud à gaz était noir, en fonte épaisse, sans élégance. Vint ensuite le réchaud à deux feux bientôt complétés par un «grilloir». Ce dernier était constitué par un brûleur rectiligne horizontal, d'abord à flammes blanches, puis à flammes bleues, portant à l'incandescence un plafond rayonnant sous lequel on, glissait les tranches de pains ou les viandes à griller. Du réchaud grilloir, on fit un «réchaud-rôtissoire», en donnant des dimensions plus importantes à l'enceinte disposée sous le plafond rayonnant et en la munissant d'une broche qui traversait les parois latérales.

Si, au prix d'une surveillance constante et d'arrosages fréquents, la rôtissoire à feu nu donne des résultats satisfaisants avec les pièces de viande ou les volailles, elle ne saurait convenir à la cuisson des pâtisseries ou de certains entremets, pour lesquels le «four» est absolument indispensable. Le four à gaz est une sorte de boîte métallique autour des parois de laquelle circulent les gaz chauds de la combustion provenant d'un ou plusieurs brûleurs disposés à la partie inférieure. A l'inverse de la rôtissoire qui ne chauffe que sur une face, toutes les parois du four émettent de la chaleur : mais leur température est sensiblement moins élevée que celle du plafond rayonnant de la rôtissoire. La pièce à cuire introduite dans un four, préalablement chauffé pendant quelques minutes, est instantanément saisie sur toutes ses faces ; il n'est plus nécessaire de surveiller, de retourner, ni d'arroser pour obtenir en toute certitude des résultats satisfaisants.

Feux de dessus, grilloir et four, tels sont les éléments constitutifs des appareils à gaz modernes dont les deux types les plus couramment utilisés, sont le réchaud-four et la cuisinière. La cuisinière est l'appareil complet, permettant d'exécuter simultanément toutes les opérations culinaires, ce qui n'est pas possible avec le réchaud-four dans lequel une grillade ne peut être faite en même temps qu'un rôti ou qu'une pâtisserie. La cuisinière se distingue donc du réchaud-four, même muni de pieds, en ce qu'elle comporte au moins un four et un grilloir indépendants ; le grilloir peut d'ailleurs être aménagé en rôtissoire. Enfin, la table de travail de la cuisinière est généralement plus importante que celle du réchaud-four et ne comporte jamais moins de trois feux.»

##### • • • • La ventilation

«Nous avons entendu dire par certains architectes que, dans les cuisines où l'on ne se sert que l'appareil à gaz, il se produit sur les murs d'abondantes condensations qui n'existaient pas du temps de la cuisine au charbon. Ainsi présentée, la chose n'est pas exacte : les condensations proviennent, non pas du changement du combustible, mais du fait que l'on a supprimé les cheminées des cuisines, sous prétexte que le gaz est un combustible sans fumée, et sans assurer par ailleurs une ventilation suffisante. Les condensations qui se déposent sur les murs sont principalement causées par les vapeurs et les buées provenant des marmites ; en l'absence de cheminée ou d'une ventilation suffisante, il en serait de même avec tout autre mode de chauffage.

La meilleure solution pour supprimer les condensations, consiste à prévoir, pour la cuisine, une gaine de ventilation montant jusqu'au toit et à la coiffer, à un mètre au-dessus des obstacles environnants, par un aspirateur statique. Ce dernier, sous l'effet du vent, entretiendra un léger courant d'air ascendant dans la gaine. A défaut d'un tel système, on pourra se contenter de placer les appareils de cuisine sous une hotte en serrurerie légère et vitrée. Cette hotte sera prolongée jusqu'à un mur extérieur dans lequel une section suffisante sera pratiquée à la partie haute.

Pour assurer l'évacuation des buées et des vapeurs par cette ouverture, il est nécessaire de créer, dans la cuisine un léger courant d'air continu dirigé vers la hotte. Il faut,

pour cela établir une prise d'air extérieure au ras du plancher, en prenant des précautions pour éviter que les courants d'air ainsi créés ne soient gênants, ce qui inciterait les occupants de la cuisine à obturer les prises d'air.»

#### La production d'eau chaude

Le manuel abordait les deux voies possibles : la distribution générale d'immeuble et la distribution par appartement. «Théoriquement la distribution générale d'immeuble, alimentée par une chaufferie centrale, devrait présenter le maximum de confort et être très économique en raison de la possibilité d'utiliser une chaudière unique, placée en cave et brûlant un combustible bon marché. Pratiquement il n'en est jamais ainsi car ce système entraîne inévitablement des pertes et des gaspillages qui absorbent la majeure partie, sinon la totalité, de l'économie que peut procurer la centralisation du chauffage. Il est en effet nécessaire, dans le cas d'une distribution générale desservant plusieurs appartements, de maintenir les canalisations d'eau chaude en charge jour et nuit, du 1er janvier au 31 décembre. Or, si bien calorifugée que soient les conduites, cette circulation interrompue de l'eau chaude donne lieu fatalement à des pertes de calories, inutilement dissipées dans les locaux, couloirs et escaliers que traversent les canalisations. De plus, à certaines époques de l'année, par exemple pendant la période des vacances alors que la majorité des occupants sont absents, les dépenses d'exploitation de la chaufferie sont hors de proportion avec les quantités d'eau chaude utilisées. Pour ces raisons, le prix de revient moyen annuel du mètre cube d'eau chaude, dans une distribution générale d'immeuble, dépasse toujours sensiblement celui que les calculs prévisionnels avaient permis d'escompter. Par ailleurs, les usagers qui ne voient pas le combustible se dépenser sous leurs yeux ont tendance à ouvrir trop largement les robinets et, quand arrive la note dont le montant semble toujours excessif, ce ne sont que récriminations et contestations. Tous ces ennuis sont évités avec la distribution d'eau chaude par appartement, l'usager étant alors maître de la conduite des générateurs d'eau chaude qui l'alimente. Cette solution, qui convient mieux au tempérament français essentiellement individualiste, est en particulier la plus indiquée pour les immeubles anciens, dans lesquels l'installation d'une distribution générale d'eau chaude,

non prévue au moment de la construction, rencontre les plus sérieuses difficultés.»

##### • • • • Générateur unique ou générateurs multiples

«La distribution par appartement peut elle-même comporter deux solutions : générateur unique desservant tous les postes d'eau chaude de l'appartement, ou générateurs individuels placés sur chaque poste. Ici le choix entre les deux solutions est une question d'espèce : il dépend de diverses considérations, telles que l'éloignement des divers postes d'eau chaude, la plus ou moins grande difficulté d'installation des générateurs, etc. Quelle que soit la solution adoptée, ce sont les mêmes types d'appareils à gaz qui permettront de la réaliser ; seule variera l'importance des appareils à adopter.»

##### • • • • Appareils «instantanés» et appareils à «accumulation»

«Les appareils de production d'eau chaude fonctionnant au gaz se classent en deux catégories : appareils «instantanés» et appareils à «accumulation». «Par appareils instantanés, on entend ceux qui chauffent l'eau au fur et à mesure qu'elle les traverse, avant de s'écouler par les robinets de puisage.»

##### • • • • Le chauffe-bain et le chauffe-eau instantané

«L'appareil classique de cette catégorie est le «chauffe-bain». Un bon chauffe-bain moderne fournit au moins 12 litres d'eau chaude à 40° par minute. Il permet ainsi de préparer un bain en moins d'un quart d'heure. Son rendement atteint 80% ; il est donc remarquablement économique. Des dispositifs automatiques de sécurité empêchent le gaz d'arriver au brûleur, soit lorsque l'eau ne circule pas dans l'appareil, soit même lorsque, pour une raison fortuite, la veilleuse est éteinte. [...] Le débit de gaz d'un chauffe-bain est voisin de 6 mètres cubes à l'heure. Sans doute, l'appareil ne fonctionne que par intermittence et, chaque fois, pendant un temps assez court, il n'en est pas moins vrai que le volume des produits de combustions correspondant à la préparation d'un bain est très important et qu'il doit être entièrement évacué vers l'extérieur. La solution qui donnera toujours satisfaction est celle qui consiste à utiliser un conduit d'évacuation montant jusqu'au dessus du toit et à le coiffer d'un aspirateur statique. Un conduit de cheminée

ordinaire convient parfaitement pour assurer l'évacuation des produits de la combustion d'un chauffe-bain. La combustion d'un mètre cube de gaz nécessitant de 5 à 6 mètres cubes d'air, il est indispensable d'aménager dans la salle où se trouve installé le chauffe-bain une prise d'air de section suffisante, débouchant à l'air libre ou dans une pièce parfaitement ventilée.»

«Le chauffe-eau instantané fonctionne suivant le même principe que le chauffe-bain, mais sa puissance est moindre. Il ne donne généralement qu'à 2 ou 3 litres d'eau à 65° par minute. Son emploi est indiqué pour desservir une installation de douche, un lavabo de cabinet de toilette ou un évier de cuisine. Le débit du gaz de cet appareil est encore assez important : 1,5 à 2 mètres cubes à l'heure : aussi, à moins que le chauffe-eau ne soit placé dans une grande pièce très bien ventilée, il est bon de prévoir un conduit pour évacuer à l'extérieur les produits de combustion. A Paris, où les cuisines sont généralement de petites dimensions, ce conduit est indispensable.

Les chauffe-eau instantanés, de même que les chauffe-bains, sont le plus souvent des appareils «à pression», c'est-à-dire qu'ils sont soumis à la pression existant dans la canalisation de distribution d'eau, le robinet de puisage étant placé en aval de l'appareil. Des dispositifs de sécurité sont prévus qui s'opposent à ce que l'eau contenue dans l'appareil entre en ébullition, quel que soit le régime de puisage ; un autre dispositif automatique provoque l'extinction des brûleurs lorsque l'alimentation en eau de l'appareil vient à cesser pour une raison quelconque.»

#### • • • • Le chauffe-eau à accumulation

«Aux appareils instantanés, chauffe-bain et chauffe-eau, s'opposent les chauffe-eau à accumulation dont le principe, tout différents, est le suivant : élever progressivement, puis maintenir constante la température d'un certain volume d'eau contenu dans un réservoir soigneusement calorifugé et dont l'importance est proportionnée aux besoins d'eau chaude, en utilisant dans ce but un brûleur à gaz à faible consommation horaire, qui se met automatiquement en veilleuse lorsque l'eau du réservoir a atteint la température désirée. Le départ de l'eau chaude se fait par la partie supérieure du réservoir, tandis que la partie inférieure est en communication avec

l'arrivée d'eau froide. L'ouverture d'un robinet de puisage provoque l'écoulement d'une certaine quantité d'eau chaude qui est immédiatement remplacée par la même quantité d'eau froide pénétrant à la partie inférieure du réservoir.

Les chauffe-eau à accumulation ont des capacités qui s'échelonnent entre 5 et 200 litres ; les modèles les plus couramment utilisés sont ceux de 8 litres, de 50 litres et de 100 litres. Quelle que soit la capacité du réservoir le débit de gaz du brûleur reste sensiblement le même et ne dépasse généralement pas 400 litres à l'heure. Ce qui varie c'est le temps nécessaire pour porter la réserve d'eau à la température voulue : on peut admettre qu'il faut 2,5 à 3 minutes par litre d'eau porté à 65°. Pour un chauffe-eau de 100 litres, il faut donc compter environ 4 heures et demie. Les réservoirs des chauffe-eau à accumulation sont soigneusement calorifugés et après extinction du brûleur, la température de l'eau en réserve ne s'abaisse que très lentement. Si l'eau est à 65° en fin de journée, lorsque l'on ferme le gaz, elle sera encore à 50° le lendemain matin.

Les chauffe-eau à accumulation peuvent être «à pression» ou «à écoulement libre». Dans le premier cas, l'appareil est soumis à la pression de la canalisation d'eau, les robinets de puisage étant placés en aval de l'appareil. Un tel chauffe-eau peut donc desservir une installation à plusieurs postes. Dans le chauffe-eau à écoulement libre, la conduite de départ d'eau chaude est constamment ouverte, le robinet d'arrêt se trouvant en amont sur la canalisation d'eau froide. Un autre dispositif assez fréquemment utilisé consiste à alimenter le chauffe-eau par l'intermédiaire d'un bac à flotteur placé sous le plafond, de manière à limiter la pression exercée sur la paroi de l'appareil tout en conservant les avantages des chauffe-eau à pression.

Quel que soit leur modèle les chauffe-eau à accumulation sont toujours munis d'un robinet mélangeur, ou mitigeur, permettant d'obtenir, par mélange d'eau froide et d'eau chaude, de l'eau à toutes températures intermédiaires entre celle de la canalisation d'eau froide et celle de l'eau du réservoir. Les chauffe-eau à accumulation comportent également un régulateur thermostatique qui arrête le chauffage de la réserve d'eau, lorsque la température

atteint la valeur fixée à l'avance. Cette température est généralement choisie au voisinage de 65°, valeur suffisante pour les usages ménagers (lavage de la vaisselle) et assez basse pour ne pas provoquer d'entartrage.

En raison de leur faible débit de gaz les chauffe-eau à accumulation présentent l'avantage de pouvoir fonctionner sur un compteur ordinaire, de ne nécessiter qu'une petite canalisation de gaz pour les alimenter et de ne pas exiger de conduit d'évacuation.

Comparé au chauffe-bain, le chauffe-eau à accumulation de grosse capacité a, en plus des avantages que nous venons d'énumérer, celui de réduire le temps nécessaire à la préparation du bain. Par contre, lorsque le réservoir a été vidé, il faut attendre plusieurs heures avant que soit renouvelée la provision d'eau chaude, tandis que le chauffe-bain peut fournir indéfiniment un courant d'eau à la température voulue.»

#### Le chauffage

##### • • • • Mode de chauffage et comportement des habitants

«Dans les années qui suivirent la guerre et au cours desquelles les immeubles sortirent de terre comme champignons après orage, les techniciens du chauffage pensèrent avoir réalisé avec le chauffage central d'immeuble, ou même de groupe d'immeubles, la combinaison du confort maximum et de la dépense minimum.

Nous avons eu l'occasion de faire, comme locataire, l'expérience d'un tel système : il s'agissait d'un groupe de 8 immeubles, comportant au total 200 appartements, dont le chauffage était assuré par une chaufferie unique, située en sous-sol et desservant environ 800 radiateurs. Il n'existait aucune cheminée dans les appartements, circonstance qu'exploitait l'agence de location en faisant valoir que la surface utile des pièces était augmentée d'autant et que la mise en place des meubles était ainsi facilitée.

A l'expérience, le système ne se révéla pas aussi économique que l'avaient fait espérer les calculs, car les locataires qui participaient aux dépenses de chauffage au

prorata de la surface de leur appartement, voulaient être assurés d'en avoir pour leur argent ; aussi laissaient-ils les radiateurs ouverts en grand pendant toute la saison de chauffage, quitte à ouvrir les fenêtres quand ils avaient trop chaud. On conçoit que ce gaspillage de calories ne fut pas favorable à l'économie du système.

Mais c'est surtout du côté «confort» que la déception fut grande, déception qui eut pour cause l'absence de cheminées dans les pièces. Les cheminées assurent, en effet, une ventilation régulière et continue des pièces où elles se trouvent ; elles évacuent en toutes saisons, l'air vicié que remplace l'air frais pénétrant par les fissures des fenêtres et des portes. Pour remédier au manque de ventilation par cheminées, l'architecte qui avait conçu l'immeuble en question, avait prévu deux ouvertures dans chaque pièce ; l'une près du plancher sur un mur de façade, l'autre sur la paroi opposée, au-dessous du plafond, débouchant généralement dans un couloir. Des volets permettaient de régler à volonté la section de ces ouvertures ; ils furent bientôt bloqués par la rouille, les uns dans la position d'ouverture, les autres dans celle de fermeture. Ouverts, les courants d'air ainsi créés étaient parfois tels que, très rapidement, les occupants des pièces furent amenés à obturer définitivement ces orifices de ventilation.

Quant au chauffage, ce fut une source inépuisable de réclamations : d'abord en raison de la fixité des dates auxquelles il commençait et se terminait sans considération de la température extérieure. En outre, en moyenne deux fois par hiver, des accidents se produisirent soit dans la chaufferie, soit dans le système de distribution et le chauffage fut interrompu sans que les locataires, privés de cheminée, eussent le moyen de remédier à ces défaillances.»

##### • • • • Les critères d'un bon dispositif de chauffage

De cette expérience, les rédacteurs de la revue en déduisaient les bons critères pour un système de chauffage confortable : «être à l'entière disposition de l'utilisateur ; celui-ci doit pouvoir le mettre en route quand bon lui semble, le régler à sa fantaisie et l'arrêter quand il lui plaît ; ne jamais risquer d'être totalement interrompu dans l'appartement ; présenter pour l'utilisateur le minimum

de sujétions en ce qui concerne l'approvisionnement du combustible, l'allumage et l'entretien des feux». «L'emploi du gaz permet très aisément de réaliser un chauffage remplissant toutes ces conditions. Deux solutions sont possibles :

- pour obtenir le degré de confort maximum, il conviendra d'adopter un chauffage central d'appartement, complété par quelques foyers individuels placés dans les cheminées des pièces où l'on se tient habituellement ;
  - si l'on désire un système plus économique, avec un degré de confort un peu moindre, on adoptera un chauffage divisé, en plaçant un foyer à gaz dans chaque cheminée.
- Avec de telles solutions, les trois conditions que nous avons indiquées ci-dessus seront toujours réalisées. Dans l'un et l'autre cas, l'utilisateur pourra à tout moment et pour le temps qu'il voudra mettre son chauffage en route ou l'arrêter. Aucune interruption générale du chauffage ne sera à redouter car si, dans le premier cas, un incident survenant dans la distribution du chauffage nécessiterait l'arrêt de la chaudière, on aurait toujours la ressource de faire fonctionner les foyers de cheminées. Enfin, la troisième condition est remplie au mieux : le locataire n'a à se préoccuper ni d'approvisionner le combustible, ni de préparer ou de recharger les feux ; suivant l'expression bien connue «une allumette et c'est tout ».

#### • • • • Le chauffage divisé

Le propos permettait de présenter le principe du chauffage divisé. «Le chauffage divisé est celui que l'on réalise au moyen de plusieurs appareils à combustion, répartis dans diverses pièces de l'appartement. Le type des appareils rentrant dans cette catégorie est le radiateur à gaz.» «Pour que le chauffage par radiateurs à gaz donne toute satisfaction, les conditions suivantes doivent être observées :

- la combustion du gaz dans l'appareil doit être complète et ne pas produire la moindre trace d'oxyde de carbone ;
- tout radiateur à gaz placé dans une pièce d'habitation doit être raccordé à une cheminée, de manière que les produits de combustion soient évacués en totalité à l'extérieur du local chauffé ;
- il n'y a aucune raison de se servir d'un tuyau de caoutchouc pour raccorder un radiateur à gaz à la plomberie. Ce raccordement doit être assuré au moyen d'un tube rigide (plomb ou cuivre). Un radiateur à gaz

ne doit jamais être considéré comme un poêle mobile, susceptible d'être promené de pièce en pièce, au gré des occupants.»

« Si ces conditions sont réalisées, le chauffage par radiateurs à gaz est le plus hygiénique qui soit, car ces appareils contribuent à assurer la ventilation continue des locaux où ils fonctionnent. Il existe même des radiateurs à gaz spécialement établis pour accentuer cet effet de ventilation ; leur usage s'est particulièrement développé en Angleterre où le renouvellement fréquent de l'atmosphère des pièces d'habitation répond à un véritable besoin.» «Cette ventilation continue ne nuit d'ailleurs pas à l'efficacité de ce système de chauffage, car il s'agit d'un chauffage par rayonnement. La surface incandescente du radiateur à gaz émet des rayons calorifiques qui traversent l'air de la pièce, sans en élever sensiblement la température, mais qui chauffent rapidement les objets et les êtres placés sur leur parcours. Le radiateur à gaz, dès qu'il est incandescent, procure immédiatement une sensation de chaleur ; il est donc tout indiqué chaque fois qu'il s'agit de chauffage intermittent.» «Pour le chauffage continu, il est bon de compléter l'effet de rayonnement par un effet de convection, c'est-à-dire qu'il convient d'utiliser une partie des calories produites dans l'appareil pour échauffer l'air de la pièce. Les radiateurs à gaz établis dans ce but sont dits à récupération. Ils comportent sur leur face arrière une sorte de faisceau tubulaire en contact avec les produits de combustion et que traverse, suivant un courant ascendant, l'air de la pièce dont la température s'élève ainsi progressivement.»

«La puissance des radiateurs à gaz doit, naturellement, être proportionnée au cube de la pièce à chauffer. Le modèle le plus fréquemment utilisé consomme de 600 à 700 litres de gaz à l'heure et permet d'assurer le chauffage des pièces dont le volume est compris entre 50 et 70 mètres cubes.

On utilise également, pour le chauffage continu des locaux d'habitation, les poêles à gaz avec lesquels il n'y a plus aucun effet de rayonnement, le chauffage étant entièrement réalisé par convection, de la même façon qu'avec les convecteurs de chauffage central ; les poêles à gaz affectent d'ailleurs souvent la forme de ces derniers. Ils comportent à leur partie inférieure un brûleur, dont les produits de combustion s'élèvent dans les éléments de ce

pseudo-radiateur et les échauffent, avant d'être conduits vers la cheminée.»

«Tous les appareils dont nous venons de parler se prêtent à la régulation automatique, c'est-à-dire qu'il est possible, au moyen de dispositifs spéciaux, de maintenir dans la pièce où ces appareils fonctionnent la température que l'on s'est fixée à l'avance, sans avoir à ouvrir ou fermer les robinets. C'est automatiquement que l'arrivée du gaz au brûleur se trouve interrompue quand la température désirée est atteinte ; c'est automatiquement que l'appareil se remet en marche dès que cette température tend à s'abaisser.»

#### • • • • Le chauffage central

«A l'inverse du chauffage divisé, le chauffage central ne comporte qu'un seul foyer ; la chaleur que produit ce dernier est transmise aux locaux à chauffer par l'intermédiaire d'un fluide (eau, vapeur, air) qui circule dans les canalisations. Une installation de chauffage central au gaz se caractérise par le fait que le combustible utilisé dans le foyer (chaudière ou générateur d'air chaud) est le gaz. La chaudière à gaz libère l'utilisateur de tous les soucis qu'occasionnent l'approvisionnement et le stockage du combustible, l'allumage, l'entretien et le nettoyage des foyers. La chaudière à gaz développe sa puissance maximum dès l'allumage ; aussi le chauffage central au gaz qui se distingue par sa très grande rapidité d'action, permet-il de réaliser, de la façon la plus économique, les chauffages intermittents, la dépense de gaz étant exactement proportionnée aux besoins de chaleur.

Le chauffage à l'air chaud qui paraissait quelque peu démodé, semble appelé à de nouveaux développements. Il est vrai qu'il n'est plus question des antiques «calorifères» ni de leurs «bouches de chaleur» qui soufflaient, dans les appartements, une haleine souvent malodorante, toujours poussiéreuse et desséchée. Aujourd'hui il s'agit de générateurs d'air chaud fonctionnant au gaz et munis de tous les perfectionnements qu'exige la mise en pratique des théories modernes du «conditionnement de l'air» et de la «climatisation» ; l'air est filtré, humidifié à point, voire même parfumé et sa température maintenue automatiquement et très exactement à la valeur convenable grâce à la souplesse du combustible «gaz.»

## 8. Le Manuel de l'Ingénieur de Hütte de 1946 +++++

Pour connaître l'état d'avancement de la thermique de l'habitat, un des textes de référence est celui de Hütte, *Manuel de l'Ingénieur*, dont il y eut plusieurs traductions entre les deux guerres, et publications par la Librairie Polytechnique Ch. Béranger, à Paris et à Liège. En 1942, on en était à la 24e édition. Pour la partie ventilation et Chauffage, Hütte dit s'être inspiré du Guide Rietschel-Brabbée, *Traité théorique et pratique de chauffage et ventilation*, traduit de la 6e édition allemande par la Librairie Ch. Béranger, à Paris, en 1925, et de nombreux textes plus anciens : la circulaire A.Z.L. *Anweisung zur Herstellung und Erhaltung von Zentralheizungs und Lüftungsanlagen* (Instruction pour le montage et la réception des installations de chauffage central et de ventilation), circulaire du ministre prussien des Travaux publics du 29 avril 1909, édité par W. Ernst et fils Berlin ; ainsi que *Praktische Gewerbehygiene* (Berlin, 1896), *Baukunde des Architekten* (Berlin, 1905), *Handbuch der Architektur* (Leipzig, 1908).

### La ventilation

La première question abordée par Hütte est celle de la ventilation. La nécessité de renouvellement de l'air est réaffirmée «dans les locaux fermés, habités par l'homme, en raison de la rapide altération de l'air confiné», notamment sous l'influence des causes suivantes : la chaleur cédée par le corps humain, la chaleur cédée par l'éclairage, le dégagement de produits organiques provenant de la respiration et de la transpiration humaines, le dégagement de vapeur d'eau par le corps humain, le dégagement d'acide carbonique par le corps humain et les appareils d'éclairage.

Hütte donne des indications sur ces points. Le corps humain cède par heure à l'air environnant, en calories, pour un adulte, dans local contenant beaucoup de personnes, 50 calories, et dans un local contenant peu de personnes, 75 calories. Pour un enfant, les valeurs sont égales à la moitié des valeurs précédentes. La quantité de chaleur cédée par l'éclairage dépend de l'énergie utilisée. Sur le dégagement de produits organiques provenant de la respiration et de la transpiration humaine, Hütte dit manquer de données précises sur les quantités dégagées.



«Ces substances, d'après Pettenkoffer, diminuent la capacité de résistance du corps humain vis-à-vis des maladies. On admet que leur teneur en anhydrique carbonique représente la diminution de qualité de l'air qu'elles produisent.» En matière de dégagement de vapeur d'eau par le corps humain, Hütte donne les chiffres de 80 grammes pour un adulte dans un local contenant beaucoup de personnes et de 40 grammes dans un local contenant peu de personnes, et pour un enfant, la moitié de ces quantités. «Pour les locaux ordinaires (galeries de tableaux, collections, tissages, etc., excepté) une humidité relative de 25 à 30% est suffisante. Un excès d'humidité est plus nuisible qu'un excès de sécheresse. On ne devra jamais dépasser le taux d'humidité relative de 70%.»

Selon Hütte, les ingénieurs ont utilisé trois méthodes pour calculer l'échange d'air nécessaire, la première basée sur la quantité de chaleur, la seconde, sur le degré d'humidité, la troisième sur la teneur en acide carbonique. Il jugeait qu'aucune de ces bases de calcul ne donnait de résultats irréprochables. «C'est pour cette raison que, l'échange d'air nécessaire est déterminé d'après des données expérimentales.» Hütte donne, dans son ouvrage, des chiffres pour le renouvellement d'air horaire à réaliser, en distinguant les locaux contenant un nombre connu d'occupants et ceux contenant un nombre inconnu d'occupants. Ils sont notablement supérieurs à ceux retenus aujourd'hui.

#### • • • • La ventilation naturelle

En matière de ventilation naturelle, Hütte rappelle les travaux de Lang, Uebernatürliche Lüftung, publié en 1877 à Stuttgart qui porte sur la perméabilité des matériaux. La quantité d'air L, en m<sup>3</sup>, qui traverse en une heure une paroi donnée de surface F, en m<sup>2</sup>, est inversement proportionnelle à son épaisseur e, en mètre, et proportionnelle à la différence de pression, p-p<sub>0</sub>, en kg par m<sup>2</sup>, entre les deux faces de la paroi résultant de l'action de la température et du vent, et au coefficient de perméabilité c (égal à 0,000201 pour la brique, 0,000124 pour la pierre de taille, 0,000258 pour le béton). Mais, pour Hütte, les valeurs ainsi trouvées ne donnent pas la valeur réelle du renouvellement naturel de l'air, car celui-ci dépend, de manière prépondérante, des défauts d'étanchéité des fenêtres et des portes.

#### • • • • La ventilation naturelle

Hütte place ensuite dans la ventilation artificielle celle basée sur la différence de température, celle basée sur l'utilisation du vent et l'aide de manches de refoulement ou d'aspiration, et celle basée sur l'emploi d'un ventilateur. Le premier type a l'avantage de ne pas demander de force motrice, mais l'efficacité de ce mode diminue quand les différences de température entre l'extérieure et l'intérieur diminuent, c'est-à-dire justement quand le besoin de ventilation est le plus grand. «Ce système est influencé, voire même annihilé, par l'action du vent. Il est difficile ou même impossible à régler.» Le second type utilisant le vent et des dispositifs physiques présente, comme précédemment, l'intérêt d'éviter l'utilisation de toute force motrice mais il dépend de l'état des vents, si bien qu'il est impossible d'obtenir des conditions de ventilation déterminées autrement que dans des locaux en mouvement (chemins de fer, navires). «Dans les maisons, on n'a lieu de considérer que les manches d'aspiration (déflecteurs), et encore, autant qu'elles peuvent sûrement empêcher toute action nuisible du vent à la partie supérieure (compression dans la canalisation).» Les ventilateurs, soit pour l'introduction de l'air, soit pour l'évacuation, présentent l'avantage de se dégager de ces contraintes, par contre, ils peuvent contrarier les phénomènes de tirage et exigent l'utilisation d'une force motrice.

#### • • • • Les déperditions

Pour analyser les pertes de chaleur par heure dans une pièce fermée, Hütte introduit la formule  $W=kF(t-t_0)$ , où, W représente la quantité de chaleur en calories transmises à l'heure vers l'extérieur par l'ensemble des parois d'un local (murs, fenêtres, portes, etc.) dans la période de régime normal, F la surface en m<sup>2</sup> de ces parois, t la température intérieure et t<sub>0</sub> la température extérieure (t>t<sub>0</sub>), k l'indice de perméabilité calorifique (pouvoir diathermane), c'est-à-dire la quantité de chaleur en calories, cédée par heure et par m<sup>2</sup> pour une différence de température t-t<sub>0</sub> égale à 1 degré Celsius. Il fournit les valeurs de k, tirées du Guide et de la circulaire A.Z.L. La circulaire A.Z.L. prévoyait une majoration des pertes de chaleur en fonction des circonstances.

