

Étude comparative entre la mise en œuvre de systèmes Low Tech et High Tech en rénovation

Ing. A. BALANT
Ir P. HENRIET

ECAM – Bruxelles

Cet article traite d'un cas de rénovation de bureau ayant pour but de comparer plusieurs technologies afin de mettre en avant celle qui aura l'impact environnemental intrinsèque le plus bas tout en alliant un confort optimal et une réduction de consommation énergétique la plus élevée possible. Les résultats de cette étude montrent qu'il faut rénover de manière réfléchie et que les technologies avancées ne permettent pas toujours de réduire la consommation énergétique, les émissions de CO2 et les coûts globaux.

Mots-clefs: Low Tech, High Tech, Impact environnemental, Rénovation. Bâtiment Tertiaire

This article handles with a case study of an office renovation that aims to compare several technologies in order to highlight the one that will have the lowest intrinsic environmental impact while combining optimal comfort and the highest possible reduction in energy consumption. We will see together that it is necessary to renovate in a well-considered way and not to automatically turn to advanced technologies in order to succeed in its renovation.

Keywords: Low Tech, High Tech, Environmental impact, Renovation. Tertiary building

1. Introduction

À l'heure actuelle, le changement climatique fait partie à part entière de notre quotidien. De plus en plus de phénomènes, liés au réchauffement climatique, se font ressentir sur l'ensemble de notre planète. Chaque secteur cherche des solutions qui lui permettraient de diminuer ses impacts environnementaux. Dans le domaine de la construction, une des réponses données à cette problématique est l'amélioration des caractéristiques thermiques via la rénovation énergétique. De nouveaux moyens techniques se sont développés ces dernières années pour permettre de diminuer la consommation et donc l'emprunte carbone des bâtiments. Cependant, chaque innovation, tout aussi positive soit-elle pour le climat, peut engendrer, si on étudie son impact dans sa globalité, un gain négligeable, voire une consommation plus importante qu'une solution considérée comme moins technologique.

Pour lutter contre le réchauffement, il faut, autant que possible, observer une intervention sur le bâtiment dans sa globalité : il faut étudier la totalité du cycle de vie d'un matériau et ne pas s'arrêter à son utilisation, aussi bénéfique soit-elle. Un des concepts utilisés pour étudier l'impact réel d'un matériau est l'énergie grise. Celle-ci se définit comme l'énergie intrinsèque d'un matériau. Elle tente d'évaluer l'impact environnemental d'un matériau sur son cycle de vie au complet à l'exception de son utilisation qui dépend de son usage. La définir et l'évaluer n'est pas une chose aisée à la vue du nombre considérable de paramètres à prendre en compte ainsi que des incertitudes qui y sont associées.

L'objectif de ce travail est de comparer l'impact de la mise en œuvre d'une technologie Low Tech et High Tech en se basant sur la consommation énergétique, le confort ressenti par les occupants, le coût financier et l'impact environnemental que la mise en œuvre de chaque technique implique. Au final, le bâtiment rénové devra avoir un bilan environnemental le plus faible possible, tout en alliant un confort suffisant pour assurer une bonne qualité d'ambiance intérieure pour les occupants.

Dans la première partie de cet article, l'espace de bureau qui sert de cadre d'étude à ce projet est décrit. Une définition des trois niveaux de rénovation étudiés est ensuite donnée dans le but de poser les hypothèses utilisées dans ce travail. L'analyse de la rénovation du bureau s'articule suivant plusieurs thématiques décomposées suivant les trois technologies à analyser : l'éclairage, la ventilation et l'isolation, en débutant par la situation actuelle pour arriver au High Tech, la technologie la plus avancée. Une conclusion permettra de poser le choix le plus opportun pour ce projet entre les systèmes Low Tech ou High Tech. Le No Tech étant la technologie de référence.

2. Contexte

2.1. Low Tech, moins rénover pour moins consommer ?

Pour atteindre un bilan environnemental le plus faible que possible, une solution proposée par certains acteurs du monde de la construction est l'approche *Low Tech*. L'idée défendue par les partisans de ce mode de rénovation est de revenir à une utilisation plus raisonnable des énergies fossiles en optant pour des technologies où chaque fonctionnalité est aussi simple qu'indispensable.

Pour les différents types de rénovation étudiés dans ce travail, une solution Low Tech et une solution High Tech sont comparées sur base de leurs impacts. La frontière entre ces deux technologies n'est pas facilement distinguable. Le point suivant permettra d'éclaircir les objectifs de cette comparaison ainsi que les définitions données aux termes Low Tech et High Tech dans ce travail.

2.2. Les différentes théologies étudiées

No Tech

Le No Tech est défini comme l'état actuel du projet. Les bureaux étudiés n'atteignent pas les recommandations en vigueur et nécessitent une rénovation pour, non seulement réduire leur consommation énergétique, mais également accroître le confort des occupants. Cette situation jouera le rôle de référence par rapport à laquelle les deux autres technologies seront comparées. Il ne s'agit donc pas d'une technologie de rénovation comme le sont les technologies Low Tech et High Tech.

