

Mémoire de fin d'études : " Du confort vécu des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège".

Auteur : Saad, Marilyn

Promoteur(s) : Neuwels, Julie

Faculté : Faculté d'Architecture

Diplôme : Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/21311>

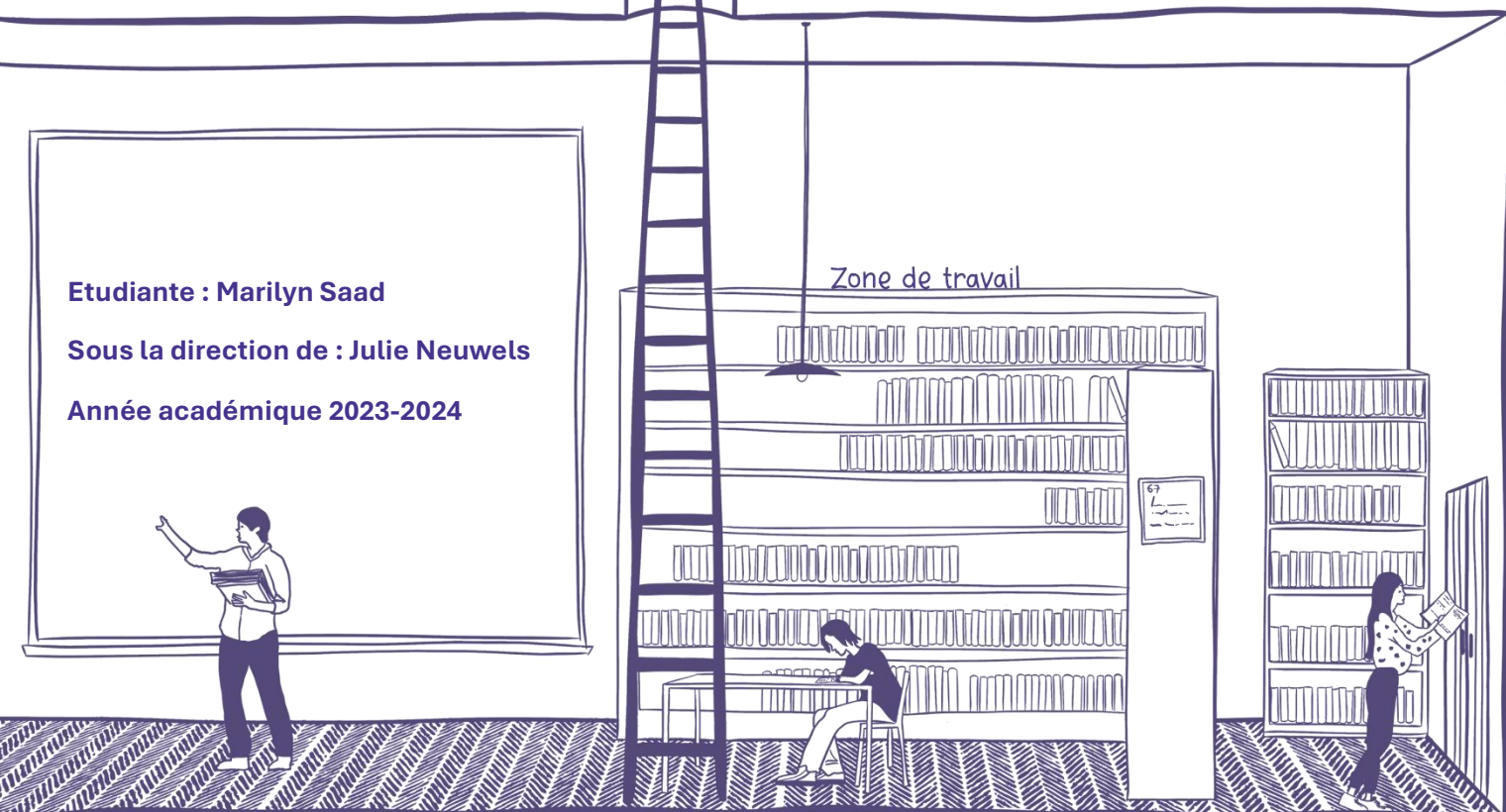
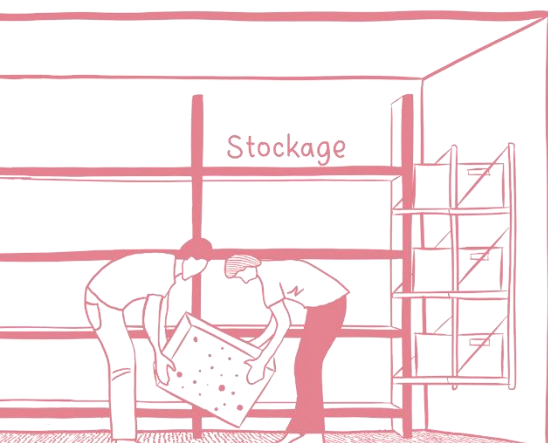
Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Du confort vécu des bâtiments performants

Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège





UNIVERSITÉ DE LIÈGE – FACULTÉ D'ARCHITECTURE

Du confort vécu des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège.

Travail de fin d'études présenté par Marilyn SAAD, en vue de l'obtention du grade de
Master en Architecture

Sous la direction de Madame Julie NEUWELS

Année académique 2023-2024

REMERCIEMENT

La réalisation de ce travail de fin d'études a été une aventure enrichissante et formatrice, et je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de ce parcours.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma sincère gratitude à ma promotrice, Julie Neuwels, pour ses conseils et son encadrement. Ce travail de fin d'études n'aurait pu se concrétiser sans l'orientation et la confiance qu'elle m'a accordé. Son soutien continu et ses recommandations avisées m'ont permis de travailler en toute autonomie tout en prenant des choix déterminants pour mener à bien ce projet. Sa capacité à fournir des conseils, son engagement réel envers la qualité et la pertinence de mon travail, ainsi que sa maîtrise approfondie du sujet ont été des atouts majeurs. Je lui adresse donc mes plus sincères remerciements.

Je souhaite également remercier chaleureusement Mathilde Martinez Aguilera pour son soutien tout au long de la rédaction de ce travail, que nous avons partiellement élaboré ensemble. Sa contribution constante a non seulement facilité le processus d'écriture, mais a également enrichi notre projet commun. Nos discussions régulières et notre collaboration efficace ont permis de tirer le meilleur de nos compétences respectives.

Un grand merci aussi à Mathilde Martinez Aguilera et Gauthier Lamotte pour leur coopération sur le cas d'étude que nous avons partagé. Grâce à nos trois axes de recherche, nous avons pu réaliser une analyse approfondie. La solidarité et l'empathie qui ont marqué nos échanges sur l'Institut de Botanique ont été extrêmement précieuses.

Je remercie également Pierre Tocquin, Michel Prégardien, et les usagers qui ont pris le temps de répondre à mon questionnaire et de m'apporter des éclaircissements sur mon sujet d'étude. Leur contribution a été essentielle à la rédaction de ce travail.

Enfin, je ne saurais oublier mes parents, surtout ma maman, ma famille et mes amis, dont le soutien inconditionnel, la patience et les encouragements ont été une source de force et de motivation. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir toujours été présents à mes côtés.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....15

1.1.	Problématique de recherche	16
1.2.	Contexte	18
1.2.1.	Les crises	19
1.2.2.	Les solutions	20
1.2.3.	Les cadres	21
1.2.4.	Intentions de l'ULiège	23
1.3.	Quid de l'utilisateur ?	24
1.4.	Méthodologie	26
1.4.1.	Visite du site et analyse documentaire.....	26
1.4.1.1.	Visite du site	27
1.4.1.2.	Analyse des documents	27
1.4.1.3.	Entretien semi-directif avec l'architecte	28
1.4.2.	Élaboration du questionnaire	30
1.4.3.	Méthode de transmission du questionnaire et échantillonnage	32
1.4.4.	Analyse des réponses	33
1.4.5.	Relevé photographique des lieux.....	34
1.4.6.	Limites de la recherche	34
1.5.	Plan de rédaction.....	36

État de l'art39

2.0.	Introduction	40
2.1.	L'évolution de la notion du confort	41
2.2.	Un confort triparti ? Des théories d'un confort à trois facettes.....	44
2.3.	La notion de confort appliquée aux espaces de travail.....	46
2.4.	Un confort « incalculable » ?.....	50

2.5.	Le confort et les bâtiments performants	52
2.6.	Le confort et la haute performance énergétique : une revue de la littérature francophone sur le domaine résidentiel	55
2.7.	Le confort et les bâtiments de bureaux performants	61
2.8.	Les méthodologies d'évaluation du confort d'espaces hautement performants	68
Présentation de l'Institut de Botanique (B22).....		75
3.1.	Introduction	76
3.2.	Mise en contexte	77
3.3.	Dimensions architecturales et rénovation énergétique.....	80
3.4.	Quid de l'utilisateur ?	86
Le Confort Vécu dans les Espaces de Travail : Entre Perception et Réalité		89
4.1.	Introduction	90
4.2.	Réduction énergétique versus effet rebond : les bureaux HPE à l'épreuve	93
4.3.	Espaces de travail et confort ressenti : une analyse des expériences des usagers	102
4.3.1.	Les facteurs non environnementaux du confort au travail : influence sur la satisfaction des occupants.....	103
4.3.1.1.	Genre et Age	103
4.3.1.2.	Temps passé dans le lieu de travail et les attentes	106
4.3.1.3.	Canaux de communication et formation	107
4.3.1.4.	Agencement spatiale et espace de détente	109
4.3.1.5.	Confidentialité visuelle et facilité d'interaction	123
4.3.2.	Confort intérieur et satisfaction des occupants : rôle des facteurs environnementaux	124
4.3.2.1.	Confort thermique	124

4.3.2.2. Confort acoustique	127
4.3.2.3. Qualité de l'air.....	129
4.3.2.4. Éclairage.....	130
4.3.3. Du concept au ressenti : confort prévu versus confort réel	132
Conclusion et perspectives	135
Bibliographie.....	143
Liste des illustrations	161
Liste des abréviations.....	165



HOW CAN WE DESIGN, BUILD AND MAINTAIN
BUILDINGS IN WHICH PEOPLE CAN EFFICIENTLY
PERFORM THEIR TASKS AND FEEL WELL?

Illustration 1 : Comment Bâtir en Conjuguant Efficacité Énergétique et Bien-Être des Occupants ? proposée par Géhin, E.

Source : THE SAINT-GOBAIN BUILDING SCIENCE. 2016. *Indoor environment and well being*.

INTRODUCTION

*Ce chapitre a été rédigé conjointement par Martinez Aguilera Mathilde et
Saad Marilyn*

1.1. Problématique de recherche

Le présent travail de fin d'études a été réalisé conjointement avec deux autres étudiants de la Faculté d'Architecture de l'ULiège : Martinez Aguilera Mathilde et Lamotte Gauthier. Ces trois travaux de fin d'étude visent, ensemble, à analyser la réception et la mise à l'épreuve d'un bâtiment tertiaire énergétiquement performant par leurs utilisateurs et gestionnaires. Nous avons choisi l'Institut de Botanique de l'Université de Liège comme terrain d'étude. Le travail de Lamotte G., par une approche technique, s'intéresse à la gestion de ce bâtiment par la question de recherche suivante : « De la gestion des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège. ». En complément de cette première étude, par une approche macro, je me penche sur l'impact qu'ont ces techniques sur la satisfaction du confort par la question de recherche suivante « Du confort vécu des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège. ». En dernier lieu, le travail de Martinez Aguilera M., établit via une approche micro, permet d'appréhender plus finement les rapports au confort et l'adaptation des usagers à celui-ci à travers la question de recherche suivante : « De l'appropriation des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège. ».

Dans le cadre de la rédaction de ce travail de fin d'études, les chapitres intitulés « Introduction », « État de l'art » et « Présentation de l'Institut de Botanique (B22) » ont été coécrits par Martinez Aguilera Mathilde et moi-même (Saad Marilyn). Cette collaboration se justifie par le lien intrinsèque entre nos thèmes de recherche évoqués plus tôt et permet de ce fait, une analyse plus complète et intégrée de la performance des bâtiments.

