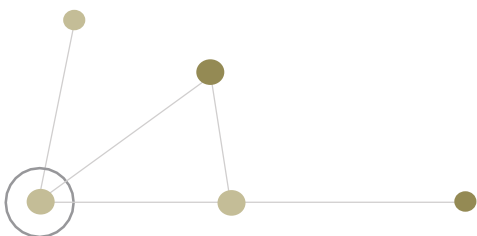


CITE DES DOUANES

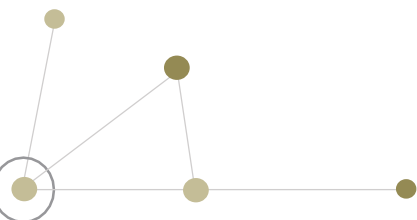
Réfection des façades des Bât D & E au Havre (76)

Diagnostic architectural & technique



SOMMAIRE

1. HISTOIRE DES BÂTIMENTS	2
1.1. Construction initiale	2
1.2. Le Devenir du site	3
1.3. Les transformations des bâtiments D&E	4
1.3.1. Démolitions	4
1.3.2. Structure & distribution	4
1.3.3. Fenêtres	5
1.3.4. Enduits & corniches	5
1.4. Pas de protection au titre du PLU	6
1.5. Vers une rénovation globale	7
2. DIAGNOSTIC VISUEL	8
2.1. Visite intérieure	8
2.2. Examen des façades	8
2.2.1. Remontées Capillaires	8
2.2.2. Fissurations d'enduits	9
2.2.3. Gouttières	10
2.2.4. Corniches	10
2.3. Humidité des murs anciens	13
2.4. Risque de submersion	14
2.5. Production d'eau chaude	15
2.6. Distribution et émission de chauffage	17
2.7. Ventilation	19
2.8. Approche thermique et réglementaire	20
2.8.1. Champ d'application	20
2.8.2. Exigences réglementaires	21
2.8.3. Comparaison ITE et ITI	22
2.8.4. Fiche CEE	23





1. HISTOIRE DES BÂTIMENTS

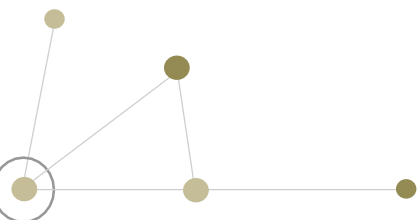
1.1. Construction initiale

Les bâtiment D & E font partie d'un ensemble urbain & architectural particulièrement marquant: l'ancienne caserne des Douanes du Havre. Dans un îlot entouré de 4 rues, le corps principal constituait d'une rue à l'autre une immense barre de 170m de long sur plus 33m de côté, percée de cours intérieures assurant éclairage et ventilation.

« La Caserne des Douanes a été construite en deux campagnes : le premier ensemble a été construit en 1846 sur des plans de l'architecte de la ville Fortuné Brunet-Debaisnes ; deux autres corps de bâtiments symétriques ont été élevés au sud en 1858. » (extrait des archives municipales)

« Afin d'assainir le périmètre à construire, Brunet-Debaisnes ait fait procéder à son assèchement puis entrepris de le rehausser de 2,00m avec de la terre en provenance de la ville haute » (citations extrait du Blog Havrais dire)

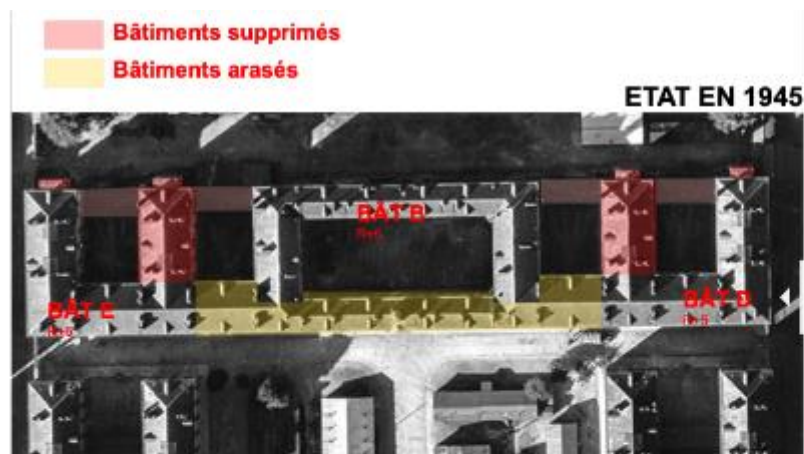
De facture néo-classique, les bâtiments ont été construits en brique apparente ton sable, avec soubassement, harpage, moulures et corniches de brique et de pierre, charpente et planchers bois, couverture Ardoise.