Low Tech

Les technologies Low Tech sont les systèmes qui permettent de respecter strictement les normes en vigueur actuellement sans nécessairement chercher à les dépasser. Ces solutions ont été choisies, soit parce qu'il s'agit de techniques de bases fréquemment rencontrées dans ce type de rénovation, soit pour leurs faibles impacts environnementaux (ou estimés à priori comme tels).

High Tech

Les technologies High Tech sont les technologies avancées qui permettent de dépasser les recommandations en vigueur. L'objectif de ces technologies évoluées est d'atteindre une réduction de la consommation énergétique supplémentaire par rapport au Low Tech. Le confort des occupants est un critère particulièrement

recherché. Il intègre une partie domotique qui permet à l'utilisateur des régulations adaptées au mieux à ses besoins.

3. Présentation du projet

3.1. Le projet

Le projet étudié, tout au long de ce travail, est un bureau loué par l'entreprise qui a mandaté l'étude, MATRIciel. Il se situe au 2^e étage d'un bâtiment qui en comporte 5 au total. Ce bureau a une superficie de 307 m² répartie en plusieurs espaces comme l'illustre la représentation en figure 1.

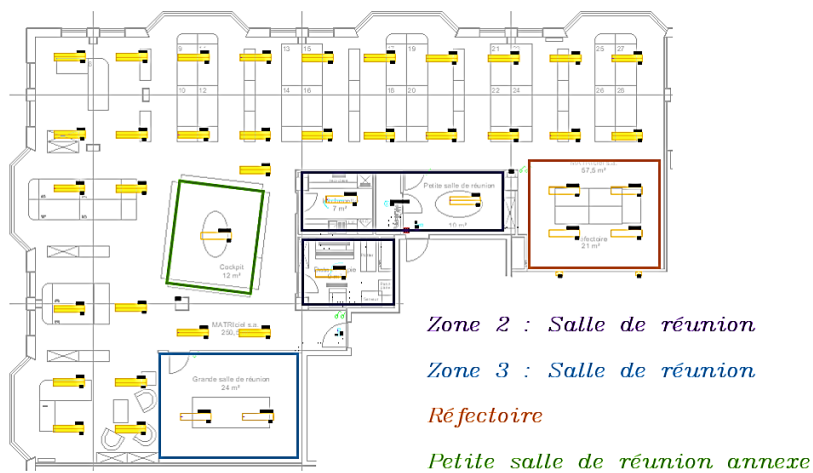


Figure 1 : Représentation de la situation actuelle du bureau

3.2. Les limites du projet

Les systèmes qui sont présentés dans ce travail ne sont pas exhaustifs.

Dans ce travail, la durée de l'étude est par hypothèse de 20 ans. Suite à une discussion avec le maître d'ouvrage, cette durée représente le mieux la réalité actuelle. En effet, le bâtiment construit dans les années 1970 n'a pas subi de rénovations majeures de la structure depuis. Seuls certains équipements techniques ont été ajoutés ou remplacés par les locataires. [1]

Dans ce travail, la comparaison entre le Low Tech et l'High Tech se fait notamment en termes d'impact environnemental. Opter pour un système très avancé dans le cadre de l'High Tech aurait augmenté la consommation en vue d'accentuer le confort. Cette prise en compte aurait faussé l'étude en excluant automatiquement la technologie High Tech. La domotique considérée est celle qui permet de respecter les critères légaux ou un confort minimal.

4. Thématiques

Dans cette section, les thématiques de l'éclairage, de la ventilation et l'isolation sont détaillées. Pour chacune d'entre elles, l'ensemble des technologies est décrit en partant de la situation actuelle pour atteindre la technologie la plus évoluée, l'High Tech.

4.1. L'éclairage

No Tech

Pour débiter cette étude, la situation actuelle au sein du bureau a été évaluée à l'aide d'une simulation Dialux et d'une campagne d'essais destinée à mesurer le taux de luminosité sur différents postes de travail du bureau. La position des luminaires et des bureaux est représentée sur la figure 1. Malgré un apport en lumière naturelle résultant de la présence de grandes baies vitrées, les dispositifs mis en place ne sont pas suffisants pour permettre à chacun des travailleurs d'effectuer leurs tâches dans un environnement propice à leur bien-être. Aucun des postes n'atteint les 500 lux durant toute la journée de travail, la valeur recommandée par la norme NBN EN 12464-1. Rénovés récemment, les salles de réunion et le réfectoire n'ont pas été étudiés. [2]

Dans un esprit de relighting, des luminaires LED dont le rendement est 2,5 fois supérieur à ceux présents actuellement au sein du bureau sont préconisés. Ce changement permet de diminuer considérablement le nombre de luminaires par rapport à la situation No Tech. Suite à l'observation des résultats obtenus lors de la campagne d'essais, il est envisageable de placer un système de dimming qui permet de réduire la consommation énergétique.

Low Tech

Pour le Low Tech, une variation de la modulation de l'éclairage avec 3 détecteurs est étudiée, ce qui permet de faire varier, de manière différente, l'intensité lumineuse en fonction de l'endroit où l'on se trouve. Une autre solution, sous la forme de variation de détecteurs, a été analysée dans ce travail, mais elle n'a pas été retenue.