En tant que futur(e)s architectes, nous avons conscience du rôle crucial du secteur du bâtiment dans les stratégies globales qui ambitionnent la neutralité carbone et la décarbonation de l'atmosphère. La problématique environnementale à laquelle nous sommes confrontés se révèle incontestable. La réussite d'une transition écologique est un défi reposant sur la mise en œuvre de changements significatifs. Précisément, cette recherche de solution face à

un si grand enjeu s'accompagne de solutions « techniques » et de progrès technologiques. En effet, nous trouvons parmi ces solutions, l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'augmentation du nombre rénovations énergétiques et la transition vers des approvisionnements énergétiques décarbonés.

Dès lors, notre cas d'étude, l'Institut de Botanique de l'Université de Liège, semble illustrer parfaitement cette approche. Ce bâtiment, appartenant à l'important stock bâti existant de l'université, a subi une rénovation visant notamment l'amélioration de ses performances énergétiques. Les travaux de rénovation ont inclus l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment, la pose d'un nouveau revêtement en bois de récupération, la modernisation des systèmes HVAC et électriques, la pose de panneaux photovoltaïques, le remplacement des châssis et vitrages et l'ajout de protections solaires motorisées. L'ensemble de ces interventions a permis, théoriquement, de réduire la consommation énergétique du bâtiment, mais également de diminuer significativement ses émissions de carbone liées à sa consommation d'énergie opérationnelle, en phase avec les objectifs de décarbonation de la Région Wallonne et de l'ULiège. Reste à savoir comment les usagers perçoivent et utilisent le bâtiment et ses équipements. Effectivement, l'expérience de l'utilisateur joue un rôle important dans l'efficacité énergétique d'un bâtiment et dans sa durabilité.

Portant sur la réception que font les utilisateurs de l'Institut de Botanique, et développée par le biais d'un questionnaire « Post Occupancy Evaluation » (POE), cette recherche se focalise sur les questions suivantes : Quel est l'impact de la rénovation énergétique sur le confort vécu des usagers ? Quels sont les facteurs qui affectent la perception du confort vécu ? Quelle est la marge de manœuvre que les occupants ont afin de retrouver leur confort ? Quelles seraient les pistes pour améliorer la conception de bâtiment performant en tirant parti des dissonances entre confort conçu et confort vécu ? En d'autres termes, par ce présent TFE, je m'attelle à développer des pistes de réflexion quant au confort vécu des usagers d'un bâtiment performant.

1.2. Contexte

Une mise au point du contexte de cette étude permet de bien situer et préciser les différents cadres à notre problématique. Elle vise notamment à rappeler quelques données chiffrées permettant de quantifier et d'illustrer les aspects essentiels de la problématique, et en quoi le réchauffement climatique revêt une importance cruciale, en lien notamment avec notre étude de cas. Enfin, il s'agit de détailler les normes et réglementations en vigueur, qu'elles soient européennes, belges ou propres à la Région wallonne, afin de situer notre recherche dans le cadre réglementaire adéquat.

En complément de ces différents cadres, nous situerons les intentions et les solutions proposées par l'ULiège ainsi que le progrès technologique et les dispositifs techniques en vigueur. En d'autres termes, cette partie vise à offrir une compréhension globale des enjeux liés à notre problématique, en mettant en lumière les données factuelles, les impératifs climatiques et les réglementations institutionnelles et en se focalisant sur l'essence même de ce travail : l'utilisateur.

Avant d'aborder la partie contextuelle de cette recherche, il est souhaitable d'étayer le processus de notre choix de cas d'étude. Dans un premier temps, il est important de vous informer, en tant que lecteur, que notre intérêt s'était initialement porté sur le siège administratif de Bruxelles Environnement (également appelé Leffmilieu Brussel). Cependant, ce cas d'étude n'a pas pu être retenu pour différentes causes : accord non-obtenu, manque de communication et de temps. Ce TFE se portait donc, au départ, sur la zone géographique de Bruxelles, lieu où la politique énergétique en faveur de la construction dite « passive » et de la haute performance énergétique s'est graduellement imposée. Ce premier obstacle a donc mis en lumière la difficulté de la recherche d'un cas d'étude approprié. Par la suite, un autre cas d'étude apparut comme évident : l'Institut de Botanique. Ce dernier s'est premièrement justifié par son ancrage dans un contexte d'enjeux environnementaux auxquels il souhaite répondre. Précisément, ce bâtiment est l'héritage laissé par

l'architecte Roger Bastin depuis 1968, année de son inauguration. La rénovation de cet héritage a été réalisée par l'architecte Michel Prégardien en 2017 par l'intermédiaire de l'EEEF (Fonds européen pour l'efficacité énergétique). Ce cas d'étude s'est donc révélé pertinent par son alignement aux objectifs européens et contemporains. De plus, ce bâtiment fait partie intégrante de notre patrimoine universitaire. En tant qu'étudiant(e)s à l'Université de Liège, nous sommes fières et enthousiastes d'effectuer notre recherche sur ce bâtiment. Également, par son caractère institutionnel, ce lieu héberge de nombreuses catégories d'utilisateurs en passant par des étudiant(e)s, des secrétaires, des doctorant(e)s, des technicien(ne)s ou encore des chercheur(se)s. L'Institut de Botanique représentait, de ce fait, un lieu d'étude pertinent pour nos recherches sociotechniques.

1.2.1. Les crises

En guise d'introduction il convient de situer notre problématique dans un contexte global et situé. De manière générale, nos sociétés furent édifiées sur la présupposition d'une disponibilité abondante en énergie, principalement issue des combustibles fossiles. Cette dépendance énergétique engendra une multitude de problèmes environnementaux, dont le changement climatique, que nos modes de production et de consommation, excessivement énergivores, ne parvinrent pas à endiguer (Zélem, 2012). Face à ces défis environnementaux, de nombreux pouvoirs publics, notamment en Europe, mirent en place des réglementations de plus en plus strictes. Ces réglementations eurent pour objectif de réduire drastiquement les consommations d'énergie opérationnelle associées à l'usage fait des bâtiments, dans un but : limiter le phénomène de réchauffement climatique. Parmi les secteurs concernés figure celui des bâtiments. Assurément, ce secteur représente mondialement une consommation d'environ 30% de l'énergie mondiale manifestée sous forme d'électricité, de combustibles (gaz, liquide, solide) et d'énergie (éclairage, équipements, chauffages, refroidissement, etc.). (UNO, 2022). Selon l'IEA, il est

responsable d'environ 27% de l'exploitation mondiale d'émissions de CO₂ (10 GtCO₂) (IEA, 2022).

En 2020, le parc immobilier de l'Union Européenne représentait 40 % de la consommation d'énergie et 36 % des émissions de gaz à effet de serre (relatifs aux activités de construction, de rénovation et de démolition et de l'utilisation des bâtiments) (Commission Européenne, 2020). Le secteur tertiaire quant à lui, et particulièrement les bâtiments de bureaux, aurait subi une augmentation de 52% dans sa consommation de combustible et de 36,1% dans ses émissions de GES (principalement lié au chauffage des bâtiments) depuis 1990 selon des chiffres communiqués par le SPF Environnement (Climat.be, 2021). Les raisons de ces chiffres sont multiples ; hausse du nombre d'employés, accroissement de la consommation d'électricité, développement des technologies (climatisation, informatique) et bien d'autres encore.

1.2.2. Les solutions

L'ensemble de ces résultats alarmants ont engendré de nombreuses recherches destinées à proposer des solutions concrètes. En effet, cette transition a non seulement favorisé l'émergence de dynamiques innovantes sur le plan technique, telles que l'isolation, la ventilation, le chauffage, mais a également renforcé le recours à la technique et à la multiplication des équipements comme leviers principaux pour garantir la performance énergétique et le confort dans le secteur de la construction (Zélem, 2012). Parmi elles, nous retrouvons l'efficacité énergétique des bâtiments. Effectivement, selon un récent rapport du GIEC, « les réductions des émissions de GES dans l'industrie, les transports, les bâtiments et les zones urbaines peuvent être obtenues grâce à une combinaison d'efficacité et de conservation énergétiques et d'une transition vers des technologies et des vecteurs énergétiques à faibles émissions de GES. » (IPCC, 2023 : 51). L'efficacité énergétique représenterait donc un remède à ces maux, car, sans elle, la « décarbonation totale de l'économie de l'Union ne peut être réalisée » (Commission Européenne, 2018 ;

citée par Directive [UE] 2023/1791). Il s'agit donc d'un enjeu central dans le domaine de la construction. Précisément, le secteur du bâtiment étant, comme précédemment évoqué, un consommateur d'énergie important, il a indéniablement un rôle crucial à remplir dans cette stratégie visant à améliorer l'efficacité énergétique (Wörsdörfer, 2018). Cette dernière se traduit notamment par la recherche de la performance énergétique et environnementale constituée : d'apports thermiques naturels, de l'isolation et de l'étanchéité à l'air du bâti, de l'inertie, d'une réduction de la production de chauffage, de systèmes VMC, de la production d'énergie solaire et/ou géothermique et/ou éolienne et enfin des automatismes de régulation (Beslay et al., 2015). Afin de quantifier cette performance, des labels et des certificats tels que le PEB définissent des objectifs de performance énergétique globale du bâti en kWh/m²/an pour les logements ou les bâtiments tertiaires.

1.2.3. Les cadres

L'Institut de Botanique de l'Université de Liège se situe en Belgique, il paraît donc indispensable de nous intéresser aux solutions proposées selon trois cadres : européen, belge et wallon.

Parmi une liste non-exhaustive des mesures prises au niveau européen, nous retrouvons :

- Un engagement global par l'Accord de Paris limitant l'élévation de la température moyenne mondiale à moins de 2°C pouvant aller jusqu'à 1,5°C (Règlement [UE] 2023/857).
- Le « Pacte vert pour l'Europe » qui entend répondre à l'objectif de la neutralité carbone (d'ici 2050) par une feuille de route multisectorielle (Commission Européenne, 2019).
- L'« Ajustement à l'objectif 55 » visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990 (Conseil de l'Union européenne, n.d).

En ce qui concerne la thématique de la rénovation (qui concerne directement notre cas d'étude) dans un cadre européen, la Commission européenne a élaboré un plan d'action inclut des mesures réglementaires, des instruments de financement et des actions facilitatrices, visant à doubler le taux annuel de rénovation énergétique des bâtiments d'ici 2030 et à encourager des rénovations en profondeur (Conseil de l'Union européenne, 2022). En ce sens, l'European Energy Efficiency Fund (EEEF) a notamment permis de lever des fonds pour L'ULiège afin de financer le projet de rénovation énergétique de notre cas d'étude visant à réduire les consommations énergétiques des bâtiments de 20% au minimum (Prégardien et Marique, 2019).

En ce qui concerne le cadre belge, ce cas d'étude s'inscrit dans l'alignement des objectifs fixés par la politique climatique fédérale menée en Belgique via, entre autres, des mesures de réduction des émissions liées à l'énergie. Ces initiatives sont regroupées dans le « Plan national énergie-climat 2021-2030 », qui intègre les politiques et mesures des autorités fédérales et régionales (Service Changements climatiques, s. d.). De plus, concernant son parc immobilier, l'État belge vise l'amélioration de l'information et la normalisation des matériaux de construction afin de réduire l'utilisation des matières premières et l'impact environnemental (Climat.be, 2023). Ces mesures font donc écho au cas de l'Institut de Botanique, par l'intérêt des concepteurs de sa rénovation à utiliser des matériaux de réemploi ainsi que d'inscrire ce projet dans une réflexion de durabilité.