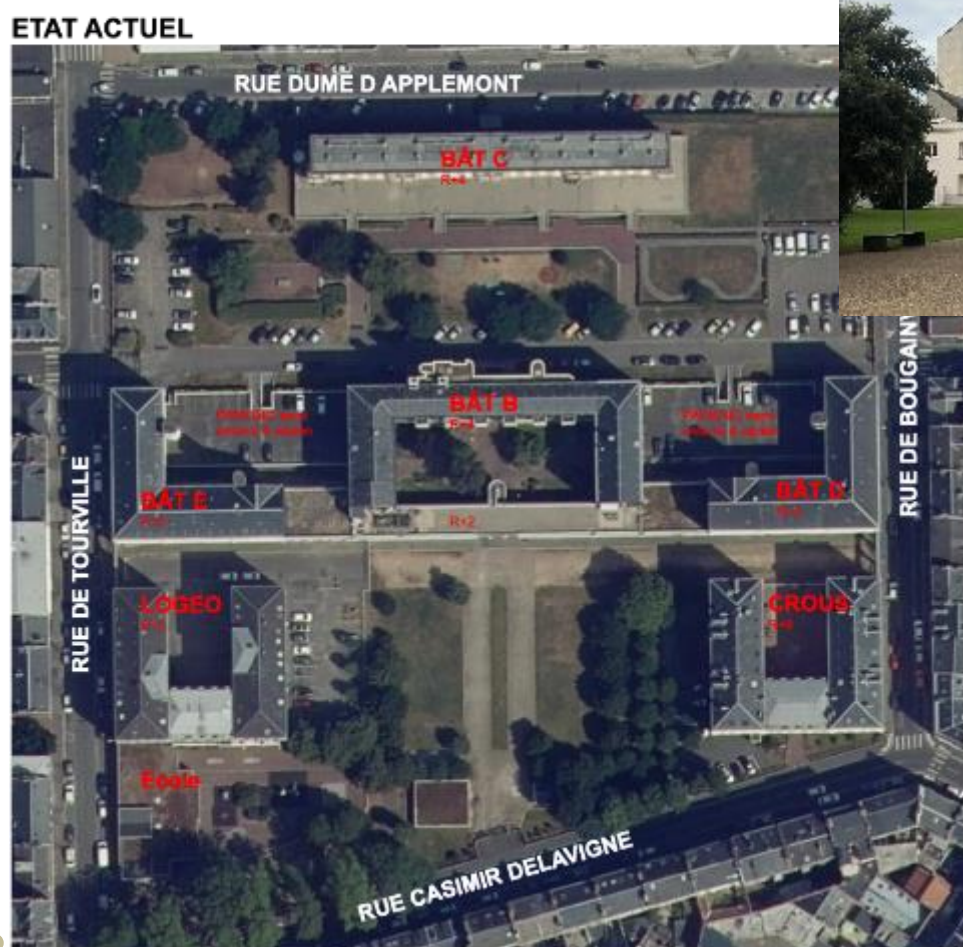
1.2. Le Devenir du site

Epargné par les bombardements de la seconde guerre mondiale, le bâtiment central a été endommagé par deux incendies en 1976. Les projets de restauration des divers bâtiments de la cité des douanes se sont succédés entre les années 1960 et 1990. Des travaux ont consisté à supprimer des ailes pour ouvrir les cours intérieures et apporter plus de lumière aux logements. En 1984, le bâtiment resté sans couverture est arasé. La restauration radicale a été achevée en 1993.

Dans le même temps, La caserne s'est ouverte aux bailleurs sociaux (LOGEO) et aux étudiants (CROUS). Elle est devenue la Cité des Douanes.



La façade Nord avant les démolitions



Démolition/transformation du bat C - années 90



La facade Nord avant/après les démolitions (1960-1990)



1.3. Les transformations des bâtiments D&E

Malgré les apparences, il ne reste donc plus grand chose des bâtiments initiaux. Les façades des bâtiments D & E ont été beaucoup plus remaniées que les autres bâtiments du site. Cependant, nous n'avons retrouvé aucun document concernant les travaux.

1.3.1. Démolitions

Divers bâtiments ont été supprimés (Ailes entières, et avant corps au Nord), divers édicules également (chien assis, cheminées) ... Les corniches qui soulignaient les fenêtres dans les étages hauts ont disparu. La construction de parking semi enterrés dans les étages a mis à jour partiellement les murs de fondations.

1.3.2. Structure & distribution

Si presque tous les murs périphériques et refends sont en briques (épaisseur variables 22, 33, 45 cm), les circulations communes sont en maçonnerie de parpaing et les planchers sont en béton (type poutrelle hourdis). Des cages d'ascenseurs ont également été ajoutées en façades sous forme de tour et arrivent à mi palier des escaliers. Les pignons au droit des ailes supprimées sont en maçonneries de parpaing avec poteaux et poutres apparente ou essentage ardoise.

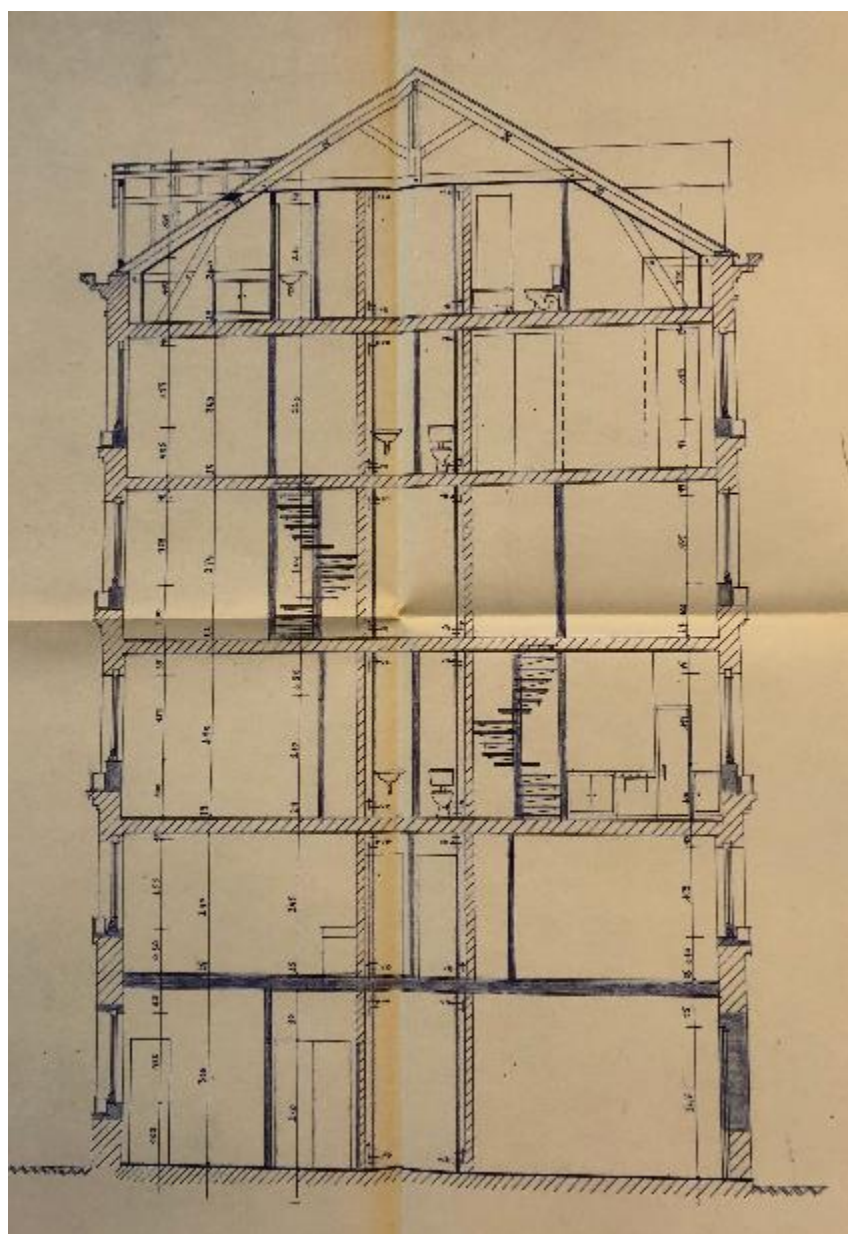


1.3.3. Fenêtres

Les fenêtres d'origine de proportions verticales ont disparu au profit de fenêtres PVC de dimensions carrées, plus larges et moins hautes. Tous les linteaux en brique ont donc été remplacés par des linteaux en béton et les allèges surélevées en maçonneries. Au rdc, elles ont été dotées de volets roulants, et de persiennes coulissantes sur rails en étage.