High Tech

Pour l'High Tech, un seul système de dimming est présenté, mais il est plus évolué que les deux précédents. Il permet, en effet, une détection de présence et d'absence avec la mise en place de 8 détecteurs. L'étude High Tech permet, dans la période de la journée où il y a moins de 7 personnes, de diminuer la consommation en éclairage suite au fait que certains bureaux seront non éclairés. À long terme, une économie énergétique et financière non négligeable peut être réalisée.

4.2. La ventilation

No Tech

Dans la situation actuelle, le No Tech, aucune ventilation n'est présente, le renouvellement d'air se fait uniquement via des infiltrations d'air dans les châssis.

Afin de déterminer l'inétanchéité de l'enveloppe du bureau, des mesures de CO₂ sont réalisées à l'aide d'une sonde CO₂. En les combinant avec la géométrie du projet et le taux d'occupation, le débit d'inétanchéité à l'air est estimé à 32 m³/h/pers. Cette valeur donne, selon la norme EN13779, une qualité d'air acceptable. Elle permet également de calculer la valeur du taux en renouvellement n₅₀ du bureau. Celle-ci est 3,05 h⁻¹, qui est significativement supérieure à la valeur minimale exigée pour le label passif (0,6 h⁻¹), seule exigence d'étanchéité à l'air existant actuellement. [3, 4]

Il est nécessaire de rénover la paroi afin d'acquérir une conformité et ainsi respecter les réglementations en vigueur. Ceci améliore significativement l'étanchéité à l'air de la paroi. Un système de ventilation deviendra alors indispensable pour satisfaire le confort des utilisateurs.

Low Tech

En posant comme hypothèse que l'isolation de l'enveloppe a été refaite avec le remplacement des châssis, le débit de ventilation nécessaire engendré par cette rénovation est recalculé pour ne jamais dépasser 800 ppm de CO₂, assoupli en 2019 à 900 ppm conformément à la norme EN 13779 avec un taux d'occupation tout au long de la journée soit, 24 personnes. Ce débit est estimé à 41,6 m³/h/personne. Dans ce travail, différents systèmes de ventilation sont analysés, une étude de dimensionnement a été faite pour chacun d'entre eux mais n'est pas reprise dans ce document.

Après avoir analysé les résultats obtenus, c'est la ventilation simple flux qui a été retenue et qui est présentée dans la suite de cet article.

Système C

Le système de ventilation simple flux dénommé C combine une installation mécanisée avec une entrée d'air naturelle. Ce système de ventilation se compose d'une pulsion naturelle et d'une extraction mécanisée. L'air neuf pénètre dans le local par des grilles de ventilation placées dans les châssis des fenêtres, tandis que l'air vicié remonte en toiture via un système d'extraction comprenant un ventilateur.

Dans le cadre de cette étude, le système C est concevable, car il assure un renouvellement d'air suffisant sans nécessiter un espace trop important.

Les utilisateurs doivent être informés de la nécessité de réaliser un entretien régulier de la ventilation et ce, afin d'éviter une accumulation de poussières qui augmente considérablement la consommation énergétique.

High Tech

Dans le High Tech, le système de ventilation double flux est étudié. Il s'agit d'un système entièrement mécanisé, tant pour l'extraction que pour la pulsion, nécessitant la présence de deux ventilateurs.

L'utilisation d'un système de ventilation D permet une économie de chauffage allée à une qualité d'air optimale. Cependant, il est important que les utilisateurs soient conscients qu'un entretien est obligatoire, au risque de voir le rendement de celle-ci chuter fortement. Une installation de ce type est un investissement conséquent.

Quelle que soit la technologie, la présence de surchauffe est constatée. Afin de palier à ce problème et garantir un confort optimal pour les occupants, la solution proposée est la mise en place d'un *free cooling* nocturne c'est-à-dire que toutes les fenêtres sont ouvertes la nuit et le weekend en période estivale pour diminuer la température intérieure.

4.3. L'isolation

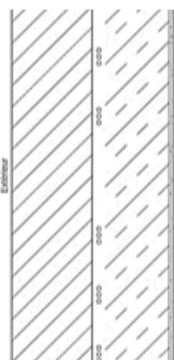
L'étude de l'isolation sera réalisée uniquement suivant deux axes : le cas No Tech présentant l'isolation actuelle et le cas Low Tech au travers d'une proposition de rénovation. Vu la vétusté du bâtiment, le bureau ne respecte pas les normes en vigueur et une modification de la paroi a été envisagée.

No Tech

La paroi du bureau est déterminée sur base d'observations visuelles et des prises de mesures. N'ayant aucun document reprenant les caractéristiques techniques du bâtiment actuel, des hypothèses sont posées afin de déterminer la composition de la paroi actuelle.