#### • • • • L'isolation

L'utilisation de matériaux d'isolation n'est évoquée que dans le cadre de la protection contre les déperditions des tubes. Tirées du Guide, les préconisations sont les suivantes : «La pose se fait de la façon suivante, selon la température de régime de la canalisation à isoler : jusqu'à 100° application de l'isolant sur le tube ; de 100 à 120°, interposition de 10 mm de kieselgur entre le tube et l'isolant ; de 120 à 150°, interposition de 20 mm de kieselgur, entre le tube et l'isolant ; de 150 à 200°, couche d'air, couche d'amiante, couche d'air puis isolant. Un tableau donnant l'efficacité des dispositions permet de connaître les produits utilisés à l'époque, mais la plupart des noms de marque nous sont aujourd'hui inconnus.

#### Les types de chauffages : le chauffage local

Le Manuel de l'Ingénieur s'intéresse d'abord au chauffage local, dont il mesure les limites.

#### • • • • Le chauffage par cheminées

Le chauffage par cheminées n'a plus qu'une très faible part dans le texte. Le manuel lui reproche la variabilité de la quantité de chaleur dégagée, le refroidissement immédiat de la pièce, irrégulièrement chauffée, aussitôt le feu éteint, la gêne produite par la chaleur rayonnante directe, le rendement très faible.

#### • • • • Le chauffage par poêles

Pour le chauffage par poêles, il distingue :

a) le chauffage rapide et peu durable, utilisant comme matière la fonte mais qui présente les inconvénients d'avoir des surfaces portées au rouge, de la chaleur rayonnante et un faible rendement ;

b) le chauffage rapide et durable avec comme matériaux la fonte et la terre réfractaire, ou mieux des poêles en fonte servant de garniture intérieure à un four de poterie, mais qui présente aussi les inconvénients de ne pas souvent conserver la chaleur et de porter les parties en fonte au rouge ;

c) le chauffage lent et durable, avec comme matériau de l'argile (poêles de poterie, de Berlin, russes, suédois) dont les avantages sont la grande propreté, l'absence de surfaces portées au rouge, un rayonnement peu considérable, un fonctionnement économique, la conservation de la chaleur, mais qui présente aussi

l'inconvénient d'une lenteur de chauffe et d'un chauffage insuffisant au niveau du sol ;

d) les poêles à feu continu (poêles à approvisionnement), en fonte, avec comme avantage, pour une durée de chauffage modérée et en déployant des grilles en corbeille, l'absence de surface portées au rouge, un chauffage rapide et durable, un bon rendement, une action régulière par réglage du tirage ;

e) les poêles à ventilation, poêles comportant une enveloppe avec circulation d'air entre le poêle et l'enveloppe, avec comme avantage la diminution du rayonnement, une ventilation notable, l'absence de surfaces portées au rouge.

« On peut estimer que, à la température normale des pièces, 1 m<sup>2</sup> de surface unie cède à l'heure, pour les poêles de poterie, 500 à 600 calories, et pour les poêles métalliques, 2.500 calories. Le rapport entre les quantités de chaleur cédées par un poêle à surface unie et un poêle à ailettes est, pour une surface de base, égale à 4/5. »

#### • • • • Le chauffage par canalisations

Le texte évoque, propos peu courant dans les autres manuels, le chauffage par canalisations : «Canaux horizontaux ou montants en maçonnerie ou en tôle, que traversent les gaz de combustion (églises, serres).» Le manuel y voit une «action faible et malsaine de la chaleur». «On peut admettre comme quantité de chaleur cédée à l'heure par m<sup>2</sup>, pour les canaux de maçonnerie, 1.000 cal, pour les tuyaux de fonte à ailettes, 1.500 cal. La longueur maxima d'une canalisation ne doit pas dépasser 35 mètres.»

#### • • • • Le chauffage au gaz

Le chauffage au gaz est présenté avec tous ses avantages : «Propreté, facilité de réglage de la quantité de chaleur, réalisation immédiate de l'état de régime, absence de perte de chaleur dans les canalisations, réparations et interruptions de services très faibles», mais aussi avec ses inconvénients : «Coût élevé, fonctionnement assez malsain par suite de la température élevées des surfaces, danger possible d'explosion».

« Ce mode de chauffage convient pour des cas particuliers,

pour des locaux ayant besoin d'un chauffage peu fréquent et de courte durée (même quand les autres pièces sont pourvues de chauffage central), ou comme «chauffage au gaz indirect», dans lequel l'appareil à gaz produit de l'eau chaude ou de la vapeur, que l'on envoie dans les radiateurs d'un chauffage central ordinaire, ou pour les bâtiments municipaux (écoles) dans les villes où il existe une usine à gaz. (...) On peut estimer que 1 m<sup>3</sup> de gaz d'éclairage fournit 4.000 à 5.000 calories utilisables, dont il faut déduire 10 à 12% dans le cas où il y a une cheminée de tirage. »

#### • • • • Le chauffage au pétrole

« Il n'y a lieu que de ne l'envisager que comme un chauffage de secours (transportable). » Il a comme inconvénients, selon le manuel, un dégagement des produits de combustion dans la pièce même, un fonctionnement relativement coûteux, malsain, et non exempt du danger d'explosion.

#### • • • • Le chauffage électrique

On trouve pour la première fois mention du chauffage électrique chez Hütte et l'on s'aperçoit qu'à cette période, son usage est très limité. « Ne s'emploie que dans des cas exceptionnels, en raison de son coût élevé, par exemple chemins de fer électriques, petits appareils pour chambres de malades, ou encore dans les cas où l'on dispose d'énergie électrique à bon marché, fournie par les forces hydrauliques. (...) Les appareils sont constitués par des éléments de résistance séparés faits de fils métalliques ; on peut aussi employer des radiateurs dont le fluide chauffant est chauffé électriquement. »

#### Les types de chauffages : les chauffages centraux

Le Manuel de l'Ingénieur trouve beaucoup davantage à ce mode de chauffage : « Réunion dans un seul local (sous-sol) des foyers et de la manœuvre, suppression des transports de charbon ou de cendres dans les pièces, obtention de températures réglables et régulières, suppression des phénomènes de tirage, possibilité d'un fonctionnement économique, foyers produisant peu de fumée, par suite contribution à la diminution des fumées et de la suie dans les villes ».

#### • • • • Le chauffage à l'eau chaude

« On distingue le « Chauffage à l'eau chaude à basse pression », avec vase d'expansion ouvert, et température de l'eau allant jusqu'à 100°C, et le « Chauffage à eau chaude à moyenne pression », dont le vase d'expansion est clos et muni d'une soupape chargée, les températures de l'eau allant jusqu'à 120°C. Les deux systèmes ne présentent pas d'autres différences essentielles, toutefois le second est rarement employé, en raison de ses inconvénients sanitaires et autres. »

Le chauffage à eau chaude ordinaire ou par gravité a pour avantages une « température des radiateurs inférieure à 100°C (le plus souvent à 80°C) et par suite pas de carbonisation de poussières, un chauffage doux et régulier, absolument sain, un réglage central, une absence de bruit, un fonctionnement économique, une grande robustesse ». Il a pour inconvénients un « grand volant de chaleur, une chauffe et un refroidissement très lents, un prix d'installation élevé ». Son champ d'application est vaste : locaux d'habitation, écoles, hôpitaux, bâtiments administratifs, musées, bureaux, etc. Dans le schéma à deux tuyaux, l'eau chaude part de la chaudière pour aller jusqu'au vase d'expansion ; elle alimente une conduite horizontale, d'où partent les colonnes descendantes alimentant de haut en bas les radiateurs ; l'eau chaude y entre par le haut et l'eau refroidie y sort par le bas pour emprunter une seconde colonne descendante, celle du retour de l'eau à la chaudière. Dans le schéma à un tuyau, cette seconde colonne n'existe pas et l'eau froide sortant des radiateurs emprunte la même colonne descendante chargée d'amener l'eau chaude.

Le manuel cite deux systèmes qui peuvent être utilisés quand il est impossible de chauffer autrement des locaux situés plus bas que la chaudière : le chauffage dit à circulation rapide, et le chauffage par pompe. Il présente également le chauffage à eau surchauffée (Perkins). « Constitué par une canalisation fermée sur elle-même, de 0,023 m de diamètre intérieur et de 0,033 extérieur, et dont une partie est plongée dans un foyer (chaudière), une autre partie se trouve dans les pièces à chauffer (radiateurs), le reste constituant la canalisation de liaison entre les deux parties précédentes ». La « température habituelle de l'eau est de 150°C (6 atm. abs.) ». Ce système

était présenté comme d'application très restreinte.

#### • • • • Le chauffage à vapeur

Le manuel définit le chauffage à vapeur à basse pression, de 1,05 à 1,1 et rarement 1,2 atmosphère, et le chauffage à vapeur à haute pression, à 1,5 à 2 atmosphères, allant jusqu'à 7 à 9 atmosphères pour la chauffage à longue distance. Pour le premier, il y voyait comme avantages la faible quantité de chaleur accumulée, un chauffage rapide, des frais d'installation moins élevés que dans le cas d'un chauffage à eau chaude, mais comme inconvénients une température des surfaces radiantes proches de 100°C (échauffement des poussières), l'impossibilité d'un réglage central, du bruit et la rouille des conduites. Ce chauffage devait être réservé aux « théâtres, salles de réunions et de fêtes, hôtels, églises, etc. ». Pour le chauffage à haute pression, l'avantage tient dans la facilité de transport dans des régions étendues, mais il a comme inconvénients une température des surfaces chauffantes supérieures à 100° (la distillation sèche des poussières), l'impossibilité de réglage et le bruit. Ce système « ne sert au chauffage direct des locaux que dans des cas particuliers (usines), autrement il sert pour le transport à longue distance. »

Le manuel présente également le cas de chauffage à eau chaude à vapeur, « dans lequel l'eau est chauffée par des appareils spéciaux au moyen de vapeur fraîche ou de vapeur d'échappement ». Il s'agissait là d'un mode de récupération de chaleur produite par ailleurs.

#### • • • • Le chauffage par l'air

Pour le manuel, il doit s'agir de chauffage des pièces par introduction d'air chaud, qui est de l'air neuf. « Le chauffage de l'air peut se faire au moyen d'appareils chauffants qu'il traverse et qui peuvent être placés directement dans un foyer ou être chauffés indirectement par de l'eau ou de la vapeur. La circulation de l'air y est assurée au moyen de ventilateurs. [...] Le chauffage de l'air par foyer ne s'emploie que quand les températures des surfaces chauffantes ne sont pas très supérieures à 100°C et que l'air pénétrant dans la pièce ne doit pas être à plus de 50°C, quand l'installation est accessible, la dilatation bien assurée, et que l'élimination facile de la poussière, de la suie et des cendres est réalisée ; le chauffage suffisant de toutes les pièces doit être possible, quel que soit l'état des

vents. Le chauffage de l'air par l'eau ou la vapeur, qui, bien disposé, avec, s'il y a lieu, emploi de ventilateurs, remplit toutes les conditions ci-dessus, peut être recommandé pour les théâtres, salles de réunion, usines, etc., surtout avec emploi de radiateurs locaux spéciaux à vapeur ou à eau chaude. »

Dans le dimensionnement des surfaces chauffantes, le manuel mentionne le besoin, probable, d'humidifier l'air, ce qui demande d'ajouter à la chaleur d'échauffement la chaleur de vaporisation.

Le manuel cite également des dispositions plus complexes pour le chauffage des grands locaux. « Le chauffage par l'air de locaux très spacieux peut se faire sans emploi de canalisations ramifiées d'amenée d'air ou d'évacuation, en installant un nombre suffisant d'éléments chauffants séparés. La figure 10 montre un de ces éléments. Il comprend un ventilateur, mû, par exemple par une petite turbine à vapeur et un radiateur alimenté par la vapeur d'échappement de la turbine. Ce système, en permettant des vitesses de circulation élevées, occupe peu de place et produit de grandes quantités de chaleur. Ce système se recommande par une bonne répartition des éléments de chauffe dans le local à chauffer, un fonctionnement économique, l'absence de phénomène de tirage, et par ses qualités hygiéniques. »

#### Le chauffage à longue distance

Le manuel présente, à la fin du chapitre sur le chauffage et la ventilation, des propositions tenant du chauffage urbain, inspirées d'une certaine idée d'autonomie énergétique, basé sur un système de production et un système d'accumulation de l'énergie. « Ce système s'applique aux groupes d'immeubles importants, surtout aux édifices urbains produisant eux-mêmes leur électricité (hôpitaux, asiles, etc., même disposés en pavillons séparés). » Le manuel recommande de « prévoir des batteries d'accumulateurs et des « réservoirs » de chaleur, pour régulariser la charge des chaudières et assurer le fonctionnement économique des appareils de chauffage. La détermination des dimensions de ceux-ci, ainsi que des chaudières, se fait au moyen de diagrammes sur lesquels sont portés, aussi bien pour la période d'été que pour la période d'hiver, les quantités de vapeur et d'eau

chaude nécessaires pour la force motrice, la lumière, le chauffage et la distribution d'eau chaude pour les cuisines et buanderies, pour les heures de jour et les heures de nuit.» La vapeur ou l'eau chaude sont présentées comme les vecteurs utilisables du transport de chaleur. Dans la présentation faite dans le manuel, ce dispositif s'impose quand on se trouve en présence «d'une usine de force motrice (centrale électrique) permettant d'utiliser pour le chauffage à distance ou la distribution d'eau chaude, soit les vapeurs d'échappement, soit directement l'eau chaude venant des condenseurs à surface». La description prévoit de disposer aux points de branchement des immeubles «de petites sous-centrales, d'où l'on peut régler la différence de pression (et par suite de température) pour l'immeuble».

#### D. En guise de conclusions

On a vu apparaître, sur cette période 1850-1950, un développement des techniques de chauffage, inventée au cours des siècles précédents. Ces techniques vont s'imposer dans toutes les constructions, habitat et équipements, aujourd'hui une part importante de la ville ancienne. Plus encore, en étudiant avec attention les traités de l'époque, on voit naître toutes les bases de la thermique du bâtiment, tant les calculs de déperditions thermiques, de besoins de chauffage et de ventilation que les réflexions sur les mouvements d'air dans l'habitat, les différents modes de chauffage (chauffage à eau, chauffage à air), les combustibles, les modes de distribution (chauffage divisé, chauffage central, chauffage urbain), l'association entre différents programmes (l'usine et l'habitat).

Dans cette même période, on vit aussi apparaître des expériences nouvelles. L'architecte George Fred Keck construisit des maisons serres, dans le cadre des expositions A Century of Progress à Chicago, en 1933 et 1934. Il les appela House of to-morrow et Cristal House. L'architecture se composait de poutres triangulaires réticulées, servant de poutres mais aussi de poteaux qui portaient une façade en grands panneaux de verre, suivant la technique des vitrines de magasins. A part l'entrée,

les maisons ne comportaient aucune ouverture et le fonctionnement reposait sur un système d'air conditionné, présenté comme plus efficace dans un espace clos. Ces préoccupations allaient revenir d'actualité après la crise du pétrole de 1973, provoquant l'apparition d'un nouveau courant de recherche sur l'architecture bioclimatique. C'est en référence à ce moment particulier de l'histoire des techniques que nous terminons cette présentation en l'illustrant par un de nos projets, datant des années 1980, une maison de vacances quelque peu emblématique. Il s'agit un habitat semi-enterré, composé de deux demi-cylindres concentriques déterminant une couronne de chambres ouvrant sur un séjour situé au cœur de la composition et éclairé zénithalement par un lanterneau. Des canons de lumière groupés par deux apportent un complément d'éclairage aux pièces placées en second jour. Deux des cinq chambres donnent sur un patio séparé du séjour par une serre. La terre sert de protection et la maison s'ouvre au sud. Il symbolise à merveille le début d'une nouvelle époque. ■

### III.3.

## Débat



**LOUIS HENRY,**  
Architecte, Caisse des Dépôts

Nous constatons des évolutions considérables, notamment entre le moment où le but était de chauffer des individus et le moment où est apparue l'idée de chauffer l'air qui les entoure. Ce qui apparaît comme une évolution de la notion de confort peut être ré-interrogée aujourd'hui.



**CHRISTIAN QUEFFELEC,**  
MEDDTL, Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

J'ajoute que les réseaux de chaleur, cités dans le *Traité de l'ingénieur* de HUTTE, sont des éléments très importants. Ils appliquent l'idée de cogénération, d'avant la Seconde Guerre mondiale, d'autonomie et de liaison entre l'habitat et l'industrie, partant du principe qu'en chauffant les locaux par des réseaux à vapeur sous haute pression, il est possible d'obtenir un « chauffage à grande distance ».



**DE LA SALLE**

Pourquoi l'ingénierie développée durant l'Antiquité n'a-t-elle pas nourri cette question ? Je suis étonné d'une telle rupture entre les diverses époques. Peut-être est-elle culturelle ?



**CHRISTIAN QUEFFELEC**

Votre remarque est tout à fait juste. Le chauffage à air par radiation a été éprouvé par les Romains dans les thermes. Puis, comme nous le savons, le bas Moyen-âge a été une période très difficile. Peut-être n'avons-nous pas tout étudié. Je vous ai présenté mes travaux de recherche. Or, je n'ai effectivement pas trouvé de livre sur l'histoire de la thermie.



**DE LA SALLE**

L'archéologie nous permet de découvrir des éléments datant des Romains jusqu'aux Invasions du IV<sup>e</sup> siècle, y compris dans nos régions. Grâce aux travaux de relèvement des équipes de l'Université de Caen, nous savons qu'aux XI<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècles, certains châteaux du nord de la France bénéficiaient d'un système de chauffage central selon le principe gallo-romain.

Par ailleurs, les règlements en vigueur dans les chartes de communes du nord de la France montrent que les échevins imposaient que les cheminées n'enfumant pas les quartiers environnants. Ce cycle perpétuel n'a été théorisé qu'au siècle des Lumières, notamment avec le chauffage de la cité d'Arc-et-Senans de Ledoux, ce qui gêne la progression de la recherche contemporaine. ■

### III.4. Etude comparative des performances énergétiques de fenêtres à valeur patrimoniale

HELENE MONTFORT • Ingénieur-architecte, Faculté des sciences de l'Université de Liège, Laboratoire EnergySuD

// Le but de l'étude est de réfléchir à la façon de donner une valeur patrimoniale à nos fenêtres, en évitant l'utilisation du PVC à tout-va. Notre étude analyse les performances tant énergétiques qu'acoustiques, lumineuses, patrimoniales et économiques des fenêtres.

#### A. Objectifs de l'étude

J'ai réalisé cette étude dans un laboratoire belge, EnergySuD, aux côtés de Jean-Marie HAUGLUSTAIN, qui dirige ce laboratoire. L'objectif de cette étude était de répondre à la question que se posait l'IBGE, l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement : **est-il possible de réduire l'impact environnemental de la rénovation des châssis existants, tout en respectant leur valeur patrimoniale ? La réponse est affirmative, mais il convient de procéder à des améliorations permettant d'y parvenir d'une manière globale.**

#### B. Contexte de l'étude

Cette étude a été cantonnée à la **Ville de Bruxelles**. Six châssis types ont été choisis, dont cinq en bois et le sixième en métal : le châssis simple-ouvrant, le châssis double-ouvrant, le châssis à guillotine, le châssis à petit bois, le châssis métallique et la bretèche en bois. La particularité de l'étude est que nous avons déterminé les performances au niveau du local contenant le châssis type étudié, et non sur le bâtiment tout entier.

#### C. Méthodologie

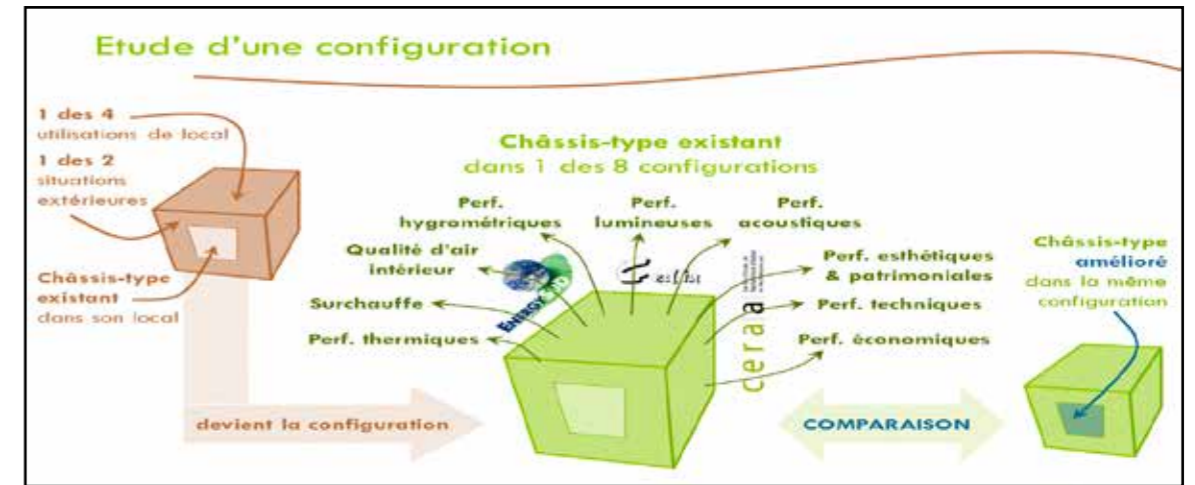
Nous avons commencé par définir six améliorations types intéressantes à appliquer à chaque châssis type existant en fonction de ses spécificités :

- conservation du châssis existant et remplacement du simple vitrage par du double vitrage performant ;
- mise en place d'un simple vitrage feuilleté pour l'acoustique (lorsque la feuillure ne permet pas la pose d'un double vitrage) ;
- mise en place d'un double châssis par l'intérieur pour conserver l'aspect de la façade, en double ou simple vitrage ;
- remplacement de l'ensemble par un châssis neuf avec du double vitrage ;
- remplacement de l'ensemble par un châssis neuf avec un triple vitrage.

**Le but de l'étude était de déterminer les performances de ces différentes solutions. Nous avons donc dû établir des configurations fictives**, afin de poser des hypothèses de travail sur la base de quatre utilisations de local et de deux expositions extérieures différentes (doc. ①).



① Création d'environnements intérieur et extérieur fictifs © EnergySuD



② Etude d'une configuration © EnergySuD

Nous avons calculé une série de performances sur chaque local contenant un des châssis types dans son état existant, et caractérisé à tour de rôle selon une des quatre utilisations de local et une des deux expositions extérieures. Ensuite, la même démarche est effectuée pour chaque châssis type auquel on a appliqué chacune des six améliorations présentées ci-avant, afin de pouvoir comparer les données selon les deux configurations (existant et amélioré) et en déterminer l'amélioration la plus performante.

Notre laboratoire a évalué les performances thermiques, la surchauffe, la qualité d'air intérieur et les performances hygrométriques. Le CERAA a calculé les performances lumineuses et acoustiques. Le CERIAA, qui était le coordinateur de l'étude, a évalué les performances esthétiques, patrimoniales, techniques et économiques (doc. ②).

#### D. Evaluation des performances de qualité d'air intérieur

Pour une ville comme Bruxelles, le taux extérieur de base s'établit à 400 ppm. Le dégagement de CO<sub>2</sub> par les occupants fait augmenter le taux de CO<sub>2</sub> en fonction de leur niveau d'activité, puis ce taux diminue grâce au renouvellement de l'air.

Avec le châssis existant, le renouvellement d'air s'effectue par le débit des fuites d'air dues à l'inétanchéité du

châssis. Dans les cas améliorés, une ventilation hygiénique à débit normatif est ajoutée. Les valeurs calculées sont comparées à la valeur limite de référence de 1 500 ppm, correspondant à une norme allemande pour un habitat résidentiel, sachant que des taux de 3 000 à 5 000 ppm sont souvent rencontrés (par exemple en fin de nuit dans une chambre) et jugés encore supportables.

Des tests d'étanchéité à l'air ont été réalisés in situ spécifiquement sur le châssis existant ou remplacé. Ils permettent de mesurer les fuites du châssis par différences de pression entre l'intérieur du local et l'extérieur. Sur châssis neuf, l'étanchéité à l'air est caractérisée par un débit de fuite de l'ordre de 4 m<sup>3</sup>/h. Les châssis existants sont beaucoup moins étanches (jusqu'à 117 m<sup>3</sup>/h pour le châssis métallique existant) (doc. ③).

**S'agissant de la qualité d'air intérieur, les fuites constatées sur les châssis existants, bien qu'importantes, ne sont pas suffisantes pour obtenir une qualité satisfaisante à la fin d'une période d'occupation.** Seul le châssis métallique y parvient, étant sujet à de nombreuses fuites. **Dans les cas améliorés, la ventilation hygiénique est totalement efficace en matière de renouvellement d'air.**

#### DEFINITION - REPERE

La qualité de l'air s'évalue par le taux de CO<sub>2</sub> dans la pièce. Il constitue un bon indice de la présence de polluants.

+++++

Débit de fuite à 50 Pa mesuré in situ	Réf. en neuf	CHASSIS ETUDIÉS	QUALITÉ DE L'AIR - Taux de CO <sub>2</sub> [ppm]	AMÉLIORATIONS								
				EXIST	1. Double V châssis exist.	2. Simple V feuilleté châssis exist.	3. Double châssis int. - Simple V.	4. Double châssis int. - Double V.	5. Châssis neuf double V.	6. Châssis neuf triple V.	7. Double V mince châssis existant	8. Survitrage
				de 2200 à 5200	400	400	400	400	400	400	400	/
54 m <sup>3</sup> /h	SC1 double ouvrant & imposte fixe	de 2000 à 4100	/	400	400	400	400	400	400	/	/	
64 m <sup>3</sup> /h	SC2 simple ouvrant & imposte fixe	de 2100 à 7300	/	400	400	400	400	400	400	/	/	
60 m <sup>3</sup> /h	SC3 châssis à guilbotage	de 1300 à 2400	/	400	400	400	400	400	400	/	/	
88 m <sup>3</sup> /h	SC4 châssis à petite baie	de 700 à 1000	/	400	400	400	400	400	400	/	/	
117 m <sup>3</sup> /h	SC5 châssis métallique	de 1000 à 2500	/	400	400	400	400	400	400	/	/	
74 m <sup>3</sup> /h	SC6 triple en bois	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	de 400 à 500	/	/	/	

3 Etanchéité à l'air du châssis mesurée in situ © EnergySuD

### E. Evaluation des performances hygrométriques

Les performances hygrométriques ont ensuite été mesurées par le suivi de l'évolution de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

Dans les cas existants (où seule l'inétanchéité du châssis joue), nous constatons un phénomène d'exfiltration, suivi de la diffusion au travers du mur, puis le solde en vapeur d'eau se condense éventuellement sur les surfaces froides, en général les simples vitrages. Dans les cas améliorés, la ventilation hygiénique permet d'abaisser le contenu en eau et le risque de condensation sur une surface froide (dans ce cas-ci, le mur extérieur) disparaît, car la température à la surface du double vitrage est désormais supérieure à la température de rosée. Dans l'exemple d'un local de salle de bain, l'humidité relative au départ est de 64 %. Elle sera diminuée de 5 % grâce à l'inétanchéité du châssis existant, ce qui ne suffit pas pour éviter la condensation sur le vitrage pendant les périodes froides. La ventilation hygiénique permet quant à elle de diminuer la vapeur d'eau de 20 % et d'abaisser le seuil de condensation.

Dans les cas améliorés, la condensation n'apparaît

jamais, sauf dans le cas du châssis de type métallique, où la condensation apparaît sur le châssis métallique lui-même (surface froide) pour les cas d'amélioration où l'on conserve le châssis existant (doc. 4).

### F. Evaluation des performances thermiques

Les performances thermiques ont été mesurées en mode dynamique, afin de tenir compte de la réalité du bâtiment dépendant de l'évolution du climat extérieur au cours de l'année. Le but était de comparer l'importance de la diminution des besoins en chauffage.

Tous les cas d'amélioration permettent de diminuer d'au moins 30 % les besoins en chauffage, même si les gains sont moindres dans le cas amélioré avec du simple vitrage feuilleté. Le triple vitrage n'est pas beaucoup plus performant que le double vitrage. L'isolation des parois de déperdition par l'intérieur et la ventilation

Proportion Châssis - Local	Hygrométrie Condensation sur le vitrage & humidité relative finale [g/an - %]	Châssis dans une salle de bain Cas de figure SCx_SEy_LOC4 (peu importe l'orientation)								
		EXIST	1. Double V châssis exist.	2. Simple V feuilleté châssis exist.	3. Double châssis int. - Simple V.	4. Double châssis int. - Double V.	5. Châssis neuf double V.	6. Châssis neuf triple V.	7. Double V mince châssis existant	8. Survitrage
		479	non	non	non	non	non	non	/	/
SC1 Double ouvrant & imposte fixe	52.7	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	/	/	
SC2 Simple ouvrant & imposte fixe	52.0	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	/	/	
SC3 Châssis à guilbotage	973	/	non	non	non	/	/	non	/	
SC4 Châssis à petite baie	52.3	/	45.4	45.4	45.4	/	/	45.4	/	
SC5 Châssis métallique	361	/	non	non	non	non	/	non	/	
SC6 Triple en bois	57.0	/	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	/	
SC7 Châssis à double vitrage	490	/	136	non	non	non	non	136	/	
SC8 Double vitrage	49.0	/	44.2	45.4	45.4	45.4	45.4	44.2	/	
SC9 Triple en bois	2406	non	non	non	non	non	/	/	/	
SC10 Triple en bois	53.6	52.3	52.3	52.3	52.3	52.3	/	/	/	

4 Evolution du contenu en eau, châssis double ouvrant dans la salle de bain © EnergySuD

avec récupération de chaleur font en fait toute la différence. Cela permet de diminuer plus nettement les besoins de chauffage, voire de les annuler dans certaines configurations (doc. 5).

En conclusion, toutes les améliorations sont bénéfiques. Ce n'est toutefois pas la performance du complexe châssis-vitrage qui impacte majoritairement l'amélioration, mais l'ajout d'une isolation intérieure.