Au sujet du cadre wallon, la gestion des bâtiments relève des compétences régionales, et en Wallonie, l'objectif est également d'atteindre la neutralité carbone pour l'ensemble du parc immobilier d'ici 2050, avec un objectif intermédiaire de réduction des émissions de GES pour 2030 (Wallonie énergie SPW, nd). Toutefois, le secteur tertiaire, dont fait partie l'Institut de Botanique, a vu sa consommation énergétique augmenter en raison de l'usage croissant des équipements de bureautique et des systèmes de climatisation (Duquesne et al., 2008). Pour contrer cette tendance, la Wallonie a mis en place des mesures (telles que sa stratégie de rénovation énergétique à long terme ou son « Plan Air

Climat Energie) visant à réduire la consommation nette, à renforcer la performance énergétique des bâtiments, à favoriser les rénovations et à promouvoir les énergies renouvelables (Gouvernement Wallon, 2023). La rénovation énergétique de l'Institut de Botanique semble donc s'aligner aux objectifs wallons, notamment par les diminutions des consommations qu'elle a engendrées (Hovsepyan, 2020).

1.2.4. Intentions de l'ULiège

En guise de clôture à ce contexte, mettons en évidence les intentions et les investissements de l'ULiège en matière d'efficacité énergétique.

Pour ce faire, intéressons-nous brièvement à l'historique de l'Université. Fondée en 1817, l'Université de Liège (ULiège) fut confrontée à des contraintes d'espace, particulièrement à la fin du XIXe siècle. Pour répondre à ce besoin croissant, l'université acquit en 1959 la forêt du Sart Tilman, un domaine de 760 hectares, qu'elle a transformé en campus universitaire. Sous la direction du Recteur Marcel Dubuisson et avec l'aide des architectes coordonnés par Claude Strebelle, l'université a mené une réflexion approfondie sur l'urbanisme et l'architecture du site (Micha, 2000).

Ayant subi de grands changements, l'évolution architecturale du campus du Sart Tilman peut être divisée en trois périodes distinctes. Celle de notre cas d'étude se rapporte à la première période, caractérisée par la construction de bâtiments modernes en béton aux volumes relativement simples (Frankignoulle, 2014). Toutefois, les enjeux contemporains diffèrent de l'époque où l'espace manquait. Désormais, l'enjeu majeur est d'adapter ce parc bâti aux nouvelles normes de performances énergétiques (Frankignoulle, 2014 : 7). Dans cet objectif, l'Université de Liège a notamment investi 30 millions d'euros de fonds propres dans un programme de rénovation énergétique (et d'intégration de ressources renouvelables) de 11 bâtiments (représentant 65 % de la consommation énergétique) avec une priorité sur les bâtiments construits avant l'établissement des normes actuelles de performance énergétique. Enfin, les

projets de rénovation cherchant à diminuer les émissions de carbone grâce à des améliorations énergétiques et à l'adoption de nouvelles technologies bénéficient du soutien financier de l'EEEF qui finance les travaux, comme c'est le cas de l'Institut de Botanique.

1.3. Quid de l'utilisateur ?

Face à cette multiplication de réglementations, de mesures, d'équipements techniques et de leur automatisation, il semble légitime de nous questionner quant à la place des utilisateurs dans cette « technicisation » de leurs espaces de vie. En effet, le fait que leur confort soit confié à des dispositifs techniques de plus en plus automatisés, voire intelligents, implique une mise à distance des utilisateurs dans la gestion de confort (Beslay et al., 2015 : 335-364). En même temps, la haute performance énergétique influence de manière ambivalente la satisfaction des utilisateurs vis-à-vis du confort (Brisepierre et al., 2017) et peut parfois générer des consommations plus élevées que les consommations prévues (effet rebond). Paradoxalement, la mise en place d'équipements énergétiquement plus efficaces ne conduit pas nécessairement à une baisse de la consommation d'énergie globale et peut parfois entraîner des surconsommations d'énergie suite à certains comportements des utilisateurs qui sollicitent davantage les nouveaux équipements (Zélem et Beslay, 2011). Autrement dit, les gains d'énergie peuvent être partiellement annulés par une augmentation de la consommation réelle en énergie (Sorrell, 2007). Pour ces raisons, il semble important de prendre conscience de la diversité des perceptions et des comportements liés au confort du point de vue des utilisateurs.

En matière de gestion du confort des lieux de vie, et de leurs enjeux socio-techniques, il convient de bien distinguer les différentes typologies de bâtiments. L'enjeu au sein des immeubles de bureaux, tel que notre cas d'étude, est, non seulement de trouver un équilibre en termes de confort thermique, visuel et acoustique, mais également, d'assurer une bonne convivialité entre les différents utilisateurs du bâtiment (Lepore, 2017). Le logement étant un espace

privé, nous pouvons constater que les usagers ont davantage de contrôle sur les aspects liés au confort. En revanche, dans le cas d'espaces publics ou professionnels comme pour l'Institut de Botanique, l'utilisateur doit se conformer aux normes et aux réglages prédéfinis par les concepteurs et les gestionnaires du bâtiment. Les décisions relatives aux systèmes de chauffage, de climatisation et d'éclairage sont fréquemment centralisées et dictées par des considérations économiques et organisationnelles. Par conséquent, l'utilisateur dispose de moins de contrôle sur ces aspects et doit s'adapter aux conditions préétablies. Par ces présents TFE, nous entendons questionner une éventuelle dissonance entre confort conçu et confort vécu ainsi que la possibilité, la liberté ou non d'une appropriation des usagers de notre cas d'étude.

En guise de conclusion, le choix de l'Institut de Botanique se justifie principalement par son lien avec les enjeux environnementaux auxquels il entend répondre grâce à une rénovation visant à améliorer sa performance énergétique. De surcroît, la conscientisation des problèmes énergétiques et la recherche de solutions performantes ont souvent amené à omettre ses principaux occupants : les usagers. En effet, au sein de la littérature le postulat suivant : « la consommation énergétique des bâtiments est le résultat de l'imbrication des deux systèmes énergétiques que sont l'Habitat et l'Habitant » (Thellier, 2012 : 292) nous incite à également considérer l'humain dans l'analyse des sites à hautes performances énergétiques. Afin de contribuer à alimenter la littérature sur ce sujet, ces présents TFE s'intéressent aux usagers en leur accordant une place primordiale dans cette dynamique socio-technique. Pour ce faire, le travail présenté par Saad M. traite du confort vécu de ce bâtiment performant et le travail présenté par Martinez M. se concentre sur l'appropriation de ce bâtiment performant.

1.4. Méthodologie

Partie rédigée individuellement par Saad Marilyn

Ce travail de fin d'étude a été réalisé en collaboration avec deux autres étudiants en architecture, Martinez Mathilde et Lamotte Gauthier. Nos trois travaux portent sur le bâtiment de l'institut de Botanique. Afin d'effectuer une analyse approfondie de ce bâtiment, chaque étudiant a abordé différentes approches mais qui se complètent. Lamotte Gauthier analyse l'aspect technique du projet en s'attardant sur la gestion et la conception architecturale de l'institut de Botanique. A la suite de cette étude, ce travail se penche sur l'impact de ces techniques quant à la satisfaction du confort, à partir d'une analyse macro par questionnaire, visant à identifier, d'une part, les grandes tendances en matière de satisfaction du confort vécus des utilisateurs du bâtiment et, d'autre part, les éventuels écarts entre les intentions des concepteurs et le vécu des utilisateurs. Ensuite, Martinez Mathilde opte pour une approche micro permettant d'approfondir les rapports au confort révélé par ma partie, en s'attardant plus spécifiquement sur l'appropriation des espaces par les usagers via une démarche qualitative.

1.4.1. Visite du site et analyse documentaire

La première phase de ce travail de fin d'études visait à bien saisir le cas d'étude, via une visite exploratoire, une analyse documentaire du projet de rénovation de l'Institut de Botanique et un entretien avec l'architecte qui a dirigé les opérations de rénovation. Cette phase a été essentielle pour préparer les étapes suivantes de la recherche, notamment l'élaboration du questionnaire, les entretiens avec les usagers et autres parties prenantes, ainsi que l'analyse des données recueillies.

1.4.1.1. Visite du site

La visite du site constitue une étape essentielle pour appréhender le contexte physique du projet et saisir les enjeux de la rénovation. Après avoir pris contact avec le directeur administratif de l'institut, une première visite guidée a été organisée. Cette visite a permis d'obtenir une vue d'ensemble du bâtiment, de ses espaces et de ses fonctionnalités. Le directeur administratif a présenté les aspects architecturaux et techniques du bâtiment, ainsi que les objectifs des récents travaux de rénovation. Cette présentation a permis de saisir les enjeux auxquels le projet de rénovation était confronté, tels que la conservation du patrimoine, les implications liées aux différentes fonctionnalités du bâtiment, ou encore l'intégration des nouveaux systèmes techniques pour améliorer le confort et l'efficacité énergétique d'un bâtiment existant.

Au cours de cette visite, une attention particulière a été portée à l'observation des différents espaces, notamment les bureaux, les laboratoires, les espaces communs (cafétéria, salles de réunion, etc.), ainsi que des infrastructures techniques (systèmes de chauffage, ventilation, etc.). Ces observations ont permis de formuler des premières hypothèses sur les éléments clés pouvant influencer le confort des occupants, utiles à la mise au point du questionnaire.

1.4.1.2. Analyse des documents

Cette compréhension préalable du cas d'étude a été complétée par l'analyse détaillée des documents techniques et architecturaux du projet. Les documents étudiés incluent :

- Plans et coupes du bâtiment : fournis par l'architecte, ces documents permettent une compréhension approfondie de la disposition des espaces, de la circulation interne, et des spécifications techniques telles que les matériaux utilisés, les dimensions des pièces, et les systèmes d'isolation.

- Détails techniques : soit les schémas et fiches techniques des systèmes HVAC, des dispositifs d'éclairage et des éléments de régulation thermique (comme les stores et les ouvertures).
- Documents de présentation du projet : fournis par le directeur administratif du bâtiment et l'architecte, ces documents détaillent les études réalisées sur le projet et les objectifs de rénovation. Ils fournissent également des informations sur les critères de choix des solutions techniques et des matériaux, ainsi que sur les objectifs de performance énergétique et de confort visés.

L'analyse de ces documents permet de construire une base de connaissances solide sur la conception du bâtiment et les interventions effectuées. Elle sert également à identifier les intentions des concepteurs et à préparer le questionnaire pour l'évaluation post-occupationnelle. Ces informations seront croisées avec les retours des utilisateurs pour évaluer l'adéquation entre les objectifs de rénovation et l'expérience réelle des usagers.

1.4.1.3. Entretien semi-directif avec l'architecte

Enfin, un entretien semi-directif a été mené avec l'architecte responsable de la rénovation de l'Institut de Botanique. L'entretien semi-directif est une technique de collecte de données largement employée dans la recherche qualitative en sciences sociales. Contrairement à l'enquête par questionnaire, qui cherche à produire des données uniformisées sur une large population pour identifier des tendances statistiques et des variations d'opinions entre groupes, l'entretien semi-directif offre une exploration plus approfondie et nuancée des sujets (Pin, 2023). L'objectif principal de cet entretien est de recueillir des informations détaillées sur les aspects conceptuels et techniques du projet, ainsi que sur la manière dont l'architecte a pris en compte les besoins des usagers dans le processus de conception. Cet échange est essentiel pour bien comprendre la démarche architecturale adoptée, les décisions prises durant la rénovation et les objectifs visés par le projet.

Avant l'entretien, une préparation minutieuse a été effectuée pour garantir une discussion riche et informative. Cela a impliqué une analyse préliminaire des documents, notamment l'étude des plans, des coupes, et d'autres documents techniques, afin de préparer des questions pertinentes et ciblées. Par ailleurs, un guide d'entretien structuré a été élaboré, comprenant des questions ouvertes et fermées. Ce guide (voir annexe 4) a été conçu pour orienter la discussion tout en permettant à l'architecte d'explorer en profondeur ses réponses et de partager des réflexions détaillées sur le projet de rénovation.

L'entretien semi-directif a été conduit en suivant le guide préalablement préparé. Les principales thématiques explorées au cours de cet échange incluaient la démarche architecturale, avec une discussion sur la vision globale du projet, la philosophie de l'intervention et les choix esthétiques effectués. Par la suite, l'attention s'est portée sur les choix techniques et les matériaux utilisés, avec un focus particulier sur les systèmes de chauffage et de ventilation installés, ainsi que les critères ayant guidé la sélection des solutions techniques intégrées. L'entretien a également permis d'identifier les objectifs spécifiques de la rénovation, tels que l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'optimisation du confort des usagers, en discutant notamment si ces objectifs concernaient uniquement l'enveloppe ou également l'intérieur du bâtiment. Enfin, la place de l'utilisateur dans la conception a été évaluée, afin de comprendre si la prise en compte des besoins des usagers, à travers des consultations préalables, des études de confort ou des retours d'expérience, a été effectué.