La valeur du coefficient de transmission thermique U a été déterminée en respectant les critères de la réglementation PEB. Les caractéristiques thermiques de chaque composant ont été déterminées sur base de fiches techniques susceptibles de fournir les informations se rapprochant le plus possible des matériaux présents. [5]

Mur de façade



Composition de la paroi actuelle			
Matériaux	λ [W/mK]	Epaisseur [m]	
Extérieur	Briques en terre cuite ①	1,137	0,19
	Air peu ventilé ②	/	0,03
	Blocs silico-calcaire ③	1	0,15
Intérieur	Enduit de plâtre ④	0,52	0,01
Valeur U totale [W/m²K]		1,98	

Figure 2 : Schématisation de la paroi actuelle Tableau 1 : Composition de la paroi actuelle

On peut remarquer que le coefficient de transmission thermique est supérieur à la valeur de 0,24 W/m².K requise lors d'une rénovation simple. On constate qu'une rénovation de la façade est indispensable pour respecter les exigences en vigueur.

Plancher et plafond

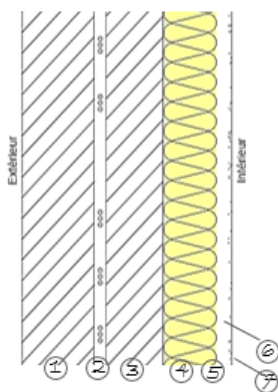
Le coefficient de transmission thermique obtenu est inférieur à 1, la valeur recommandée par la norme. Le plancher ne devra pas subir de rénovation.

Low Tech et High Tech

La rénovation de l'isolation thermique d'un bâtiment peut se faire suivant deux axes : soit une isolation par l'extérieur ou soit par l'intérieur. Dans le cas de cette rénovation, c'est la méthode de l'isolation par l'intérieur qui est à préconiser. En effet, la rénovation ne porte que sur une partie de la superficie d'un des étages de l'immeuble.

Adopter une isolation par l'extérieur occasionnerait une modification complète de la façade, ce qui est inenvisageable architecturalement.

La recherche des matériaux se fait de manière à répondre à deux contraintes, l'une étant de minimiser la perte d'espace dans la pièce suite à l'ajout de nouvelles parois intérieures, et la seconde étant de choisir des matériaux les plus respectueux de l'environnement possible.



Composition de la paroi rénovée			
Matériaux		λ [W/mK]	Epaisseur [m]
Extérieur	Briques en terre cuite (1)	1,137	0,19
	Air peu ventilé (2)	/	0,03
	Blocs silico-calcaire (3)	1	0,15
	Laine de verre <i>Knauf</i> (4)	0,032	0,14
	Pare Vapeur Intello (5)	0,23	0,004
	Air non ventilé (6)	/	0,03
Intérieur	Plaques de plâtre (7)	0,520	0,01
Valeur U totale [W/m ² K]		0,21	

Figure 3 : Schématisation de la paroi rénovée

Tableau 2 : Composition de la paroi rénovée

De plus, une rénovation du complexe vitrage-châssis vétuste et ne respectant pas les recommandations en vigueur (voir point 2.2) est mise en œuvre. Afin d'atteindre une isolation optimale, l'installation d'un triple vitrage est préconisée. Celui étudié a un coefficient de transmission thermique de 0,8 W/m²K. Pour ne pas dénoter avec le reste de l'immeuble non rénové, les nouveaux châssis doivent préférablement rester en matériau bois.

5. La simulation dynamique

Dans ce travail, une simulation dynamique est réalisée. Elle permet, suivant les cas étudiés, d'obtenir les consommations annuelles, mais également d'avoir une idée concrète du confort ressenti par les utilisateurs. En effet, un des objectifs de ce travail est d'optimiser la consommation énergétique, tant en termes de ressources naturelles que d'énergie primaire, tout en garantissant un confort suffisant pour les occupants.

Pour réaliser cette simulation dynamique, le logiciel TRNSYS a été utilisé. Les détails de cette modélisation sortent du cadre de ce résumé. Seuls les résultats et les conclusions à déduire de ceux-ci sont présentés.

5.1. Analyse des résultats

Les 3 axes d'analyse choisis pour leur pertinence dans le cadre de ce travail sont la consommation énergétique de chaque dispositif technique, la surchauffe et le confort ressentis dans différentes zones de l'espace rénové.

Bilan de consommation primaire

Le graphique de la figure 4, montre le découpage des consommations primaires pour chacune des technologies. Elles sont divisées suivant l'éclairage, la ventilation et de chauffage.