Proportion Châssis - Local	Besoins annuels en chauffage par unité de surface du local [kWh/m <sup>2</sup> .an]	Châssis orienté au Sud dans une cuisine Cas de figure SCx_SE2_LOC3								
		Air 0 = EXIST + vent	1. Double V châssis exist.	2. Simple V feuilleté châssis exist.	3. Double châssis int. - Simple V.	4. Double châssis int. - Double V.	5. Châssis neuf double V.	6. Châssis neuf triple V.	7. Double V mince châssis existant	8. Survitrage
		123	81	46	55	49	45	0	/	/
SC1 Double ouvrant & imposte fixe	160	75	96	68	52	50	0	/	/	
SC2 Simple ouvrant & imposte fixe	72	/	41	31	30	/	/	32	/	
SC3 Châssis à guilbotage	123	/	81	64	61	60	/	54	/	
SC4 Châssis à petite baie	125	/	83	59	47	38	2	16	/	
SC5 Châssis métallique	126	51	61	43	36	42	/	/	/	
SC6 Triple en bois	126	51	61	43	36	42	/	/	/	

5 Besoins en chauffage, châssis-types orientés au sud dans une cuisine © EnergySuD

### G. Evaluation des performances de limitation de la surchauffe

La surchauffe a été calculée au moyen de la température opérative, en tenant compte d'une étude scientifique qui a mis en évidence que les occupants acceptent une température plus élevée s'ils peuvent alléger leur vêtue ou encore ouvrir les fenêtres. Par ailleurs, l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est l'élément discriminant en matière d'impression de surchauffe. Nous avons décidé d'étudier le cas critique d'un local situé à l'ouest, avec néanmoins la réalisation d'une ventilation intensive du local quand celui-ci est inoccupé, de manière à ne pas emmagasiner inutilement de la chaleur.

Trois facteurs jouent un rôle sur le risque de surchauffe :

- **l'isolation intérieure** (amélioration 6), qui fait perdre l'accès à la masse thermique, ce qui augmente le risque de surchauffe ;
- **les gains internes** : plus ils sont importants (dans le séjour), plus le risque de surchauffe est grand ;
- **la surface vitrée** (représentée par le « camembert bleu »), augmentant les risques de surchauffe : les châssis types pour lesquels le « camembert bleu » est le plus important engendrent plus de surchauffe (doc. 6).

### H. Comparaison des performances

Au travers des quatre performances présentées, tous les types de rénovation de châssis étudiés permettent d'améliorer la situation existante, mais **une amélioration ne prévaut pas franchement sur une autre. Les autres performances, lumineuses, acoustiques, patrimoniales, techniques et économiques, doivent donc être comparées, afin de déterminer l'amélioration prépondérante une fois toutes les performances combinées.** Sur la base du châssis double ouvrant orienté au sud dans une cuisine, toutes les performances ont été calculées et comparées aux améliorations observées précédemment. Le tableau présenté offre une double

lecture (doc. 7). Soit on désire connaître l'amélioration la plus globalement performante (lire la dernière ligne du tableau) : dans la plupart des cas étudiés, elle est obtenue grâce au double châssis installé à l'intérieur. Soit on désire connaître l'amélioration permettant d'agir en priorité sur une performance particulière (lire l'avant-dernière ligne du tableau) : dans ce cas précis, si l'on veut agir en priorité sur la performance lumineuse, on préconisera l'amélioration 1. ■

		Châssis orienté à l'Ouest dans un séjour Cas de figure SCx_SE2_Ouest_LOC2								
		EXIST	1. Double V châssis exist.	2. Simple V feuilleté châssis exist.	3. Double châssis int. - Simple V.	4. Double châssis int. - Double V.	5. Châssis neuf double V.	6. Châssis neuf triple V.	7. Double V mince châssis existant	8. Survitrage
Proportion Châssis - Local	<b>Surchauffe à traiter ou confortable pendant l'occupation</b> [heures/an]		343	480	473	550	476	651	1300	
	SC1 Double ouvrant & imperméable		354	423	418	408	419	50		
	SC1 Simple ouvrant & imperméable		453	758	663	773	731	780	1344	
	SC1 Double ouvrant & imperméable		415	302	417	385	405	0		
	SC2 Châssis à patinoire		31		23	0	9		16	
	SC2 Châssis à patinoire		260		282	0	235		283	
	SC3 Châssis à petits-bois		0		0	0	0		0	
	SC3 Châssis à petits-bois		116		126	144	107	101	111	
	SC4 Châssis métallique		183		211	227	180	210	450	218
	SC4 Châssis métallique		286		352	371	316	366	409	360
SC5 Breveté en bois		76	62	52	61	42	66			
SC5 Breveté en bois		130	146	147	140	145	159			

LEGENDE | Remèdes pour éliminer la surchauffe inconfortable (première ligne)

A Pas de surch. inconfortable (< 1% du temps)    B Protection: sabots inférieurs    C = protection: sabots inférieurs    D = système de refroidissement    / Amé, non stratifié

6 Risques de surchauffe, châssis-types orientés à l'ouest dans un séjour © EnergySuD

		EXIST	AM 1	AM 2	AM 3	AM 4	AM 5	AM 6	AM 7	AM 8	CONCLUSION GÉNÉRALE sur chaque performance					
PERF. ENER. THERM.	Besoins en chauffage	1027	510	635	451	412	377	3			Les améliorations diminuent fortement les besoins en chauffage : AM6 se détache (isolant) et AM2 en retrait.					
	Densité de vitrage	AM 0	50%	50%	55%	60%	65%	100%								
PERF. LIM.	Surchauffe inconfortable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%			La surchauffe inconfortable n'est rencontrée que dans AM 6 (perte élevée à cause de l'isolant). Celle-ci se brise au moyen de protections sabots inférieurs.					
	Surchauffe confortable	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%								
	Pas de surchauffe	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%			Toutes les améliorations intègrent une ventilation hygrénique avec débit normal, empêchant la formation de condensation (surtout pour l'AM6).					
PERF. HYDR.	Condensation sur vitrage	140	100	100	100	100	100	100								
	Condensation sur mur	100	100	100	100	100	100	100								
PERF. HUM.	Humidité relative finale	55.6	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2								
PERF. ESTH.	Conservation aspect visuel	100	75	90	50	50	10	10		15	Les améliorations conservent le châssis existant ont une bonne cote.					
	Conservation matière	100	75	75	85	85	10	10		100	Le survitrage et le double châssis respectent le mieux le patrimoine.					
PERF. COM.	Éclairement intérieur Luxes	50	156	127	127	127	144	127		127	Les améliorations ont un peu moins performantes que l'existant, mais respectent l'éclairement minimum.					
	Valeur d'éclairement min.	300														
PERF. AC.	Isolément acoustique	28.1	28.4	31.5	29.3	33.4	43.0	43.0	34.2	30.2	31.2	29.3	33.4	29.2	33.4	Les am. 3 et 4 obtiennent la meilleure performance acoustique.
	[C92] au terme de l'occupation	2791	400	400	400	400	400	400								Toutes les améliorations permettent de renouveler l'air du local grâce au débit de ventilation hygrénique.
PERF. TECH.	Type d'intervention	EXIST	Remplacement sur vitrage (propre coiffe)	Remplacement sur vitrage	Double châssis + intervention sur la base, côté intérieur	Remplacement d'isolant	Remplacement d'isolant	Remplacement sur vitrage	Remplacement sur vitrage	Remplacement sur vitrage	Remplacement sur vitrage					Le survitrage est assés à mettre en œuvre, car "clipsé" sur le châssis existant. Le remplacement d'un châssis est une démarche également assés, car répétitive.
	Niveau de complexité	4	1	2	1	1	3	3	3	3	4					L'AM6 avec triple vitrage est la plus coûteuse, car la plus "technique" (vitrage en 3 parties, en 3 parties). L'AM1 est la moins coûteuse, car elle est la plus simple à mettre en œuvre.
PERF. ÉC.	Estimation de prix au m²	EXIST	250	300	1053	1103	175	160	800			1773 (isol. + vitrage)	1144	1104	Prix DV + main d'œuvre	L'AM6 avec triple vitrage est la plus coûteuse, car la plus "technique" (vitrage en 3 parties, en 3 parties). L'AM1 est la moins coûteuse, car elle est la plus simple à mettre en œuvre.
	ATOUT de chaque performance		PERF. ENER. THERM.	PERF. ESTH.	PERF. AC.	PERF. AC.		PERF. HUM.	PERF. COM.	PERF. TECH.	PERF. ENER. THERM.					
Quelle est la MEILLEURE PERFORMANCE dans ce cas de figure ?		EXIST	Meilleure performance	Meilleure performance	Amélioration la plus performante	Amélioration la plus performante	Amélioration regroupant les mêmes bonnes performances	Amélioration regroupant les mêmes bonnes performances	Amélioration regroupant les mêmes bonnes performances	Amélioration regroupant les mêmes bonnes performances	Amélioration regroupant les mêmes bonnes performances					Le placement d'un double châssis par l'intérieur avec simple ou double vitrage est l'amélioration la plus performante.

6 Fiche comparative de toutes les performances, cas du châssis double ouvrant orienté sud dans une cuisine © EnergySuD

### III.5. Débat

“  
**GILLES SERAPHIN,**  
Architecte du patrimoine

Quelles sont, selon vous, les menuiseries à valeur patrimoniale ?

“  
**HELENE MONTFORT,**  
Ingénieur-architecte, Faculté des sciences de  
l'Université de Liège, Laboratoire EnergySuD

Ce sont celles qui doivent être conservées pour leur qualité patrimoniale.

“  
**GILLES SERAPHIN**

J'ai le sentiment d'une confusion entre la valeur esthétique et le patrimoine, qui a une valeur historique qui n'est pas remplaçable.

“  
**HELENE MONTFORT**

Les deux concepts sont pris en compte dans notre étude. En Belgique, nous définissons la valeur patrimoniale par différents paramètres.

“  
**GILLES SERAPHIN**

Il est toutefois possible de remplacer n'importe quel objet esthétique par un autre aussi beau. En revanche, la valeur historique est irremplaçable.

“  
**DE LA SALLE**

Le doublage par l'intérieur en simple épaisseur a démontré ses performances, sans porter atteinte à l'aspect extérieur.

“  
**GILLES SERAPHIN**

Dans les solutions qui consistent à installer du double vitrage, imposant d'adapter les menuiseries anciennes aux exigences du confort moderne, la valeur patrimoniale est perdue.

“  
**HELENE MONTFORT**

C'est la raison pour laquelle le tableau à double entrée aide à choisir une solution permettant de conserver le châssis existant.

“  
**FANELLI WALTER,**  
Chargée de mission à la CAPEB 46

Je souhaite une précision sur les châssis existants. Ont-ils été fabriqués sur mesure ?

“  
**HELENE MONTFORT**

Non, il s'agissait des châssis existant sur place.

“  
**FANELLI WALTER**

Comment avez-vous pris en compte la problématique du bois, qui peut être plus ou moins détérioré ?

“  
**HELENE MONTFORT**

Nous avons réalisé un diagnostic préalable tenant compte de l'état de délabrement de chaque châssis. Leur état était similaire dans tous les cas. Aucun ne comportait par exemple de joint néoprène.

“  
**NICOLAS DETRY,**  
Architecte

N'avez-vous volontairement pas mesuré les verres hollandais, qui sont très performants ?

“  
**HELENE MONTFORT**

Ils sont pris en compte dans la solution numéro 7, mais cette solution est très coûteuse.

“  
**DE LA SALLE**

La qualité du vitrage a-t-elle été prise en compte ?

“  
**HELENE MONTFORT**

Ils sont pris en compte dans la solution numéro 7, mais cette solution est très coûteuse. ■

### III.6. Un outil de modélisation adapté au bâti ancien : les résultats du projet BATAN

=====  
**RICHARD CANTIN** • Enseignant-chercheur à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de  
l'Etat de Vaulx-en-Velin

=====  
**JULIEN BURGHOLZER** • Ingénieur-architecte au CETE de l'Est  
=====

// **Le projet BATAN a pour objet l'étude du comportement thermique des bâtiments anciens** qui, selon la classification, sont construits avant 1948, et ne sont donc pas influencés par les techniques industrielles de standardisation, apparues au XIX<sup>e</sup> et plus largement au XX<sup>e</sup> siècle avec les nouveaux matériaux, tels que le ciment, le béton, l'acier. Ces bâtiments sont issus d'une architecture traditionnelle, conçus sur la base de savoirs empiriques. Le projet BATAN fait suite à une première étude réalisée entre 2005 et 2007. Cette étude avait mis en évidence les difficultés des logiciels de simulation dynamique à caractériser les performances des bâtiments anciens.

#### A. Objectifs et organisation générale du projet

=====  
**Les objectifs de cette deuxième étude sont d'évaluer les bâtiments anciens sur les points où les logiciels précédents étaient défaillants, afin de comprendre le comportement thermique réel de ces bâtiments et de définir un modèle d'évaluation de leur performance par le biais d'une typologie du bâti ancien et d'une campagne d'instrumentation in situ approfondie.**  
=====

Les acteurs du projet sont le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, et l'ADEME pour la maîtrise d'ouvrage et le soutien financier. L'ENTPE, coordinateur, les CETE de l'Est et de l'Ouest, Maisons Paysannes de France et l'INSA de Strasbourg assurent la maîtrise d'œuvre.

Le projet a été organisé autour de quatre tâches :

- travailler sur un état de l'art du comportement du bâti ancien, afin de construire une typologie thermique ;

- effectuer des mesures in situ sur un panel de bâtiments ;
- élaborer un modèle d'évaluation des besoins énergétiques de ces bâtiments et déterminer les sources d'inconfort dans ces bâtiments ;
- valider le modèle sur un panel élargi.

#### B. Constitution d'une typologie thermique du bâti ancien

-----  
Le projet est maintenant terminé depuis le mois d'avril 2011. L'objectif était de constituer des grandes familles thermiques au sein du bâti ancien, en définissant un panel relativement restreint de bâtiments représentatifs au niveau national et en se limitant à des paramètres permettant de classer les bâtiments : l'implantation, les matériaux, les modes constructifs, les équipements, les occupants et l'environnement extérieur. Les trois premiers critères étant intrinsèques au bâtiment, nous avons choisi de limiter notre analyse à ces paramètres (doc. ①).

Pour l'implantation, nous avons retenu quatre types de situation :

- les îlots fermés de centre ancien ;
- les îlots haussmanniens ;
- les îlots fermés bas ou les maisons alignées ;
- les maisons dispersées.

Pour les modes constructifs, nous avons retenu trois catégories : de très lourd à moyen, en fonction de l'inertie du bâti.

Implantation	I/ îlots fermés de centre ancien		II/ îlots haussmanniens		III/ îlots fermés bas ou maisons alignées		IV/ maisons isolées ou dispersées	
Mode constructif	A et B		C	A	A et B		C	A et B
Matériaux 1	■			■	■			■
2	■			■	■			■
3					■		■	
4			■					■

**MODE CONSTRUCTIF**  
A : Très lourd ; B : Lourd ; C : Moyen

**MATERIAUX**  
1. Les roches denses et très denses : granit, basalte, gneiss et marbre, grès quartzeux, calcaire extra-dur, ardoise et schiste  
2. Les matériaux de densité moyenne : calcaire tendre, brique de terre cuite pleine  
3. Les terres crues et roches extra-tendres : pisé, adobes, bauge, tuffeau  
4. Les matériaux de faible densité : pierre poreuse naturelle, bois et torchis

① Typologie thermique retenue (après remontées terrain) © BATAN

Pour les matériaux, quatre catégories ont été définies, en fonction de leur conductivité, de leur capacité thermique et d'autres coefficients de résistance :

- les roches denses et très denses : granit, basalte, gneiss et marbre, grès quartzeux, calcaire extra-dur, ardoise et schiste ;
- les matériaux de densité moyenne : calcaire tendre, brique de terre cuite pleine ;
- les terres crues et les roches extra-tendres : pisé, adobes, bauge, tuffeau ;
- les matériaux de faible densité : pierre poreuse naturelle, bois et torchis.

Cette typologie a permis de sélectionner, en s'appuyant sur l'ANVPAH & VSSP, un panel de quatorze bâtiments en France, afin de mener l'étude en milieu réel sur plusieurs années (doc. ②).

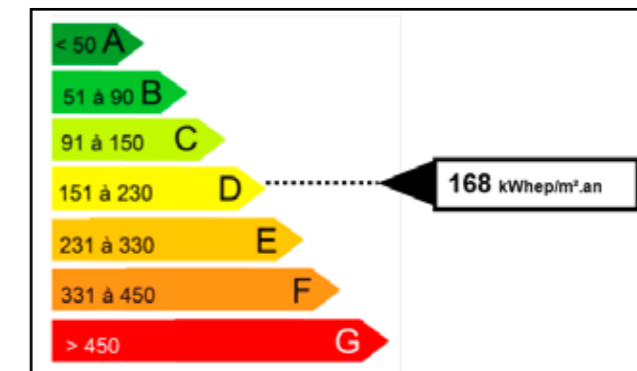
### C. Etude du comportement thermique réel du bâti ancien

Le principe du suivi instrumenté a permis d'évaluer le comportement thermique des bâtiments en fonction de chacun des paramètres, au moyen de capteurs et du suivi des consommations par des compteurs raccordés à la chaudière. En résumé, **une vingtaine de points de mesure a été réalisée par logement sur une période d'environ deux ans.**

Les enseignements thermiques que nous en avons tirés portent sur les consommations : **le panel restreint montre un relevé moyen de 170 kilowatts par heure, par mètre carré et par an** d'énergie primaire pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, ce qui représente deux tiers ou trois quarts de la facture énergétique du logement (doc. ③). **Cette donnée confirme les relevés précédemment effectués. Elle est jugée relativement bonne par rapport à la moyenne nationale, qui se situe aux alentours de 240 kilowatts par heure, par mètre carré et par an.** Le bâti des années postérieures à 1950 et aux Trente Glorieuses est, lui, plus énergivore.



② Choix d'un panel restreint de 14 bâtiments © BATAN



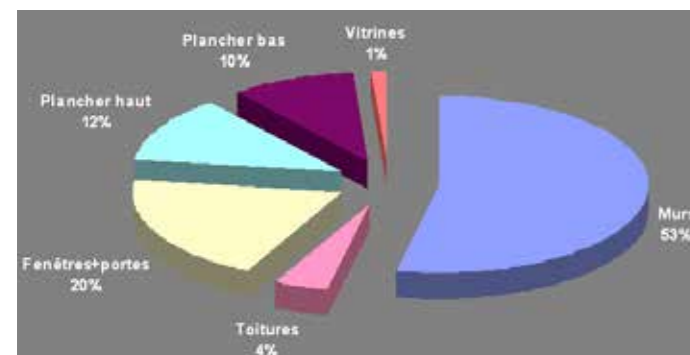
③ Moyenne des consommations thermiques des logements suivis © BATAN



Une approche de la déperdition montre que **les murs représentent 53 % des pertes de chauffage, mais la répartition est très variable en fonction de la configuration des bâtis et de la surface vitrée** (doc. 4).

**La perméabilité à l'air est en moyenne très forte sur les bâtiments anciens.** L'indice Q4 représente le débit de fuite. A titre comparatif, la RT 2012 impose un Q4 équivalent à 1 mètre cube par heure et par mètre carré, alors qu'il est ici de 2,5. Ce critère est toutefois le seul vecteur de ventilation hygiénique dans ces bâtiments. **En rénovation, il convient donc de trouver un équilibre pour limiter cette forte perméabilité tout en conservant un renouvellement d'air suffisant**, pour préserver à la fois la qualité d'air intérieur et la qualité sanitaire de l'enveloppe. **Les matériaux ont été mesurés par rapport à leur résistance thermique. Nous avons constaté d'importantes variations entre les saisons**, notamment en fonction de l'humidité des matériaux. Or, la résistance thermique doit être la plus fixe possible. Il peut donc être envisagé de déterminer sur ces bâtiments une résistance thermique pour l'été différente de celle de l'hiver. Des mesures en laboratoire auraient été plus précises et constituent une piste de développement de BATAN.

**Le confort d'hiver** a été évalué au travers de mesures, mais aussi par des enquêtes auprès des occupants. **Le taux de satisfaction s'élève à 80 %.** Un effet de paroi froide est toutefois noté sur certains bâtiments urbains, généralement réalisés en matériaux denses de type pierre calcaire. **Le confort d'été atteint un taux de satisfaction de 97 %**, la température dépassant rarement 26°C dans ces bâtis.

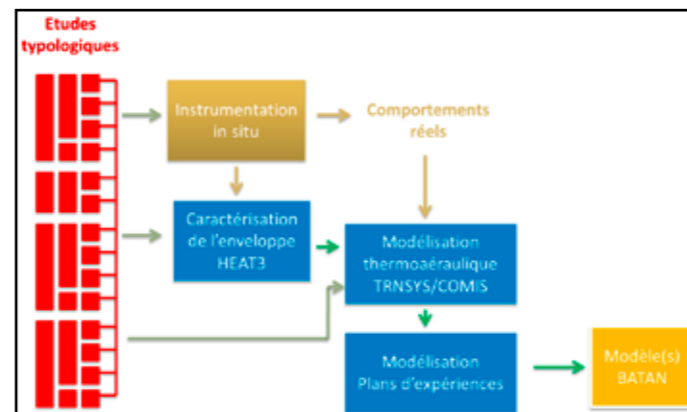


4 Postes de déperditions thermiques pour le panel restreint © BATAN

## D. Elaboration des modèles BATAN

Je rappelle que les modèles BATAN sont développés dans le but de calculer les besoins en chauffage et de déterminer les sources d'inconfort. La construction des modèles s'appuie sur les études typologiques thermiques, sur des mesures in situ du comportement réel, et sur une modélisation comprenant trois parties :

- la caractérisation d'une enveloppe avec HEAT 3, logiciel qui représente les phénomènes thermiques en trois dimensions ;
- la modélisation thermo aéraulique, avec le logiciel TRNSYS ;
- la modélisation des plans d'expériences (doc. 5).



5 Elaboration du modèle © BATAN

Nous avons utilisé le logiciel HEAT3, car les parois des bâtis anciens sont très épaisses. Or, nous devons mesurer la résistance thermique surfacique, linéique, et le niveau d'inertie, en considérant ces phénomènes de façon tridimensionnelle.

Ces éléments ont été introduits dans TRNSYS, qui est un outil de simulation dynamique. Nous nous sommes aperçus lors de la première version de BATAN qu'il donnait des résultats assez éloignés de la réalité. Nous avons donc utilisé des mesures in situ pour contrôler les résultats. Nous avons relevé des écarts par rapport à la réalité compris entre 5 et 14 %. Trois semaines de travail nous ont permis de recalibrer les résultats avec la réalité.

**Des modèles mathématiques ont ensuite été développés à partir de plans d'expérience, afin de déterminer les principaux facteurs qui influencent les besoins de**

**chauffage et le confort.** La modélisation se présente sous la forme de fiches Excel. Certains modèles sont construits pour des logements collectifs et d'autres pour des logements individuels. **Il existe également des modèles pour l'été et d'autres pour l'hiver.** Le but est de déterminer les besoins de chauffage en tenant compte des paramètres de conductivité des parois verticales, de l'occupation, de la capacité thermique, de l'infiltration, du rapport entre la surface déperditive et la surface chauffée, de la surface vitrée exposée au nord, de la température extérieure en degrés jour unifiés, des radiations par mètre carré. Pour l'été, le paramètre de ventilation nocturne y a été ajouté. Les heures d'inconfort considérées sont celles qui dépassent 27°C.

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus, en précisant les bâtiments du panel, les mesures réelles effectuées, les calculs fournis par TRNSYS et par BATAN. (doc. 6). Je précise que TRNSYS demande plusieurs semaines de travail, alors que BATAN permet d'obtenir des résultats en seulement deux jours.

## E. Conclusions et perspectives

Plusieurs conclusions sont possibles sur le comportement du bâti ancien, sachant qu'il est difficile de résumer quatre années de travail en quelques minutes. **Nous avons mis en évidence les propriétés suivantes :**

- **une consommation moyenne inférieure à celle de l'ensemble du parc existant ;**
- **un confort d'été** très intéressant ;
- **une forte perméabilité à l'air**, qui doit être améliorée afin de réaliser des économies d'énergie ;
- **une variabilité des propriétés thermiques en fonction de l'humidité des matériaux.**

Le projet BATAN a permis de constituer une importante base de données, mais il conviendra de la compléter au travers d'autres approches, plus analytiques.

Une première validation interne du modèle BATAN a été réalisée sur un panel élargi de quarante logements. Les écarts sont assez faibles sur les logements collectifs de type haussmannien. En revanche, ils sont assez élevés sur les maisons individuelles, pour lesquelles la typologie n'est peut-être pas assez précise. Il est également possible que ce modèle se situe en dehors du domaine de validité de la fonction mathématique. Nous devons donc continuer à y travailler. Cette validation doit également être étendue en externe.

En termes de perspectives immédiates, nous prévoyons de collaborer au projet ATHEBA, financé par le Ministère de l'Ecologie, en rédigeant des fiches conseils à destination du grand public sur l'amélioration du bâti ancien. Certaines fiches sont déjà en ligne. Nous travaillons également sur des supports de formation pour les professionnels de la CAPEB. Un travail analytique approfondi doit par ailleurs être mené sur la caractérisation des matériaux anciens et sur le comportement hygrothermique des parois.

A terme, le modèle de calcul réglementaire, THCex, devrait évoluer. Il est applicable dans le cadre des rénovations thermiques, sauf pour les bâtiments d'avant 1948. BATAN devrait contribuer à l'évolution de ce modèle de calcul. Je précise que la RT 2012 ne concernera que les bâtiments neufs. Nous ne connaissons donc pas la date de la révision réglementaire. ■

Panel restreint	Ville	Mesures (kWh/m <sup>2</sup> )	TRNSYS/COMIS (kWh/m <sup>2</sup> )	BATAN (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Bayonne	23	26	19
2	Bollene	92	85	87
4	Bayonne	1.6	1.9	2
5	Paris	74	78	75
6	Paris	87	91	82

6 Evaluation des résultats © BATAN

## III.7. Débat

“  
**OLIVIER GODET,**  
DRAC Ile-de-France

La méthode d’approche du bâti ancien que vous proposez est très intéressante, notamment dans la prise en compte des caractéristiques du bâti. Je constate que le bâti ancien n’est pas le « vilain petit canard » comme il est communément affirmé. Nous nous apercevons que si nous intervenons sur 50 % des paramètres extérieurs, nous réduirions de moitié le nombre de kilowatts par heure consommés. Quel seuil pourrions-nous atteindre, sans dégrader le bâti ancien ?

“  
**JULIEN BURGHOLZER,**  
Ingénieur-architecte au CETE de l’Est

Le chiffre de 50 % est politique. Il a été annoncé au Grenelle pour les bâtiments neufs. Il est à moduler selon les usages. Il convient de prendre ces chiffres avec précaution et de savoir exactement ce qui est évoqué et pour quelle surface. Le label BBC Rénovation, Bâtiment Basse Consommation Rénovation, fixe la norme à 80 kilowatts par heure. Les différentes campagnes de mesures que nous avons déjà menées nous permettent d’affirmer que nous n’en sommes pas très éloignés sur le bâti ancien. Les améliorations sont donc facilement atteignables. Chaque configuration doit toutefois être étudiée. En tout état de cause, le bâti ancien n’est pas le parc le plus énergivore.

“  
**OLIVIER GODET**

Votre réponse est plutôt rassurante, car ce chiffre de 50 kilowatts par heure est ancré dans les esprits et il est difficile de faire admettre que des performances tout à fait acceptables peuvent être atteintes en bâti ancien.

“  
**JULIEN BURGHOLZER**

Il convient de se méfier des effets d’annonce. Le texte du Grenelle n’évoque pas les 50 kilowatts par heure pour l’ancien. Dans ce type de bâti, il n’existe pas de solution universelle. Nous devons être plus subtils sur ce parc, qui est déjà relativement performant par rapport à l’ensemble. En effet, les paramètres à étudier sont nombreux, afin de prendre la bonne décision.

“  
**RICHARD CANTIN,**  
Enseignant-chercheur à l’Ecole Nationale des Travaux Publics de l’Etat de Vaulx-en-Velin

Nous sommes très focalisés sur les performances énergétiques. Il convient de ne pas oublier que le bâti ancien présente, lorsqu’il a été bien conçu, des propriétés bioclimatiques remarquables pour faire face à l’été. Vu la diversité des bâtiments, nous devons observer quel en était l’usage initial, sachant que la priorité est d’assurer la pérennité de la structure. Face à la problématique du réchauffement climatique, le bâti ancien constitue un allié non négligeable.

“  
**LOUIS HENRY,**  
Architecte, Caisse des Dépôts

La pose d’instruments dans les logements n’a-t-elle pas influencé le comportement de ses occupants ?

“  
**RICHARD CANTIN**

Bien sûr, mais cette influence est moindre sur le long terme. Des enquêtes sont menées en parallèle et nous intégrons également le fait que l’occupant peut modifier son comportement.

“  
**JULIEN BURGHOLZER**

Les occupants n’ont pas sous-chauffé leur logement. Les consignes de températures étaient tout à fait classiques, entre 18°C et 21°C en fonction de la présence des habitants.

“  
**LUCIEN BRESSON,**  
Adjoint au Maire de Monpazier

En tant qu’ élu, porteur de projets immobiliers, nous conseillez-vous plutôt d’investir dans une ZPPAUP, dans un secteur sauvegardé ou dans un espace disponible, constructible, prévu au PLU communal, sachant que les occupants seront peut-être mieux installés dans un bâti ancien que dans une « maison en carton », située dans un lotissement générant par ailleurs tous les problèmes d’inconfort social que nous connaissons ? Certains promoteurs conseillent aux Maires de prévoir de nombreux terrains constructibles dans leur PLU et de délaisser leur centre ancien, qu’ils jugent coûteux, voire de le raser.