Les informations recueillies lors de l'entretien ont été minutieusement transcrites et analysées de manière systématique. Cette analyse a permis de contextualiser les interventions en comprenant les motivations et les justifications des choix architecturaux et techniques. Elle a également dégagé les intentions derrière le projet, en identifiant les objectifs explicites et implicites de la rénovation, ainsi que la manière dont ces objectifs ont été communiqués et interprétés par les différents acteurs. Enfin, l'analyse a évalué la prise en compte des usagers, en examinant dans quelle mesure leurs besoins et attentes ont été intégrés dans le processus de conception et de réalisation du projet.

Cette phase a fourni une base de connaissances précieuse pour la suite de l'étude, en particulier pour l'élaboration du questionnaire destiné aux usagers. Elle a également permis de situer le projet dans le cadre plus large des pratiques de rénovation architecturale et des dynamiques d'interaction entre concepteurs et utilisateurs.

1.4.2. Élaboration du questionnaire

Accessible en annexe 3, l'élaboration du questionnaire, central pour ce travail de fin d'étude, a suivi une approche méthodique, structurée autour de trois principales sources d'information : les documents architecturaux, l'entretien avec l'architecte, et la littérature académique sur l'évaluation post-occupationnelle (Post Occupancy Evaluation - POE). L'évaluation post-occupationnelle (POE) est un processus destiné à mesurer la performance d'un bâtiment après son occupation. Ce processus repose sur l'idée que comprendre les besoins des utilisateurs en analysant systématiquement leur expérience avec les bâtiments et autres espaces conçus constitue un objectif légitime de la recherche en architecture. Introduite pour les bureaux et les biens immobiliers commerciaux dans les années 1980, la POE est désormais utilisée pour une variété de types d'installations (Stanley, 2001). Les questionnaires POE sont un outil utile pour améliorer les bâtiments, augmenter le confort des occupants et gérer les coûts liés (Vischer, 2001). Cette démarche visait à créer un outil précis et pertinent pour évaluer la perception des usagers sur différents aspects du confort dans un bâtiment.

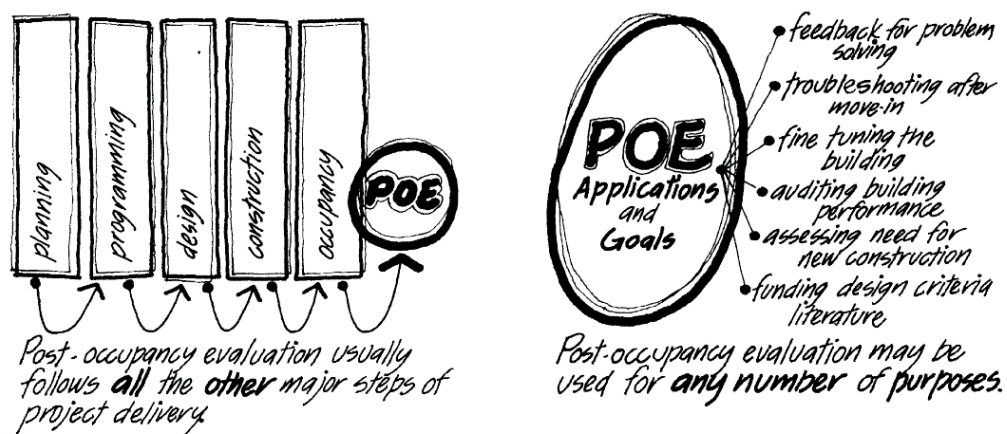


Illustration 2 : Post Occupancy Evaluation proposée par Preiser, Rabinowitz et White.

Source : PREISER, W.F., WHITE, E. et RABINOWITZ, H. 2015. *Post-occupancy evaluation (Routledge revivals)* (1st ed.), London, Routledge. DOI : <https://doi.org/10.4324/9781315713519>

Les questions ont été rédigées pour être claires, concises et accessibles, en tenant compte de la diversité des profils des usagers. Elles abordent les perceptions du confort selon des facteurs environnementaux tels que la thermique, l'acoustique, la qualité de l'air et l'éclairage, mais aussi des aspects sociaux comme les attentes en fonction du temps passé dans le bâtiment, le genre et l'âge des usagers. Une attention particulière a été portée à la formulation des questions pour éviter les biais et permettre une collecte de données représentative.

La conception du questionnaire a également pris en compte les défis inhérents à la subjectivité des réponses. La question du « et alors ? », soulevée par Vischer (2001), illustre la difficulté de généraliser les préférences individuelles à des recommandations universelles. Cette autrice explique que la notion d'appréciation est tellement subjective et influencée par des circonstances spécifiques qu'il est difficile d'en tirer des conclusions générales ou des informations universelles (Vischer, 2001). Ainsi, bien que la satisfaction des utilisateurs soit une composante clé des POE, les résultats spécifiques doivent être interprétés avec précaution, en reconnaissant les limites de leur portée généralisable.

En résumé, l'élaboration du questionnaire a été un processus itératif, intégrant les connaissances théoriques et empiriques pour construire un outil adapté à l'évaluation du confort post-rénovation. Ce questionnaire sert de base à une analyse approfondie des perceptions des usagers, contribuant à l'amélioration continue des environnements de travail.

1.4.3. Méthode de transmission du questionnaire et échantillonnage

Afin de maximiser le taux de réponse et assurer une représentativité des divers groupes d'usagers, le questionnaire Post Occupancy Evaluation (POE) a été diffusé par deux moyens complémentaires. Tout d'abord, un formulaire en ligne a été conçu et envoyé par email aux personnes disposant d'un poste de travail au sein du bâtiment, permettant une accessibilité facile et une participation flexible, les répondants pouvant remplir le questionnaire à leur convenance. Les adresses email des usagers ont été recueillies à partir d'une liste fournie par le directeur administratif. Celui-ci devant se conformer aux principes du RGPD, 26 adresses nous ont ainsi été transmises, il n'a donc pas été possible d'obtenir les coordonnées de tous les employés visés. Pour atteindre les personnes dont les adresses électroniques n'ont pas pu nous être transmises, des QR codes menant au questionnaire en ligne ont été distribués lors de visites sur place. Ces codes ont été placés dans des zones stratégiques et fréquentées, telles que les salles de pause, et ont également été remis directement aux usagers présents.

Au final 31 réponses valides ont été obtenues, représentant un taux de réponse de 31% tenant compte qu'environ 100 personnes travaillent au sein de l'institut de Botanique, incluant des personnels permanents et des membres d'associations occupant le site de manière occasionnelle. Cet échantillon comprend une diversité de profils professionnels, notamment des directeurs, secrétaires, assistants, agents spécialisés, professeurs, chercheurs et doctorants. Chacun d'entre eux occupe un espace distinct, réparti sur les

différents niveaux de l'institut, incluant le rez-de-chaussée, le premier, le deuxième et le troisième étage. Cette variété de répondants ainsi que la diversité spatiale ont permis de recueillir une vue d'ensemble des perceptions du confort au sein de l'institut, en tenant compte des différentes fonctions et niveaux d'utilisation des espaces. Les données collectées fournissent une base suffisamment solide pour analyser les ressentis individuels à l'égard des aménagements effectués et de la qualité des espaces de travail, tout en prenant en considération la diversité des usages et des attentes.

1.4.4. Analyse des réponses

Suite à la collecte des réponses du questionnaire POE, une analyse minutieuse a été réalisée pour identifier les tendances générales et les problématiques éventuelles concernant le confort des usagers. Cette étape a permis de dégager des perceptions dominantes en termes de confort thermique, acoustique, visuel et ergonomique. L'analyse a également permis d'examiner les variations de satisfaction en fonction des différents espaces du bâtiment, ainsi que d'identifier les techniques ou dispositifs pouvant poser un problème. Des divergences d'opinion entre les différents groupes d'usagers ont été observées, notamment en ce qui concerne la « qualité du confort » perçue.

Pour approfondir ces résultats et clarifier certaines réponses ambiguës, un entretien supplémentaire a ensuite été organisé avec le directeur administratif de l'institut. Cet entretien visait à répondre aux questions émergeant de l'analyse, en particulier celles liées aux choix opérationnels et aux retours des usagers recueillis après la rénovation. Le directeur administratif a pu fournir des éclaircissements sur les décisions prises et les adaptations éventuelles, ainsi que sur les retours d'expérience des usagers.

Les informations recueillies lors de cet entretien ont été retranscrites et analysées, puis visualisées sous forme de schémas pour faciliter l'interprétation des résultats. Ces données ont ensuite été confrontées avec les informations obtenues lors de l'entretien avec l'architecte, afin de vérifier l'impact réel des

rénovations sur le confort des usagers et de déterminer si les intentions initiales des concepteurs ont été atteintes.

1.4.5. Relevé photographique des lieux

Un relevé photographique a été réalisé pour documenter l'état actuel des espaces. Cette étape a permis de comparer les réponses des usagers avec la réalité des lieux, fournissant une base visuelle pour l'analyse et permettant de vérifier la concordance entre le vécu des utilisateurs relevé à partir de l'analyse des réponses du questionnaire et la situation sur le terrain.

1.4.6. Limites de la recherche

Ce travail de fin d'étude présente certaines limites qui ont influencé la portée et la profondeur des conclusions. Tout d'abord, l'échantillon de participants a été restreint à 31 répondants sur les environ 100 usagers potentiels, en raison de l'incapacité à obtenir les adresses email de tous les employés et des difficultés à les rencontrer en personne. Cette limitation a pu restreindre la représentativité des résultats et réduire la diversité des points de vue recueillis. De plus, le processus de collecte de données a rencontré des obstacles, notamment la disponibilité variable des usagers.

En outre, il est important de souligner les limites inhérentes aux questionnaires POE. Cette méthode, bien qu'efficace pour obtenir des données sur la satisfaction des usagers, présente plusieurs contraintes (Vischer, 2001). Premièrement, la nature auto-rapportée des réponses peut introduire des biais subjectifs, les participants pouvant exprimer des perceptions personnelles qui ne reflètent pas toujours la réalité objective des conditions de confort. En outre, la diversité des expériences et des attentes individuelles peut rendre difficile la généralisation des résultats, d'autant plus que certains aspects du confort peuvent être sous-représentés si les questions ne sont pas suffisamment ciblées. Les questionnaires peuvent également souffrir de taux de réponse

variables, ce qui peut affecter la représentativité des données collectées. Par conséquent, il est essentiel d'analyser les réponses avec une attention particulière, en tenant compte de ces limites.

Enfin, afin d'éviter de chevaucher les recherches de Mathilde Martinez, nous avons intentionnellement limité notre exploration des stratégies d'appropriation des espaces par les usagers et de leurs adaptations personnelles pour améliorer le confort. Cette décision a conduit à une analyse moins approfondie de ces aspects spécifiques, restreignant ainsi notre compréhension des expériences individuelles et des pratiques d'ajustement dans l'utilisation des espaces rénovés.

.....

1.5. Plan de rédaction

Partie rédigée individuellement par Saad Marilyn

Ce travail de fin d'étude est organisé en plusieurs sections distinctes, chacune contribuant à une compréhension approfondie du sujet traité.

La première section est consacrée à la revue de littérature, qui explore les concepts théoriques clés relatifs aux écarts entre le confort conçu et le confort vécu, principalement dans les bâtiments de bureaux et les bâtiments à haute performance énergétique (HPE). Elle examine également les théories liées à l'évaluation post-occupationnelle (POE) et l'importance des relevés habités. Cette partie présente une synthèse des recherches antérieures, mettant en évidence les lacunes et les opportunités pour des études futures. Un cadre théorique et méthodologique est également exposé, détaillant les approches choisies pour cette étude. Cette section a été co-écrite avec l'étudiante Mathilde Martinez Aguilera, apportant une perspective enrichie au cadre conceptuel.