1.3.4. Enduits & corniches

Comme geste de renforcement, d'homogénéisation et d'étanchéité, les murs périphériques ont reçu un enduit ciment intérieur/extérieur (en lieu et place probable d'un enduit plus ancien). Les corniches et listels restantes, en pierre et briques, ont notamment été recouverts, réparés, complétés avec du ciment. Il est difficile aujourd'hui de distinguer les uns des autres. Les chenaux encastrés ont été supprimés au profit de gouttière à la havraise sur couverture recouvrant le sommet des murs.



Bât E & Bât Logeo rue de Tourville- deux rénovations différentes: fenêtres, corniches...

Coupe projet de rénovation sur Bât 6 (actuellement LOGEO) - 1968 - archives municipales. Contrairement aux bâtiments D&E les allèges seront surélevées sans être élargies, en gardant les proportions verticales initiales.

1.4. Pas de protection au titre du PLU

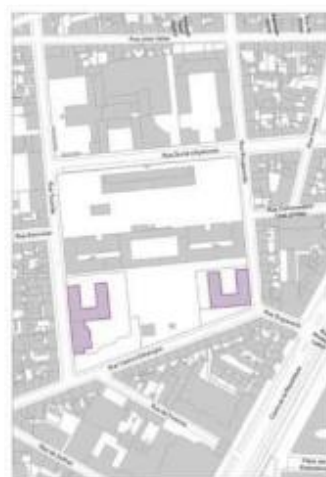
Le rapport de présentation du PLU souligne que le quartier Danton est caractérisé par une architecture en brique rouge et jaune remarquable, parfois conjuguée à la pierre et plus rarement d'autre matériaux.

Les immeubles plots (LOGEO & CROUS) au sud de la cité des douanes sont inscrits au répertoire du patrimoine avec des prescriptions tels que : la conservation des modénatures, etc... (voir ci-dessous) mais pas les bâtiments Nord (B,D, & E) probablement à cause du fait des profondes transformations passées.

Par contre, contrairement à ce qui est noté dans la fiche et au vu des photos d'époque, les enduits maçonnés ne sont pas d'origine et, vu leur nature, ils ne devraient pas faire l'objet d'une protection particulière.

05-0003 - CITE DES DOUANES

Rue Casimir Delavigne



CLASSIFICATION : 05 - Maison néo-classique en brique enduite

PROPRIETAIRE : Etat

DESCRIPTION

Construite en plusieurs étapes de 1846 à 1877, la caserne abritait jusqu'à 2500 personnes et comportait notamment des écoles, des commerces, un restaurant, des locaux communs. Endommagés par des incendies, les bâtiments ont depuis été restaurés. Constructions de 4 étages avec combles construites en brique avec enduit sur un plan symétrique rectangulaire.

PRESCRIPTIONS

L'isolation par l'extérieur est proscrite. Préservation du caractère patrimonial (cheminées, modénatures, linteaux, lucarnes, ferronneries, enduits maçonnés, garde-corps, volets, etc.). L'ensemble des portes en bois est à conserver et à réparer si besoin. Si déjà supprimées ou à créer, utiliser du bois ou de l'aluminium avec des modénatures dans le respect des modèles originaux ou anciens. Quand elles existent, il sera demandé de conserver les impostes vitrées. Pas de volets roulants mais des volets en bois à battants ou repliés en tableau. Les matériaux de couvertures seront en ardoises à pureau entier et les évacuations (gouttières et descentes eaux pluviales) en zinc. dans le cadre d'un ravalement, il sera demandé de préserver ou de reconstituer les éléments décoratifs et les reliefs originaux.

1.5. Vers une rénovation globale

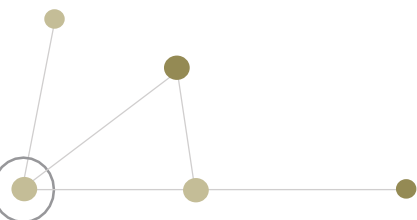
Malgré les transformations qui les ont touchés différemment, les bâtiments Nord & Sud sont encore liés entre eux par beaucoup de similitudes: leur volumétrie, les matériaux, la composition, les modénatures, leur rapport à la rue et bien sûr par le dispositif d'arcatures et de grilles en fontes marquant les entrées... Les bâtiments sont incontestablement liés par la puissance disciplinaire et institutionnelle qui leur a été insufflée dès l'origine. Faut-il pour autant rechercher une cohérence et une continuité entre les bâtiments Sud & Nord ? Faut-il rompre ?

Récemment, la remarquable rénovation de la caserne des Pompiers Dumé D'aplemon a révélé un peu plus les aspects pauvres, composites et dissonants de la façade Nord des Douanes située en vis à vis...

Or, la Douanes et ses habitants ne sont pas prêts de vouloir en partir, comme ils ne sont pas prêts non plus, pour des raisons de sécurité, de s'ouvrir aux passants. L'institution n'est pas morte.

Voilà pourquoi, même si ses mutations successives ne sont pas une réussite, il nous faut à nouveau remettre la Cité sur le métier de la rénovation pour que enfin « La Douane » retrouve grâce aux yeux de tous.

La caserne et son école vue du Sud de la rue Tourville.



2. DIAGNOSTIC VISUEL

2.1. Visite intérieure

Les logements sont distribués en R+4. L'étage habitable des combles en R+5 est vide et un lit d'isolation en laine de verre est posé au sol. Une étude thermique a été réalisée pour connaître les performances et le comportement des parois actuelles. L'intérieur d'un logement (2ème étage) nous est apparu sain. Il bénéficie d'une isolation (50+13) par l'intérieur et d'une VMC.