“  
**LOUIS HENRY**

Mon activité est focalisée sur les éco-quartiers, les éco-cités et la rénovation urbaine durable. Les projets d’éco-quartiers sont nombreux dans les villes moyennes. Il y a quatre ans, une quinzaine de projets nous sont remontés lors d’un appel à projets, alors qu’il n’existait qu’une seule réalisation à Chalon-sur-Saône. L’an dernier, plus de cent projets ont été adressés au MEDDTL et trois réalisations ont vu le jour. Cette année, 400 projets nous sont remontés, pour environ cinq réalisations. Ce constat pose de nombreuses questions, car ce type de projet ignore souvent la problématique du marché, partant du principe qu’une réalisation étant labellisée « éco », de nombreux clients seront preneurs. Il nous arrive donc de financer une étude de marché en amont du lancement du projet d’éco-quartier. Celle-ci peut conclure au nombre élevé de logements vacants en centre-ville, au petit nombre de clients pour un projet d’éco-quartier contre un plus grand nombre de clients potentiels pour des extensions en périphérie, plus ou moins teintés d’écologie. Il nous manque un outil permettant d’effectuer une

évaluation hédonique des quartiers, qu’ils soient anciens ou labellisés « éco », afin de déterminer le consentement à payer pour vivre dans un environnement de qualité. Les Suisses effectuent ce type d’évaluation sur les logements, mais il n’existe pas sur les quartiers. Nous n’avons pas encore trouvé d’interlocuteur pour mettre en œuvre ce projet. Le CREDOC pourrait éventuellement être intéressé. Si parmi vous, des personnes souhaitent nous aider à trouver les éléments qui concrétisent ce qui donne envie de s’installer dans tel ou tel quartier, nous sommes prêts à travailler avec vous.

“  
**RICHARD CANTIN**

Des outils sont en cours d’élaboration. Le bilan carbone est l’un de ces éléments d’appréciation. Le bâtiment ne doit plus être considéré seul, mais au sein de son environnement, en fonction de son implantation et dans sa dimension sociale, historique et patrimoniale. Les bâtiments neufs de très basse consommation seront-ils aussi durables que les bâtiments anciens ? Pour répondre à cette question, nous devons connaître les qualités du bâti ancien, celles qui lui ont permis de traverser les siècles. Au-delà de l’aspect strictement financier, nous devons travailler sur le coût global des bâtiments, au moyen de nouveaux indicateurs et en soulignant la responsabilité de tous les acteurs. Le développement durable constitue également une responsabilité. Les travaux d’optimisation des processus décisionnels en sont encore au stade de la recherche et ont besoin d’être validés.

“  
**DE LA SALLE**

Avez-vous pris en compte la question des enduits de façade à la chaux, notamment en termes de variabilité hygrothermique ?

“  
**JULIEN BURGHOLZER**

Nous n’avons pas mesuré ce paramètre au travers de BATAN, car il ne permet pas de mesurer des éléments de façade ou de paroi. Nous avons mené une analyse globale du comportement thermique, qui doit maintenant être approfondie par des approches plus fines, telles que celle-ci. ■

## IV. AMELIORER LA PERFORMANCE ENERGETIQUE

### DU BATI ANCIEN :

### REHABILITATIONS CONCRETES ET SENSIBILISATION

#### IV.1. Introduction

LOUIS HENRY • Architecte, Caisse des Dépôts

// La question à se poser sur les réhabilitations et sur les centres anciens en général, mais également sur les constructions périphériques, n'est pas de savoir si améliorer la performance d'un bâti le rend plus économique, car je suis absolument sûr que la réponse est négative, même en coût global. Ce constat est d'ailleurs une très mauvaise surprise, car plus un bâtiment coûte cher, plus son entretien revient également cher, même si son coût de consommation énergétique diminue.

Face au coût élevé des énergies et à leur raréfaction, une partie du patrimoine risque de se retrouver subitement hors marché, c'est-à-dire invendable, inaccessible en raison de son éloignement du centre et du coût trop élevé des transports. A ce jour, nous n'avons pas de solution pour remédier à ces difficultés. Ce phénomène existe déjà à Chicago, où des lotissements situés à 80 kilomètres du centre-ville sont désertés par les habitants. Aussi, dans vos exemples, pourriez-vous développer les comportements différents induits par les logements anciens par rapport à des logements neufs ? Les logements anciens sont-ils plus intuitifs dans leur usage ? ■

#### IV.2. Patrimoine urbain, restauration et écologie : exemples en Rhône-Alpes

NICOLAS DETRY • Architecte spécialiste en restauration des monuments, Agence d'architecture DETRY & LEVY

// Mon intervention s'appuie sur la présentation de 4 exemples réalisés, et d'un projet étudié dans le détail mais actuellement encore bloqué pour des questions politiques. Les 4 projets réalisés concernent de l'habitat urbain au centre de Lyon, le cinquième est un aménagement d'un lieu de mémoire, la maison Champollion à Vif en Isère.

**Ce qui est durable n'est pas uniquement caractérisé par ce qui consomme peu d'énergie.** Nous n'évoquons pas assez souvent la valeur esthétique du bâti ancien. Le bâti ancien a bien souvent un ensemble de valeurs qui ont traversé le temps. En plus de son évidente valeur d'usage, sa valeur économique, son caractère identitaire, c'est aussi grâce à sa beauté, sa valeur d'art, que le patrimoine résiste aux jugements des hommes ; ce n'est pas uniquement pour sa valeur d'histoire (qui est intrinsèque).

Les 5 projets présentés sont formellement différents, mais on retrouve une méthode de travail que nous voulons cohérente, une approche théorique commune, avec des objectifs communs au départ. Cette manière de travailler que nous partageons avec mon associé Pierre LEVY, au sein de notre agence, peut-être résumée comme suit : il s'agit de « **projeter l'existant** » dans une **démarche écologique globale, qui cherche un équilibre entre l'efficacité énergétique et l'analyse du patrimoine, préalable nécessaire à sa connaissance.** Cela conduit, via le projet, à la compréhension de ses valeurs multiples (valeur d'art, valeur d'histoire, authenticité, mémoire, créativité, rôle social et urbain, ...). Le patrimoine architectural est durable mais pas nécessairement écologique, car les immeubles anciens, souvent mal isolés, sont de gros consommateurs d'énergie. En revanche, ce qu'il nous reste aujourd'hui a bien souvent traversé des siècles de péripéties, avec des cycles de destructions, des transformations, des reconstructions, des adaptations, ...

Dans cette forme de fabrique continue de l'architecture, nous héritons quelques fois d'éléments ajoutés sans qualité (ni artistique, ni historique, ni constructive) ; et d'autres éléments ajoutés ayant de vraies qualités, c'est ce que nous nommons les « ajouts incompatibles » et les « ajouts compatibles ». Le relevé, l'analyse du bâti, ainsi que l'analyse historique – critique, vont nous aider à identifier ces choses, à les comprendre et à faire des choix. C'est ce que nous nommons en architecture le « projet » ou dans le cas du bâti ancien, le « projet de l'existant ». Il n'y a pas de règles fixes, ni de doctrine rigide, car **la restauration du bâti ancien est toujours un projet à étudier « au cas par cas »**. Parfois, les ajouts sans qualité, doivent être démolis (après documentation préalable), pour libérer, ou révéler une disposition plus ancienne, ou plus cohérente. Dans d'autres cas, ils doivent être conservés. Néanmoins, **l'approche critique de la restauration (restauro critico), héritée de l'école de Rome constitue pour nous un ensemble de lignes directrices auxquelles nous faisons souvent référence.** Cette « méthode théorisée », s'applique aux œuvres d'art (peinture, sculpture, peinture murales, ...) ainsi qu'aux œuvres d'architecture. Les grands principes peuvent être résumés comme suit :

- en architecture, « l'objet patrimonial » (le bâti ancien en général qu'il soit labélisé comme Monument Historique ou situé dans un secteur sauvegardé ou une ZPPAUP/AVAP) est traditionnellement reconnu comme « patrimoine » pour deux valeurs principales : sa valeur d'art et sa valeur d'histoire ;
- la restauration est une opération qui exige une évaluation critique du monument historique ;
- la restauration devient une lecture critique de l'édifice et par la suite un acte de création et donc une œuvre d'art ;
- par sa nature particulière d'œuvre d'art, elle n'admet

pas le carcan de règles fixes et rigides.

Si, pour répondre à des nouveaux usages, à des lacunes dans l'existant, ou à des objectifs fonctionnels ou écologiques, des éléments nouveaux doivent être introduit dans l'existant, nous les nommons « ajouts compatibles », en référence aux ajouts et aux stratifications historiques évoqués ci-dessus, qui donnent une profondeur, une authenticité unique aux bâtiments ayant vécu sur des temps longs. Dans nos interventions sur le bâti ancien, nous sommes attentifs à la qualité constructive de ces « ajouts compatibles », garant de leur durabilité. Ces ajouts compatibles contemporains sont une forme de création « contextualisée » qui cherche à éviter les faux historiques. **D'autres principes vont nous guider au cas par cas : l'attention au contexte qui est à chaque fois différent (contexte urbain, rural, social, réglementaire, fonctionnel, ...), mais aussi l'attention aux demandes du maître d'ouvrage et à ses moyens économiques réels.**

Les projets que nous présentons à ce colloque de Cahors, représentent des projets attentifs à la qualité des détails, mais qui modifient de manière significative l'image de ces patrimoines. Dans cette démarche critique, c'est à travers une analyse fine de l'architecture que l'on arrive à rétablir « l'unité potentielle » de l'œuvre construite, unité qui est perdue, cachée, mais « potentielle » avant l'intervention. Ceci passe par un processus de « projet » qui est un acte créatif. Enfin, nous pourrions définir cette façon de faire comme une tendance, en hommage à la « tendenza » qui, dès la fin des années 1950 en Italie, a marqué un renouveau de l'architecture contemporaine, et un renouveau dans les études de la ville ancienne notamment à travers la « typo morphologie ».

Mais aujourd'hui, au début du XXI<sup>e</sup> siècle, les conditions de notre travail ont profondément changé par rapport aux années 1950 – 1960 : normatives de plus en plus complexes voir incompatibles entre elles, décroissance économique en Europe, problèmes environnementaux, énergétiques et climatique de plus en plus cruciaux, économie mondialisée, dégradation très forte de l'équilibre social, hyper connectivité et « ultramoderne solitude », révolution numérique avec ses conséquences sur le changement de perception du monde, développement des non-lieux, replis identitaires, recrudescences du fondamentalisme et des extrémisme religieux, ...

Le tableau de notre époque est bien sombre ! Chacun peut

faire quelque chose de bon pour soigner notre planète.

**Les architectes, par exemple, peuvent avoir une action, certes minime, mais positive en aménageant l'espace de façon respectueuse et sobre en énergie, aussi bien pour la construction neuve que pour le projet de l'existant.**

Pour Pierre LEVY, « **Un projet de restauration avec une recherche d'efficacité énergétique doit faire l'objet d'une grande expertise** : en effet, la démarche intellectuelle n'est plus celle, courante, des architectes, ni celle employée dans les bureaux d'étude fluides. Dans la majorité des cas, les murs en pierre ou en pisé n'isolent pas suffisamment pour réduire les consommations. Isoler est une nécessité, si l'édifice le permet : premier diagnostic délicat, qui engage simultanément des connaissances dans la pathologie des techniques de construction ancienne, dans la connaissance physique des isolants et dans la migration de l'humidité dans les murs.

**Si le bâtiment supporte une isolation, alors se pose la question de la qualité architecturale de celui-ci, de sa valeur patrimoniale, dans sa globalité, puis façade par façade et, enfin, paroi par paroi, pour chaque pièce.** Il faut déterminer la manière la plus judicieuse d'isoler ou de faire une correction thermique, évaluer les ponts thermiques, les niveaux d'isolation résultants, le comportement hydrique du bâtiment, l'impact sur le patrimoine. **Ce travail est infiniment plus complexe pour le bureau d'étude thermique et pour l'architecte que celui effectué sur un bâtiment neuf et nécessite une formation spécifique** ».

Voyons maintenant quelques exemples. Il s'agit de restaurations d'immeubles anciens (habitat) situés au centre de Lyon et d'un projet d'aménagement en cours d'étude, qui pourrait être réalisé en 2014, selon le résultat des élections municipales à Vif en Isère. Les 4 immeubles de Lyon sont emblématiques pour leur position dans la ville et paradigmatiques pour l'époque de construction, les techniques constructives, la typologie. Il ne s'agit pas de véritables Monuments Historiques (bien que le « 25 rue Royale » est Inscrit Monument Historique - IMH) mais plutôt d'immeubles anciens de qualité.

## A. Projet n°1 : le 25 rue Royale à Lyon

### FICHE TECHNIQUE

Le « 25 Royale », immeuble IMH est situé 25 Rue Royale / 13 quai André Lassagne, à Lyon. L'intervention concerne la restauration des parties communes de l'immeuble abritant un théâtre, des commerces et 42 logements.

**Maître d'ouvrage :** SCIC-Habitat Rhône-Alpes, Lyon  
**Maîtrise d'œuvre :** DETRY & LEVY, architectes ;  
**recherche historique :** Caroline BOUCHARD  
**Economiste :** Joël JERMER  
 Mission complète, études et projet 2007-2008, chantier 2008 / 2009  
**Budget :** 485.000,00 euros HT travaux



1 La cour avant travaux © DETRY & LEVY

L'architecte Léonard Roux fait bâtir à partir de 1765, un immeuble autour d'une cour, avec de hautes façades au décor monumental inspiré de Palladio. Jacques-Germain Soufflot est l'auteur du plan d'urbanisme de ce quartier bâti le long du Rhône. En 1978 l'immeuble fait l'objet de travaux très importants et est transformé en logements sociaux (42 appartements). L'immeuble est inscrit sur la liste supplémentaire des Monuments Historiques (ISMH). **La demande du maître d'ouvrage pour ce projet de restauration urbaine était une demande partielle avec des moyens économiques correspondant. Il s'agissait de restaurer et de mettre en valeur uniquement les façades, les toitures et les parties communes (la cour, les allées, la traboule), sans avoir la possibilité d'intervenir sur les appartements ni sur les équipements techniques.** La méthode utilisée pour ce projet est comparable aux meilleures méthodes de restauration des édifices classés Monuments Historiques.

Avant travaux, les façades étaient très dégradées, les sols étaient en ciment (doc. 1). Le mauvais état général rendait difficile la lecture du monumental et offrait peu de commodité aux espaces intérieurs. L'enjeu de ce projet était de rétablir l'unité figurative de cet immeuble,

en harmonie avec son contexte urbain et son usage (logement social, théâtre).

Nous avons souhaité retrouver, sous les blessures du temps, le caractère de cette architecture, par évocation plutôt que par reproduction d'éléments supposés d'origine.

La cour était dégradée du fait du sol inadapté (en pente, en ciment) ; les grandes arcades bouchées par des éléments hétéroclites (ajouts incompatibles). Le nouveau sol a été remis en place à l'horizontale. Il est composé de bandes de pierre et de surfaces en mortier respirant (cocciopesto). La géométrie du sol est en relation avec les façades. Pour les enduits et les couleurs nous avons souhaités retrouver une unité chromatique avec la ville, rétablir l'élégance propre à l'architecture du XVIII<sup>e</sup> siècle, tout en proposant une nouvelle vision pour la cour, historiquement cohérente avec la bichromie du XVIII<sup>e</sup> siècle bleu « couleur de l'air » et beige clair.

Pour les huit travées de la cour, des grands châssis en chêne, avec vitrage (transparent et opalin selon le cas) ont été mis en place. Chaque travée est traitée de manière spécifique. Devant ces fenêtres nous avons conçu des panneaux en acier auto-patinable (Corten), matériaux noble qui comme la pierre crée sa propre patine (doc. 2). Les panneaux sont perforés ou pleins selon les besoins en lumière, ils s'ouvrent vers l'extérieur et viennent se poser sur des bancs en pierre, ils protègent (ajouts compatibles). La nuit l'éclairage intérieur donne une belle lumière tamisée. Un point d'eau potable a été installé dans la cour,

il prend la forme d'une petite colonne de plan octogonal en acier Corten, avec une vasque en pierre.

L'éclairage de la cour est assuré par un cube suspendu dans l'espace à 8 mètres de hauteur, constitué de deux carrés vides de 3 mètres de côté. Dans les deux carrés sont logés des « LED-NEON » qui forment deux carrés de lumière bleue dans l'espace. Cette sculpture se réfère aux œuvres conceptuelles et minimaliste d'Yves KLEIN et Sol LEWITT (ajout compatible et réversible) (doc. 2).



2 Le cube vu de dessous et les portes en acier Corten © DETRY & LEVY

## B. Projet n°2 : le 12 rue Saint-Jean à Lyon

### • • • Contexte, enjeux, architecture

Il s'agit d'une restauration partielle d'un immeuble urbain qui était très gravement dégradé. **Le programme des travaux était centré essentiellement sur les parties communes : la cour, l'allée d'entrée, l'escalier en vis, la galerie de liaison entre deux corps de logis, une partie des toitures, deux locaux communs au rez-de-chaussée.** Comme l'immeuble est resté occupé durant les travaux il n'a pas été possible d'intervenir sur les appartements ni sur les équipements techniques.

L'immeuble du 12 rue Saint-Jean s'insère dans la trame des parcelles médiévales du secteur sauvegardé de Lyon. De plan allongé et de façade étroite, il est composé de deux corps de logis, l'un sur rue et l'autre sur cour, reliés

### FICHE TECHNIQUE

**Maître d'ouvrage :** les copropriétaires représentés par la régie URBANIA

**Aide publique pour le cofinancement du chantier :** l'ANAH et la ville de Lyon (Convention « cour traboule » et « valorisation du patrimoine architectural »).

**Maîtrise d'œuvre :** DETRY & LEVY, architectes ; Didier PIERRON, DPI Structure, Ingénieur structure ; Sondages stratigraphiques, Florence CREMER, conservatrice de peintures murales ; recherche historique : Caroline BOUCHARD

**Economiste :** Joël JERMER

**Mission complète, études et projet 2003-2009, chantier 2009 / 2011**

**Budget :** 435.000,00 euros HT travaux

par une galerie fermée. D'après des notes historiques consultées, la maison est signalée dès 1493. À cette époque, elle devait avoir trois étages. En effet, quand on analyse la tour d'escalier et la façade en fond sur cour, on note qu'après le troisième étage, les portes s'adaptent mal à l'escalier. On note aussi que les derniers étages de la tour d'escalier sont remaniés. Les baies des 3 derniers étages ne conservent aucune des caractéristiques des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles. Le cinquième étage est un ajout du début XX<sup>e</sup> siècle.

Dans la cour très étroite, la façade Nord qui abrite les coursives était en pans de bois avec remplissage en brique. Il s'agit d'un ajout inesthétique du XIX<sup>e</sup> siècle posé lourdement sur une voûte d'arêtes de plan oblong (ajout incompatible). Au XVI<sup>e</sup> les 3 premiers niveaux de cette coursive étaient probablement ouverts, sous forme de loggia, caractéristique de ce quartier. Cette disposition a disparu. Quelques beaux restes de maçonnerie et de pierre de taille des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> étaient conservés.

### • • • Etat des lieux avant travaux

Par manque d'entretien, remaniements successifs, problèmes d'humidité et de pollution, l'ensemble de cette cour était dans un état de dégradation avancé avec des problèmes de stabilité très graves (doc. 3). L'état général

de la cour avant les travaux peut être synthétisé comme suit :

- l'escalier en vis (pierre de Couzon) était très dégradé, noyau déformé de manière sinusoïdale, 70 marches fissurées dans la zone proche du noyau ; dégâts anciens comme en témoignent les agrafes de fer et les mauvaises réparations au ciment ;
- la façade Nord (coursives) à pan de bois était constituée de poutres maîtresses en chêne. L'humidité avait provoqué des attaques du bois et des briques par la mûre, pouvant atteindre jusqu'à 7 cm de profondeur ;
- au rez-de-chaussée la voûte d'arête, soutenue par des étais, ne pouvait plus porter les charges de la façade Nord. L'arc doubleau s'était abaissé de 12 cm et déplacé en formant un ventre vers l'extérieur ; ce qui signifiait, sans une intervention rapide, une ruine des 5 étages situés au-dessus de cette voûte ;
- le sol du rez-de-chaussée de la cour était surélevé de 15 cm par rapport à son niveau d'origine, et couvert d'une mauvaise chape de ciment ;
- la façade Est, en fond de cour avait conservé quelques restes de fenêtres à meneaux et traverses en pierre ;
- la façade Ouest, avait perdu définitivement toutes traces de meneaux et de traverses ;
- l'ensemble des enduits était en très mauvais état ; les châssis de fenêtre étaient d'époques diverses, sans qualité, sans respect de la typologie d'origine.

### • • • Le projet de restauration

Ce projet est le résultat d'une longue étude commencée en 2003, interrompue puis reprise du fait du processus décisionnel complexe, typique des copropriétés. La difficulté principale étant le coût des travaux, insoutenable pour cette petite copropriété formée de 10 appartements. La décision de commencer le chantier a été prise en septembre 2009, essentiellement grâce aux aides financières importantes de l'état (aide de l'ANAH et de la Ville de Lyon qui ont assuré en tout 54 % du coût des travaux), et exceptionnel du fait de l'état de dégradation très grave de l'immeuble. En outre le chantier s'est déroulé en site occupé, avec un restaurant en activité 7 jours sur 7. D'une durée de plus de 2 ans, le chantier a été particulièrement complexe et a exigé de la part des entreprises et des habitants, un degré d'adaptation et de patience peu commun.

Le projet est basé sur un dialogue avec les habitants de l'immeuble et la régie URBANIA qui gère la copropriété. Plusieurs aller/retour, discussions, assemblées générales, débats, essais, esquisses, ont été nécessaires pour aboutir au projet réalisé, mûri par cette expérience participative. Différents acteurs de la ville nous ont aidé : le STAP au moment du permis de construire, la Renaissance du Vieux Lyon qui joue un rôle clé d'intermédiaire dans la société civile, la Ville de Lyon qui met en place des systèmes de subventions pour soutenir la qualité du patrimoine urbain.



3 Façade avant et après travaux © DETRY & LEVY

L'objectif de ce projet était, par rapport à une situation avant travaux « sombre » et « étriquée », d'apporter un maximum de qualité au niveau de la lumière, de l'espace et du sentiment d'ouverture.

Les travaux réalisés concernent la restauration de l'escalier à vis. Plus de 70 marches ont été consolidées par carottage et insertion de tirants en fibre de verre scellés dans les marches en pierre par des mortiers spéciaux à base de liant époxy. Pour la façade Nord, des mois de travail ont été nécessaires pour démonter l'ancienne façade à pans de bois et consolider chaque poutre maîtresse par des moisages avec plats et U métalliques, adaptés au cas par cas. La voûte d'arête du rez-de-chaussée a été démontée pierre à pierre. Les pierres encore en bon état ont été nettoyées et réemployées dans la nouvelle voûte reconstruite en pierre de taille (pierre de Jeumont). La voûte a donc retrouvé sa position, sa forme et sa géométrie d'origine.

La nouvelle façade Nord est constituée d'un mur rideau en châssis d'aluminium et de verre coloré (doc. ③). Elle est posée en applique sur les anciennes poutres maîtresses consolidées. Elle offre de nombreux avantages par rapport à l'ancienne façade : elle apporte beaucoup de lumière à l'intérieur des appartements (particulièrement sombres dans cette petite cour), sa nouvelle géométrie offre plus d'espace à l'intérieur, le double vitrage a un bon niveau d'isolation thermique et acoustique, quatre fois meilleur que l'ancienne façade, ce verre spécial (AGC Float teinté) reflète la façade en pierre restaurée, et agrandit la cour dans sa perception visuelle, le camaïeu, de couleur vert/bleu, donne un sentiment de calme, évoque la nature et le ciel.

Le sol de la cour a été rétabli à son niveau d'origine et restauré en mortier de chaux et dalles de pierre de Villebois. Les meneaux et traverses rétablis ont été réalisés en pierre de taille, là où nous avons des traces archéologiques sans équivoque (façade Est) et en bois sur la façade Ouest. La couleur des nouveaux enduits privilégie un maximum de luminosité. La cour très sombre est mise en valeur par un projet d'éclairage spécifique et innovant basé sur la lumière diffuse.

### C. Projet n°3 : le 12 rue Juiverie à Lyon

#### FICHE TECHNIQUE

**Maître d'ouvrage :** SCIC-Habitat Rhône-Alpes,  
**Maître d'œuvre :** DETRY & LEVY, architectes  
**Travaux :** Archéologie préventive, service municipale d'archéologique de Lyon  
**Budget :** 83.000,00 euros HT (hors archéologie)

L'immeuble est situé au cœur du secteur sauvegardé du Vieux-Lyon, en face du 8 rue Juiverie qui abrite la célèbre galerie de Philibert De L'Orme (hôtel Bullioud). Il s'insère dans la trame des parcelles médiévales, coincé dans cette zone de la ville à l'urbanisme très dense. Ce petit immeuble a été acquis par SCIC-Habitat Rhône-Alpes en vue de l'aménager pour en faire 3 logements sociaux et un commerce. **Notre mission a été limitée à la restauration de la façade et de la toiture, avec en plus la création d'un local poubelle et l'amélioration de l'entrée.** Bien qu'il ne soit pas classé comme Monument Historique, l'immeuble a fait l'objet d'une étude préalable qui intègre notre méthode de travail sur les MH (comme pour tous nos « projets de l'existant »). Une campagne d'archéologie du bâti a été réalisée, avec la collaboration du service municipal d'archéologie. Cette campagne a donné des résultats très intéressants sur la micro-histoire du bâti, et s'intègre dans la connaissance globale de l'histoire urbaine du Vieux-Lyon. Avant la restauration, cette façade était très dégradée, voire outragée par le temps (doc. ④). La restauration a pris en compte le rétablissement des meneaux et traverses en pierre qui permet de retrouver une composition harmonique et une durabilité de la façade. D'un point de vue écologique nous avons pu isoler, outre la toiture, la façade par l'intérieur avec un système performant et respectueux du bâti ancien (blocs de «thermo-pierre» combiné avec un enduit isolant chaux et pouzzolane). De nouveaux châssis de fenêtres en bois avec double vitrage performant ont été mis en place. En outre, nous avons réalisé la consolidation des arcs du

rez-de-chaussée, le traitement des deux travées sur rue avec des châssis en bois local (mélèze), des habillages et claustra de laiton patiné (doc. ④). Cette intervention de restauration critique et créative est en harmonie avec le milieu urbain. Le laiton, comme la pierre, est un matériau noble, résistant aux intempéries. Sur le laiton est gravé un hommage au grand architecte français Philibert De L'Orme (1514 – 1570), dont les œuvres, pourtant célèbres, ont été presque toutes détruites par l'incurie, le fanatisme et le manque de culture.



④ Façade avant et après travaux © DETRY & LEVY

### D. Projet n°4 : le 12 cours Lafayette à Lyon

#### PIERRE LEVY

#### FICHE TECHNIQUE

**Maître d'ouvrage :** Grand-Lyon Habitat  
**Maîtrise d'œuvre :** DETRY & LEVY, architectes  
**Bureau d'étude thermique et économique :** ACR Contractant Général  
**Bureau d'étude structure :** Carayol  
**Budget :** 720.000,00 euros HT travaux

Il s'agit d'un immeuble construit sur la rive gauche du Rhône au tout début de l'urbanisation des berges du fleuve, entre le quartier Morand et celui de La Guillotière. L'édifice est situé à l'angle Nord-Est du premier îlot urbanisé du cours Lafayette, au n°12, et fut probablement érigé entre 1830 et 1847.

La question posée par Grand-Lyon Habitat, bailleur social très impliqué dans la lutte contre la précarité énergétique, était de savoir comment un immeuble ancien, à caractère patrimonial, pouvait s'adapter à un usage de logement social avec un souci de maîtrise des charges et de réduction des émissions polluantes responsables du changement climatique.

• • • **Immeubles anciens et consommation énergétique**  
 Les immeubles anciens consomment et coûtent à l'usage plus que les nouveaux immeubles, compte tenu de l'exigence des dernières réglementations applicables aux bâtiments neufs. **L'immeuble du 12 cours Lafayette consommait avant restauration 314 kWh/m<sup>2</sup>/an pour les cinq usages réglementés** (chauffage, eau chaude sanitaire, éventuellement climatisation, auxiliaire et éclairage), ce qui est une consommation ordinaire pour ces immeubles. A cela, il faut ajouter l'électricité dite spécifique pour l'usage domestique (lave-linge, télévision, ordinateurs, ...). Les consommations des immeubles anciens sont souvent pénalisées par un usage important d'électricité, par l'absence ou la faiblesse de l'isolation et des systèmes de chauffage et de ventilation vétustes. Elles

peuvent dépasser largement celles de certains immeubles construits après 1945, bénéficiant d'installations collectives plus performantes.

Parallèlement, toujours pour les mêmes cinq usages, les appartements neufs proposés actuellement à la vente sur le Grand-Lyon ont des consommations d'environ 60 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an (BBC 2005), soit 4 à 6 fois moins. Le coût de la dépense énergétique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des immeubles anciens, pour un appartement de 80 m<sup>2</sup>, est de l'ordre de 800 à 1200 euros par an alors que les habitations neuves coûtent plutôt de 200 à 300 euros. **Grand-Lyon Habitat nous avait fixé comme objectif le Label BBC EFFINERGIE RENOVATION, dont le maximum de consommation est de 96 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an à Lyon**, toujours pour les mêmes cinq usages. Nous devons donc diviser les consommations par plus de trois.

#### • • • La méthode appliquée au 12 cours Lafayette

L'immeuble avait une géométrie gauche, avec peu de murs orthogonaux, des murs de soutien de la cage d'escalier de 12 cm d'épaisseur en pierre du Gard (disposition assez rare à Lyon), un sous-bassement en pierre de Villebois, des murs en moellons grossiers de pierre de 45 cm d'épaisseur, des planchers en bois avec des poutres principales espacées tous les 50 cm, une charpente en bois traditionnelle, une couverture récente en tuiles mécaniques, un escalier en pierre de St Fortunat, des combles perdus. Les 13 appartements étaient dans des états variables, certains occupés, d'autres vides, majoritairement vétustes, mal distribués, avec des installations techniques hors service. Le maître d'ouvrage souhaitait une restauration lourde et, pour cela, avait organisé le déménagement des derniers locataires.