Le chapitre suivant est également co-écrit avec Mathilde Martinez Aguilera et offre une présentation détaillée du cas d'étude, l'Institut de Botanique. Ce chapitre fournit un contexte complet pour l'analyse, en commençant par une description générale de l'institut, incluant son historique et la justification du choix de ce bâtiment pour l'étude. Il décrit ensuite les caractéristiques architecturales du bâtiment, en mettant en lumière les éléments distinctifs de sa conception originale ainsi que les modifications apportées lors de la récente rénovation énergétique. Cette section inclut également une analyse des documents architecturaux, tels que les plans et les coupes, pour illustrer les choix techniques effectués. Les enjeux spécifiques de la rénovation, comme l'amélioration de l'efficacité énergétique, sont également abordés. Le chapitre se conclut par une présentation de la place des usagers dans le processus de conception, en exposant le point de vue de l'architecte sur ce sujet. Cette contextualisation est essentielle pour comprendre les dynamiques en jeu et les perceptions des usagers concernant le confort du bâtiment.

La section des résultats de l'étude présente une analyse des réponses au questionnaire POE, mettant en évidence les perceptions des usagers concernant le confort. Ce chapitre compare le confort prévu lors de la conception avec le confort effectivement ressenti. Il évalue divers aspects du confort, tant environnementaux que non environnementaux, en soulignant les points de satisfaction et ceux qui posent problème.

Enfin, la conclusion résume les principales découvertes de l'étude, répond aux questions de recherche initiales, et propose des perspectives pour des travaux futurs. Les annexes contiennent les guides d'entretien et le questionnaire POE.

.....

ÉTAT DE L'ART

*Ce chapitre a été rédigé conjointement par Martinez Aguilera Mathilde et
Saad Marilyn*

2.0. Introduction

Dans le cadre de nos deux travaux de fin d'études, nous explorons deux questions de recherche centrales : « De l'appropriation des bâtiments performants » et « Du confort vécu des bâtiments performants » analysant toutes deux le cas d'étude de l'Institut de Botanique. Pour cet état de l'art, nous avons à nouveau choisi de coécrire les différents chapitres. Ces questions étant intrinsèquement liées, il nous a semblé pertinent et enrichissant de réaliser ce travail à deux. Afin de traiter au mieux ces deux questions de recherche, nous avons donc dressé un état des connaissances couvrant plusieurs notions essentielles permettant de former les bases de nos recherches. Cet état de l'art sera structuré en chapitres selon l'ordre suivant :

- 2.1. L'évolution de la notion du confort
- 2.2. Théories des trois confor
- 2.3. Le confort appliqué aux espaces de travail
- 2.4. Un confort « incalculable » ? : de la subjectivité du confort
- 2.5. Le confort et la haute performance énergétique : une revue de la littérature sur le domaine résidentiel
- 2.6. Le confort et les immeubles de bureaux (hautement performants).
- 2.7. Les méthodologies d'évaluation du confort d'espaces hautement performants
- 2.8. Conclusions

2.1. L'évolution de la notion du confort

Ce chapitre intitulé « l'évolution de la notion du confort » a pour objectif de mettre en lumière les manières dont le confort a façonné nos modes d'habiter allant des conceptions architecturales à travers l'histoire, à la notion de consommation énergétique.

« Être confortable est une aspiration de l'époque ; être confortable définit ce que signifie vivre « la belle vie ». (Hickey, 2023 : 2)

Comme la citation ci-dessus l'entend, le confort incarne une aspiration contemporaine, définissant ce que signifie mener une « belle vie ». Nous parlons souvent de maintenir une maison confortable, de vivre un style de vie confortable. En ce sens, nous recherchons le confort dans nos relations, nos loisirs et les possessions que nous accumulons. Ce confort marque des distinctions et guide nos décisions sur ce que signifie « bien vivre » (Hickey, 2023 : 3). La notion de confort est présente dans l'aménagement de nos foyers, les équipements de nos voitures, les brochures de vacances et les vêtements que nous portons, et surtout : notre architecture. Selon l'auteur Harold Wilhite, professeur à l'Université d'Oslo, « ... *les anthropologues n'ont pas compris que les gens ne consomment pas d'énergie en soi, mais plutôt ce que l'énergie rend [...] et que ces choses alimentent des considérations plus larges de confort, de commodité et de propreté ainsi que le divertissement et bien d'autres éléments constitutifs de la " belle vie "* » (Wilhite, 2005 : 2). Cette notion de confort est toutefois intervenue très tôt en littérature.

Bien que l'objectif ici ne soit pas de dater les premières apparitions des notions relatives au confort, il semble pertinent de souligner les prémices du confort. Par ses écrits dans un journal datant de 1758, le révérend James Woodforde analysait précisément chacune des situations physiques quotidiennes qu'il jugeait « confortables » ou « inconfortables ». En effet, nous retrouvons des extraits discutant de la qualité de son sommeil, de son confort thermique dont il vérifiait la notion subjective à l'aide d'un thermomètre afin

d'affirmer ou d'infirmer ses ressentis. De ce point de vue, rappelons que, des siècles durant, la notion de « confort » était plutôt entendue au sens de « réconfort » pour l'aspect moral ou émotionnel. À l'inverse, la notion d'« inconfort » impliquait quant à elle des sentiments de « chagrin ou de « morosité » plutôt que d'inconfort physique. Alors que l'inconfort consiste à s'approcher des extrêmes, le confort consiste avant tout à déterminer des « plages » (Boduch et Fincher, 2009 : 1).

Avec le temps, le « confort » a progressivement été utilisé pour désigner une satisfaction physique avec l'environnement immédiat, comme être au chaud sans étouffer, dormir paisiblement, avoir de l'air frais, être au sec, et avoir une maison accueillante. Ces observations posent la question de la nature du désir pour le confort physique et de la difficulté pour les architectes à concevoir un environnement uniformément confortable. Précisément, le confort « physique » est devenu une valeur culturelle importante et a influencé la manière dont les gens ont conçu et amélioré leurs environnements matériels. De plus, le confort physique a acquis une certaine force idéologique suffisante pour être intégrée dans les appels à la justice sociale, notamment pour améliorer les conditions des pauvres, des prisonniers et des esclaves (E. Crowley, 1999). Afin d'appuyer ce bref historique du confort, rappelons également les multiples techniques et stratégies historiques utilisées afin d'atteindre un certain niveau de confort telles que les braseros, les badguirs ou encore les qanats (Pruitt et Kramer, 2017 : 880-883). Cette série d'exemples démontre l'importance accordée au confort dès les premières civilisations. Dès lors, l'ensemble de ces constats nous permet de nous représenter la notion de confort, telle que nous la comprenons aujourd'hui, comme étant la résultante d'une construction culturelle, sociale ayant d'ailleurs évolué significativement au 19ème siècle et influençant la consommation, l'architecture, et même les mouvements humanitaires (E. Crowley, 1999).

Enfin, le début du 21ème siècle a opéré un changement de perspective sur la notion de confort. Ce dernier n'est plus seulement réduit à une « condition physiologique mesurable ». Désormais, l'accent est davantage porté sur les

dimensions psychologiques, sociales et culturelles. Dans l'article intitulé « Toward regenerative sustainability: a passive design comfort assesment method of indoor environment » (2023), les auteurs expliquent les manières dont chaque aspect et facteur du confort peuvent impacter les occupants et influencer ces dynamiques. Selon ces auteurs (2023), en plus des considérations énergétiques, écologiques et socioculturelles, les aspects esthétiques, psychologiques et ambiants doivent être pris en compte dans la conception d'environnements humains qui inspirent et revitalisent. L'article met également en évidence l'aspect social du confort visuel, acoustique et thermique soulignant l'importance cruciale d'intégrer ces dimensions lors de la conception architecturale. En ce sens, divers outils, littératures et organisations nous ont permis de comprendre et de quantifier cette notion complexe. De nos jours, de multiples écrits permettent d'apporter une certaine objectivité à la notion de confort. De fait, certaines plateformes telles qu'Energie + ou encore Energie Wallonie ont chacune rédigé des publications qui établissent ces « plages » en détail.

Par ce bref historique ainsi que par la lecture d'une littérature traitant de la notion de confort, nous avons pu comprendre à quel point l'urbanisation, la modernisation des environnements domestiques et, plus largement, l'évolution des modes de vie ont façonné nos habitats ou plutôt nos modes d'habiter (Brager et de Dear, 1998 ; Humphreys, 1976). Nous avons pu appréhender le confort comme une notion en constante évolution et dynamique, car elle se doit de répondre aux attentes des usagers selon leur contexte propre (Engrand, 2003) ainsi qu'aux normes de plus en plus strictes.

2.2. Un confort triparti ? Des théories d'un confort à trois facettes

Comme exposé dans la partie précédente, la notion de confort a connu une évolution significative au fil du temps, passant d'un concept relativement vague et difficilement mesurable à une notion réglementée et fortement théorisée. Les deux parties suivantes se consacreront précisément à cette théorisation du confort. De fait, nous examinerons la théorie des trois confort, ainsi que l'application du confort dans les espaces de travail, une notion cruciale pour nos deux recherches.

Premièrement, avant de nous intéresser aux deux autres théories discutant de l'éventuelle tripartie du confort, abordons l'auteur qui semble être à l'origine de cette théorie : Pascal Amphoux (1990). Ce dernier distingue les trois types de confort suivants : le « confort de commodité », le « confort de maîtrise » et le « confort de réserve ». Aussi appelé « confort d'utilité », ce premier type de confort est lié à la capacité technique d'un équipement à répondre aux besoins fonctionnels de manière pratique et efficace. Il est centré sur l'utilité et la fonctionnalité de l'objet en termes de confort thermique, visuel et acoustique. En d'autres termes, il existe pour résoudre un problème fonctionnel. Le deuxième confort privilégie quant à lui la pratique de l'utilisateur et renvoie ainsi à la notion d'appropriation par l'utilisateur. Cette notion d'appropriation peut également être mise en relation avec les écrits proposés par M-C. Zélem (Zélem, 2012 ; Zélem 2018). En ce sens, la définition proposée par P. Amphoux du « confort de maîtrise » renvoie à l'appropriation de l'innovation par l'utilisateur comme un « mode d'habiter » ou un « style de vie » (Amphoux 1990 : 4). En dernier lieu, le « confort de réserve », privilégiant la relation entre l'objet et l'usage, concerne l'existence d'espaces ou d'éléments architecturaux qui permettent à l'utilisateur de se retirer, de se détendre ou de prendre du recul par rapport à son environnement immédiat. Ce confort repose sur la création d'un sentiment de sécurité et de personnalisation dans l'espace vécu, contribuant à un sentiment de « chez-soi ». Ce sentiment a d'ailleurs été largement développé dans la littérature francophone (Amphoux et Mondada 1989 ; Cassaigne, 2006, Serfaty-Garzon,

2003 ; Vassart, 2015 ; Villela-Petit, n.d ; Zielinski, 2015) et évoque pour l'ensemble de ces auteurs une dimension personnelle (identitaire) renvoyant à la singularité, à une histoire qui serait individuelle et sociale, mais surtout liée à l'intimité. Les définitions proposées par ces auteurs du « chez-soi » renvoient à la manière dont l'individu se situe dans le monde, s'exprime ou habite l'espace et crée son support par des liens de familiarités ou d'intimité et ainsi s'approprie l'espace.

		Type of comfort		
		Relief	Ease	Transcendence
Context in which comfort occurs	Physical			
	Psychospiritual			
	Environmental			
	Social			

Illustration 3 : Structure taxinomique du confort proposée par Katharine Kolcaba.