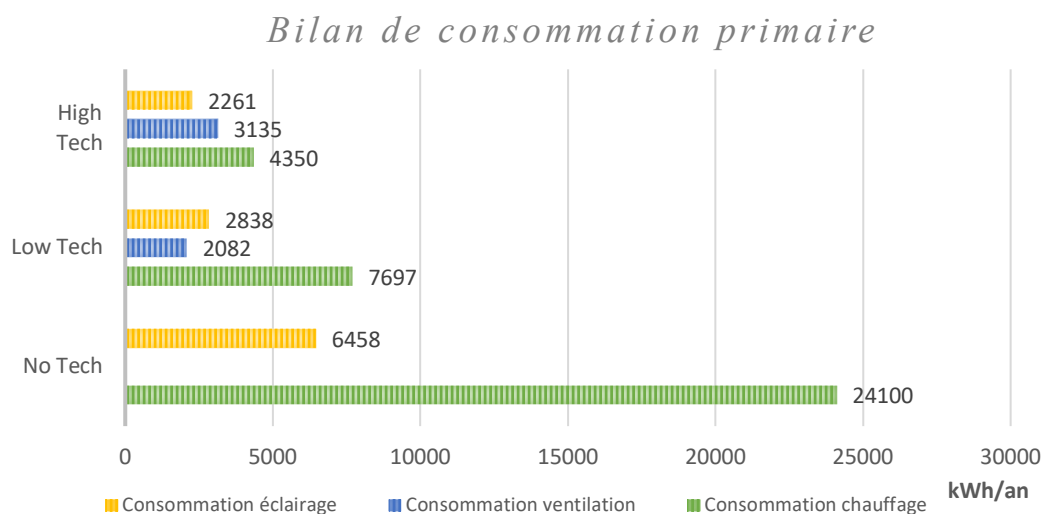


Figure 4 : Bilan de consommation primaire

On constate que le chauffage est une part importante de la consommation en énergie primaire pour l'ensemble des technologies à l'exception du High Tech.

Vis-à-vis de la situation actuelle du bâtiment, entreprendre des rénovations, même légères, permet une nette réduction de la consommation en énergie primaire.

Le choix d'un système simple flux ou double flux ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients. Ils ont tendance à se compenser l'un à l'autre par rapport à leur consommation respective en termes de chauffage et de ventilation.

Confort

Les catégories d'ambiance intérieure dépendent de l'ensemble des techniques de chaque technologie. Le graphique ci-dessous illustre la distribution des catégories de confort du bureau durant les heures d'occupation. [6]

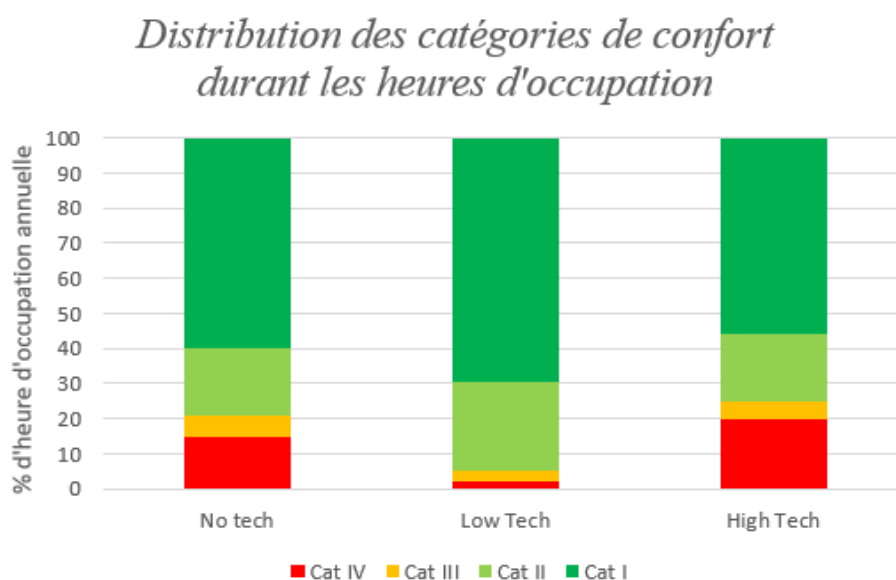


Figure 5 : Catégorie de confort en fonction des technologies

Lorsqu'on observe les résultats, la catégorie IV, représente les valeurs en dehors des critères acceptables sur une longue durée. Il s'agit de la catégorie la moins confortable. Elle est présente pour chaque technologie mais à des niveaux très disparates. Cela signifie que pour un nombre d'heures d'occupation, la concentration de CO₂ dans l'air dépasse la valeur limite de 800 ppm qui permet d'assurer un confort suffisant pour les utilisateurs.

La technologie High Tech a l'ambiance intérieure la moins favorable. Cela peut s'expliquer par la configuration du bureau qui se situe au centre d'espaces adjacents chauffés ce qui, en été, crée un apport de chaleur qui engendre de la surchauffe.

6. Impacts environnementaux

Comme présenté dans l'introduction, un des buts de ce travail est l'étude de l'impact environnemental global de cette rénovation. Aux consommations énergétiques créées par l'utilisation, il faut rajouter la consommation d'énergie grise qui prend en compte l'ensemble de l'énergie consommée durant toute la durée de vie du produit, de sa fabrication à son recyclage, à l'exception de son utilisation. Celle-ci est complexe à quantifier.

Il s'agit par conséquent d'une donnée propre à chaque composant. Les facteurs desquels dépend l'énergie grise ont une variabilité telle qu'il est complexe de les évaluer. Ceci s'explique par le caractère aléatoire de certains paramètres comme le transport par exemple.