Nous devons isoler. L'état sanitaire de l'immeuble le permettait. Or, la façade sur rue présentait des décors caractéristiques de l'architecture lyonnaise de la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. La façade sur cour, sans décors, avait moins d'impact sur les déperditions énergétiques. A l'intérieur, les décors étaient concentrés dans les pièces « bourgeoises » de l'angle Molière - Lafayette, les autres pièces ayant été abîmées au cours du temps. Nous ne nous sommes pas interdit, en début d'étude,

l'idée d'isoler par l'extérieur, mais nous y avons renoncé rapidement au profit d'une isolation par l'intérieur ayant l'avantage de conserver l'aspect patrimonial de l'immeuble et de rendre l'opération reproductible.

Le fait d'avoir des décors intérieurs concentrés dans l'angle de l'immeuble a confirmé notre choix : nous devions redistribuer les appartements et avons décidé d'affecter ces pièces aux séjours, de reconstituer les décors après la pose de l'isolation et de restaurer les décors manquants (une ou deux cheminées avaient été vandalisées). Les séjours ont donc été restaurés à l'identique et les autres pièces aménagées au mieux, suivant les règles contemporaines.

Une couche de 20 cm d'isolant (15 de ouate de cellulose insufflée, un frein vapeur et un espace technique de 5 cm isolé de laine de verre, U= 0,16 W/m<sup>2</sup>.k) a permis d'isoler les murs. 35 cm de laine de verre ont été déroulés en toiture (U= 0,16 W/m<sup>2</sup>.k) et 20 cm pour le plancher bas (U= 0,17 W/m<sup>2</sup>.k).

#### DEFINITION - REPERE

En France, la comparaison des consommations reste complexe : l'unité est le kWh/m<sup>2</sup>.an. Cependant la nature du kWh peut varier : il peut s'agir d'énergie primaire (énergie réellement puisée dans la nature pour brûler un kWh dans son appartement), d'énergie finale (celle figurant sur la facture du fournisseur comme EDF) ou de besoin (qui ne prend pas en compte les rendements des appareils de chauffage). Pour l'électricité, il faut multiplier par 2,58 les kWh de sa facture pour passer à l'énergie primaire. Pour les bâtiments existants, les m<sup>2</sup> de la Réglementation Thermique incluent les murs (SHON). Pour les bâtiments neufs, la surface n'inclue plus les murs. Le Diagnostic de Performance Energétique comptabilise trois usages (chauffage, climatisation et Eau chaude sanitaire) et la Réglementation thermique cinq (+ auxiliaire et éclairage).

+++++

Après des calculs thermodynamiques, nous avons abandonné l'idée d'isoler par l'extérieur les façades sur cour car cette solution n'apportait pas d'avantage significatif et coûtait plus cher. Nous avons préféré gérer le confort estival en privilégiant le côté cour pour les chambres (moins d'apport solaire et moins de bruit) et

en restaurant les stores extérieurs (jalousies lyonnaises). Certaines fenêtres étaient d'origine (environ 170 ans) et en bon état de fonctionnement. Elles ont été restaurées ainsi que leurs volets de bois intérieurs et doublées d'une menuiserie bois double vitrage. Les menuiseries hors service ou sans qualité ont été remplacées par des doubles menuiseries bois double vitrage, côté cours Lafayette et rue Molière (pour se protéger du bruit de la rue), et simple menuiserie triple vitrage, côté cour (U= 0,8 W/m<sup>2</sup>.k).

La façade sur rue a bénéficié d'un traitement type Monument Historique : hydro-gommage du sous-bassement en pierre de Villebois et des encadrements de fenêtres en pierre du Gard, badigeon à la chaux, peinture à la chaux, ...

Pour se protéger du bruit et réduire les consommations, des ventilations individuelles double flux ont été installées dans chaque appartement (un groupe collectif ne rentrait pas dans le local technique). Deux chaudières au gaz (une pour la sécurité) ont été installées dans les combles : elles fournissent le chauffage et l'eau chaude sanitaire pour les 11 appartements. Un chauffe-eau solaire de 10 m<sup>2</sup>, installé sur le pan sud de la toiture, complète le système. Chaque radiateur est commandé par une sonde, qui dirige une vanne thermodynamique sur la colonne principale du chauffage.

**Les effets cumulés de l'isolation thermique, des systèmes techniques efficaces et du recours aux énergies renouvelables permettent d'avoir une consommation prévisionnelle de 72 kWh/m<sup>2</sup>SHON.an pour les cinq usages.** Nous avons atteint le facteur 4 (réduction par quatre des consommations et émissions), et nous sommes proches des consommations des bâtiments neufs performants. Nous avons été lauréat de l'appel à projet PREBAT de l'ADEME, et l'opération fait l'objet d'un suivi des consommations pendant deux ans. Nous avons appareillé le bâtiment de sondes et suivrons le transfert d'humidité dans les parois, qui reste la question délicate de l'isolation thermique par l'intérieur dans une situation de forte épaisseur. L'étanchéité à l'air a constitué la mise en œuvre la plus complexe du chantier avec, notamment, l'intégration des éléments conservés tels que les parquets et les cheminées.

La restauration de cet immeuble démontre qu'il est possible, dans le cadre de travaux lourds, de restituer des appartements exemplaires du point de vue de l'écologie, de la mixité sociale (nous faisons face à des immeubles « bourgeois » du 6<sup>e</sup> arrondissement de Lyon) et de la restauration du patrimoine. Nous avons ajouté une touche d'architecture du XXI<sup>e</sup> siècle avec les boîtes de toiture, résolument contemporaines.

#### E. Projet n°5 : Aménagement et mise en valeur de la maison Champollion à Vif en Isère

##### FICHE TECHNIQUE

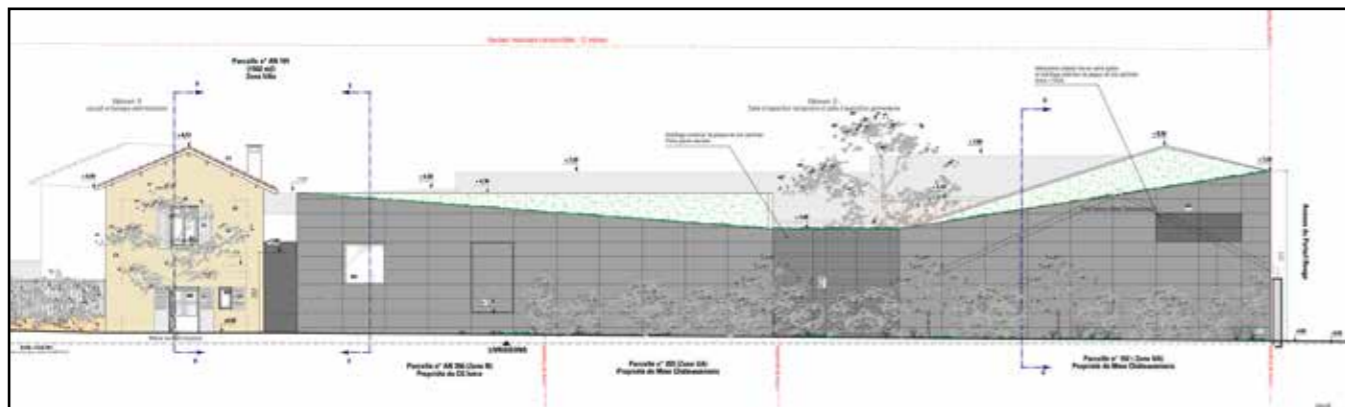
**Maître d'ouvrage :** Conseil Général de l'Isère  
**Maîtrise d'œuvre :** DETRY & LEVY, architectes ; Adeline RISPAL, architecte pour la muséographie ; A-L GIROUD paysage  
**Bureau d'étude fluides et thermique :** ACR Contractant Général  
**Bureau d'étude économie :** Dicobat  
**Budget :** 1.900.000,00 euros HT travaux  
**SHON réhabilitée :** 510 m<sup>2</sup> ; SHON créée : 354 m<sup>2</sup>

Le domaine Champollion à Vif est la propriété du Conseil Général de l'Isère depuis 2001, les bâtiments sont protégés au titre des Monuments Historiques. Le site a ouvert temporairement ses portes, en 2004 et 2005, lors du Congrès International d'Égyptologie. Ce congrès a été un immense succès, avec un très grand nombre de visiteurs. Suite un concours d'architecture que nous avons gagné en 2008, le conseil général de l'Isère nous a confié la mission de restaurer et de mettre en valeur la maison de la famille CHAMPOLLION à Vif. Cette maison est restée propriété de la famille depuis le mariage en 1807 de Zoé BERRIAT avec Jacques-Joseph CHAMPOLLION, frère aîné et précepteur de l'égyptologue Jean-François CHAMPOLLION. Le site est composé de plusieurs bâtiments, d'une ancienne magnanerie et d'un petit domaine agricole de 2 hectares.

Le projet consiste à créer un pôle culturel autour de la vie des CHAMPOLLION, en particulier autour de la relation entre Jean-François et Jacques-Joseph. Ce pôle culturel sera ouvert à un large public, mais aussi aux chercheurs, aux universitaires. Pour le bâtiment A (maison principale) il s'agira de placer le visiteur dans l'ambiance de la maison familiale du début du XIX<sup>e</sup> siècle grâce à un lieu parfaitement conservé et grâce aux collections (livres, tableaux, objets d'art, ...) conservées par les descendants des CHAMPOLLION. La maison B (commun) va abriter l'accueil du pôle culturel, ainsi que les bureaux du conservateurs, la direction, et un centre de documentation, le bâtiment C (ancienne magnanerie) sera conservé dans son état actuel (intervention minimum) (doc. 5). Un nouveau bâtiment sera construit sur l'emplacement d'un corps de ferme détruit. Cette nouvelle aile sera construite en ossature bois, habillée de zinc patiné avec des toitures végétalisées (doc. 6).

Elle s'intègre dans le site de part sa géométrie complexe et non orthogonale. Elle est composée de deux volumes qui se touchent : l'un, nommé « Jacques-Joseph » abritera une collection permanente, l'autre nommé « Jean-François » abritera des expositions temporaires. **Le projet Champollion intègre les objectifs décrits dans les 4 projets précédents réalisés à Lyon : allier conservation du patrimoine et écologie.** Nous étions allés assez loin dans la démarche écologique, avec un bâtiment neuf proche des normes « Passiv-Haus » et les bâtiments réhabilités qui passaient sous les 100 kWhep/m<sup>2</sup>.an.

Le projet est arrivé au stade du projet d'exécution (DCE), et nous étions prêts à choisir les entreprises et à démarrer le chantier en septembre 2010. C'est alors que le projet a été bloqué par le Mairie de Vif, opposé au CG38 pour des questions politiques ; ceci alors que ce pôle culturel majeur pour Vif était entièrement financé par le CG38 ! ■



5 Façade est, bâtiments B et D © DETRY & LEVY



6 Image 3D du projet de la maison Champollion © DETRY & LEVY

### IV.3. Les logements privés : démarche de Quercy Energies pour la réhabilitation de logements anciens

HERVE TEYSSEDOU • Quercy Energies, Agence Locale de l'Energie

Je ne suis ni architecte ni archéologue, mais énergéticien de formation. Je vous présente donc plutôt **une méthodologie, mise en place dans le Lot depuis une quinzaine d'années pour accompagner le Conseil Général dans la mise en œuvre de logements énergétiquement performants** et l'élaboration de politiques d'économies d'énergies dans le bâtiment.

Quercy Energies est une Agence locale de l'Energie. Il en existe une vingtaine en France. Nous avons pour mission de promouvoir la maîtrise de l'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables et locales. **Nous intervenons en particulier dans le cadre de la maîtrise de l'énergie dans les logements sociaux**, notamment en centre ancien de Cahors. **Nous appliquons la démarche NégaWatt**, sur tous les projets de rénovation qui nous sont soumis.

Depuis le début de l'Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat et de Renouvellement Urbain de Cahors (OPAH-RU), nous sommes partenaires avec le Grand Cahors.

**Nous réalisons systématiquement une visite des logements en amont** avec les architectes de la Ville de Cahors, les archéologues, le maître d'ouvrage et l'équipe d'animation du Grand Cahors, afin d'estimer les besoins des occupants, qu'ils soient bailleurs ou propriétaires occupants, et d'élaborer des pistes de préconisations énergétiques.

**Nous effectuons des simulations thermiques** en fonction des devis fournis et des différentes pistes de préconisations.

**Nous réalisons ensuite une analyse des consommations réelles, après deux ans d'utilisation des bâtiments**, car les scénarii d'occupation influent énormément sur la consommation réelle des logements.

Nos outils sont :

- le logiciel de simulation thermique dynamique (Pléiades+Comfie) ;
- une caméra thermique ;
- des enregistreurs de courbe de charge ;
- des enregistreurs de température et d'humidité.

#### DEFINITION - REPERE

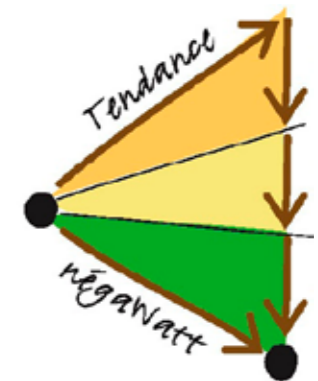
La démarche NégaWatt, élaborée par l'association éponyme, est une référence en termes de maîtrise des charges énergétiques des bâtiments (doc. 1).

Elle est basée sur trois points essentiels :

- la sobriété énergétique ;
- l'efficacité des équipements et des moyens de production ;
- le recours aux énergies renouvelables.

Je rappelle que la sobriété est une qualité, qui consiste à éviter le gaspillage et à éliminer le superflu, l'énergie devant répondre à des besoins.

+++++



1 Démarche NégaWatt © Quercy Energies



La consommation moyenne des logements étudiés dans le cadre de l'OPAH-RU est de 192 kWh/m<sup>2</sup>/an, ce qui est équivalent au niveau évalué par le bureau d'études IDE-Environnement, qui ne prenait en compte que le chauffage.

Je vous présente maintenant l'exemple d'un immeuble collectif, situé en centre ancien de Cahors et appartenant à l'Association des quartiers anciens de Cahors (doc. 2).



2 Immeuble d'habitation en centre ancien de Cahors © Quercy Energies

Il comprend cinq logements locatifs et deux bureaux destinés aux activités de l'association. Il avait déjà fait l'objet d'une réhabilitation il y a 17 ans, afin d'atteindre une certaine performance énergétique. En 2008, la demande visait le niveau « basse consommation (BBC) », pour cinq logements destinés à des familles à très faibles revenus.

Quercy Energies a accompagné les différents architectes

et a effectué des simulations thermiques. Le niveau BBC pouvait être atteint, mais pour des raisons de moyens, les travaux n'ont pu aboutir complètement. En effet, entre 2008 et 2010, l'association n'a pas renouvelé le bail de ses locataires et n'a pas perçu de loyers pendant deux ans. Deux logements étaient déjà isolés par l'intérieur avec 7 centimètres de laine de verre. Cet isolant s'étant légèrement tassé, des zones froides ont été repérées aux endroits de jonction avec le plafond et le plancher supérieur, au niveau des cadres de menuiserie et du conduit de cheminée non utilisé. Ces zones constituaient des sources de déperdition de chaleur.

Pour optimiser la performance énergétique des logements, nous avons préconisé une isolation des planchers et de la toiture, le remplacement de l'ensemble des menuiseries (en accord avec le service du patrimoine de la Ville de Cahors) et le remplacement de la chaudière gaz, datant des années 80, par une chaudière à condensation. Nous prévoyons ainsi de réduire fortement les consommations d'énergie.

Toutefois, il est à noter que le gaz de ville a augmenté de 10 % depuis juin 2010, qu'il est prévu que l'électricité augmente de 20 % et qu'une augmentation de 5 à 10 % est annoncée sur le gaz naturel.

Ainsi, au vu des niveaux de charges annuelles estimés (doc. 3) et du niveau des revenus des personnes entrant dans ces logements, on peut s'interroger sur la pertinence de réaliser des logements sociaux en centre ancien, car le risque de créer de la précarité énergétique est particulièrement élevé.

Je pense que les personnes qui entreront dans ces logements seront abonnées au Fonds de Solidarité Logement pour 20 ou 25 ans. ■

	Consommation Etat des lieux	Consommation Projet de travaux	Charges annuelles estimées
Appt. 1 (T3) *	227 kWh/m <sup>2</sup> /an	106 kWh/m <sup>2</sup> /an	1 297 €
Appt. 2 (T3)	212 kWh/m <sup>2</sup> /an	150 kWh/m <sup>2</sup> /an	1 260 €
Appt. 3 (T5)	166 kWh/m <sup>2</sup> /an	113 kWh/m <sup>2</sup> /an	1 422 €
Appt. 4 (T1) *	345 kWh/m <sup>2</sup> /an	119 kWh/m <sup>2</sup> /an	760 €
Appt. 5 (T3)	145 kWh/m <sup>2</sup> /an	104 kWh/m <sup>2</sup> /an	1 173 €

(prix de l'énergie Juin 2010)

3 Analyse des consommations avant/après travaux © Quercy Energies

## IV.4. Débat

“

**NICOLAS DETRY,**  
Architecte spécialiste en restauration des monuments,  
Agence d'architecture DETRY & LEVY

La question que vous posez est très intéressante : devons-nous maintenir des logements sociaux en centre ancien, sachant que le parc bâti ancien est relativement énergivore ? Je suis convaincu de la nécessité de maintenir de la mixité sociale dans les quartiers anciens. Les associations se battent dans ce but à Lyon, dans le cadre de la renaissance du vieux Lyon, qui vient de fêter ses soixante ans d'existence. Le discours des énergéticiens peut d'ailleurs se révéler assez dangereux, car le lieu d'habitation ne se réduit pas à sa performance énergétique.

“

**HERVE TEYSSEDOU,**  
Quercy Energies, Agence Locale de l'Energie

Je ne mets pas en cause la mixité sociale, à laquelle je suis également attaché à titre individuel. Je me pose simplement la question de savoir qui assumera la responsabilité de la précarité énergétique que nous contribuons à engendrer.

“

**MICHEL SIMON,**  
Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement,  
de l'urbanisme et du développement durable

Je signale que l'association en question a enfin réussi à obtenir, après des années de bataille, des subventions. Je pense que la question importante à se poser porte sur le loyer à payer pour des logements récents à basse consommation énergétique, sans oublier les coûts de transport, sachant qu'en centre ancien, le véhicule n'est pas toujours indispensable. Il convient donc de considérer l'ensemble et de replacer la question au niveau national. Aucune politique publique énergétique n'existe. Aucune politique n'est menée au niveau national sur le logement social. Martin MALVY a évoqué le problème ce matin. Nous recevons des aides de l'Etat à hauteur de 1 euro par logement social, ce qui pose tout de même question. Les

familles à revenu modeste sont le quotidien de Quercy Energies et le nôtre également. Le gaz a subi plus de 20 % d'augmentation, celle-ci n'ayant été gelée que jusqu'aux prochaines élections du printemps 2012. La situation ne peut donc évoluer de façon positive qu'au niveau politique.

“

**DE LA SALLE**

Ce matin, nous avons évoqué l'augmentation des surfaces artificialisées, qui nous confrontent à la problématique de la réhabilitation de l'existant. Je souligne que la réhabilitation du bâti ancien est plus facile à réaliser que celle des bâtiments d'après-guerre, qui sont beaucoup plus énergivores. Les bâtiments construits suite à la loi de Robien sont de réelles « passoires énergétiques ». La question doit donc se poser globalement.

“

**HERVE TEYSSEDOU**

Je vous rejoins totalement. Il est beaucoup plus facile de restaurer des bâtiments en briques ou en parpaings, car leurs coûts d'investissement sont moindres, pour des performances beaucoup plus élevées. Je crois aussi à la mixité sociale, mais les personnes qui perçoivent moins de 10 000 euros par an peuvent-elles être logées, au moyen de fonds publics, dans des logements qui leur ponctionneront 15 à 20 % de leur revenu pour assumer leur charge énergétique ?

“

**MICHEL SIMON**

Cette problématique n'est pas uniquement liée au logement ancien. Elle est générale face à la paupérisation de la société française et à l'écart qui se creuse entre le loyer et les charges attenantes. Il convient de ne pas dévoyer la question du logement ancien, car il offre une inertie énergétique, qui est un facteur positif pour des familles à revenu modeste. ■

## V. LA SANTE, ENJEU INDISSOCIABLE

### DE LA REQUALIFICATION

### DES CENTRES ANCIENS

#### V.1. Introduction

JEAN ROUGER • Maire de Saintes, Vice-Président de l'ANVPAH & VSSP

// Je suis Vice-Président de l'ANVPAH & VSSP, Maire de Saintes, et j'ai longtemps exercé en tant que médecin à Saintes, aussi bien en ville qu'en milieu professionnel pour la SNCF.

Aujourd'hui, nous abordons la question du bâti ancien, du développement durable, du vivre en centres anciens et du vivre ensemble sous l'angle de la santé. Nous accueillons deux professionnels de la santé et de l'architecture : Suzanne DEOUX, docteur en médecine, professeur associé à l'Université d'Angers et auteurs de plusieurs ouvrages dont *Le Guide de l'habitat sain* et *Bâtir pour la santé des enfants*, et Christine SIMONIN, Architecte acousticienne et auteur du livre *Acoustique et réhabilitation, améliorer le confort sonore dans l'habitat existant*.

Nous passons en moyenne douze heures dans notre logement. Du point de vue de cette seule arithmétique, le logement tient une place importante dans notre vie. Nous pouvons donc espérer qu'il soit confortable et sain, si nous voulons préserver notre santé. Si j'en crois la définition de l'OMS, la santé est un « état physique,

mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ». Je regrette qu'une nouvelle fois, la santé soit définie en creux, en négatif par rapport aux pathologies, alors qu'il serait préférable de la définir par des aspects positifs. Je considère pour ma part que la santé est un bien-être, aussi bien du point de vue de l'existence (« l'être ») que de la qualité de vie (« le bien »). Malheureusement, les centres anciens sont souvent abordés sous l'angle de leurs défauts pour notre santé, en particulier pour leurs nuisances sonores.

L'habitat se définit par un équilibre entre une température intérieure et extérieure, qu'il convient de maîtriser. L'habitat est également soumis à du bruit, qui devient désagréable lorsqu'il est produit par les autres. Il est également constitué d'eau, qui est incontournable dans la maison, indispensable à tous les êtres vivants qui nous entourent. L'espace horizontal et vertical que constitue l'habitat est également un élément important, car il nous donne le sentiment de confort. Il devient le prétexte à recevoir et à partager. ■

#### V.2. La santé dans la révolution énergétique des bâtiments

SUZANNE DEOUX • Docteur en médecine, Professeur associé à l'Université d'Angers, Gérante de MEDIECO, société de management de la santé dans le cadre bâti urbain, Présidente de Bâtiment Santé Plus

// Je vous propose de réfléchir aux différents paramètres de santé dans le bâti, car l'énergétique et l'économique sont très souvent évoqués, mais il convient de ne pas oublier la place de l'humain et l'impact de l'habitat.

Je me présente : je suis ORL de formation. Depuis 1986, date à laquelle j'ai créé MEDIECO, la santé dans le bâtiment est au cœur de mes préoccupations, de mes activités de consultante, de mes différents ouvrages. La prise de conscience de cette thématique augmentant, j'ai initié un nouveau Master à Angers : risques en santé dans l'environnement bâti (RISEB), afin de former des jeunes à l'ingénierie de santé dans le cadre du bâti et de l'urbain. Il s'agit d'un nouveau métier. Ces jeunes peuvent intégrer des collectivités territoriales, des constructeurs, des bureaux d'études, des agences d'architecture, des structures de certification, des structures parapubliques, ...

livrés actuellement sont extrêmement techniques, mais il n'est pas sûr que leurs occupants aient plaisir à y vivre.

Le volet psychique ne peut donc pas être écarté, bien qu'il soit beaucoup plus difficile à évaluer. Le bâtiment influence tout autant sur les rapports avec les autres et sur le bien-être social.

#### DEFINITION - REPERE

Autre définition de la santé, très dynamique : selon les physiologistes américains, dont le chef de file est le Docteur SARGENT, c'est une adaptation réussie aux sollicitations extérieures et à l'environnement quotidien, dont le bâtiment fait partie. Tant que l'homme est capable de s'adapter en permanence à la variabilité de ses conditions de vie, il est en bonne santé.

#### A. Qu'est-ce que la santé ?

Comme vient de le souligner M. ROUGER, la santé est trop souvent appréhendée négativement, comme une absence de maladie. Le but d'un bâtiment n'est pas seulement d'éviter d'y tomber malade. Bien que cela soit primordial, ce n'est pas suffisant. Nous devons avoir une vision positive de la santé, celle de la définition de l'OMS. Le bâtiment doit permettre d'être bien sur trois plans : physique, psychique et sociétal. La santé, c'est être bien, le bien-être, souvent confondu avec le bien-être. L'évaluation hédonique, évoquée hier, devrait être plus souvent intégrée dans les projets, car les bâtiments

#### B. Le contexte, l'après Grenelle

Le Grenelle a fait progresser certaines thématiques, qui n'évoluaient plus depuis une vingtaine d'années. Depuis 2004, deux Plans nationaux Santé et Environnement (PNSE) ont été déclinés en plans régionaux.

## TEXTES REFERENCES

Le **PNSE 1** (2004-2008) a été peu traduit en avancées réglementaires. Il prévoyait, sur la base du volontariat, que les matériaux de construction soient étiquetés à l'horizon 2008. Cela ne deviendra totalement obligatoire qu'en septembre 2013.

Suite au Grenelle de l'environnement, le **PNSE 2** (2009-2013) (doc. ①), disponible sur Internet, pérennise les actions déjà évoquées avec pour but de limiter les expositions à fort impact sanitaire et de réduire les inégalités environnementales.

+++++



① PNSE 2

Lors de la construction ou de la rénovation de bâtiments, nous devons donc penser aux occupants. Sur le plan de leur santé, les défis actuels concernent le confort hygrothermique, l'environnement lumineux et acoustique, la qualité de l'air intérieur sans oublier l'indispensable information des occupants des bâtiments afin qu'ils puissent en devenir acteurs.

## TEXTES REFERENCES

La loi Grenelle 1 dite de programmation et la loi Grenelle 2 du 10 juillet 2010 ont inscrit de nouvelles préoccupations dans le Code de l'environnement.

La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments publics, notamment ceux accueillant des enfants devient obligatoire. Les modalités seront précisées par les décrets à paraître fin 2011.

A partir du 1er janvier 2012, l'étiquetage des émissions de composés volatils sera obligatoire sur les nouveaux produits et matériaux de construction mis sur le marché après cette date. En septembre 2013, tous les produits seront concernés.

Il est à noter que, dès 1989, la Directive sur les produits de construction énonçait les critères d'évaluation sanitaire. La traduction dans la réglementation est lente !

La loi Grenelle 2 prévoit également l'adoption d'une définition des éco-matériaux, suite aux travaux en cours d'un groupe de travail.

+++++

## DEFINITION - REPERE

Dans le cadre de la lutte contre la pollution intérieure et extérieure, les particules fines, émanant de tout ce qui brûle, représentent un enjeu majeur de santé publique. Nous savons qu'en Europe, les pics de particules fines sont responsables chaque année de 386 000 décès anticipés et de 110 000 hospitalisations.

+++++

## C. Le confort hygrothermique

Le confort hygrothermique se résume souvent à de seules prescriptions de température, avec la référence habituelle à 19°C, depuis les chocs pétroliers des années 1970. Cette valeur n'est pas adaptée à toutes les activités humaines et à toutes les personnes. Un travail statique nécessite 1 à 2°C de plus.

Dans les bâtiments économes en énergie, les occupants se plaignent d'avoir froid, les prescriptions manquant souvent

de souplesse sous prétexte de réaliser des économies, mais aussi d'avoir chaud et du manque d'homogénéité de la température dans les différentes pièces.

Alors que la température des chambres n'a pas besoin d'être élevée, une chambre sur deux est chauffée à plus de 21°C, 5 % des chambres françaises sont chauffées à plus de 25,5°C, et une sur deux présentent plus de 50 % d'humidité relative selon la campagne nationale logements réalisée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur sur 567 logements représentatifs des 24 millions de résidences principales. Nous constatons, par ces chiffres, que nous pouvons commencer les économies d'énergie tout de suite, par la simple diminution de la température des chambres.

L'hygrométrie est le paramètre négligé, mais non négligeable. Le label HQE, qui met en avant le confort hygrothermique, n'intègre aucune référence hygrométrique. Or, ce paramètre est très important pour la santé. Le label belge Validéo, recommande le maintien entre 30 et 50 % d'humidité relative qui est le pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'air.

En quantité trop faible, les occupants ressentent une sécheresse de la gorge, du nez, des yeux et de la peau. Trop élevée, elle provoque de la condensation, le développement des moisissures et des acariens dans les matelas, favorisant l'asthme. Il faut savoir qu'en France, un matelas sur deux est contaminé par un taux d'allergènes d'acariens supérieur au seuil de sensibilisation.

La vapeur d'eau est produite en grande partie par les occupants et leurs activités, à raison de 55 à 75 litres pour un logement habité par quatre personnes. Le séchage du linge à l'intérieur est particulièrement pourvoyeur d'humidité. Or, aucun dispositif n'est prévu dans les logements livrés actuellement pour cette activité, pourtant quasiment quotidienne.

Dans les logements, les thermomètres sont omniprésents et rares sont les hygromètres, outils indispensables à la qualité sanitaire du bâti. Placés dans la chambre où nous passons un tiers du temps et non dans le salon, en objet de décoration, ils permettent de contrôler que le taux d'humidité relative reste compris entre 40 et 60 %.

Certains équipements, tels que les poêles à gaz et à pétrole, posent de réels problèmes. Sans évacuation extérieure des gaz de combustion, ils devraient être interdits. Ils sont sources de nombreux polluants et d'importante vapeur d'eau : un litre de combustible produit un litre de vapeur d'eau. L'humidité excessive des logements ainsi chauffés augmente le développement des moisissures à l'origine de nombreux problèmes allergiques, infectieux, irritatifs et toxiques.