Source : KOLCABA, K., FISHER, E. 1996. « A holistic perspective on comfort care as an advance directive », *Critical Care Nursing Quarterly*, vol. 18, n°4, p. 66-76.
DOI: [10.1097/00002727-199602000-00009](https://doi.org/10.1097/00002727-199602000-00009)

Le modèle « Comfort Theory » proposé par K. Kolcaba (voir : illustration 3) repose quant à lui sur l'hypothèse selon laquelle les humains s'efforcent d'atteindre leurs besoins fondamentaux en matière de confort (Kolcaba, 1992 ; Kolcaba, 1994). Selon cette auteure, le confort se définit comme l'expérience immédiate dans un contexte physique (relatif aux sensations corporelles) et/ou psychospirituel (concernant la notion de conscience interne de soi) et/ou environnemental (touchant au contexte externe de l'expérience humaine) et/ou socioculturel (ayant attrait aux relations interpersonnelles, familiales, sociétales et spirituelles). Les individus peuvent, selon cette théorie, éprouver trois types

de confort : le soulagement ou « *relief* » (étant un besoin de confort est satisfait), la facilité ou « *ease* » (étant l'expérience d'apaisement ou de contentement) et la transcendance ou « *transcendence* » (l'utilisateur s'élève au-delà du problème) (Kolcaba, 2003 : 9).

Troisièmement, dans le cadre de nos études, il convient de nous intéresser davantage à la triplicité du confort appliquée aux espaces de travail. Par la théorie d'un confort inscrit dans un « continuum ascendant allant du de confort physique au fonctionnel et au psychologique » développé par Jacqueline Vischer (Vischer 2007 ; cité par Miller, 2008 : 2), posons-nous la question suivante :

« Comment la notion de confort peut-elle être appliquée à l'environnement de travail ? » (Miller, 2008 : 2)

2.3. La notion de confort appliquée aux espaces de travail

Dans le cadre de notre étude conjointe s'intéressant à un bâtiment tertiaire comprenant de nombreux espaces de travail, il est fondamental d'aborder la notion de confort dans les espaces de travail. Pour ce faire, l'article « Home sweet office, comfort in the workplace » (2008) explore le confort au travail non seulement comme un « état agréable » à atteindre (ou atteint), mais comme un concept plus profond qui pourrait, s'il est abordé de manière holistique, influencer positivement les environnements de travail en améliorant la productivité et l'engagement des usagers. En ce sens, le modèle de confort proposé par Jacqueline Vischer (voir : illustration 4) se rapproche davantage de notre cas d'étude. Au-delà des aspects de performance et de productivité ou des potentiels effets de l'environnement de travail sur la productivité individuelle, cette auteure dresse un parallèle important entre confort et performance au travail. Selon elle, le confort environnemental se divise en trois catégories hiérarchiques permettant de définir priorités en matière de changement

d'espace de travail (Vischer, 1996 ; Vischer, 1998). En effet, les bénéfices organisationnels seraient maximisés lorsque le confort est assuré à ces trois niveaux. La première catégorie, le « confort physique », englobe la sécurité, l'hygiène et l'accessibilité, constituant les besoins primordiaux pour rendre l'environnement confortable. Une fois ces besoins fondamentaux assurés, le « confort fonctionnel » permet alors d'optimiser la performance des tâches au sein de l'environnement de travail. Cela inclut un éclairage adéquat, des meubles ergonomiques et des salles de réunion bien aménagées et d'autres encore. Au sommet de cette hiérarchie se trouve enfin le « confort psychologique ». Bien qu'il soit davantage difficile à quantifier, ce type de confort est essentiel au bien-être des usagers à leur travail. Celui-ci intègre des aspects tels que le sentiment d'appartenance, la possession et le contrôle sur son espace de travail. Cette ultime catégorie de confort telle que développée par J. Vischer (2007) semble alors s'apparenter à la notion d'appropriation des usagers, mais également, plus largement, au confort vécu. L'ensemble de la théorie liée à cette vision « tripartite du confort » apparaît comme un pilier théorique fondamental aux études que nous mènerons à travers ces TFE. Précisément, nous pourrions dès lors mobiliser ces notions théoriques afin d'appuyer nos différentes observations et analyses. En effet, cela permettrait d'identifier le confort auquel l'utilisateur est confronté et celui qu'il souhaite assurer et reproduire (ou non) par diverses stratégies d'adaptation et d'appropriation. En somme, « considérer le confort comme un continuum tripartite peut devenir un moyen d'évaluer la qualité globale de l'environnement de travail et de prioriser le changement en fonction de ce qui aurait le plus grand impact » (Miller, 2008 : 2).



Illustration 4 : Catégories hiérarchiques du confort théorisées par Jacqueline Vischer.

Source : VISCHER, J. 2007. « The Concept of Workplace Performance and Its Value to Managers California Management Review, vol. 49, n°2, p.9.

DOI : [10.2307/41166383](https://doi.org/10.2307/41166383)

Afin de nuancer notre propos, rappelons que malgré l'abondance d'informations et d'initiatives visant à améliorer le confort physique des espaces de travail, de nombreux employés continuent de se déclarer en situation d'inconfort. Dans le cadre des recherches sur confort au travail, le concept de « contrôle » (ou de contrôle perçu) se révèle être un facteur crucial, étroitement associé à des niveaux de satisfaction professionnelle et de confort psychologique accrus. Ce contrôle peut se manifester par la possibilité de réguler divers aspects de l'environnement physique immédiat de l'utilisateur, tels que l'intensité lumineuse, la température ambiante, le niveau sonore ou encore la possibilité de moduler/personnaliser certaines facettes du travail lui-même. Cette notion d'autonomie ou de contrôle contribuerait au bien-être au travail, à une plus grande satisfaction professionnelle et à une meilleure productivité (Miller, 2008). Bien que les résultats des études ne soient pas toujours convergents, il existe une tendance générale suggérant que le sentiment de contrôle exercé sur les conditions de travail influence positivement tant le confort psychologique que physique des usagers. Ces observations soulignent l'importance de concevoir des environnements de travail où le contrôle personnel est intégré

comme un élément clé du bien-être des usagers des espaces de bureaux. En ce sens, la capacité de l'utilisateur à se créer un espace personnel et de contrôler l'accès à son environnement immédiat est un facteur important du « confort psychologique » (Miller, 2008). Enfin, la notion d'environnement immédiat est renvoyée à la notion de territorialité. Au bureau, cette « territorialité » peut être perçue d'au moins deux manières : « dans la tentative de contrôler les interruptions visuelles, auditives ou physiques et dans le besoin presque universel de personnaliser son espace. » (Miller, 2008 : 3-4). Dans le cadre de nos études, il sera donc également pertinent de nous intéresser aux notions de « contrôle perçu », d'autonomie et de « territorialité » dont les usagers disposent au sein de ce bâtiment performant. Ces notions théoriques supplémentaires nous permettront de développer et de nuancer les comforts tels qu'expliqués précédemment.

En guise de conclusion, qu'il s'agisse du confort vécu ou de l'appropriation des usagers de bâtiments performants, la littérature dressée dans ce chapitre revêt une importance non négligeable quant à nos questions de recherche. Tant du point de vue du confort et de ses différentes facettes (cf : confort triparti), mais également dans la notion de personnalisation associée à l'appropriation d'un usager de son espace (de travail ou non). D'une part, dans l'analyse se focalisant sur le confort vécu, les notions théoriques développées par ces différents auteurs (Amphoux, 1990 ; Kolcaba, 2003 ; Vischer 2007) nous permettent d'imaginer le confort comme une notion couvrant un bon nombre des préoccupations et des complexités d'un environnement (de travail ou non) à prendre en compte dans la partie méthodologique de nos travaux. D'autre part, dans l'analyse se concentrant sur l'appropriation des usagers, la notion de « confort psychologique » répondant au besoin humain de contrôle ou autrement dit d'appropriation sur le travail et l'espace de travail semble être un élément pertinent pour la méthodologie à venir (Amphoux, 1990 ; Vischer, 2007 ; Zélem, 2012 ; Zélem, 2018).

2.4. Un confort « incalculable » ?

À travers ce chapitre, notre intention première sera de nuancer la notion de confort très souvent perçue comme « objective » et « universelle » en mettant l'accent sur une littérature centrée sur l'aspect sociologique. Comme nous avons pu le constater par les précédents chapitres, le confort est complexe et ne peut dépendre uniquement de ce qui est mesurable. De fait, en examinant les représentations sociales, l'appropriation des dispositifs techniques, et les dissonances entre attentes-réalités et concepteurs-utilisateurs, nous entendons explorer les dynamiques sociales et culturelles qui influencent la notion de confort et en particulier l'adoption de technologies performantes. Ensuite, nous analyserons les difficultés liées à l'acceptabilité sociale de ces dernières. Enfin, en soulignant les limitations des approches technocentrées et les responsabilités des concepteurs et usagers, nous mettrons en évidence la nécessité d'une approche holistique du confort. Dans cette partie, nous visons à offrir une perspective plus équilibrée et complète sur la transition énergétique et ses implications pour les usagers.

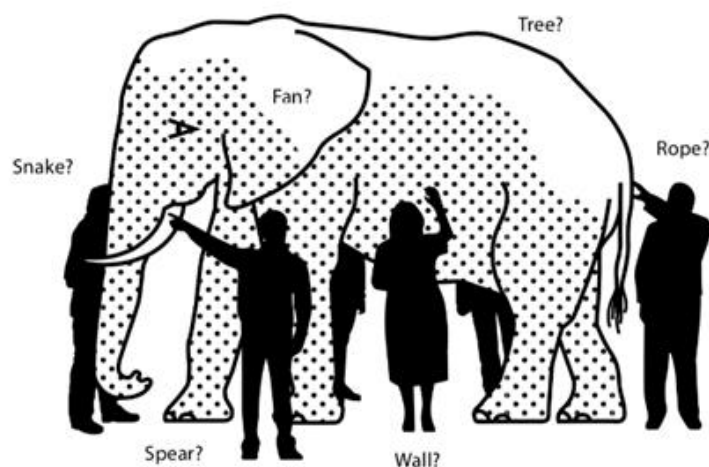


Illustration 5 : Blind Men and the Elephant.

Source : PARRISH, S. ; BEAUBIEN, R. 2024. *The Great Mental Models, Volume 1: General Thinking Concepts (The Great Mental Models Series)*, Latticework Publishing Inc.

En début de propos, le court article intitulé « Home sweet office, comfort in the workplace » (2008) utilise le mythe « Les Aveugles et l'Éléphant » afin d'illustrer le confort comme étant un concept complexe à définir de manière unique et/ou universelle (voir : illustration 5). Tout comme les aveugles touchent les différentes parties de l'éléphant, les individus perçoivent le confort de manière différente selon leur propre expérience et leurs besoins. En ce sens, le confort pourrait être comparé à l'éléphant : bien qu'il soit reconnu lorsqu'on le ressent, il échappe à une définition unique et précise. Cet article permet, par l'utilisation de ce mythe, de refléter la diversité des opinions et de la subjectivité des expériences en matière de confort. Pourtant, nous n'avons de cesse vouloir l'objectiver et le techniciser. En effet, la « "maîtrise de l'énergie" demeure une considération encore techniciste et normative » (Subrémon, 2011 : 11). Précisément, la transition énergétique a pour conséquence une transformation des modes de vie vers davantage d'intelligence énergétique. L'utilisation d'instruments spécifiques structure les politiques énergétiques et ces dispositifs sociotechniques influencent non seulement les méthodes de construction, mais aussi les modes d'habitation.

En ce sens, l'auteur Aloísio Leoni Schmid (2005) étudie la subjectivité du confort dans les environnements bâtis. Ce dernier s'intéresse d'ailleurs aux manières dont les significations affectent la perception du confort par l'« expressivité » et l'« adaptation ». Selon cet auteur, le confort doit être compris comme un ensemble d'attributs allant d'aspects physiques (comme le contexte corporel) aux aspects subjectifs tels que le contexte socioculturel (Schmid, 2005 ; cité par Santos da Silva et César de Oliveira Santos, nd). Enfin, A.L Schmid (2005) a conclu que la notion de confort a bel et bien évolué, en commençant par le contexte corporel relevant plutôt de l'absence d'inconfort, en passant par des contextes socioculturels et environnementaux à un sens plus large lié à la satisfaction d'aspects plus subjectifs de l'être humain (Schmid, 2005 ; cité par Santos da Silva et César de Oliveira Santos, n.d).