Dans les combles, la charpente présente des signes de faiblesse (attaques xylophage ou pourriture) à quelques endroits. On nous a informés qu'elle serait traitée prochainement.

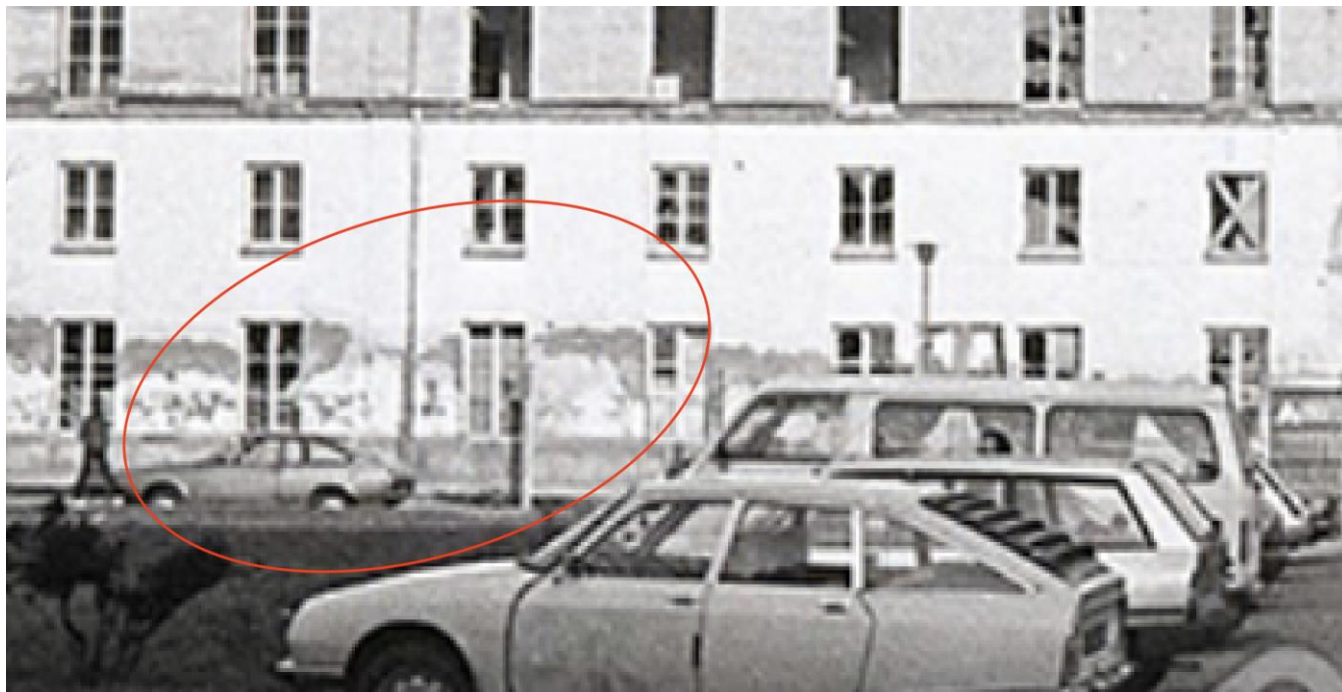
2.2. Examen des façades

La mission de diagnostic se focalise sur les façades puisque les enduits, corniches, moulures et listels se dégradent et tombent en débris sur le sol. Nous avons pu profiter d'une campagne de purges réalisée par la société Acrobat pour examiner les corniches de près. Un relevé visuel systématique des fissures en façade a également été réalisé afin d'en avoir une vue exhaustive.

Les précédents ravalements datent de 2015 (documents transmis par la direction des Douanes) et 1999 (indiqué sur une plaque de rue)

2.2.1. Remontées Capillaires

Nous avons constaté des remontées capillaires sur l'ensemble des façades. Il n'y aurait pas de coupure de capillarité (assez courant pour l'époque). La peinture se cloque et les enduits se fissurent. Même constat à l'intérieur des bâtiments sur les murs de la cage d'escalier. Pas de visibilité sur les parois intérieures des façades du fait des doublages.



Zoom sur une photo des années 80 qui montre que les remontées capillaires sont un problème ancien et récurrent. Cela explique probablement les petites barbacanes en pied de façade censées drainer l'eau (pas vraiment efficace !).



Remontées capillaires: cloques et fissures sur la hauteur des Rez-de-chaussée

2.2.2. Fissurations d'enduits

Nous avons également repéré des fissurations superficielles sur l'ensemble des façades. Les fissures semblent réapparaître aux mêmes endroits: au droits des appuis, des linteaux, le long des tableaux, à la jonction des cages d'ascenseurs.

Elles sont probablement liés à la nature hétérogènes des murs suite aux transformations précédentes, ainsi qu'à des tassements différentiels du sol.

La présence d'un réseau de fissures sur le mur Ouest du Bât D a attiré notre attention. Un sondage réalisé grâce à la nacelle révèle un enduit non homogène, qui sonne creux, mélange de ciment avec des débris d'ardoises. Les même type de fissure laisse présager une cause identique en symétrie sur le pignon Est du Bât E.



Sondage sur fissure : mélange enduits ciment & ardoise - présence d'eau

2.2.3. Gouttières

Les descentes de gouttières sont dans un état général moyen. Une seule gouttière récente neuve sur l'ensemble des bâtiments. Les fixations se détachent, les fontes sont rouillées.



Etat des gouttières et descentes de gouttière

2.2.4. Corniches

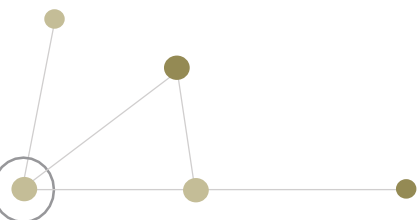
Les corniches, moulures et listels se dégradent. Des morceaux de corniches se détachent. La purge en cours de l'entreprise ACROBAT révèle que le phénomène s'étend.