Le logiciel utilisé pour cette étude est Elodie. Il permet de quantifier l'impact environnemental d'un projet de construction. Le principe d'Elodie est d'insérer des matériaux dont la durée de vie est directement estimée par le logiciel. Les matériaux sont repris dans la base de données INIES. Elodie permet de ressortir de nombreux paramètres tels que les composants destinés à la réutilisation, tout comme l'utilisation nette d'eau douce. [7]

Dans ce travail, deux thématiques sont étudiées :

- le potentiel de réchauffement climatique exprimé en kg de CO₂ équivalent : il représente l'impact de l'émission du gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- l'utilisation totale des ressources d'énergie primaire exprimée en kWh : elle représente l'utilisation d'énergies renouvelables et non renouvelables.

Étudier les impacts environnementaux intrinsèques à un bâtiment est un concept relativement récent et tous les fabricants ne possèdent pas de déclarations environnementales pour chacun de leur produit. Même si la base de données INIES se remplit au fil des jours et ce, de manière considérable, l'HVAC est une catégorie qui y reste très peu représentée.

Il convient donc, dans le cadre de ce travail, de trouver le produit qui se rapproche le plus de celui recherché. Si cette méthodologie s'avère inenvisageable, une seconde hypothèse est alors élaborée. Elle consiste à calculer la masse du matériau brut utilisé et à réaliser une conversion en termes de quantité vis-à-vis d'un matériau possédant des caractéristiques environnementales similaires et présent dans la base de données.

Afin de permettre une comparaison finale la plus objective possible, les consommations d'énergie primaire obtenues jusqu'ici en termes d'éclairage, de ventilation et de chauffage représentant l'utilisation de chaque système, sont comptabilisées, transformées et additionnées aux résultats proposés par Elodie afin

d'obtenir un bilan global. Pour réaliser ce bilan, il est indispensable de transformer les kWh d'énergie primaire dépensés dans le chauffage et l'électricité en kilos d'équivalent CO₂.

Pour mener à bien cette démarche, il est inévitable de déterminer le potentiel de réchauffement global (PRG) du gaz de ville qui alimente la chaudière et l'électricité permettant ainsi l'éclairage et la ventilation du bureau.

Selon les chiffres fournis par la PEB et par les ingénieurs de MATRIciel :

- Gaz naturel = 0,202 kg équivalent en CO₂
- Electricité = 0,395 kg équivalent en CO₂

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution du potentiel de réchauffement climatique sur le cycle de vie complet.

*Evolution du potentiel de réchauffement climatique
(cycle complet)*

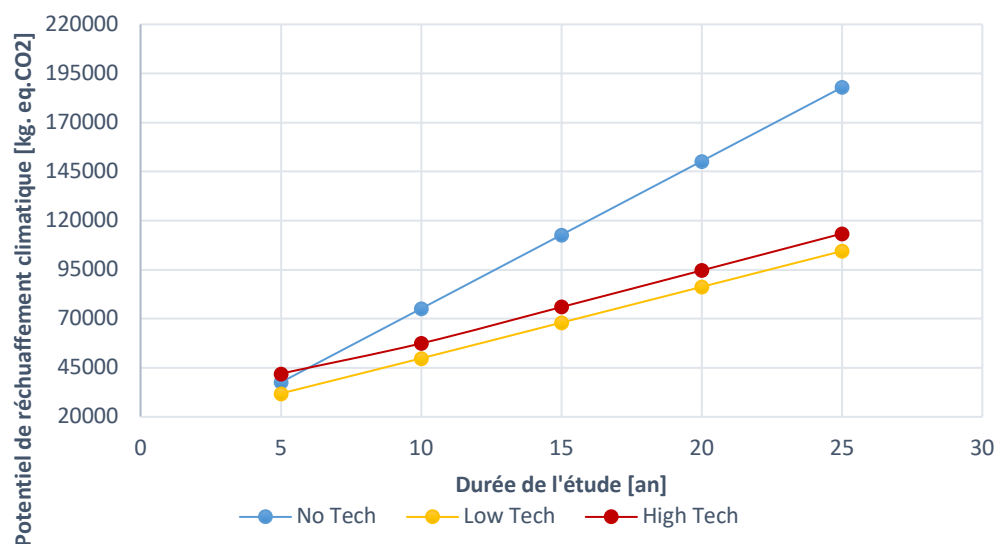


Figure 6: Comparaison de l'évolution du potentiel de réchauffement climatique pour un cycle de vie complet

Procéder à une rénovation a un impact positif étant donné que les deux technologies Low Tech et High Tech sont relativement proches, contrairement à la situation actuelle qui s'écarte au plus les années passent.

On remarque que la technologie Low Tech est la technologie qui participe le moins à l'effet de serre et ce, du fait que c'est elle qui a le rejet de kg de gaz en équivalent CO₂ le plus faible. La consommation en chauffage a un impact conséquent sur l'allure des courbes ; en effet, la consommation énergétique de l'High Tech lui permet de compenser son nombre de composants plus importants ayant chacun un impact sur l'évolution du potentiel de réchauffement climatique supplémentaire vis-à-vis de la technologie Low Tech.