Les plantes, en nombre trop important dans un logement, sont aussi des sources de vapeur d'eau. En outre, leur action épuratrice de l'air est mise en évidence en conditions expérimentales, mais pas dans les conditions habituelles de vie.

Le renouvellement d'air est essentiel au maintien d'une hygrométrie satisfaisante.

## D. L'environnement lumineux

Un autre défi pour la santé dans les bâtiments porte sur la lumière naturelle et artificielle.

Globalement, nous manquons actuellement de lumière naturelle mais aussi d'obscurité. La lumière n'a pas seulement une action visuelle. Elle synchronise tous nos rythmes biologiques. Il convient donc de faire rentrer beaucoup de lumière naturelle dans les bâtiments, tout en tenant compte des contraintes de surchauffe et d'éblouissement occasionnées par celle-ci.

## DEFINITION - REPERE

Grâce à un pigment récemment découvert, la rétine sert à informer notre cerveau de la quantité de lumière perçue qui influe au sein de l'épiphysse sur la sécrétion de la mélatonine. Cette hormone n'est sécrétée que la nuit, dans l'obscurité totale. Or, elle freine toutes les autres hormones, y compris la croissance des cellules cancéreuses.

+++++

**L'éclairage artificiel se doit d'être plus économe en énergie sans nuire à la santé.**

Les lampes fluorescentes soulèvent trois types de problèmes :

- l'émission de rayonnements ultraviolets B est inhérente à cette technologie, mais, en maintenant une distance supérieure à 30 centimètres, les occupants ne sont pas exposés ;
- l'émission de vapeur de mercure peut survenir lors du bris des lampes ;
- l'émission de rayonnements électromagnétiques a été un sujet d'inquiétude.

**DEFINITION - REPERE**

Quant aux rayonnements électromagnétiques émis par les lampes fluo compactes, le débat a été lancé après les conclusions alarmistes d'une étude réalisée en 2007. Suite au protocole d'essais élaboré par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a testé 3 échantillons de 100 modèles de lampes et a pu conclure qu'à 30 centimètres de la lampe en fonctionnement, l'intensité du champ magnétique devient négligeable.

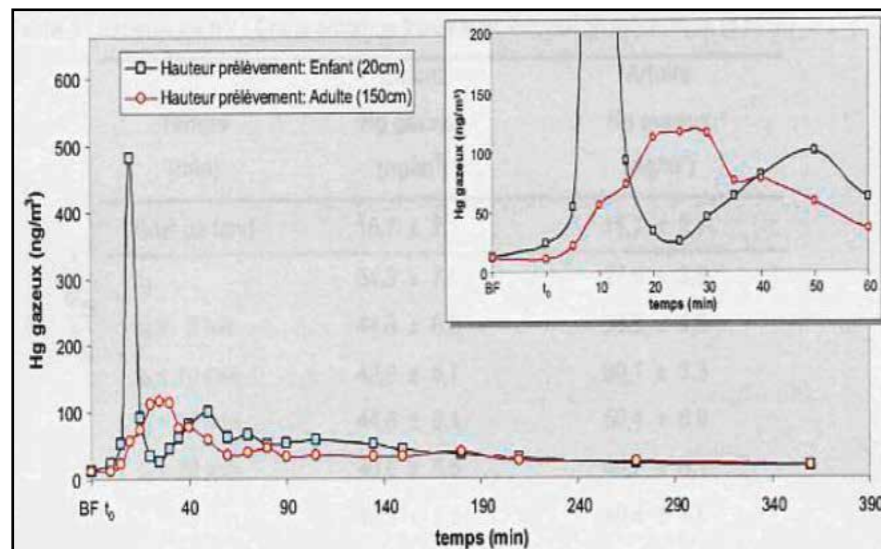
+++++

**DEFINITION - REPERE**

En 2011, des tests ont été réalisés par la Commission de sécurité des consommateurs afin d'évaluer l'exposition au mercure lorsque des lampes fluo compactes sont cassées dans une pièce. Les mesures effectuées à 20 centimètres du sol, distance à laquelle les enfants peuvent se trouver, et à 1,5 mètre du sol, mettent en évidence une concentration maximale de mercure dans l'air au bout de 10 minutes. Ensuite, les teneurs décroissent d'autant plus rapidement que le local est bien ventilé. Il est donc essentiel d'informer sur la nécessité d'aérer la pièce en cas de casse de ce type d'ampoule. Ces études montrent aussi que les émissions sont plus fortes si la lampe était en cours de fonctionnement plutôt qu'éteinte (doc. 2).

+++++

Les LEDs ont un avenir prometteur, mais la diffusion de cette technologie doit éviter le risque de problèmes visuels. Le spectre lumineux de ces lampes comprend un pic dans les fréquences bleues qui ne déclenchent pas le réflexe pupillaire qui protège habituellement la rétine d'un flux lumineux trop intense. Des lésions photochimiques sont possibles, surtout pour les enfants dont le cristallin est transparent. Ces lampes doivent être équipées de diffuseurs ou de réflecteurs, et conformes aux classes 0 et 1 de risque photobiologique selon la norme EN 62 471 à paraître prochainement.



2 Emission de mercure en cas de bris (ventilation du local avec un débit de 1m³/heure, pièce de 20m²) © MEDIECO

**E. L'environnement sonore**

Autre défi pour la santé dans le bâtiment : l'environnement sonore.

Je souligne simplement quelques problèmes de santé, puisque Christine SIMONIN vous exposera le volet technique.

**Le bruit n'est pas seulement gênant et inconfortable. Il est l'un des paramètres agissant sur la santé.** Par son action via le système nerveux autonome ou végétatif, le bruit agit sur l'organisme entier. Le bruit nocturne est dix fois plus perturbateur que le bruit diurne. Il retentit sur le système cardio-vasculaire et déstructure le sommeil en diminuant les phases de sommeil lent et de sommeil paradoxal. Lors des activités, **les nuisances sonores diminuent les capacités d'apprentissage des enfants et la communication orale.**

Actuellement, **l'augmentation de l'isolation thermique protège aussi des bruits extérieurs, ce qui augmente la perception des bruits intérieurs.** C'est une source d'insatisfaction des occupants, notamment lors des réhabilitations thermiques. De même, des équipements tels que la ventilation double flux ne doivent pas causer d'inconfort acoustique, par exemple, au niveau des bouches d'insufflation dans les chambres. Ceci pourrait conduire à l'arrêt du système et donc du renouvellement d'air.

**F. La qualité de l'air intérieur**

La qualité de l'air intérieur est primordiale. Nous respirons 100 % du temps et 90 % de nos journées se passent dans les bâtiments. Le poumon est une zone d'échange direct entre l'air et le sang. Les composés présents dans l'air peuvent donc se diffuser rapidement dans notre organisme. En raison du confinement, **l'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur.**

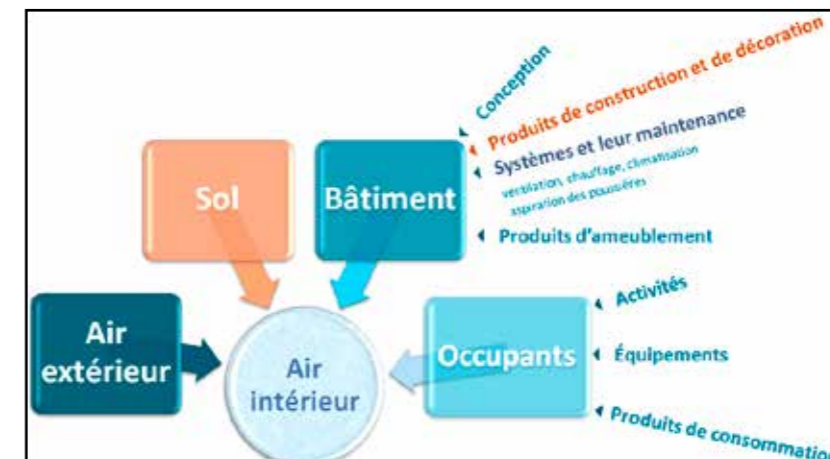
**La qualité de l'air intérieur est sous l'influence de l'air extérieur, du sol, du bâtiment (conception, produits de construction, systèmes, mobilier) et de ses occupants (activités, combustion, équipements, produits de consommation) (doc. 3).**

Les contaminants de l'air intérieur sont de diverses natures :

- biologiques (virus, bactéries, moisissures, allergènes) ;
- chimiques (organiques ou non organiques) ;
- physiques (fibres, particules, radon).

Les composés organiques volatils (COV) regroupent de nombreuses familles de substances de toxicités différentes. Ils peuvent être responsables de réactions allergiques, d'irritations, de céphalées et, pour certains, d'affections neurologiques, de troubles de la reproduction et de cancers.

**Dans l'air des bâtiments, il peut y avoir plus d'une**



3 Paramètres influant la qualité de l'air intérieur © MEDIECO

centaine de molécules, à des concentrations variables, souvent faibles. Le formaldéhyde est le plus connu, car perceptible par son odeur piquante et irritante. Il est produit par toute combustion (tabac, encens...) et est émis par les produits contenant des composés à base de formol (produits dérivés du bois, dalles de faux plafond, ...). Cette substance augmente fortement les symptômes allergiques, les crises d'asthme. Elle est classée cancérogène en raison de l'augmentation du risque de tumeurs du rhinopharynx, surtout chez les professionnels qui y sont exposés.

Si la qualité de l'air extérieur est évaluée depuis longtemps par le respect de valeurs normatives, celles de l'air intérieur sont récentes et ne datent que de 2007 (doc. 4). Les premières établies par l'AFSSET (devenue ANSES) concernent le monoxyde de carbone, le formaldéhyde et le benzène, et sont transposées dans les décrets relatifs aux valeurs guides pour l'air intérieur et pour la surveillance des bâtiments recevant des enfants.

Pour garantir une bonne qualité de l'air intérieur, les actions à mettre en œuvre concernent d'abord la réduction des sources de pollution. Il s'agit de limiter toutes les combustions à l'intérieur des bâtiments — y compris la cigarette, qui est la première cause de pollution dans les logements —, de privilégier des produits de construction et de finition à faibles émissions de polluants, et d'éviter les produits d'entretien parfumés, car les fragrances n'augmentent pas leur efficacité. Le renouvellement d'air est ensuite indispensable.

Concernant les matériaux, l'arrêté du 19 avril 2011 impose leur étiquetage de niveau d'émissions de substances volatiles à partir du 1er janvier 2012 pour les nouveaux matériaux mis sur le marché (doc. 5).

Au 1er septembre 2013, l'ensemble des matériaux du marché sera concerné. C'est une auto-déclaration des fabricants. Il n'y a pas d'obligation formelle d'essais en laboratoire. Cette étiquette constitue toutefois un premier pas vers une meilleure information. Néanmoins, elle ne concerne que 10 COV. Les valeurs retenues pour la classe A+ correspondent aux concentrations limites d'intérêt du protocole de l'AFSSET qui prend en compte 165 molécules. Les produits classés A+ sont à privilégier, en sachant toutefois que des substances allergisantes, telles les terpènes, ne sont pas concernées.



5 Niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur © MEDIECO

Deuxième grand volet de la qualité de l'air intérieur : le renouvellement de l'air.

Il permet :

- de réguler l'hygrométrie ;
- de diminuer la contagiosité des maladies infectieuses (15 % des cas annuels de grippe sont attribuables aux bâtiments dont l'air n'est pas suffisamment renouvelé) ;
- d'évacuer les polluants chimiques et les odeurs ;
- de réduire l'exposition au radon à condition de ne pas mettre le bâtiment en dépression ;
- d'améliorer les performances des individus.

Substances	2013	2015	2016	2023
Formaldéhyde		30 µg/m3		10 µg/m3
Benzène	5 µg/m3		2 µg/m3	

4 Valeurs normatives pour la qualité de l'air intérieur © MEDIECO

Alors que les réglementations thermiques se succèdent à échéances rapprochées, la réglementation relative à la ventilation mécanique date de 1982. Elle est obsolète. Or, le renouvellement d'air est absolument indispensable. Le dilemme entre économies d'énergies et qualité sanitaire du bâti est crucial avec le renouvellement d'air qui ne peut être totalement sacrifié aux performances énergétiques. Il s'illustre notamment avec la ventilation hygroréglable qui autorise des débits d'air très faibles qui risquent de ne pas maîtriser des polluants autres que l'humidité, par exemple, le formaldéhyde. La VMC double flux permet de concilier ces deux enjeux si elle est bien conçue, bien installée et surtout bien entretenue. Elle impose des gaines rigides et à face intérieure lisse, une excellente étanchéité à l'air de l'enveloppe et du réseau aéraulique, le changement régulier des filtres, l'entretien de l'échangeur, du groupe et du réseau, à condition qu'il soit accessible à l'aide de trappes étanches.

DEFINITION - REPERE

Par exemple, les débits appliqués aujourd'hui ont été calculés en intégrant un apport d'air de 0,2 volume par heure dus aux défauts d'étanchéité à l'air des bâtiments. Or, une plus grande étanchéité à l'air est maintenant recherchée et contrôlée. Les débits d'air ne sont pas pour autant revus, ce qui conduit à une situation pire qu'en 1982.

Autre particularité française : les débits d'air prescrits sont fonction de l'âge des occupants. Les enfants jusqu'au collège compris n'ont droit qu'à 15 mètres cubes par heure et par personne (m³/h/pers). Au lycée, les débits sont de 18 m³/h/pers, alors que les adultes ont droit à 25 m³/h/pers. Or, il convient d'être conscients que les enfants produisent autant de vapeur d'eau et de CO2 que les adultes et absorbent deux fois plus de polluants en respirant le même air que les adultes. Les autres pays européens en tiennent compte et offrent 25 à 30 m³/h/pers dans les écoles.

La réglementation de 1982 prévoit, en l'absence de système de ventilation mécanique, 6 m³ par personne dans les salles de classe, soit 180 m³ pour une classe de 30 élèves, ce qui correspondrait à des salles de 60 m² avec 3 m de hauteur sous plafond. Ce n'est pas la configuration la plus fréquente, hormis les écoles anciennes.

+++++

G. Urgence de l'information et de la formation

Sans information et formation, la santé dans le bâtiment ne progressera pas. Les besoins des occupants, leurs comportements et leur plaisir d'occuper les lieux doivent en effet être pris en compte. Par exemple, l'ouverture des fenêtres pendant dix minutes, qui est une mesure aujourd'hui largement préconisée, ne suffit pas au renouvellement de l'air qui, depuis 1970, doit être général et permanent.

Pour acquérir des compétences en ingénierie de la santé dans le bâtiment, métier émergent, j'ai initié à l'Université d'Angers le Master RISEB. Avec les étudiants, nous avons lancé un nouveau rendez-vous annuel d'information, le colloque "Les Défis Bâtiment & Santé". Le premier a rencontré un franc succès avec près de 300 participants. Il a eu pour thème "Les bâtiments économes en énergie sont-ils favorables pour la santé ?" En 2012, le sujet "Produits de construction et santé" est d'actualité. En partenariat avec Le Moniteur, un Trophée Bâtiment Santé récompensera les bâtiments publics les plus favorables au bien-être des enfants.

L'information doit toujours être actualisée. Mon dernier livre, *Bâtiments, Santé, le tour des labels*, co-écrit avec une jeune diplômée du RISEB, analyse la prise en compte de la santé dans cinquante labels de bâtiments du monde entier. On note beaucoup d'éléments intéressants, des spécificités dans les différentes démarches, mais in fine, les exigences sanitaires ne sont pas obligatoires pour l'obtention d'un label. Un bâtiment peut être certifié LEED Platinum, sans intégrer les problématiques de santé. Il nous reste donc beaucoup de travail à effectuer. ■

### V.3. L'acoustique dans le bâti ancien : comment améliorer le confort des habitants ?

CHRISTINE SIMONIN • Architecte acousticienne

// La notion de dimension sonore doit être remise dans le contexte occidental, où l'image domine, ce qui conduit souvent à un désintérêt pour la question, notamment dans la conception des bâtiments. Etant moi-même architecte et acousticienne, nous pourrions dire « architecte aux grandes oreilles », mon intention est donc de donner du sens à cette dimension si souvent oubliée. A ce titre, j'enseigne l'acoustique dans deux écoles d'architecture, d'une part à l'Ecole d'architecture de Paris-Belleville et d'autre part à l'Ecole Spéciale.

Nous connaissons peu la dimension sonore. En revanche, nous entretenons beaucoup de préjugés à son sujet, ce qui nous amène à commettre des erreurs dégradant parfois des situations qui étaient auparavant plus confortables. De nombreuses situations pourraient être également améliorées à moindre frais.

La notion de confort sonore doit être resituée dans son contexte. Elle est par exemple perçue différemment par des personnes dans le besoin et par des personnes aisées. **Le confort est donc éminemment subjectif.** Nous aspirons tous à un certain calme, mais la définition de chacun est différente, y compris dans des situations personnelles diverses. Nous percevons en effet les bruits différemment, selon que nous sommes en bonne santé et heureux ou malade et malheureux. **La question de la dimension sonore est donc très délicate à traiter et les réglementations ne pourront jamais satisfaire tout le monde.**

La notion de silence est d'autant plus difficile à gérer dans les lieux collectifs que le bruit est intrinsèque à la vie. En effet, en milieu urbain, en centre moderne ou ancien, il n'est pas possible de vivre au milieu des gens

tout en bénéficiant d'un calme champêtre. Les exigences des habitants vis-à-vis des voisins, des bruits extérieurs et d'équipements, sont très difficiles à satisfaire, et il est difficile de faire admettre que ne rien entendre constitue un luxe, qui coûte fort cher.

Je me limiterai à une approche des bruits ciblée sur les bâtiments, et non sur les habitants, car je ne suis pas médecin. Mes propos s'appuieront sur l'ouvrage *Acoustique et réhabilitation - Améliorer le confort dans l'habitat existant*, commanditée par le Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement en partenariat avec l'Anah (doc. ①).



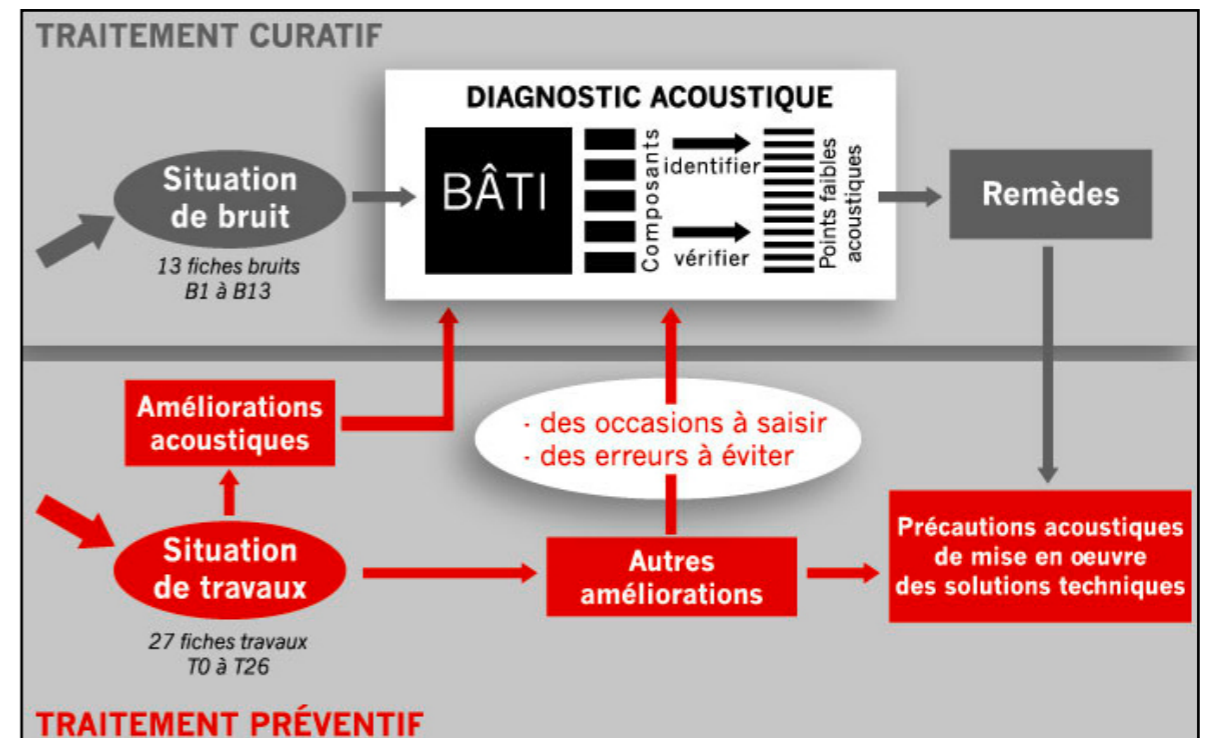
① Acoustique et réhabilitation © Chrintine SIMONIN

L'objet de l'étude partait de ce constat : les français se plaignent du bruit dans leur logement mais l'offre est insuffisante pour permettre de remédier à ce problème. La méthode proposée pour dynamiser le marché de l'offre s'appuie sur 2 types de traitements des bâtiments :

- le traitement curatif, basé sur une méthode de diagnostic et de remèdes appliquée à 13 types de bruits récurrents ;
- le traitement préventif, dans le but d'améliorer le confort sonore, ou du moins de ne pas le dégrader, quelle que soit la nature des travaux dans les bâtiments (doc. ②).

Nous avons en effet constaté que **dans de nombreux logements existants, en raison des diverses interventions réalisées au cours des années, sans aucune préoccupation acoustique, le bâtiment a progressivement perdu sa qualité sonore initiale.** Aussi, est-il primordial d'intégrer la dimension acoustique dans tous travaux de rénovation ou de réhabilitation. Dans ce sens, **27 types de travaux de réhabilitation ont été sélectionnés en vue de définir pour chacun, sous forme de fiche, les bonnes pratiques et les**

**erreurs à éviter.** Par un système de renvoi au traitement curatif des bruits, la méthode d'approche, que nous avons nommée « sonorité-tranquillité », permet d'appliquer de manière préventive les remèdes acoustiques. Le sommaire distingue les travaux réalisés dans les parties communes et les travaux réalisés dans les parties privatives afin de répondre au mieux à la demande des professionnels et des particuliers. Un tableau récapitulatif reprend toutes les situations de bruit qui appellent différents travaux, ce qui permet de comprendre d'une part, les travaux susceptibles de dégrader la qualité sonore des bâtiments et d'autre part, la nature des bruits qui nécessiteront certains travaux d'amélioration du confort acoustique (doc. ③).



② Traitements des bruits dans l'habitat existant © Chrintine SIMONIN

TRAVAUX BRUITS		Travaux en façade					Travaux dans les parties privatives										Travaux dans les parties communes										
																	Petits travaux					Gros travaux					
		T 0	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18	T 19	T 20	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25
Avant travaux																											
Reveler ou isoler les façades																											
Réfection, remplacement ou création d'une fenêtre																											
Réfection ou installation d'une entrée d'air																											
Réfection, remplacement ou création d'un coffre de volet roulant																											
Réfection d'une toiture ou aménagement des combles																											
Réfection d'un mur ou pose d'un doublage																											
Création d'une cloison																											
Renforcement d'un vide-orcure et réfection ou création d'une gaine																											
Suppression ou remplacement d'un revêtement de sol																											
Réalisation d'un sol flottant																											
Réfection d'un plafond ou pose d'un doublage en plâtre																											
Travaux d'électricité																											
Réfection ou installation d'équipements sanitaires																											
Réfection ou installation d'une ventilation individuelle																											
Réfection ou installation d'un chauffage individuel																											
Réfection ou installation d'une climatisation individuelle																											
Pose d'un revêtement de sol dans les parties communes																											
Travaux sur une porte palière ou une porte d'entrée d'immeuble																											
Travaux d'électricité dans les parties communes																											
Modification d'implantation d'un mur séparatif																											
Réfection ou création d'un plancher entre deux logements																											
Réfection ou installation d'un ascenseur																											
Réfection partielle ou totale d'une ventilation collective																											
Réfection ou installation d'un chauffage collectif																											
Réfection, extension d'un réseau d'alimentation ou d'évacuation d'eau																											
Restructuration d'un immeuble de logements																											

3 Tableau récapitulatif, correspondances entre les traitements curatifs et les traitements préventifs © Chrintine SIMONIN

Par rapport aux centres anciens, trois types de travaux me paraissent intéressants à développer :

- les travaux en façade ;
- l'installation d'équipements motorisés, qui sont de plus en plus nombreux ;
- la réfection des planchers, notamment par rapport aux problèmes de voisinage.

Contrairement à l'isolation thermique, l'amélioration de l'isolation acoustique ne génère pas d'économies financières. Dans ces conditions, il est difficile de convaincre les acteurs du bâtiment de l'importance du confort sonore. Aussi, d'un point de vue légal et dans le quotidien, l'acoustique est souvent laissée pour compte et ne fait que se conformer aux autres paramètres, soit pour des raisons sanitaires, comme pour la ventilation, soit pour des raisons d'économie d'énergie.

D'ailleurs, nous sommes tellement focalisés depuis un

certain temps sur les questions d'économie d'énergie que l'on en oublie parfois les autres qualités d'usage. Ainsi, si le nombre de couches contribue d'une manière générale à améliorer l'isolation thermique, en revanche, en acoustique, l'ajout de certains matériaux peut détériorer les performances du support initial. Certains produits à haute performance thermique sont donc à utiliser avec précaution ou même, dans certaines situations, à proscrire si l'on ne veut pas dégrader le confort sonore des habitants. L'ADEME a dans ce sens commandité récemment une étude pour rendre compte des risques liés à l'utilisation de certains matériaux ou systèmes.

### A. Travaux en façade : amélioration des performances acoustiques vis-à-vis des bruits extérieurs

Dans le cadre des travaux en façade, dont le but principal est généralement la valorisation patrimoniale, il est possible de saisir cette occasion pour améliorer les performances acoustiques du bâtiment par rapport aux bruits extérieurs. Cependant, avant d'intervenir, la première question à se poser est de savoir de quels bruits extérieurs il est souhaitable de se protéger. La pollution sonore est par exemple due aux différents moyens de transport, mais je tiens à souligner qu'une rue piétonne peut engendrer davantage de bruit que la circulation des voitures. En outre, les réglementations européenne et française ne concernant que les infrastructures routières, le bruit d'une rue piétonne est beaucoup plus difficile à gérer.

Le tramway génère également beaucoup de bruit, estimé à 75 décibels, d'autant que les rails se rapprochent de plus en plus des habitations, passant parfois à moins de deux mètres de celles-ci.

Il convient donc de se méfier des idées reçues.

L'approche acoustique d'une façade passe d'abord par la recherche de ses points faibles, tels que les fenêtres, la ventilation ou le coffre de volet roulant intérieur. Un seul point faible remet en cause tous les efforts acoustiques réalisés par ailleurs.

Le double vitrage n'améliore pas le confort acoustique d'une façade : un vitrage plus épais se révèle plus performant. Les feuilletés acoustiques, reliés par un film de PVB et présentant des propriétés visco-élastiques sont encore plus performants, car en amortissant les

#### ETUDE DE CAS

Lorsque le quartier des Halles de Paris a été rénové, une spéculation immobilière a donné lieu à une flambée des prix des appartements. Or, dès leur entrée dans les logements, les occupants se sont plaints du bruit environnant, qu'ils n'avaient pas anticipé dans ce quartier.

vibrations, ils en limitent la transmission. Les doubles vitrages thermo-acoustiques sont donc dissymétriques, comprenant un vitrage ordinaire et un vitrage épais pour l'acoustique.

Au niveau des menuiseries, contrairement à une idée reçue, le PVC n'est pas plus performant en acoustique que le bois. La fenêtre doit en revanche être posée bien d'équerre, afin d'éviter toute fissure. Le temps de pose et le soin apportés à cette opération sont donc très importants.

Il existe des classements de vitrages et de fenêtres certifiées, qui permettent d'effectuer les bons choix. La double fenêtre est un dispositif acoustique intéressant en bâti ancien. Sans modifier l'aspect de la façade, elle apporte d'excellents résultats.

Les entrées d'air laissent passer les bruits. Elles sont malheureusement supprimées sur certaines nouvelles fenêtres dites thermo-acoustiques, ce qui pose des problèmes au niveau de la ventilation. Je vous mets donc en garde sur les performances annoncées des fenêtres, notamment par rapport à la ventilation, qui doit absolument être conservée, voire améliorée.

Les isolants, sont désormais omniprésents, et même en surépaisseur. Il est important de préciser qu'il existe deux familles d'isolants : les isolants thermiques et les isolant thermo-acoustiques, le premier excluant d'emblée toute performance acoustique intéressante. Les premiers sont légers et rigides, les seconds sont légers et souples ou fibreux.

J'attire cependant votre attention sur les effets secondaires des travaux d'acoustique, qui isoleraient trop des bruits extérieurs.

En effet, supprimer un bruit entraîne l'émergence d'autres bruits jusque-là masqués. Ainsi, en limitant la transmission des bruits extérieurs à l'intérieur des logements, des bruits de voisinage jusque-là inaudibles vont être entendus risquant ainsi de dégrader la « bonne entente » entre voisins. Avant d'envisager des travaux acoustiques en façade, il faut donc s'assurer que l'isolation acoustique intérieure est de bonne qualité ou sinon

prévoir conjointement des travaux complémentaires d'isolation entre les logements.

D'autre part, **trop isoler un bâtiment peut conduire à l'isolement de ses habitants.** Ainsi a-t-on pu constater que certaines personnes âgées dépriment si elles ne perçoivent plus aucun bruit. J'insiste pour rappeler que le bruit fait partie de la vie.

### B. Installation d'équipements : précautions acoustiques particulières

**Les équipements émettent des bruits aériens et des vibrations qui se propagent dans tout le bâtiment.** Ils concernent par exemple le chauffage collectif, l'ascenseur ou encore les systèmes d'extraction et de ventilation.