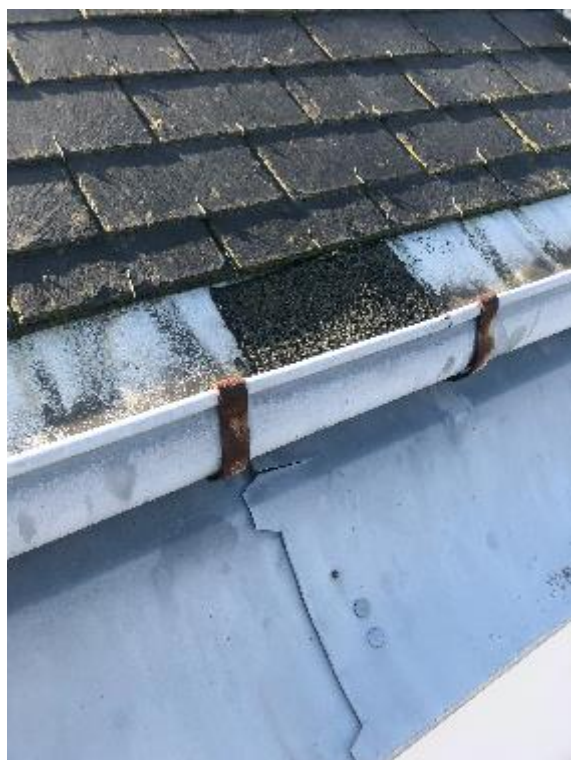
La corniche de couronnement était composée originellement d'une pierre calcaire sculptée formant l'entablement, puis de briques habillées de plâtre constituant les volutes de jonction jusqu'au mur. Plus bas, un boudin en pierre forme une sorte de listel.

Divers réparations ont été faites au cours du temps: on constate des rustines en ciment moulé sur les listels ou des portions entières de corniches remplacées, des renforts en métal (plat métallique) sous les briques, et pour finir un enduits ciments venu recouvrir le tout ainsi que différentes couches de peinture. Si la pierre d'entablement semble encore solide malgré une surface usée et poudreuse, les pierres des listels sont friables. Les briques, et leurs joints sont également très abimés. Dans les parties mises à jour, les joints s'effritent sous les doigts et la brique part en petits morceaux.

A l'endroit examinée à la nacelle, la corniche est protégée par une couvrtine en zinc et une gouttière à la havraise dans un état limite (diverses rustines et trous). Les infiltrations sont probablement à l'origine de la dégradation des corniches.

Le relevé visuel montre que les gouttières dans un état similaires concernent les 4/5 du bâtiment. A noter qu'une partie récente de gouttière (façade Nord, Bât E) n'a pas empêché la corniche de se détacher au droit de celle-ci.





Etat de la gouttière & de la couverture



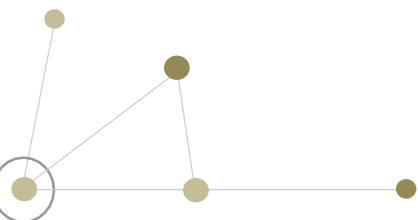
Pierre avec réparation en ciment



Fers rouillés en sous-face des briques



Mélange plâtre, enduits chaux, ciment, brique



Nous avons pu constater la présence d'aciers corrodés à de nombreux emplacements sur les façades ayant provoqués un éclatement du fait de leur augmentation de volume sous l'effet de la corrosion. Les désordres affectant les structures en pierre commencent à la surface par de fines fissures et de légères traces de teinte ocre. Puis l'élargissement des fissures permet à la rouille (hydroxyde de fer) de suinter.

Ce phénomène peut-être dû à une porosité excessive des surfaces mais plus généralement est provoqué par un mauvais enrobage des aciers.

Il sera donc indispensable avant d'encoffrer les parements de façade avec une isolation thermique par l'extérieur de réaliser une campagne systématique de traitement.

Avant de réparer les zones dégradées (armatures apparentes, éclatements, traces de rouille, etc.), les revêtements non adhérents doivent être retirés, sur toute leur épaisseur, par un moyen mécanique.

Pour traiter les armatures corrodées, il convient de les dégager par burinage, jet d'eau ou sablage. La bonne tenue dans le temps des réfections de parement, dépend directement de la qualité d'exécution de ces travaux.

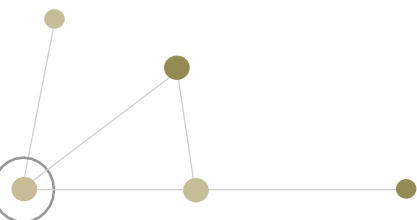
Les aciers dégagés sont ensuite passivés par l'application de produits de cure et les pierres reconstituées par application de primaire d'accrochage puis de mortier de résine.



Corniches dégradées en pignon Nord & Ouest - bât D



Corniches dégradées en façade Nord - bât E



2.3. Humidité des murs anciens

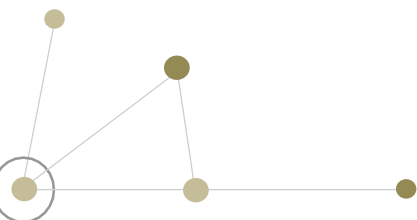
C'est un phénomène connu aujourd'hui: L'enduits ciment est étanche à l'eau, et empêche les murs anciens de « respirer ». Toute infiltration devient problématique puisque l'eau stagne dans les murs et peut à terme saper leur solidité.

La pierre calcaire étant plus poreux que le ciment, il est possible que la dégradation des pierres s'aggrave en concentrant sur elles l'humidité. Par ailleurs, le métal des renforts trop proche de la surface se corrode et finit par faire sauter le ciment dû fait de leurs gonflements.

Les fissurations superficielles sont autant d'entrée d'eau possible qui peuvent provoquer à terme le soufflage des enduits. Face à ce phénomène, le ravalement en peinture est un pis-aller puisque les fissures réapparaissent à nouveau au bout de quelques années.

Par conséquent, notre avis est qu'il faut donner les moyens de plus long terme aux bâtiments de gérer correctement l'humidité résiduelle, qu'elles viennent du toit (les infiltrations), de la façade (les fissures), du sol (les remontées capillaires), ou de l'intérieur (le point de rosée).

Nous préconiserons donc un piquage et une purge des enduits ciments avant toute réfection des façades.



2.4. Risque de submersion

Un autre risque est également à prendre en compte: il s'agit du risque de vague submersive.