2.5. Le confort et les bâtiments performants

Ayant amplement abordé la notion de confort dans un contexte plus large, attardons-nous désormais sur la littérature traitant du confort dans les bâtiments performants et HPE. Comme nous l'avons établi dans la problématique de ces travaux, l'efficacité énergétique apparaît comme un pilier de la durabilité dans le bâtiment et c'est particulièrement le cas depuis la mise en avant à l'échelle mondiale des certifications écologiques telles que le BREEAM et le LEED (Altomonte et al., 2016). Ces certifications, visant des performances énergétiques élevées, couvrent la planification, la conception, et la construction des bâtiments en se basant sur des normes techniques et des hypothèses d'utilisation future (Carassus, 2011). Cependant, cette focalisation sur l'efficacité énergétique peut négliger les impacts physiques, physiologiques et psychologiques de l'environnement intérieur ou, autrement dit, le confort des occupants des bâtiments performants (Altomonte et al., 2016 ; Gou et al., 2013). Effectivement, ce dernier, bien que complexe, est crucial pour le succès des bâtiments HPE (Kahneman et al., 1999 ; Bluysen et al., 2011). Dès lors, une question peut se poser : comment intégrer de manière cohérente l'efficacité énergétique et le confort des usagers dans les bâtiments HPE ?

Dans la plupart des ouvrages, les immeubles de bureaux hautement performants renvoient à la notion d'espace de vie, c'est pourquoi ils sont porteurs d'intérêt architectural et sociologique pour nos deux études. Selon A. Monjaret, « le bureau est un lieu occupé, parfois partagé, toujours réinvesti par les occupants qui en délimitent les frontières et lui donnent un nouveau caractère dans lequel le groupe (ou l'individu) se reconnaît et affiche ses appartenances » (Monjaret, 2002 : 9). Ces dernières peuvent se manifester sous forme d'objets ou de pratiques révélant des fonctionnements de vie, des appropriations de l'espace qualifiées de neutres à transgressives et montrent l'importance qu'accordent les usagers à leur espace habité. Tel que le mentionnent I. Garabuau-Massaoui et S. Thiriot, « l'espace se construit en territoire pour les salariés, qui y investissent matériellement, socialement et symboliquement. » (Garabuau- Moussaoui et Thiriot, 2014 : 7). De plus, les

auteures affirment la présence de rapports sociaux entre les différents acteurs du lieu et mettent l'accent sur la pertinence et la nécessité d'une analyse précise de l'usage fait des bâtiments, des installations et des équipements par les usagers.

Dans la littérature (majoritairement anglophone), diverses études montrent un écart entre les performances énergétiques prévues et réelles des bâtiments certifiés LEED (souvent) en raison d'une formation insuffisante des occupants et de lacunes dans la gestion (Carassus, 2011). En réalité, il semblerait que la certification LEED n'améliore pas nécessairement la satisfaction des occupants (Altomonte et Schiavon, 2013). En parallèle de ce constat, une analyse des bureaux certifiés BREEAM révèle une satisfaction moindre des occupants par rapport aux bâtiments non certifiés, en particulier concernant la qualité de l'air et l'intimité (Altomonte et al., 2016). De plus, les usagers de ces bâtiments HPE ne se sentent pas toujours plus confortables et peuvent éprouver des inconforts thermiques et sonores (Brager et Arens, 2015; Gou et al., 2013). Toutefois, ils montrent une tolérance accrue envers leur environnement, possiblement en raison de sensibilisations ou d'attentes différentes (Gou et al., 2013; Brager et Arens, 2015). En effet, si les utilisateurs comprennent les manières dont les dispositifs sont supposés fonctionner et à quoi ils servent, ceux-ci tendent à être plus tolérants si les choses ne se passent pas tout à fait comme prévu. (Leaman et Bordass, 2007 : 665).

De manière générale, un premier constat ressort de l'analyse de la littérature sur le confort des bâtiments de bureau HPE : il apparaît que la performance de ces bâtiments dépend fortement de l'adaptation des occupants aux conditions environnementales changeantes et de leur interaction avec les systèmes de contrôle. Comme nous avons pu le voir à multiples reprises à travers la littérature, le comportement des usagers impacte significativement la performance énergétique et le confort des bâtiments HPE (O'Brien et Gunay, 2014). Cependant, la gestion de ces comportements s'avère souvent rigide (presque paternaliste), limitant l'interaction des usagers avec les systèmes de contrôle (Beslay et al., 2015). Pour réduire l'écart entre les performances

attendues et réelles, ainsi qu'entre les comportements anticipés et réels, il est essentiel d'améliorer la conception des systèmes de contrôle et de fournir aux occupants des informations claires et pertinentes.

Un autre constat ressort également de l'analyse de la littérature : dans la conception de bâtiments HPE, une approche holistique est essentielle pour intégrer efficacité énergétique et confort des occupants. L'étude de Brown et Cole (2009) souligne que la conception des systèmes de contrôle doit être intuitive et bien communiquée aux utilisateurs pour améliorer le confort et réduire la consommation d'énergie. De plus, une formation adaptée aux occupants sur ces systèmes est cruciale pour augmenter leur satisfaction et leur engagement (Brown et Cole, 2009). En ce sens, K. Day et E. Gunderson (2015) démontrent que les occupants formés sont plus satisfaits de leur environnement de travail. Enfin, les auteurs Leaman et Bordass (2007) affirment que « si les gens comprennent comment les choses sont censées fonctionner et à quoi elles servent, ils tendent à être plus tolérants si les choses ne se passent pas tout à fait comme prévu » (Leaman et Bordass, 2007 : 665).

Bien que le comportement des usagers puisse parfois impacter négativement la consommation énergétique des bâtiments, le (peu) de contrôle qu'ils exercent sur leur environnement semble crucial pour maintenir un niveau de confort jugé satisfaisant. A cet égard, l'implication des futurs utilisateurs dans la conception du bâtiment peut significativement renforcer la prise en compte de la qualité d'utilisation.

C'est fort de ses enseignements que nos deux études visent à explorer, comprendre et analyser l'impact de la rénovation énergétique d'un bâtiment sur ses usagers. Saad Marilyn se concentrera sur l'utilisation d'un questionnaire exploratoire, tandis que Martinez Aguilera Mathilde mènera des entretiens semi-directifs et effectuera des relevés in situ. L'objectif principal sera d'évaluer l'impact de la conception et de la complexité des systèmes de rénovation sur le confort et les attentes des usagers (pré rénovation et post rénovation). En parallèle, ces études exploreront l'importance accordée au confort personnel en

fonction des objectifs propres des usagers dans le bâtiment, car comme nous le savons, les attentes des occupants (entre attentes idéales et normes) influencent leur confort et leur satisfaction (Parasuraman et al., 1985 ; Teas, 1993). La pertinence de ces travaux se justifie aussi par le manque d'études francophones sur les immeubles de bureaux HPE. De fait, bien qu'il existe de nombreuses études anglophones sur le sujet, le peu de recherches francophones disponibles sur la haute performance énergétique se focalise majoritairement sur les logements HPE.

2.6. Le confort et la haute performance énergétique : une revue de la littérature francophone sur le domaine résidentiel

Intéressons-nous maintenant à la littérature issue du domaine de la sociologie, portant sur l'appropriation des usagers des bâtiments performants et sur le confort vécu par ses usagers. Cette littérature permet de mettre en lumière les processus par lesquels les usagers intègrent les dispositifs techniques des bâtiments HPE dans leur quotidien, modifiant ainsi les dynamiques sociales et les pratiques d'habiter.

La sociologue Marie-Christine Zélem, par ses nombreux ouvrages sur ces sujets, met en lumière les débats sur la transition énergétique dans les logements performants en se concentrant sur les questions d'efficacité et de sobriété énergétique. En proposant une perspective critique sur l'impact de ces nouvelles technologies sur le confort des habitants, elle souligne notamment la dissonance potentielle entre le confort présumé (ou les promesses d'efficacité des dispositifs techniques) et le confort vécu par les usagers. Ses travaux permettent ainsi de comprendre les manières dont les usagers perçoivent et interagissent avec les technologies performantes de ces bâtiments, et comment ces interactions influencent leur bien-être et leur confort quotidien.

Ses études offrent de nouvelles perspectives en traitant l'énergie comme un système complexe, où différents éléments interagissent et sont interdépendants (Zélem, Beslay, 2015). Ce système englobe divers acteurs tels que « les utilisateurs (avec leurs caractéristiques sociales, croyances et routines), les technologies (matériaux, appareils), les dynamiques sociales (cycles de vie, réseaux, processus d'apprentissage, flux d'informations), les environnements (climatique, énergétique, politique) et les configurations (organisationnelles, institutionnelles, familiales) » (Zélem, 2018 : 12). Cette approche invite à explorer la dimension sociale des techniques et à réintégrer la culture dans l'analyse en remettant en question les normes sociotechniques et en revisitant la notion de confort, cruciale dans nos sociétés de consommation. L'autrice place « les habitants au cœur des systèmes, les considérant comme des acteurs à part entière et les dotant d'outils de contrôle et de pilotage adaptés » (Zélem, 2018 : 12).

De plus, en traitant l'énergie comme un système complexe où interagissent divers acteurs et en mettant l'accent sur la dimension sociale et culturelle des techniques, les méthodes d'analyses proposées par l'auteure offrent un contrepoint critique aux projets de transition énergétique technocentrés. Cette dernière partage le postulat selon lequel le « primat accordé à la technique relève d'une utopie qui survalorise l'idée que la technique peut produire à elle seule la performance énergétique » (Beslay et al., 2014). Pourtant, le comportement des occupants se révèle être une source majeure d'incertitude dans la performance des bâtiments (Ebuy et al., 2023 ; Jia et al., 2021 ; Liu et al., 2012 ; Li et Lim, 2013). En effet, le comportement des usagers semble pouvoir impacter significativement la performance énergétique et le confort des bâtiments HPE (O'Brien et Gunay, 2014). Ce rôle attribué aux usagers aurait augmenté à mesure que l'éclairage, l'enveloppe du bâtiment et les équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation (HVAC) ont amélioré leur efficacité. Toutefois, leur comportement dépend de nombreux facteurs tels que la disponibilité de contrôle individuel, la complexité et la transparence des systèmes d'automatisation, les vues et les connexions vers

l'extérieur, l'architecture d'intérieur et les schémas d'occupation et les contraintes sociales sont reconnus comme facteurs influençant le comportement des usagers (O'Brien et Gunay, 2014 : 78).

Le primat accordé à l'approche technologique ne garantit donc pas forcément l'atteinte des résultats recherchés : les bâtiments performants consomment parfois plus que prévu dans les calculs théoriques. De fait, « un espace est d'autant moins utilisable qu'il est plus fonctionnel. Moins utilisable par ce qu'il impose ou tend à imposer un mode d'emploi » (Dreyfus, 1990 : 63). En occupant un bâtiment (qu'il soit performant ou non), nous nous l'approprions selon nos besoins et nos habitudes qui eux, ne sont pas toujours performants. Néanmoins, transformer l'habitant en un « habitant intelligent » (Beslay, Gournet, Zélem, 2013), à l'instar de la manière dont les technologues envisagent les smart-cities, demeure encore utopique (Ellul, 1988). Cette notion d'utopie s'explique, à nouveau, par la dichotomie entre l'aspect social et l'aspect technique. De ce point de vue, les technologies ou les normes techniques standardisées introduisent des logiques différentes des logiques sociales des usagers dépourvus d'une certaine capacité de maîtrise (Zélem, 2018 : 3). La gestion de ces comportements s'avère souvent rigide (presque paternaliste), limitant l'interaction des usagers avec les systèmes de contrôle (Beslay et al., 2015). Pour réduire l'écart entre les performances attendues et réelles, ainsi qu'entre les comportements anticipés et réels, il est essentiel d'améliorer la conception des systèmes de contrôle et de fournir aux occupants des informations claires et pertinentes. Précisément, les dispositifs techniques complexes peuvent ne pas atteindre l'effet escompté, car les usagers préfèrent plutôt des interfaces simples (Maniccia et al, 1999). Cette différence soulève la nécessité de développer des approches plus flexibles et adaptatives dans la conception des politiques énergétiques et des technologies du bâtiment qui pourraient permettre une personnalisation et une adaptation aux préférences individuelles.