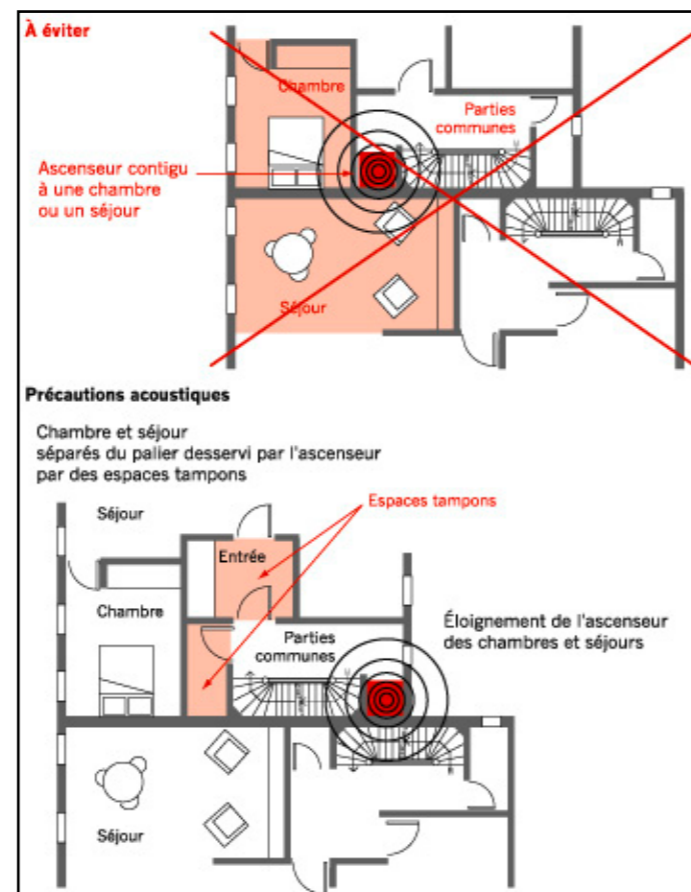
**La première précaution acoustique concerne le choix des équipements motorisés.**

Le niveau sonore étant communiqué par les industriels, il peut constituer un critère de choix au même titre que son coût. Mais attention, les décibels sont difficilement appréhendables par le grand public. Je rappelle que la somme de niveaux sonores ne s'ajoute pas de manière arithmétique mais logarithmique, et qu'augmenter de trois décibels signifie que l'énergie sonore est multipliée par deux. L'augmentation d'un niveau sonore n'est d'autre part perçue en général qu'à partir de quatre décibels. En outre, plus un équipement est silencieux, plus il est cher. Il n'en reste pas moins que les équipements de ventilation et les pompes à chaleur occasionnent des plaintes de voisinage récurrentes qui pourraient être évitées.

**La localisation des équipements constitue la deuxième précaution à prendre lors de leur installation.**

Localiser un ascenseur ou un équipement de ventilation en continuité d'une chambre doit par exemple être évité à tout prix (doc. 4). Les pompes à chaleur sont généralement disposées le plus loin possible des pièces à vivre, ce qui occasionne du même coup une gêne pour les voisins. De la même façon, les climatiseurs sont placés côté cour pour ne pas qu'ils apparaissent en façade, mais

les cours résonnent et tous les voisins en sont perturbés, notamment ceux qui ne disposent pas de la climatisation et qui ouvrent les fenêtres. En centre-ville, des équipements spécifiques de protection sont nécessaires. Nous devrions nous inspirer des travaux réalisés en Allemagne, pays particulièrement attaché à ces questions.



4 Précautions acoustiques lors de l'installation d'un ascenseur © Acoustique et réhabilitation

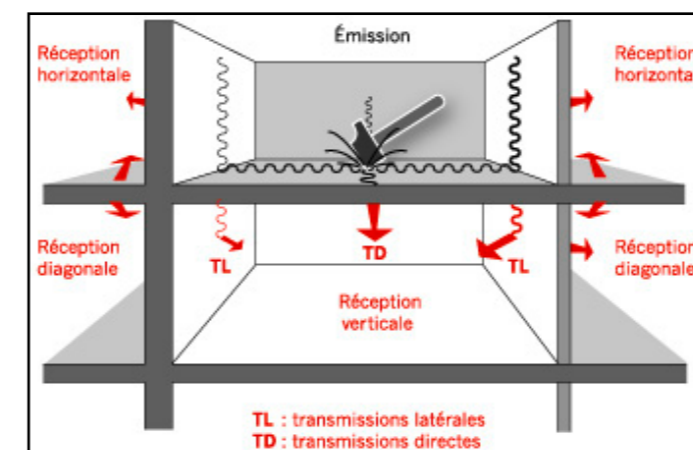
### C. Réfection des planchers : amélioration de l'isolation acoustique entre logements superposés

**La réfection des planchers est l'occasion d'améliorer l'isolation entre deux logements superposés.**

Le plancher est un élément très important, notamment lorsque les locaux d'un bâtiment sont utilisés à des fins différentes, un restaurant pouvant être situé au rez-de-chaussée d'un immeuble d'habitation par exemple.

Il existe deux grands types de bruit dans les bâtiments : aériens et d'impact. Ces derniers naissent du contact entre deux matières et se répartissent chez plusieurs voisins, celui du dessous, mais également celui du dessus d'à côté (doc. 5).

Les bruits d'impact sont très problématiques dans les logements car difficiles à traiter dans des espaces habités plaçant, de fait, l'amélioration acoustique des planchers comme une priorité lors des travaux de rénovation ou de réhabilitation sur plusieurs niveaux.



5 Voies de transmission d'un bruit d'impact © Acoustique et réhabilitation

La complexité et le nombre des indices acoustiques (plus de 20 aujourd'hui en France) rendent le choix des produits délicat et certains revêtements de sol dégradent les performances initiales du plancher. Il est donc

important d'aborder ce type de travaux avec beaucoup de précautions. Pour éviter des confusions et choisir les matériaux adéquats, il est fortement conseillé de s'entourer d'un spécialiste en acoustique dès le début du projet.

Partant du principe qu'un bâtiment du XVII<sup>e</sup> siècle ne peut offrir le même confort sonore qu'un bâtiment du XXI<sup>e</sup> siècle, sauf à investir massivement, **il n'existe pas, aujourd'hui, de réglementation acoustique pour les bâtiments existants.**

Dans certains cas, la volonté de conserver à la fois un parquet de grande qualité et des poutres apparentes peut empêcher d'améliorer les performances acoustiques des planchers. Il sera donc difficile d'envisager un projet de logements superposés. Nous devons effectivement être tous conscients que les poutres apparentes sont très pénalisantes dans le cadre du confort sonore d'un habitat collectif, et que le changement d'usage est parfois en contradiction avec la préservation du patrimoine.

En conclusion, **tous les travaux de rénovation sont des occasions à saisir pour améliorer le confort sonore des habitants. En revanche, sans précaution acoustique particulière, tous travaux de rénovation peuvent concourir à dégrader la qualité sonore initiale des logements.** Intégrer la dimension sonore dans les travaux de rénovation nécessite en amont un diagnostic acoustique afin d'évaluer les faiblesses du bâtiment et de s'assurer que les solutions constructives choisies permettront effectivement d'y remédier. Pour limiter les surcoûts, la dimension sonore doit être prise en compte dès la conception. Les performances acoustiques varient selon les produits et systèmes de construction mais dépendent également de la qualité de leur mise en œuvre.

Pour obtenir les résultats attendus, une attention toute particulière doit être apportée tout au long du chantier. Pour des travaux de rénovation visant à promouvoir des performances acoustiques élevées, il est conseillé de s'entourer d'un spécialiste depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre. ■



## V.4. Débat

### DE LA SALLE

Vous avez rappelé que les fenêtres modernes règlent les problèmes acoustiques, mais posent des problèmes de ventilation. Quelles sont les qualités des ouvertures permettant de répondre aux deux exigences, de circulation de l'air et d'isolation contre le bruit ?

### CHRISTINE SIMONIN, Architecte acousticienne

Il existe un indice qui permet de caractériser l'isolement acoustique de l'entrée d'air. Les fenêtres à entrée d'air acoustique reposent sur le système classique du piège à sons, le son étant retenu par des chicanes recouvertes de matériaux absorbants. Il en existe à prix réduit incorporées dans les menuiseries, mais d'autres, plus coûteuses, intégrées soit dans les coffres de volets roulants, soit dans la maçonnerie, sont plus performantes. Il est également très important de vérifier le débit d'air nécessaire selon la taille des pièces et leur usage. Le système à double flux est très performant en acoustique, puisque la circulation est circonscrite à l'intérieur, sans prise d'air. En revanche, il convient de prêter attention aux bruits de ventilation et à la maintenance de ces appareils, pour les raisons de santé déjà évoquées.

### DE LA SALLE

Il me semblait que malgré une ventilation à double flux, une installation au gaz, par exemple, imposait des ouvertures sur l'extérieur.

### CHRISTINE SIMONIN

En effet, le chauffage au gaz nécessite des ouvertures. Si l'environnement est bruyant, la meilleure solution consiste à prévoir une entrée d'air intégrée dans la maçonnerie.

### MICHEL SIMON, Adjoint au Maire de Cahors en charge de l'aménagement, de l'urbanisme et du développement durable

Vous avez abordé la problématique des secteurs sauvegardés, avec leurs plafonds à la française. Une personne de la salle pourrait-elle répondre au défi d'allier patrimoine et usage ? Comment corriger l'acoustique entre deux logements superposés tout en préservant leur patrimoine ? Nous n'avons pas répondu à cette question de fond. Elle est peut-être impossible à régler.

### CHRISTINE SIMONIN

Rien n'est impossible à régler, mais cette question doit être étudiée au cas par cas. Il est, par exemple, possible de disposer les pièces sensibles dans les zones les moins exposées. Nous pouvons également imaginer des lieux intermédiaires, en plaçant par exemple des bureaux entre des commerces et des logements. Ce type de solution, utilisant l'espace comme zone tampon, permettrait de résoudre cette question à moindre frais. La matière ne règle pas tous les problèmes : l'espace et les aménagements peuvent également y contribuer.

### MICHEL SIMON

Je suis de votre avis.

### NICOLAS DETRY, Architecte spécialiste en restauration des monuments, Agence d'architecture DETRY & LEVY

Nous avons travaillé sur une villa de style Art nouveau datant de 1910 située près de Lyon. Elle avait initialement été conçue pour une seule famille, avec trois niveaux, des étages à trois mètres cinquante sous plafond, et des planchers en bois traditionnels très bruyants construits sur des poutres métalliques. Nous avons été chargés de transformer cette villa en copropriété de neuf appartements. Après le chantier, les copropriétaires et le promoteur

immobilier se sont retrouvés en procès, car la question de l'acoustique n'avait pas été réglée. J'avais préconisé un système d'isolation acoustique de ces planchers, mais chaque propriétaire a bricolé son plancher sans tenir compte de ces préconisations, ce qui s'est révélé catastrophique.

En revanche, dans le vieux Lyon, dans des habitations de canuts des XVIII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles, nous retrouvons des planchers avec poutres maîtresses apparentes, comme à Cahors. Il me semble que ce système fonctionne mieux sans intervention, car il comporte des couches de marin (qui provient de tout-venant de chaux, de briques, ...) qui forment une masse compacte et contribue assez bien à piéger le son. Les immeubles de canuts, qui sont devenus des logements collectifs, fonctionnent plutôt bien d'un point de vue acoustique.

### CHRISTINE SIMONIN

Il serait raisonnable d'effectuer un audit acoustique avant tous travaux, notamment lorsqu'il s'agit de transformer des bâtiments existants en logements collectifs. La question est effectivement difficile à régler, car les planchers ne sont pas identiques à tous les étages. Les gravats étaient utilisés pour réaliser les planchers des étages inférieurs. En revanche, les planchers s'affinent dans les étages supérieurs. Plusieurs sondages doivent donc être effectués lors du diagnostic. Nous avons la responsabilité collective d'offrir une qualité sonore satisfaisante, car ce type de problèmes finit en conflit de voisinage. J'ajoute que les travaux d'isolation acoustique sont réciproques, au contraire des travaux thermiques. Ainsi, réaliser des travaux en vue d'améliorer l'isolation phonique permet de faire la fête chez soi sans déranger les voisins. Or, j'estime qu'il est inadmissible de concevoir aujourd'hui des lieux où il n'est pas possible de le faire.

### JACKY CRUCHON, Directeur de l'urbanisme de la Ville de Bayonne

Face à la question des planchers et des plafonds dans les logements superposés, la distribution horizontale des pièces doit effectivement être étudiée, mais les duplex constituent également une solution intéressante.

Lors du diagnostic, la copropriété doit être anticipée. La connaissance des typologies du bâti en termes patrimoniaux et architecturaux nous fournit également des indices.

### DE LA SALLE

Je remarque, pour étayer les propos précédents, que les planchers des secteurs sauvegardés sont soumis à un contrôle intérieur, mais nous disposons effectivement de très peu d'éléments sur l'acoustique, ce que nous regrettons, car celui-ci impacte la santé. En centre-ville, une des solutions consiste, selon moi, à conserver les structures maîtresses, ce qui représente un travail qualitatif et un investissement, mais je pense que nous ne pouvons pas y échapper. En outre, nous ne devons pas oublier que la défiscalisation Malraux passe également par la conservation des éléments de patrimoine en centre ancien.

La question des risques d'incendie en centre ancien n'a pas été abordée. Or, il convient de rappeler la nécessité d'interventions globales en copropriété. Les interventions individuelles doivent être proscrites, comme pour un ravalement de façade.

### DE LA SALLE

Que peuvent faire les élus si des travaux de rénovation individuels ne répondent pas à cette nécessité, car les conséquences peuvent être graves ?

### JEAN ROUGER, Maire de Saintes, Vice-Président de l'ANVPAH & VSSP

Les élus sont concernés, mais leurs décisions sont très encadrées, notamment en centre ancien. Elles sont prises par l'ensemble d'une équipe, scientifique et technique.

### DE LA SALLE

Les refus non motivés, non expliqués de façon pédagogique, sont parfois très mal perçus par ceux qui les reçoivent.



JEAN ROUGER

La plupart d'entre nous s'engagent sur des solutions à caractère pédagogique. Il est indispensable de partager avec les personnes qui vivent dans les bâtiments anciens et celles qui les exploitent, afin d'adapter les bâtiments aux usages actuels. S'ils ne sont pas détournés de leur usage initial, les bâtis anciens s'inscrivent en tête des performances du développement durable. Toutefois, les détournements, souvent irréflechis, réalisés sur les bâtiments anciens ont des conséquences ultérieures. Il convient également de prendre en compte les conditions de vie, car il est effectivement indispensable de pouvoir faire la fête chez soi.



CHRISTINE SIMONIN

Le terme « isolation » m'effraie, notamment dans un espace collectif, car il est utilisé à tout-va. Je considère simplement que faire la fête est une façon d'être heureux dans son logement, ce qui contribue à être en bonne santé.



JEAN ROUGER

Je vous invite à consulter les ouvrages de Mesdames SIMONIN et DEOUX et à suivre leurs enseignements, en les intégrant très en amont de nos réflexions. ■

## VI. HUMIDITE ET VENTILATION, QUELS CONSTATS ET QUELLES SOLUTIONS POUR LE BATI ANCIEN ?

### VI.1. Introduction

JEAN LAUNAY • Député du Lot, Maire de Bretenoux

// Nous nous connaissons bien avec Jean ROUGER, car nous avons assuré un mandat de députés ensemble en 1998-2002, ayant été élu un an après Jean, dans la circonscription de Figeac. Je suis membre, avec Jean, du Conseil national des Villes et Pays d'Art et d'Histoire. Je suis également Maire de Bretenoux, bastide du XIII<sup>e</sup> siècle au nord du Lot, dans la vallée de la Dordogne. Depuis 10 ans, je suis également Vice-Président du Pays de la Vallée de la Dordogne lotoise, qui est labellisé Art et Histoire. J'ai souhaité créer une ZPPAUP dans cette commune qui ne comprend pourtant aucun monument classé ou inscrit ; seulement une demi-douzaine de ZPPAUP existe dans le Lot, ce que j'estime trop insuffisant.

afin d'éviter les vacances de logements, ce qui entraîne des investissements publics significatifs, notamment en faveur de logements sociaux. Ces derniers ne doivent toutefois pas être déconnectés des problèmes de santé, de bruit et d'humidité. La problématique de l'humidité est indissociable de l'étude d'ensemble d'un bâtiment, car il est indispensable de comprendre son comportement avant d'entamer des travaux. Il est tout aussi important que les solutions techniques employées respectent le fonctionnement du bâtiment et celui de futurs occupants.

Il me revient de présider cette table ronde sur l'humidité et la ventilation dans les bâtis anciens. Nous continuons donc à aborder le volet de la santé. **La question de l'énergie est de plus en plus prise en compte dans la réhabilitation du bâti ancien, mais celle de l'humidité est trop souvent occultée.** Les élus sont toutefois confrontés à ces problématiques, dès lors qu'ils réhabilitent des bâtiments communaux. Dans le Lot, le Conseil Général apporte son soutien aux acquisitions en centre bourg,

## VI.2. Le projet HYBROBA : étude du comportement hygrothermique des parois anciennes

JULIEN BURGHOLZER • Ingénieur-architecte au CETE de l'Est

// Ce programme a été très bien conçu, car l'approche des sujets est de plus en plus globale : l'après-midi d'hier étant centrée sur la thermie. Nous vous avons exposé le projet BATAN et des réalisations concrètes au niveau thermique. Je reviens sur une remarque énoncée par d'autres intervenants : la thermique n'est pas si simple qu'il y paraît. Le croisement des problématiques de santé, d'humidité et de thermique nous amène à réinterroger les solutions d'isolation présentées hier.

Le projet BATAN qui a démontré que les murs étaient un poste de déperdition thermique important dans les bâtiments anciens, bien que les consommations ne soient pas nécessairement très élevées si ce dernier est bien entretenu, se cantonne à un domaine thermique, tandis que **le projet HYGROBA porte sur l'étude du comportement hygrothermique des parois anciennes.**

Une fois le diagnostic thermique posé, il convient de réfléchir aux solutions à apporter, afin de conserver les propriétés perspirantes des matériaux anciens et d'éviter les pathologies et les dégradations de l'air intérieur.

Nous retrouvons un même principe d'isolation du bâti ancien dans différents ouvrages, tel que celui de Jean-Pierre OLIVA : *L'isolation écologique*. Nous avons d'ailleurs reproduit ce principe dans nos fiches conseils du projet ATHEBA. Ce principe consiste à maîtriser le flux d'air. Cette démarche ne doit pas être confondue avec la limitation de l'étanchéité à l'air, source de déperdition thermique, qu'il convient de limiter au même titre que les flux de chaleur et d'humidité.

Nous devons donc nous interroger sur la nature des matériaux, le type de parois et les performances attendues. **Le projet HYGROBA**, qui a débuté il y a quelques mois,

a pour objectif de répondre à ces questions. A terme, il **devra fournir un référentiel de solutions d'isolation sur différents types de parois anciennes, selon une approche multicritères, couvrant les aspects purement thermiques et de transfert d'humidité.**

En abordant ce sujet, nous nous apercevons que la littérature scientifique est plutôt maigre, en particulier sur le bâti ancien. L'un des objectifs du projet est donc de rassembler ses propriétés, grâce à des essais en laboratoire, afin d'étudier, dans un deuxième temps, la compatibilité des solutions d'isolation par des simulations. Ce projet est donc organisé selon trois axes : améliorer les connaissances sur les matériaux anciens, rassembler ces connaissances, et étudier leur compatibilité grâce à l'outil de simulation.

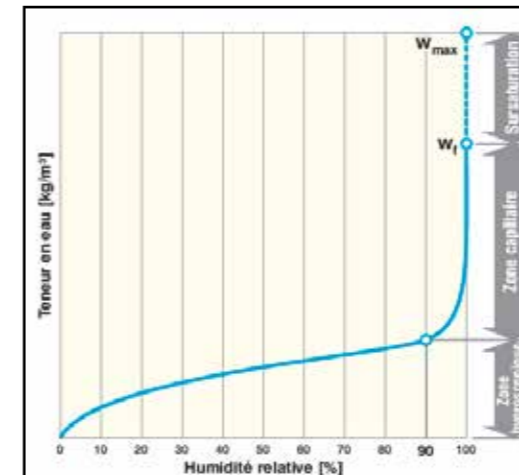
Les deux premières phases ont été réalisées. Elles portaient sur un état de l'art et un rassemblement des connaissances des propriétés hygrothermiques des matériaux de construction récents dans une base de données, en s'inspirant notamment de travaux réalisés en Allemagne, qui a pris de l'avance sur ces sujets.

Pour les matériaux anciens, nous passons par la phase de mesure, en phase 3, des propriétés hygrothermiques des matériaux de parois anciennes. Grâce à notre partenaire, le LMDC de Toulouse, ces tests sur les propriétés individuelles de ces matériaux, qu'ils soient de structure ou de mortier, sont possibles en laboratoire.

La phase 4 portera sur la modélisation, au moyen d'un logiciel, de ces propriétés et des différentes solutions d'isolation sur les murs.

La phase 5 vise à rédiger des fiches pratiques, les plus complètes possibles, même si chaque cas particulier devra continuer à être étudié spécifiquement.

**Le recensement des propriétés hygrothermiques des isolants a permis de constater qu'elles sont très variables en ce qui concerne l'humidité**, les unes étant statiques, comme la résistance à la vapeur d'eau, et les autres dynamiques, comme les courbes d'absorption le montrent. Ces courbes permettent en effet de mesurer la quantité d'eau qu'un matériau donné est capable de stocker dans sa structure en fonction d'une humidité relative. Les matériaux sont jugés plus ou moins hygroscopiques selon leur capacité à absorber un surplus d'humidité (doc. ①).



① Courbe de rétention d'humidité © CETE de l'Est

Pour les bâtis anciens, différents matériaux ont été analysés : le torchis, la terre crue, du pisé en l'occurrence, la pierre dure, la pierre tendre et la brique de terre cuite (doc. ②). Nous sommes conscients des limites de l'exercice, qui devrait être étendu à tous les matériaux, mais il s'agit d'une première approche pour ces grandes familles de matériaux, dont les éléments ont des propriétés assez similaires au sein de chacune d'elles.

Le travail de simulation sera réalisé grâce aux logiciels dynamiques de simulation WUFI et DELPHIN, développés et largement utilisés en Allemagne dans différents instituts de recherche, sous diverses configurations. Ils permettent d'étudier les transferts d'humidité et de chaleur au sein des parois. Nous imaginons toutes sortes de variables de simulation en jouant sur le climat extérieur, le revêtement extérieur, étanche ou non, les types de murs anciens, le revêtement intérieur, le type et l'épaisseur des isolants, l'éventuelle présence d'un frein vapeur, le climat intérieur, chaque paramètre se combinant aux autres. Cette phase est en cours de traitement. Elle sera suivie de la rédaction d'un protocole de test, afin d'aboutir à des fiches simplifiées par paroi. Ces fiches constitueront un premier référentiel pour l'isolation hygrothermique des parois anciennes. ■



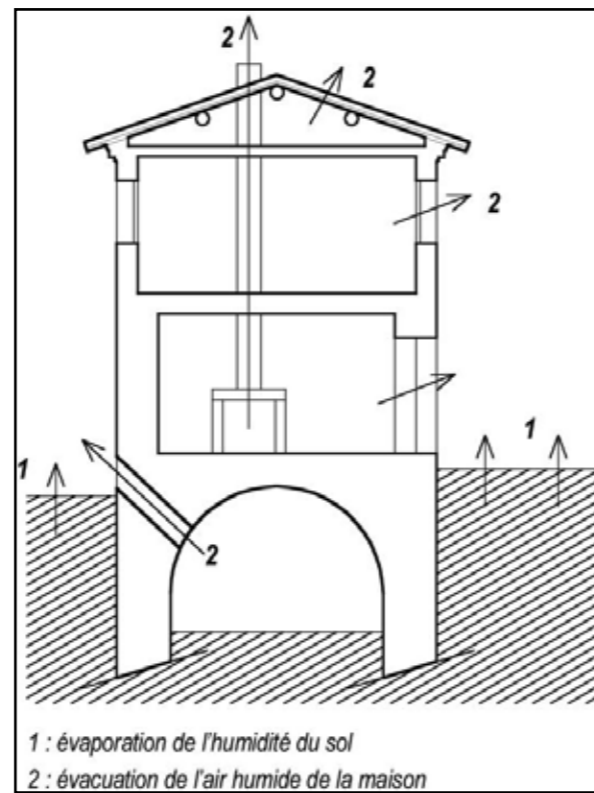
② Typologie des parois anciennes © CETE de l'Est

### VI.3. Les mécanismes globaux des questions thermiques et hygrométriques

LAURENT COIGNET • Urbaniste

// Bien des questions soulevées peuvent également s'appliquer au traitement de l'humidité. En effet, l'humidité concerne tout autant le confort résidentiel que la santé et la préservation du patrimoine. Suzanne DEOUX a abordé la question de la relation entre le bâti, le bien-être et le plaisir, mais également la notion d'adaptation réussie. Christine SIMONIN a évoqué les pratiques qui tentent de cerner les besoins des habitants et les limites. Dans le cadre du traitement de l'humidité, nous devons également nous poser ces questions, puisque dans certains cas, nous pouvons être amenés à masquer des éléments de patrimoine pour mettre les bâtiments aux normes contemporaines d'habitation, même si nous pourrions avoir envie de les conserver dans le cadre d'un programme différent. Pour certains usages, il peut être nécessaire de doubler un mur. Dans d'autres cas, il serait dommage de pratiquer cette intervention, étant souhaitable d'en conserver la vue. Ces questions sont donc transversales.

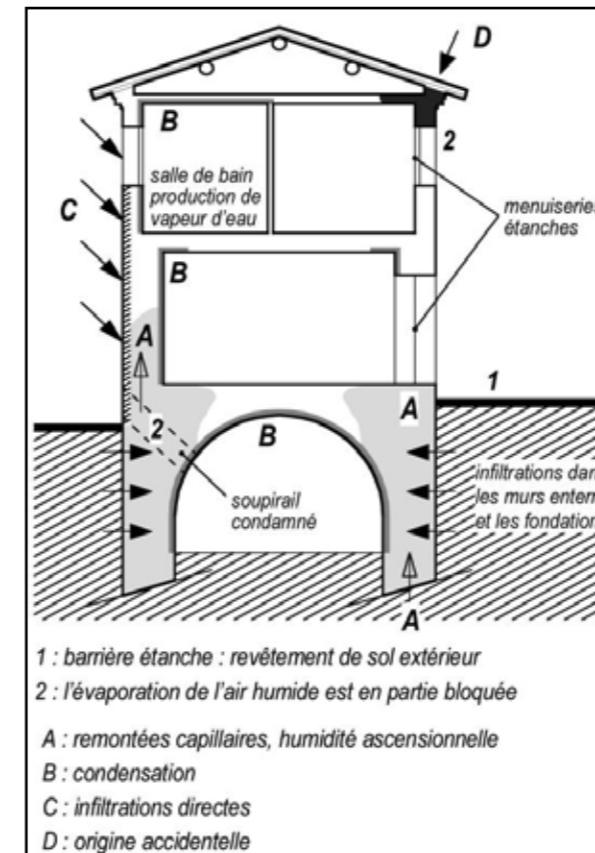
Pour étudier l'humidité, les murs de maçonnerie, de pierre, de chaux et de pisé nous intéressent particulièrement, car leurs problématiques sont similaires. Le bâti traditionnel a rarement été conçu pour répondre aux usages et aux besoins d'aujourd'hui. La maison traditionnelle, qu'elle soit située en ville ou à la campagne, est généralement entourée par des sols qui ne sont pas étanches. Elle est souvent bâtie sur une cave ventilée, dont les sols ne sont pas étanches, tout comme ses volumes et ses menuiseries. Les entrées d'air s'opèrent par la cheminée. Dans ce système, le transfert d'humidité est donc admis à l'intérieur et au travers du mur, et le problème d'humidité majeur provient du sol (doc. 1).



1 Etat de la maison traditionnelle © Laurent COIGNET

Sur ces bâtis anciens, l'application des matériaux et du mode de vie modernes sont bien souvent la cause de l'apparition de points d'humidité. En effet, les sols et les façades ayant été étanchés, l'évacuation ne peut plus s'effectuer par évaporation au travers des enduits extérieurs et des joints. Aussi, l'humidité pompée par le mur est beaucoup plus importante, puisque tous les points d'évacuation ont été supprimés. L'humidité est donc contrainte de monter plus haut pour trouver des points d'évacuation. Les usages modernes et les menuiseries, parfaitement étanches, ainsi que la suppression des cheminées et la production de vapeur d'eau par les salles

de bain et les cuisines modernes accroissent ce problème, alors que les points d'humidité continuent à exister (doc. 2).

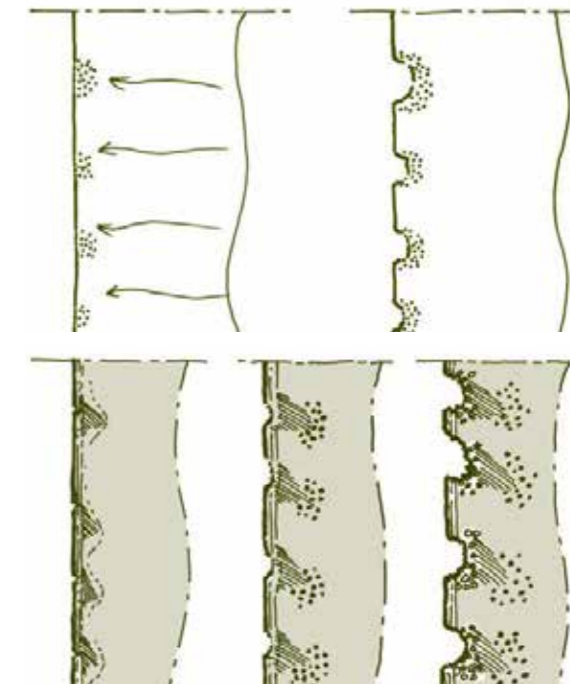


2 Aménagements ne prenant pas en compte l'humidité © Laurent COIGNET

Ainsi, sans prise en compte préalable du problème d'humidité, les chantiers de rénovation de bâtis anciens contribuent à fabriquer des boîtes parfaitement étanches, autour d'une structure qui absorbe de plus en plus d'humidité. Cette situation entraîne des problèmes sanitaires à l'intérieur du logement jusqu'à la destruction des matériaux. Les mortiers sont mouillés et perdent leur cohésion et leur résistance à la compression. La vapeur d'eau, qui ne peut s'évacuer au travers des enduits, se condense derrière ces enduits étanches, ce qui provoque leur chute. Nous le constatons tous : sur une ligne horizontale située entre 80 centimètres et un mètre de hauteur, les enduits sont totalement détruits en quelques années et les joints de maçonnerie se creusent de plus

en plus profondément. J'insiste donc sur la nécessaire admission des migrations d'eau dans les constructions traditionnelles.