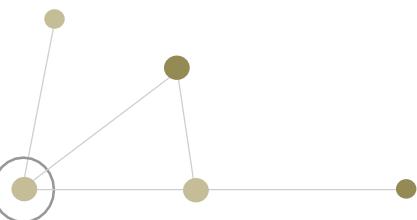
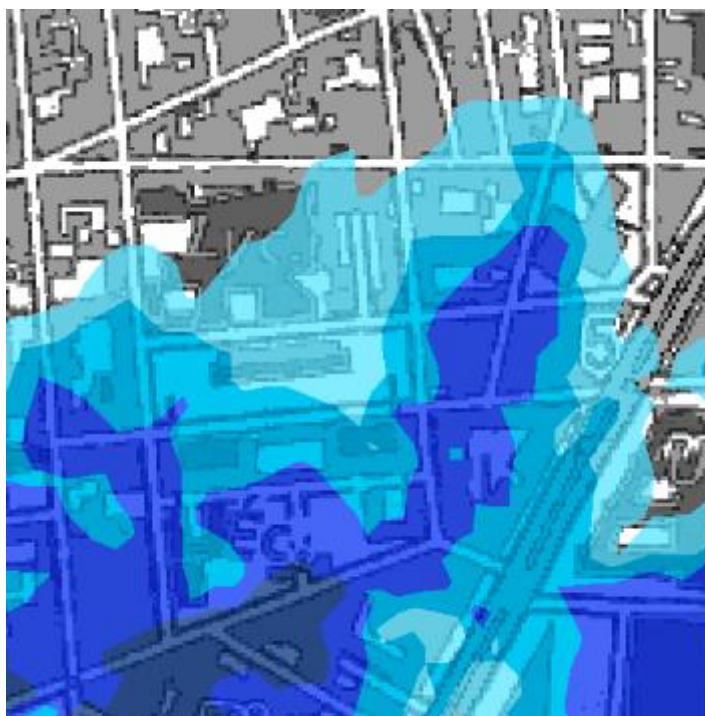
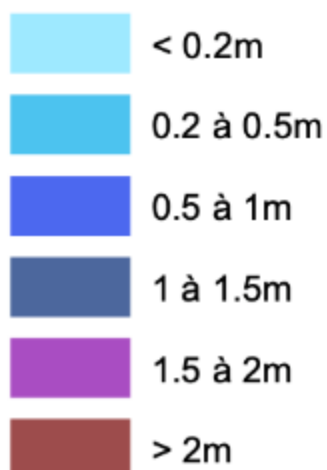
Scénario 2100 : inondation 0,20 à 1,00m en 12h (le temps d'une marée), en l'état actuel du porteur à connaissance de juillet 2021

Ce risque laisse présager de l'humidité supplémentaire en pied de façades qu'il faudra savoir sécher et évacuer.

Mais il interroge surtout sur la pertinence de maintenir à terme des logements, et des équipements techniques (chaufferie...) en rez-de-chaussée des bâtiments actuels. L'annexe 3 du porteur à connaissance ne l'interdit pas pour les bâtiments existants, mais le risque assurantiel et humain est à prendre en compte sans tarder.

Scénario 2

Hauteur d'eau maximale



2.5. Production d'eau chaude

La production d'eau chaude des bâtiments D et E est assurée par une chaufferie centrale gaz, se trouvant au rez-de-chaussée du bâtiment B. Cette chaufferie se compose de deux chaudières de marque VIESSMANN, équipées chacune d'un brûleur de marque WEISHAUPT. La puissance unitaire des chaudières est de 895kW.



Chaudière gaz WEISSMANN

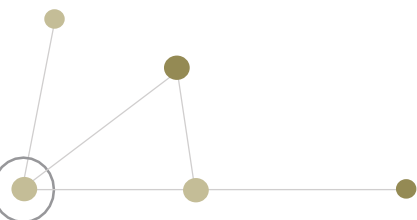


Brûleur gaz WEISHAUPT

Cette chaufferie assure à la fois la production et la distribution d'eau chaude de chauffage, mais également la production et la distribution d'eau chaude sanitaire pour les deux bâtiments. Cette dernière est produite par le biais d'un échangeur à plaques, alimentant directement un stockage secondaire de 1500L, à une température de 60°C.

La chaufferie est également équipée d'un groupe de maintien de pression, assurant une pression suffisante dans le réseau de chauffage, afin de pouvoir alimenter l'intégralité des bâtiments, sur la hauteur d'eau nécessaire. Cet appareillage se compose d'une bête tampon de 1500L.

Bien que vétuste, les équipements de la chaufferie sont fonctionnels. La chaufferie est en état de marche, et ne semble pas présenter de problème majeur remettant en question son fonctionnement global. Lors de la visite nous avons tout de même identifié des circulateurs fuyard, au niveau du corps du circulateur et non du raccord vissé. Etant donné qu'un circulateur a déjà été remplacé dans la chaufferie, nous pouvons aisément en déduire qu'une campagne de remplacement des circulateurs est prévue, afin d'anticiper tout problème lors de la saison de chauffe.