Sachant que pour la technologie No Tech, aucun matériau n'a dû être encodé, on remarque que sa consommation en énergie primaire est très importante et dépasse le bilan de toutes les autres technologies. Rénover est donc indispensable.

Le second résultat pertinent à mettre en avant est l'utilisation des ressources primaires sur l'ensemble du cycle de vie de chaque matériau qui compose respectivement chaque technologie.

Consommation de ressources et d'énergie primaire (cycle de vie complet)

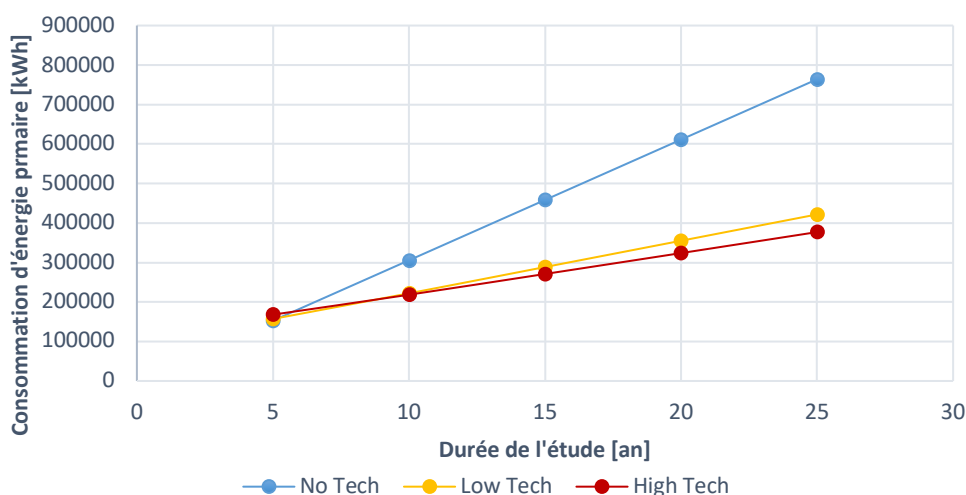


Figure 7: Comparaison des ressources en énergie primaire sur le cycle de vie complet

En ce qui concerne la consommation de ressources et d'énergie primaire, les résultats observés sont similaires à ceux obtenus lors de l'étude du paramètre précédent ; en effet, la faible consommation de chauffage du High Tech observée dans l'étude de la simulation dynamique contrebalance le nombre plus important d'éléments de cette technologie.

7. Etude financière

Dans cette section, une étude budgétaire présente les dépenses et les gains qui découlent de la rénovation. Le bilan financier est réalisé sur 20 ans.

Dans cette étude financière, plusieurs facteurs sont à prendre en compte :

- les gains énergétiques obtenus par rapport à la situation existante ;
- le coût des équipements techniques.

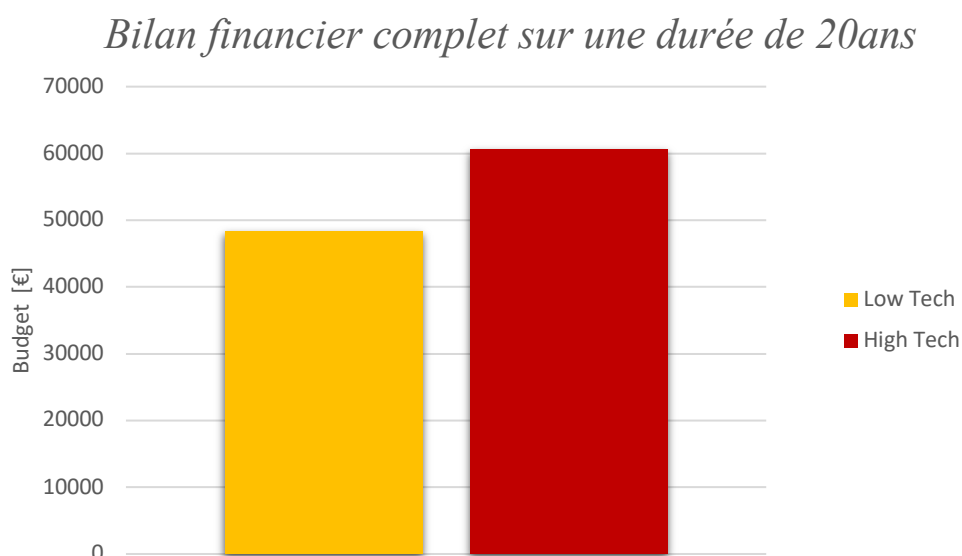


Figure 8: Bilan financier complet sur 20 ans

Ce graphique illustre que la technologie High Tech garde un coût élevé, malgré le fait qu'elle soit celle qui donne le bilan de la consommation primaire le plus faible. Cette observation montre l'ampleur non négligeable des dépenses faites pour mettre en place un système de ventilation. Ils permettent de réduire la consommation énergétique, mais leur rentabilité à 20 ans ne permet pas de couvrir la totalité des frais investis.