Les bâtis bourgeois présentent généralement moins de problèmes que les bâtis urbains, dont les rez-de-chaussée se situent au niveau du sol. L'évaporation s'opère alors à l'extérieur ou à l'intérieur, en fonction du niveau du sol et de l'étanchéité des parois. L'humidité monte de plus en plus haut face à des enduits étanches. Selon les matériaux, l'humidité conduit à la destruction des mortiers, à une altération de l'aspect de la pierre, suite à la cristallisation ou à l'alvéolisation de celle-ci, ce qui provoque la prolifération de bactéries (doc. 3).



3 Altérations de l'aspect de la pierre : alvéolisation provoquant l'action des bactéries © Laurent COIGNET

Nous sommes également confrontés à des problèmes sur les structures portées et sur les ossatures porteuses, le bois subissant des variations dimensionnelles lorsqu'il est humide, allant jusqu'à 0,4 % dans la direction axiale (ces variations sont de moindre importance dans la direction tangentielle). Ces mouvements d'expansion et de retrait du bois contribuent également à déstabiliser la maison. Les planchers poussent les murs, ce qui provoque des fissures. Celles-ci permettent aux eaux de pluie de pénétrer dans les murs, ce qui aggrave encore la situation.

Les murs présentent également des faiblesses. Les ponts thermiques en allège sont sujets à la condensation. Les appuis sont souvent des sources de fuite. Les linteaux peuvent aussi constituer des ponts thermiques. En cas de saturation de l'humidité, la paroi intérieure du mur peut également condenser et détruire les liants composant le mur.

Le principe de base est donc d'accepter l'idée que le mur est **une mèche qui absorbe l'humidité et que si celle-ci se retrouve bloquée, elle montera de plus en plus haut**. Or, si son évaporation est permise vers l'intérieur, elle est source d'inconfort. Aussi, **après avoir assaini, drainé et créé des possibilités d'évaporation, le but est de favoriser les transferts d'humidité**, par le biais d'enduits à la chaux par exemple. Il convient d'accepter la migration de l'humidité, certaines pièces se prêtant plus facilement à ce principe que d'autres. Des traitements sont parfois nécessaires, tels que les injections de produits imperméabilisants au niveau du sol, ou des traitements par électro-forage, mais ils sont souvent complexes et coûteux. Dans des locaux d'habitat, il peut arriver qu'aucun procédé ne fonctionne. Il convient donc de permettre l'évaporation et de s'en isoler par des sols et des contre-cloisons ventilées. **Nous recherchons systématiquement la meilleure ventilation périphérique sur nos chantiers, en aménageant un sol permettant la ventilation horizontale, une prise d'air la plus basse possible et en ménageant des sorties de ventilation en toiture. La limite de ce principe se situe alors au niveau des éléments de patrimoine, qui ne doivent pas être masqués par une contre-cloison**. Dans ce cas, le programme doit être adapté à cette contrainte.

## VI.4. L'intérêt des outils de simulation pour apprécier les phénomènes liés aux transferts d'humidité

FREDERIC BETBEDER • Ingénieur, Nobatek

// Nobatek est une structure qui mène à la fois des projets d'anticipation et des opérations de terrain.

Je dirige l'équipe qui, composée d'une dizaine de personnes, est chargée d'assurer des missions de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage. Nous nous inspirons des outils de nos collègues de la recherche pour les appliquer à des opérations très concrètes, partant du principe que chaque opération de construction constitue un mini-projet de recherche dans un contexte particulier.

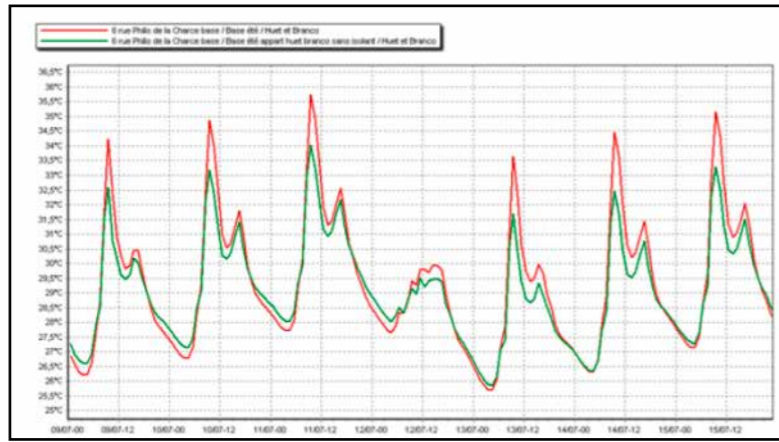
Je restitue aujourd'hui une infime partie des résultats obtenus sur la Ville de Grenoble, lors de l'étude réalisée en collaboration avec Sylvie AMSELEM et Thermifluides, un bureau d'études thermique. **L'objectif de la Ville était de déterminer les solutions techniques de réhabilitation à mettre en œuvre, en croisant les analyses architecturales, thermiques et de variations hygrothermiques dans les parois**. Je vous invite à visiter le site Internet de la Ville de Grenoble qui publie l'intégralité du guide issu de ces résultats.

Dans le cadre de cette étude, la Ville de Grenoble a échantillonné son patrimoine et nous a fourni trois sujets d'étude, assez représentatifs de son parc, datant de la fin du XVI<sup>e</sup> jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (doc. ①). Sur chaque sujet, nous avons travaillé en trois phases : nous avons effectué des relevés architecturaux, techniques et thermiques, puis nous avons réalisé des calculs, avant d'émettre des préconisations.

Nous avons utilisé deux principaux outils : WUFI et COMFIE-PLÉIADE (doc. ②) pour la réalisation de simulations de thermique dynamique. Notre objectif était de déterminer, en fonction des différentes solutions, les besoins de chauffage, de rafraîchissement, de confort d'été, ...



① Les trois bâtiments anciens retenus © Nobatek



2 Simulation Thermique Dynamique : COMFIE-PLIEADES © Nobatek

Nous nous sommes aperçus que les murs présentaient une durabilité avérée, car ils bénéficiaient d'un fonctionnement hygrothermique stabilisé. Les apports d'eau par capillarité et par infiltration de toiture sont maîtrisés bien qu'ils ne puissent être contrôlés. En revanche, ces murs sont de composition très hétérogène. Nous avons donc dû nous concentrer sur les problèmes qui nous semblaient les plus critiques, à savoir les points d'irrégularité, les zones du mur où le mortier traversait de l'extérieur vers l'intérieur.

Notre étude nous a permis de tirer les conclusions suivantes. **L'isolation par l'extérieur doit être privilégiée**, pour les raisons déjà évoquées :

- de moins grandes variations de températures induites dans les matériaux composant le mur ;
- un meilleur traitement des ponts thermiques, qui sont souvent des points à risque pour la condensation ;
- des avantages thermiques (moins de déperditions, un confort d'été mieux préservé, ...).

Certains produits isolants, à base de chaux ou de chanvre, réduisent de 30 % les besoins en chauffage avec seulement 5 à 6 centimètres d'enduit en façade. **Cette solution n'est toutefois pas toujours possible, pour des raisons techniques, économiques ou architecturales.** Dans ce cas, une isolation par l'intérieur doit être mise en œuvre, en se reportant à la classification par grandes familles que nous avons établie (doc. 3) :

- le polystyrène expansé ou extrudé, qui n'accueille pas d'eau, qui n'est pas exposé à une haute humidité relative et qui résiste très bien à la vapeur d'eau ;
- les laines minérales, qui accueillent faiblement l'eau, qui peuvent difficilement être exposées à une haute humidité relative et qui résistent peu à la vapeur d'eau ;
- les fibres de bois, les multi-pores et les silicates de calcium, qui savent accueillir l'eau sans voir nécessairement leurs performances détériorées, qui peuvent être exposées à une haute humidité relative et qui présentent une résistance faible à moyenne à la vapeur d'eau.

Famille	Exemples	Accueil d'eau	Peut être exposé à de hautes HR ?	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau ?
1	Polystyrène expansé ou extrudé	Nul	-	Haute
2	Laine minérale	Faible	Non	Faible
3	Fibre de bois, multipor, Silicate de calcium	Grand	Oui	Faible - Moyenne

3 Classement des isolants intérieurs en trois grandes familles © Nobatek

Nous avons tenté d'effectuer une modélisation sur WUFI, afin de déterminer l'incidence de ces différents isolants. Ainsi, pour prendre les exemples les plus extrêmes, la laine de verre est à éviter.

La variation d'humidité dans l'enduit et dans l'isolant a été étudiée à travers le temps ; sans pare-vapeur, l'enduit contient une quantité d'eau élevée et variable ; avec un pare-vapeur, la quantité d'eau augmente dans l'isolant, ce qui est l'inverse de l'effet recherché (doc. 4). La variation hygrométrique circule donc dans les deux sens. **Avec un pare-vapeur hygro-régulant, les taux d'humidité sont plus acceptables à la fois au sein de l'enduit et de l'isolant.** Ces résultats semblent encourageants, mais il convient de rester prudent, car à ce jour, nous avons encore assez peu de retours sur ces produits.

Nous avons tracé le même type de courbe pour un appui de solive comprenant une lame d'air entre la solive et le mortier. Nous avons ainsi mesuré la quantité d'eau en pourcentage dans la solive, avec ou sans lame d'air. Avec la lame d'air, l'humidité diminue, ce qui constitue un résultat positif (doc. 5).

Si un isolant en laine de verre est ajouté à la configuration, la quantité d'eau ne varie pas et la lame d'air ne fonctionne

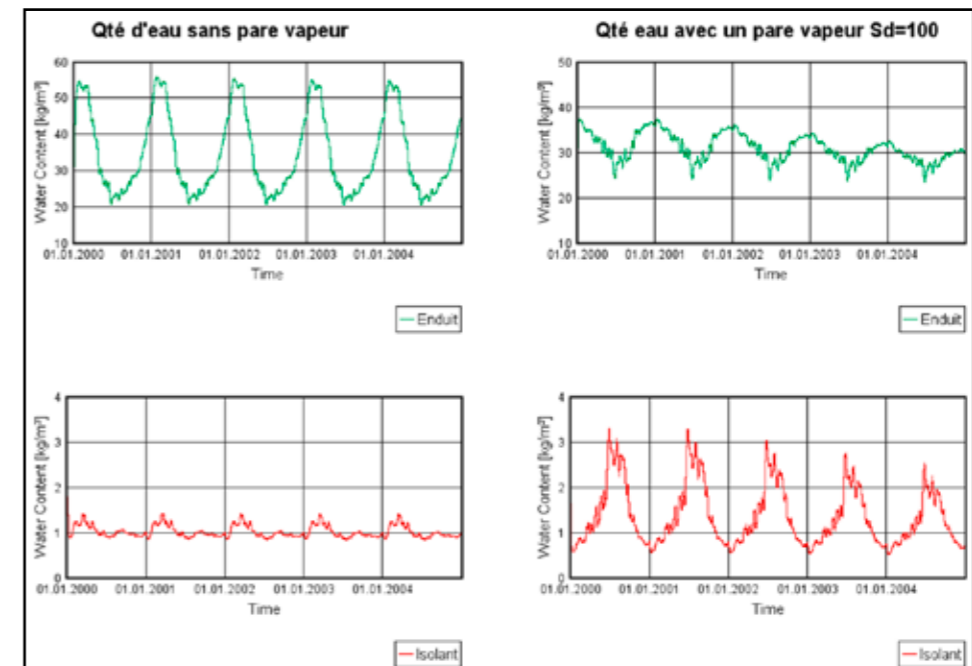
plus (doc. 6). Nous en déduisons donc qu'à partir du moment où un isolant non hygro-régulant ou perspirant est appliqué, un phénomène de concentration de l'humidité se produit dans les points d'irrégularité, et toutes les techniques utilisées aujourd'hui ne fonctionnent plus.

En conclusion, **il n'existe pas de solutions catalogues, car les cas sont trop disparates. En fait, il convient de perturber le moins possible la capacité de diffusion des murs, en préférant travailler sur d'autres plans, tels que les planchers, la toiture, les menuiseries, la ventilation ou les systèmes énergétiques.**

A titre d'exemple, je signale que nous commençons à travailler sur un bâtiment de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à Bordeaux et nous sommes contraints de respecter les standards BBC. Aussi, nous devons apporter une isolation d'un centimètre en façade.

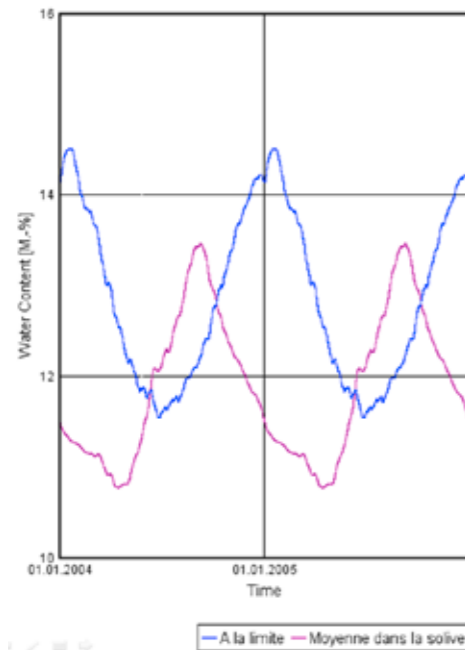
Le logiciel WUFI est difficile à généraliser, mais il est indispensable pour traiter les cas particuliers, d'où l'intérêt des fiches présentant un maximum de cas.

Enfin, **vous ne devez pas oublier de privilégier l'isolation extérieure et ne pas négliger l'intérêt de la chaux et du chanvre, qui peuvent réellement améliorer l'efficacité hygrothermique.** ■

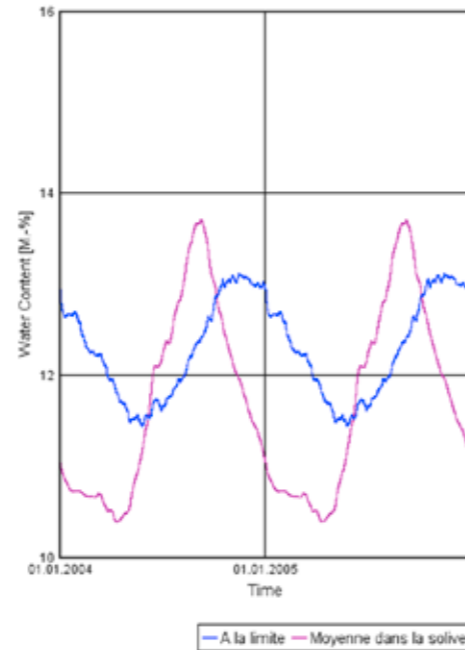


4 Variation d'humidité dans l'enduit et dans l'isolant avec et sans pare-vapeur © Nobatek

Qté d'eau (%) dans la solive sans lame d'air

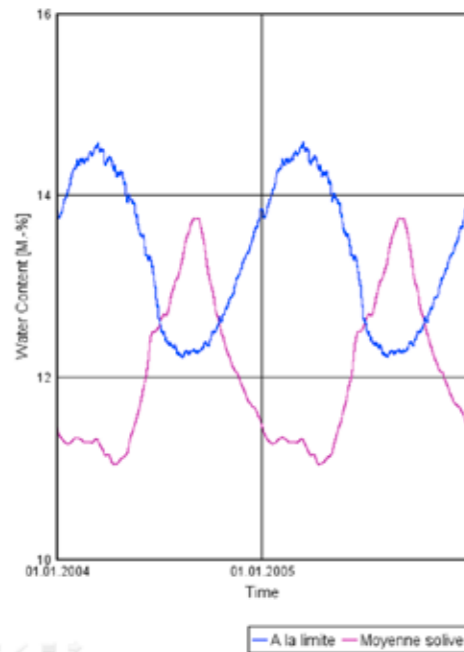


Qté d'eau (%) dans la solive avec lame d'air

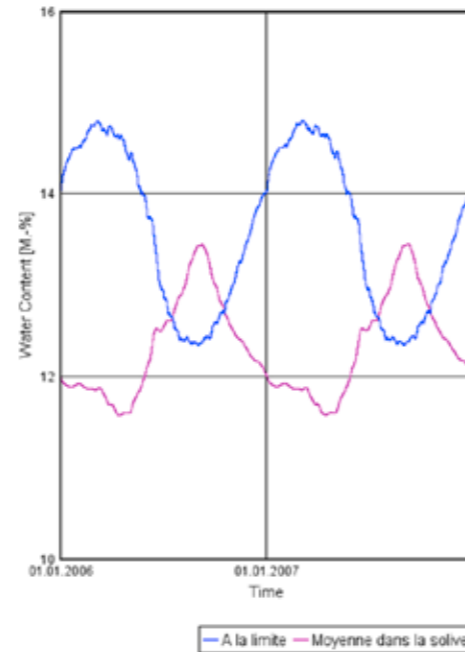


5 Variation d'humidité pour un appui de solive avec et sans lame d'air © Nobatek

Qté eau (%) solive avec lame d'air et LdV



Qté eau (%) solive, sans lame d'air et LdV



6 Variation d'humidité pour un appui de solive avec et sans lame d'air avec ajout de laine de verre © Nobatek

## VI.5. L'isolation par l'extérieur et les doublages ventilés

MATTHIAS RICHTER • Physicien du bâtiment, Directeur de Midi-ENR

// J'ai créé le bureau Midi-ENR il y a environ deux ans et demi.

La question thermique est facile à résoudre en l'absence d'eau, qui apporte des acariens et d'autres désagréments. Mon bureau s'occupe autant de projets de recherche et développement que d'opérations de maîtrise d'œuvre, mais globalement, nous évitons les missions d'audit thermique.

L'homme a horreur de l'absence de confort et dès qu'il perçoit une faiblesse, il tente d'apporter une correction, en augmentant la puissance du chauffage, en installant une climatisation, en fermant les volets, ce qui contribue à dégrader les performances énergétiques initiales du bâtiment.

Les sources d'humidité sont assez bien connues. Une fois à l'intérieur, l'humidité peut s'échapper soit par ventilation, soit par un mur respirant.

Au mois de juillet, le taux d'humidité peut facilement atteindre 80 à 90 %, l'air extérieur étant humide et l'air intérieur étant plus sec. Or, tous les calculs sont fondés sur une humidité relative de 50 %. Or, ce qui était totalement inoffensif à 50 % d'humidité devient gênant à 80 ou 90 % d'humidité. Aussi, **baser la conception d'une maison sur des murs perspirants est peu réaliste.**

### DEFINITION - REPERE

En termes de ventilation, le renouvellement de l'air est d'environ 200 m<sup>3</sup>, soit 0,3 m<sup>3</sup> par heure pour une surface de 80 m<sup>2</sup>.

+++++

Par ailleurs, il est d'usage de ventiler les caves en été, afin de traiter les problèmes d'humidité montante. J'estime toutefois dommage d'ouvrir les portes des églises l'été pour y faire pénétrer les touristes, car les fondations sont à la même température que le sol et l'ouverture des portes crée de la condensation en bas du mur. Celle-ci est ensuite confondue avec la remontée capillaire, qui existe, mais qui est beaucoup plus rare. Il s'agit souvent de sels, qui perdurent dans les murs. Avant d'investir dans des barrières horizontales, il convient donc, en premier lieu, de considérer la question de la ventilation.

**Des moisissures surviennent dans les conditions suivantes : 75 à 80 % d'humidité relative pour une température de 10 à 30°C.** Cette configuration se retrouve notamment si le mur est isolé par l'intérieur, car il devient alors froid et de la condensation se produit. En revanche, les pare-vapeur placés à l'intérieur s'ajustent à la régulation de l'humidité et permettent de sécher la structure.

**Je considère la solution de l'isolation thermique par l'intérieur sans pare-vapeur comme la plus économique pour isoler un mur, mais également comme la plus dangereuse** de toutes celles qui existent. Une fuite située aux murs ou au plafond peut provoquer la condensation, ce qui induit le passage lent de l'air sur des éléments froids. Ces infiltrations sur les murs provoquent de la condensation et des moisissures. Le plus dangereux n'est pas forcément la diffusion au travers du mur, mais les petits trous qui s'y logent. En France, l'isolation est assurée par des plaques de polystyrène, complétée de Placoplatre, ménageant une lame d'air d'un centimètre entre les deux. Ensuite, les différents artisans percent des trous dans les cloisons, par lesquels l'air passe. En descendant, l'air se

rafraîchit, puis se condense. Dans le cas de la présence d'une solive ou d'une poutre, l'isolant présente la même température en tous points, alors qu'elle devrait varier. L'air froid reste dans la tête de la poutre, qui va moisir. Cette situation, combinée à une gouttière défectueuse et à un apport d'eau par diffusion par l'extérieur, risque de provoquer l'effondrement du plafond.

**Nous préconisons que les éléments d'isolation thermique soient en contact direct avec les murs, qu'ils soient hydrophiles et dotés d'une activité capillaire** (les laines de verre et de roche sont donc à proscrire), **qu'ils aient un fort pouvoir isolant, qu'ils soient étanches à l'air et ouverts à la diffusion.**

Je vous cite quelques exemples de matériaux satisfaisants :

- la ouate de cellulose projetée en état humide ;
- les panneaux minéraux poreux (tels que Multipor, Redstone, etc.) ou les panneaux organiques collés sans lame d'air ;
- les enduits isolants, tels que le chanvre, la chaux, ...

Le Redstone, qui s'apparente à de la mousse béton, est très utilisé en Afrique, mais n'existe pas en France.

En revanche, il convient d'éviter les laines minérales, les panneaux EPS collés sur des plots et les solutions universelles.

En conclusion, il est rare qu'un maître d'œuvre s'associe les compétences d'un bureau d'études. Or, selon les Anglais : « **good design, you pay now ; bad design, you pay later** ». Les coûts liés aux dégâts dépassent effectivement largement les honoraires des bureaux d'études. **Il conviendra donc d'établir un catalogue de détails adaptés aux structures de conception et au climat local.** ■

## VI.6. Débat



**SUZANNE DEOUX,**

Docteur en médecine, Professeur associé à l'Université d'Angers, Gérante de MEDIECO, société de management de la santé dans le cadre bâti urbain, Présidente de Bâtiment Santé Plus

Quels retours avez-vous sur les matériaux organiques ? Ne sont-ils pas victimes de leur succès par rapport à la perspiration ? Comment se comportent-ils vis-à-vis de la moisissure ?



**MATTHIAS RICHTER,**

Physicien du bâtiment, Directeur de Midi-ENR

D'après notre expérience, l'élément le plus important est l'étanchéité à l'air. Nous travaillons en PACA où nous n'utilisons pas les pare-vapeur, car leur efficacité est diminuée par les petits trous présents dans les parois, l'infiltration transportant beaucoup plus d'humidité que la diffusion. En outre, les pare-vapeur empêchent le séchage de la structure. Le pire isolant est, selon moi, la laine de roche. Julien BURGOLZER a présenté la courbe d'absorption, relevant l'humidité relative et la quantité d'eau acceptée une fois tous les pores du matériau saturés. Avec un matériau contenant beaucoup d'air mais pas de capillaire, il n'y a pas de phénomène de diffusion. Cet air est pompé au point de rosée et l'eau y reste, ne pouvant s'échapper par capillarité. Sous des climats différents, l'attitude à adopter peut être différente. Le meilleur choix consiste, selon moi, à privilégier la ouate de cellulose insufflée et la ouate de cellulose projetée en état humide, conférant une couche plus dense.



**SUZANNE DEOUX**

Il n'y a toutefois rien à manger dans la laine minérale pour les acariens, même en présence d'eau.



**MATTHIAS RICHTER**

La laine minérale n'est pas classée A.



**SUZANNE DEOUX**

Si, elle est classée A+ au niveau des émissions. Certaines sont même classées « Indoor Air Confort », comprenant 95 % de minéral et seulement 5 % d'organique.



**MATTHIAS RICHTER**

En fait, elles comprennent souvent plus de 5 % d'organique, ce qui suffit.



**SUZANNE DEOUX**

Nous avons mesuré les croissances de moisissures sur des laines minérales : elles sont moins appréciées des moisissures que la ouate de cellulose ou d'autres produits organiques.



**MATTHIAS RICHTER**

La laine minérale se comporte de la même manière que les autres isolants organiques, une fois l'humidité stockée, car celle-ci ne peut s'échapper. En outre, la laine minérale est entourée de matériaux, prêts à nourrir les champignons, notamment dans les bâtiments anciens. Je préfère donc les matériaux capables de transporter l'humidité et de sécher, plutôt que ceux qui ne parviennent pas à sécher. Je suis toutefois d'accord avec vous sur le point suivant : il est primordial d'éviter que l'eau ne pénètre dans la structure, indépendamment de l'isolant choisi. Dès l'apparition d'un point d'infiltration, les problèmes d'humidité et de moisissures surviennent, quel que soit l'isolant mis en place. Vous aurez toutefois moins de moisissures avec un produit organique, car il sèche plus vite. Les résultats obtenus en laboratoire peuvent être biaisés, car en milieu réel, une dizaine de jours est nécessaire pour que le matériau ne sèche. Un matériau capable de transporter l'humidité est donc, selon moi, plus robuste que celui qui n'en a pas la capacité.



**LAURENT COIGNET,**

Urbaniste

S'agissant des isolants minéraux, nous ne pouvons pas adopter le même raisonnement sur les bâtis neufs et anciens.

**SUZANNE DEOUX**

Ma question portait sur les autres matériaux que la laine minérale.

**YVES BELMONT,**

Conseiller pour l'architecture, DRAC Rhône-Alpes

La question, de ce que j'ai retenu de l'étude de Nobatek, est de savoir s'il peut y avoir temporairement de l'humidité tant qu'un processus d'assèchement s'ensuit. Nous avons eu une vision optimiste sur Grenoble. Matthias RICHTER nous a dressé un tableau beaucoup plus alarmiste.

**FREDERIC BETBEDER,**

Ingénieur, Nobatek

Ces matériaux organiques, utilisés seuls, sont plus préjudiciables qu'une laine minérale. En revanche, avec les murs ayant un comportement dynamique, le fait d'ajouter une laine minérale bloque le processus d'assèchement et conduit à l'accumulation de l'humidité. Au niveau du cycle de vie du mur, ces matériaux organiques restent tout de même relativement secs, car ils parviennent à diffuser.

**LAURENT COIGNET**

Ces échanges soulèvent un point que j'aurais souhaité développer lors de mon exposé : l'importance absolue du diagnostic sur site, qui permet de déterminer la nature de la question posée, les performances recherchées, et l'usage ultérieur des bâtiments, sachant que notre rôle est de croiser toutes ces questions pour apporter la solution adéquate. La contre-cloison ventilée, par exemple, a pour

but de réaménager, face à un mur humide, des conditions d'habitabilité acceptables, en recréant du neuf, car tout isolant, étant solidaire du mur, génère des conditions d'adaptabilité inacceptables.

**MATTHIAS RICHTER**

Je ne partage pas complètement votre avis. Nous avons réalisé un chantier de ce type il y a quelques années et les résultats étaient assez mitigés. Nous avons constaté qu'avec un mur de 30 à 40 centimètres, les températures à l'intérieur du mur dépassent rarement le point de rosée. Si ce mur est exposé en permanence, étant par exemple situé face à la mer, cela crée une situation de condensation permanente. En revanche, les turbo planchers permettent de traiter très correctement les problèmes d'humidité provenant du sol.

**LAURENT COIGNET**

Tout dépend effectivement de l'exposition. L'ensemble de ces éléments doit être pris en compte dans le diagnostic, qui est absolument nécessaire. Dans certains cas, la ventilation par le sol peut ne pas suffire. ■





---

**Crédits photographiques, couverture :**

Grandes photos : Cahors © Carole BOUFFIE / Photothèque Ville de Cahors - Cahors © Pierre LASVENES / Photothèque Ville de Cahors - Cahors  
© ANVPAH & VSSP

Petites photos : Lyon © Agence d'architecture DETRY & LEVY - Cahors © Dominique VIET / CRT Midi-Pyrénées - Cahors



## Développer la compétitivité des territoires

Fort de son ancrage territorial, le groupe Caisse des Dépôts mobilise ses savoir-faire, son expertise et sa capacité d'innovation pour accompagner l'ensemble des acteurs locaux et répondre, à leurs côtés, aux nouveaux défis des territoires.

La compétitivité économique des territoires dépend de la qualité de leurs équipements et de leur bonne intégration dans l'économie nationale et internationale.

Ceci exige de prendre en compte l'ensemble de leurs spécificités et de leurs atouts, en matière d'immobilier, d'infrastructures, de vitalité du tissu économique, d'attractivité des institutions universitaires et de capacité d'innovation ou encore de qualité de vie.

Le groupe Caisse des Dépôts accompagne le développement et la modernisation des territoires, en privilégiant les solutions les plus

respectueuses de l'environnement. Il apporte les financements nécessaires, aide à la conception des projets, conseille les collectivités et intervient via ses filiales (Transdev, Egis, CDC Infrastructure, SCET, Icade, Groupe SNI, Compagnie des Alpes, Belambra) en tant qu'ingénieur, promoteur, opérateur et exploitant.

Dans un contexte de raréfaction des financements de long terme pour les projets territoriaux, la Caisse des Dépôts mobilise une enveloppe de 20 Md€ de prêts sur fonds d'épargne sur la période 2013-2017, pour financer les collectivités locales à long et très long terme.



Caisse des dépôts et consignations  
56, rue de Lille - 75356 Paris 07 SP - 01 58 50 00 00  
[www.groupecaissedesdepots.fr](http://www.groupecaissedesdepots.fr)