Stockage primaire et bâche



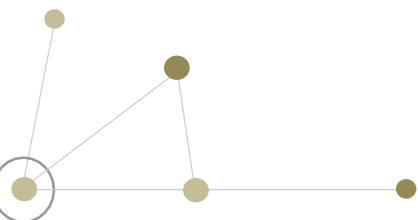
Circulateur chauffage fuyard



Collecteur chauffage

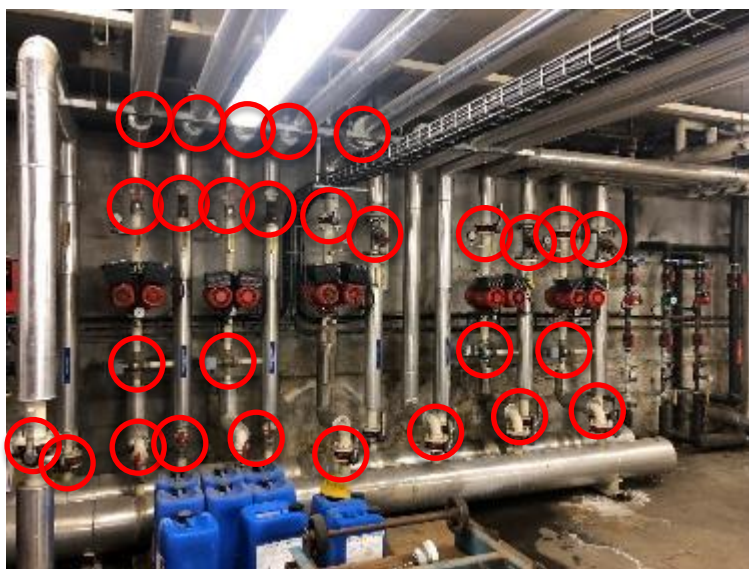


Système de traitement d'eau



2.6. Distribution et émission de chauffage

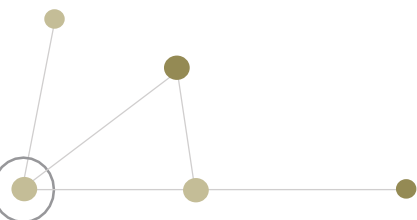
La distribution primaire en chaufferie est dans un très bon état, et dispose d'un calorifuge avec finition type isoxal. Nous identifions tout de même de nombreux points singuliers qui ne sont pas traités. Ces travaux ouvrant droit à des financements spécifiques par le biais des Certificats d'Economie d'Energie (C.E.E.), il pourrait être intéressant de réfléchir à un bouquet de travaux global sur la chaufferie, afin de moderniser les installations, et anticiper les éventuelles pannes induites par la vétusté de certains organes (vannes, pompes, circulateurs).



Points singuliers non isolés (repérés en rouge)

La distribution secondaire est également en bon état général. Chaque bâtiment dispose d'un départ dédié, alimentant un réseau de radiateurs bitubes. Les colonnes de distribution sont localisées principalement en façade du bâtiment, mais également dans certains placard, afin d'alimenter les radiateurs à proximité.

Les radiateurs semblent majoritairement équipés de robinets thermostatiques vieillissants. Il ne nous a pas été possible lors de la visite de vérifier le bon fonctionnement des émetteurs de chauffage. Au vu de l'état général, l'installation semble tout de même fonctionnelle.





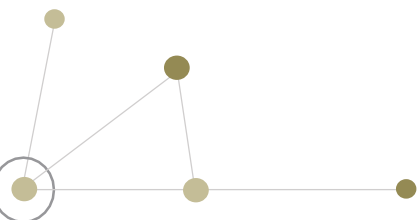
Distribution chauffage bitube en logement



Distribution chauffage bitube en logement



Radiateur équipé de robinet thermostatique vétuste



2.7. Ventilation

La ventilation des logements est hygroréglable de type B. Cela signifie que les entrées d'air et les bouches d'extraction sont toutes deux régulées en fonction de l'humidité ambiante. Les pièces humides (cuisine, sanitaires et salle d'eau) sont donc équipées de bouches d'extraction hygroréglables. Ces bouches sont raccordées à un réseau d'extraction collectif, remontant directement vers les combles du bâtiment. En combles se trouve un caisson d'extraction simple flux, assurant la ventilation des logements. Et pour finir, les pièces sèches (chambre et séjour) sont équipées d'entrées d'air hygroréglables, directement intégrées aux menuiseries extérieurs, assurant l'entrée d'air neuf.

Pour le logement visité, les installations sont vétustes mais fonctionnelles. Nous préconisons tout de même une campagne de vérification complète des installations, visant à vérifier le niveau d'encrassement des réseaux et des bouches, afin de limiter une éventuelle pollution de l'air dans les logements.

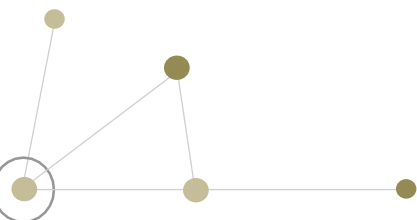
N'ayant pas eu accès aux caissons d'extraction dans les combles lors de notre visite, une vérification complémentaires devra être réalisée afin de déterminer leur état de fonctionnement.



Bouche d'extraction hygroréglable en cuisine



Entrée d'air hygroréglable en chambre



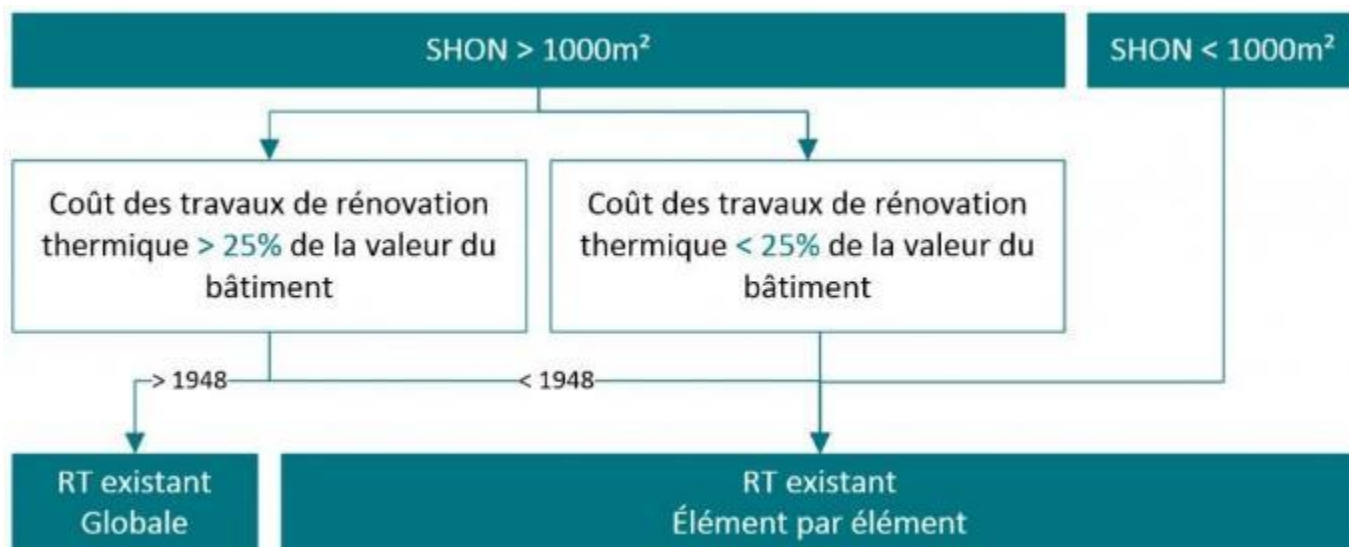
2.8. Approche thermique et réglementaire

2.8.1. Champ d'application

L'opération de rénovation des façades des bâtiments D e E sera conçue de façon très pragmatique en respectant les contraintes et exigences environnementales. Les matériaux et équipements que nous mettrons en œuvre seront donc choisis en fonction de leurs performances, de leur durabilité et de leur impact environnemental.