8. Conclusion

L'objectif premier de ce travail est de déterminer quelle rénovation, entre une conception de type Low Tech ou l'High Tech, est susceptible de répondre le mieux aux demandes du bureau de l'entreprise MATRIciel. Pour cela, il est indispensable de

regarder la rénovation dans son ensemble en analysant non seulement le gain en consommation fait par la mise en place de nouvelles techniques, mais également leur impact environnemental sur la totalité de leur cycle de vie.

Le choix de la technologie la plus avantageuse se base sur les critères suivants :

- la consommation énergétique,
- le confort ressenti par les occupants,
- l'impact environnemental
- le coût financier,

Pour commencer, rénover sur 20 ans semble la durée la plus propice tant pour l'impact environnemental des techniques mises en œuvre que pour la rentabilité du projet. Il serait intéressant d'étudier la rénovation sur un plus long laps de temps, mais les besoins des occupants évoluent et ne seront certainement plus les mêmes après 20 ans, surtout si on prend en compte que le bien étudié est une location.

En termes d'impact environnemental global, les technologies Low Tech et High Tech sont très proches. Ceci s'explique par le fait que l'High Tech possède la consommation énergétique la plus faible, ce qui compense ses besoins plus importants pour la fabrication et les autres étapes du cycle de vie.

Du point de vue du confort ressenti pour les occupants, choisir la technologie Low Tech permet d'atteindre un nombre d'heures de surchauffe faible donnant lieu à une qualité d'ambiance intérieure suffisante pratiquement sur la totalité de l'année, ce qui n'est pas le cas du High Tech.

Chaque ajout de techniques augmente graduellement l'impact environnemental. Il est donc important, lorsqu'on choisit une technologie, d'évaluer chaque composant pour en ressortir leur utilité. Si une nouvelle technique permet une réduction de la consommation en énergie primaire du projet cela aura un impact positif sur le bilan environnemental. Cependant, si elle est uniquement destinée à une amélioration de confort, la contribution aux réchauffements climatiques du bâtiment risque d'être fortement amplifiée.

Le tableau 3, fait office de récapitulatif des points forts et des points d'attention de chaque technologie étudiée pour ce projet. Sa légende se trouve dans le tableau 4.

	Low Tech	High Tech
Consommation énergétique	Conseillé	Excellent
Confort ressenti	Conseillé	Déconseillé
Coût financier	Moins bon	Déconseillé
Impact environnemental	Excellent	Conseillé

Tableau 3 : Récapitulatif de l'étude

Un compromis doit pouvoir être trouvé, et dans notre cas, il s'agit de la technologie Low Tech comportant un système simple flux combiné à une ouverture des fenêtres en période estivale et une modulation de l'éclairage permise par la mise en place de 3 détecteurs de présence.

Pour terminer, cette étude montre que lorsqu'on choisit de rénover un bâtiment, il faut se poser les bonnes questions, et savoir ce que l'on recherche vraiment. Chaque choix posé a un impact sur la consommation énergétique, mais également sur la rentabilité environnementale du projet. Les technologies les plus avancées permettent une réduction de la consommation énergétique très importante, mais les impacts environnementaux intrinsèques engendrés par les différents matériaux nécessaires sont difficiles à compenser. L'énergie grise est peu mise en avant dans la société d'aujourd'hui, il faut donc avoir un regard critique sur ce qui est présenté. Avoir un confort suffisant dans un bâtiment est indispensable, mais lutter contre le réchauffement climatique l'est également. Pour ce faire, il faut réfléchir aux choix des systèmes, des techniques à mettre en œuvre, aussi bien pour une nouvelle construction que pour une rénovation.

9. Sources

[1] Université Catholique de Louvain-la-Neuve: *Histoire de Louvain-la-Neuve « De Louvain à Louvain-la-Neuve »* en ligne : <http://www.louvainlaneuve.eu/fr/histoire.html> Consulté le 19 avril 2020.

[2] Norme NBN EN 12464-1 : *Lumière et éclairage - Eclairage des lieux de travail - Partie 1 : Lieux de travail intérieurs*. Consulté le 20 mars 2020.

[3] Energieplus: *Débits d'air neuf recommandés* en ligne : <https://energieplus-le-site.be/donnees/ventilation2/debits-d-air-neuf-recommandes/> Consulté le 2 avril 2020.

[4] L'étanchéité à l'air des bâtiments : *un défi majeur pour l'ensemble des corps de métier 2012/01.01, CSTC-contact n°33, 2012*, en ligne : <https://www.cstc.be/home-page/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact33&art=503>
Consulté le 27 avril 2020.

[5] Guide PEB 2018 en ligne : https://energie.wallonie.be/fr/06-02-determination-des-exigences-peb.html?IDC_PEB=9652&IDD=136464&IDC=9805 Consulté le 29 avril 2020.

[6] Norme NBN EN 15251 : *Critères pour l'environnement intérieur et évaluation des performances énergétiques des bâtiments couvrant la qualité d'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique*. Consulté le 20 mars 2020.

[7] CSTB: *Missions et activités* en ligne : <http://www.cstb.fr/fr/cstb/missions-activites/> Consulté le 5 mai 2020.