D'un point de vue réglementaire, il faut, dans un premier temps, déterminer à quel décret de la RT existante est soumise la réhabilitation, car il existe deux configurations (Cf. diagramme ci-dessous) :

- Les bâtiments existants construits après 1948, de plus de 1000 m² et faisant l'objet d'une rénovation « lourde » avec un coût des travaux thermiques > 25% du coût de la valeur du bâtiment, sont soumis à l'arrêté du 13 juin 2008, dit « RT globale ».
Cette modélisation s'effectue suivant la méthode de calcul TH-C-E ex approuvée par un arrêté du ministre en charge de la construction.
- Si ces conditions ne sont pas satisfaites, le projet est soumis à l'arrêté du 3 mai 2007, dit « RT éléments / éléments ».
Dans ce cas de figure, les exigences réglementaires à respecter sont donc :
 - Les caractéristiques minimales (garde-fous) sur les éléments rénovés (parois, menuiseries...),
 - le confort d'été,
 - les éléments techniques de ventilation, chauffage, production ECS, refroidissement et éclairage



Pour la présente opération, au vu de l'année de construction des bâtiments, nous serons donc soumis à la RT existant élément par élément. Cette réglementation s'avère être la moins contraignante, car elle ne fixe que des garde-fous à respecter en fonction des travaux entrepris.

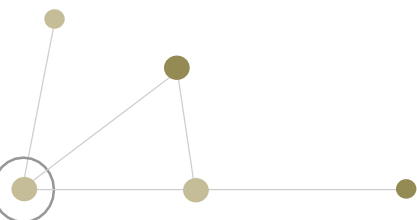
2.8.2. Exigences réglementaires

Comme évoqué précédemment, en fonction du décret auquel nous sommes soumis, les obligations réglementaires varient et sont plus ou moins contraignantes. Dans notre cas nous devons respecter l'arrêté du 3 mai 2007, dit RT « éléments par éléments ». Le tableau ci-dessous indique quelques-uns des garde-fous à respecter, tout en les comparant aux contraintes de la RT « globale ».

Catégorie	Sous-catégorie	RT élément par élément	RT globale
		EXIGENCES	EXIGENCES
Consommation en énergie primaire	Cep max	SANS EXIGENCE	130 kWhEp/m².an
Perméabilité à l'air		SANS EXIGENCE	3,0 m³/h.m²
Portes pleines, non vitrées		SANS EXIGENCE	$U \leq 1,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Parois opaques verticales	Murs extérieurs	$R_{\text{paroi}} \geq 2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$
	Murs sur locaux non chauffés	$R_{\text{paroi}} \geq 2,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$U_{\text{paroi}} \leq 0,45/b$ b : coefficient de réduction
Parois vitrées	Menuiseries extérieures	$U_w \leq 2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$U_w \leq 2,6 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Planchers	Plancher bas	$U_w \leq 2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$U_w \leq 2,8 \text{ m}^2.\text{K/W}$
	Toiture terrasse	$R_{\text{paroi}} \geq 2,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 3,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$
	Toiture en pente	$R_{\text{paroi}} \geq 4,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 3,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$
	(<60°)		

Pour notre projet, nous serons principalement concernés par les murs extérieurs, et éventuellement les parois vitrées. Voici donc les impositions que nous devons respecter :

- Isolation des murs extérieurs (ITI ou ITE) : la résistance de l'isolant devra être égale ou supérieure à $2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$. Cela correspond, pour une laine minérale classique, à une épaisseur de 8cm.
- Remplacement des menuiseries extérieures : le coefficient U de la baie devra être égal ou inférieur à $2,3 \text{ m}^2.\text{K/W}$. Pour une menuiserie PVC classique, vitrage type 4-16-4, le coefficient U est d'approximativement de $1,6 \text{ m}^2.\text{K/W}$.



2.8.3. Comparaison ITE et ITI

Dans le cadre du projet de rénovation des façades des bâtiments D et E, deux solutions s'offrent à nous pour le traitement thermique des murs sur l'extérieur : isolation thermique par l'intérieur (ITI) et isolation thermique par l'extérieur (ITE). Ces deux solutions présentent à la fois des avantages et des inconvénients, que nous allons vous présenter dans cette partie.

ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR (ITI) :

Avantages :

- Permet un rafraîchissement des logements,
- Permet de conserver l'aspect esthétique initial des façades.

Inconvénients :

- Performance thermique plus faible que l'ITE,
- Nécessite une intervention complémentaire par l'extérieur pour rénover les façades,
- Nécessite une intervention lourde en logement, intervention en site occupé,
- Nécessite une reprise partielle de la distribution chauffage,
- Nécessite une reprise partielle de la distribution électrique,
- Diminue légèrement les surfaces habitables.

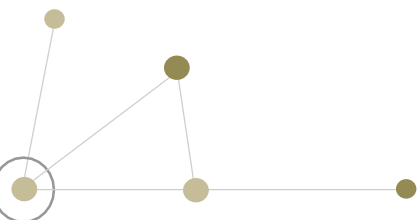
ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR (ITE) :

Avantages :

- Performance thermique plus élevée que l'ITI,
- Ne nécessite pas d'intervention lourde en logement, intervention en site occupé,
- Permet de revoir l'aspect esthétique des façades, tout en les rénovant,
- Permet de conserver les surfaces habitables.

Inconvénients :

- Nécessite un remplacement des baies, pour assurer une bonne performance de l'ITE.



2.8.4. Fiche CEE

Une étude spécifique pourra être entreprise sur cette opération de réhabilitation pour étudier son éligibilité aux certificats d'économie d'énergie (CEE), suivant arrêté et décret du 29 décembre 2010.

L'objectif est d'atteindre le volume minimal d'économies d'énergie pour une demande de certificats d'économies d'énergie fixé à 20 GWh d'énergie finale cumulée actualisés (cumac), dont les modalités et les conditions sont définies dans les différentes fiches d'opérations standardisées d'économies d'énergie.

Chacune des fiches définit un poste de réhabilitation précis, avec conditions particulières à l'obtention de certificat, garde-fous à respecter, durée de vie conventionnelle de l'élément remplacé et formule permettant le calcul des kWh cumac éligibles.