Pour appuyer cette notion d'adaptation et de flexibilité des technologies, de nombreuses études sociologiques soulignent une diversité d'attitudes, de

perceptions et d'appropriations (ou de réappropriations) dépendant des individus, de leurs contextes (familiaux, professionnels, environnementaux), et des caractéristiques spécifiques de l'environnement occupé (Brisepierre et al., 2007 ; Dujin et Maresca, 2010 ; Pinson 1993 ; Zélem 2018). L'idée ou la sensation de confort émerge alors comme un équilibre subtil entre des besoins individuels ou collectifs, qui englobent à la fois des aspects tangibles liés à l'espace occupé et des ressentis subjectifs influencés par les systèmes techniques conçus pour répondre à ces divers besoins de confort. La reconnaissance cette diversité des perceptions de confort souligne l'importance d'un dialogue équilibré (ou symétrique) entre occupants et technologies dans la recherche de la performance énergétique des bâtiments.

Paradoxalement, peu d'attention est généralement portée aux aspects d'appropriation, de convivialité des équipements, ou aux conditions réelles d'utilisation (manipulation, entretien, maintenance, programmation). D'ailleurs, en cas de sous-performance de ces dispositifs techniques, il est courant de blâmer instinctivement l'utilisateur, supposé ne pas comprendre les instructions, ne pas lire les manuels d'utilisation, ou ne pas respecter les consignes. L'aspect crucial de l'appropriation sociale voire d'« acceptabilité sociale » de ces technologies est donc largement négligé (Zélem, 2018) et nous remarquons une relation plutôt asymétrique entre utilisateurs et techniques. Cette dynamique se manifeste particulièrement dans les environnements collectifs où les habitants tendent souvent à déléguer la gestion technique à des tiers. Cette notion de délégation peut souvent perpétuer des pratiques inefficaces ou mal adaptées aux besoins réels des occupants (Zélem, 2016).

Cette notion de dépendance perçue vis-à-vis des techniciens et gestionnaires reflète une réticence à intervenir directement sur les dispositifs techniques, par crainte de perturber leur fonctionnement ou d'aggraver les problèmes. Pour éviter ce sentiment de dépendance voire de passivité, il est nécessaire de comprendre plus profondément les dynamiques sociales et culturelles qui influencent le comportement des usagers. H. Subrémon, par ses ouvrages, souligne la nécessité d'une reconnaissance de leur « intelligence

énergétique ». Cette auteure (2012) explore la complexité de l'usage de l'énergie dans les logements domestiques, révélant les tensions entre les normes techniques imposées par les ingénieurs et les pratiques quotidiennes des habitants. Elle constate d'une part, des prescriptions normatives techniques et rationalistes (voire rigides) imposées par les ingénieurs (Subrémon, 2012 : 1) et d'autre part, des savoirs et pratiques hérités des traditions sociales et culturelles des habitants reflétant leur expérience vécue (Subrémon, 2012 : 1). Par l'inclusion, la réévaluation des normes techniques, la participation active et la prise en compte des perceptions et des expériences des habitants et ce, dès l'amont de la construction ou de la rénovation (Zélem : 2010 ; Subrémon, 2009, Subrémon, 2010) nous pourrions envisager une intégration réussie de ces technologies.

Néanmoins, ce type de stratégie nécessite une volonté active de la part des individus qui n'est pas toujours valorisée de par les termes employés pour qualifier certains comportements économes. De surcroît, ces gestes ne sont pas automatiques, mais résultent d'une décision consciente. À nouveau, les représentations sociales et la perception sociétale des comportements économes en énergie peuvent freiner l'adoption volontaire de ces pratiques, car notre société attribue souvent une image à autrui selon la posture que nous adoptons. L'utilisateur se retrouve souvent catégoriser soit dans une logique de type écologiste idéologique ou dans une logique économique de la sobriété voire de l'avarice (Beslay et Zélem, 2009 : 2).

« Le plus souvent, on ajoute paisiblement que tout dépend de l'usage qu'on en fait. Avec un couteau, on peut peler une pomme ou tuer son voisin [...] Cette comparaison est absurde, et la technique porte ses effets en elle-même, indépendamment des usages (Ellul, 1988 : 53). Dans l'usage de la technique, " nous sommes modifiés à notre tour " (Ellul, 1988 : 55), nous "sommes adaptés en vue d'une meilleure utilisation de la technique grâce aux moyens psychologiques d'adaptation" » (Ellul 1988 ; cité par Blouin 2009)

« Le développement de la technique n'est ni bon, ni mauvais, ni neutre [...] » (Ellul, 1988 : 55 cité par Blouin, 2009)

Toutefois, comme le soulève cet extrait, les usagers peuvent s'adapter à cette technologie. Ils peuvent devenir des partenaires dans le projet de transition énergétique et de technicisation des équipements (tels que les programmeurs, les cellules ou la ventilation double flux) en s'adaptant à leur complexité et en adoptant des comportements compatibles avec le modèle de bâtiment préconisé (Zélem, 2018). En outre, l'intégration réussie des technologies environnementales nécessite donc une approche holistique qui dépasse la simple installation de dispositifs performants et qui implique une compréhension profonde des dynamiques sociales et culturelles influençant les comportements des usagers. Afin de réussir à changer les comportements, il faut adopter une approche qui intègre les dimensions techniques, individuelles et sociales, malgré les défis importants que cela représente. En résumé, « "changer les comportements" implique ainsi une triple attention et une triple action, à la fois sur les techniques par une co-conception assistée par l'usage facilitant leur insertion sociale, sur les individus, leurs savoirs et leurs habitudes, et sur les modèles de société qui déterminent largement les comportements et les conduites individuelles. » (Beslay et Zélem, 2013 : 3). Cette perspective ouvre la voie à des stratégies plus inclusives et participatives, où les utilisateurs ne sont pas simplement des récepteurs passifs de technologies, mais des acteurs engagés dans leur appropriation.

Enfin, par nos lectures, nous avons pu constater une certaine limite à la littérature francophone concernant nos deux questions de recherches. En effet, la question de l'énergie et de l'implication des usagers dans la littérature française est assez peu développée et est majoritairement exploitée par les mêmes auteurs. D'ailleurs, lorsque ces auteurs traitent ce sujet, le domaine traité est majoritairement (si ce n'est entièrement) celui du logement, au détriment du secteur tertiaire et particulièrement des immeubles de bureaux HPE qui ne sont pas étudiés. C'est pourquoi, par nos deux études, nous avons choisi de nous intéresser au cas d'étude d'un bâtiment de bureaux performant.

En conclusion, il nous a semblé primordial d'apporter une nuance à nos deux travaux de fin d'études. À trop nous focaliser sur les usagers, il est

possible d'occulter l'importance de changer également les techniques et les modèles sociaux. Cela représente un défi de taille tant, « sur ces registres, les freins sont puissants » (Beslay et Zélem, 2013 : 3). De plus, ces ouvrages ont mis en évidence la nécessité de valoriser les savoir-faire des habitants et d'impliquer les utilisateurs dans la conception des systèmes énergétiques pour une meilleure efficacité et un confort optimal. De même, les méthodologies employées dans nos TFE adopteront une « approche par les usages » et ont pour objectif de mettre en lumière le confort vécu des occupants et leurs comportements afin de s'adapter et de s'approprier ces différentes technologies et plus largement, ces espaces hautement performants. Nous veillerons donc à conserver une triple attention sur les technologies, les individus et les modèles de société.

2.7. Le confort et les bâtiments de bureaux performants

Dans le cadre de notre étude conjointe sur l'Institut de Botanique, nous nous concentrerons sur les espaces de travail investis par les usagers. De ce fait, il convient de développer brièvement les caractéristiques identifiables et propres à chaque type de bureau couramment rencontré dans les espaces de travail également présents au sein de l'Institut de Botanique. Rappelons que ces espaces de travail dans lesquels évoluent ces usagers n'ont pas tous les mêmes caractéristiques en termes d'architecture et de fonctionnalité et influencent divers aspects de la satisfaction des employés. Dès lors, classons ces types de bureaux ainsi que leurs propriétés :

- *Les bureaux individuels*, où chaque employé a son propre espace individuel avec une fenêtre et la plupart des équipements nécessaires, offrent une grande satisfaction en termes de bruit, de vie privée, et d'autres facteurs environnementaux (Bodin Danielsson et Bodin, 2009). Cependant, l'interaction sociale y est limitée. En termes d'architecture, il s'agit majoritairement de locaux organisés le long de la façade d'un

bâtiment. Par conséquent, chacune de ces pièces possède un accès à une fenêtre et un long couloir qui distribue les petits bureaux entre eux (Bodin Danielsson et Bodin, 2009 : 643). Selon J. Heerwagen et R. C. Diamond (1992), les occupants des bureaux individuels sont plus enclins à modifier leur environnement ou leur comportement pour retrouver le confort, tandis que ceux des espaces ouverts comptent davantage sur des stratégies d'adaptation psychologique.

- *Les bureaux partagés*, occupés par deux à trois personnes, se situent en position intermédiaire en termes de satisfaction globale, bien qu'ils présentent des défis liés à la température, souvent conçus pour une seule personne. De plus, ce type de bureau est souvent une conséquence du manque d'espace. (Bodin Danielsson et Bodin, 2009 : 643).
- *Les bureaux open-space*, souvent privilégiés dans la conception des bâtiments à haute performance énergétique en raison de la simplification de la gestion des flux qu'il permet et des réductions de coûts qu'il offre aux entreprises. Ce type de bureau fait l'objet de discussions débattant de ses avantages et de ses inconvénients depuis plusieurs décennies (Oldham et Brass, 1979 ; Brennan et al., 2002 ; Bernstein et Turban, 2018). Cependant, cette configuration est appréciée différemment par les occupants selon leurs conditions de travail antérieures, leur activité professionnelle et la culture d'entreprise. En effet, les employés passant de bureaux fermés à des open-spaces perçoivent souvent cela comme une détérioration des conditions de travail, tandis que ceux habitués à l'open-space apprécient davantage les améliorations apportées par un nouvel aménagement (Garabua-Moussaoui et Thiriot, 2014). Le nombre d'occupants dans les bureaux en open-space s'avère également être un critère d'insatisfaction (cf : surpopulation). Toutefois, les petits bureaux en open-space, accueillant de quatre à neuf personnes, offrent une meilleure satisfaction par rapport aux bureaux en open-space de taille moyenne et grande, notamment en matière d'affinité entre collègues

(Bodin Danielsson et Bodin, 2009). Plusieurs études ont démontré que les occupants se sentent généralement plus à l'aise dans des bureaux privés que dans des espaces ouverts. Dans les espaces partagés, plusieurs occupants doivent souvent supporter des conditions environnementales similaires. Effectivement les usagers des espaces ouverts comptent davantage sur des stratégies d'adaptation psychologique pour s'adapter à leur environnement (Heerwagen et Diamond, 1992). En ce sens, de nombreuses études indiquent que les occupants se sentent généralement plus à l'aise dans des bureaux privés que dans des espaces ouverts. En outre, les espaces ouverts favorisent plusieurs stratégies d'économie d'énergie, telles qu'une meilleure utilisation de la lumière naturelle et une ventilation croisée améliorée.

Chaque type de bureau présente donc des avantages et des inconvénients spécifiques selon les facteurs d'ambiance, de bruit, de vie privée et de conception. Les espaces de travail dans les bâtiments performants sont souvent redéfinis par des logiques énergétiques et managériales, parfois au détriment des préférences des occupants (Garabua-Moussaoui et Thiriot, 2014). Cette affirmation s'aligne avec l'un des questionnements que nous explorons dans notre étude : l'impact des stratégies énergétiques sur le confort des usagers dans le cas d'un bâtiment performant de bureaux. Par ailleurs, ces deux auteurs examinent la relation entre les occupants et leur milieu de travail, en montrant comment ceux des bâtiments à haute performance énergétique (HPE) se trouvent au croisement de trois logiques d'occupation : l'usage, le salariat et la citoyenneté. La première, est co-construite par les usagers et les concepteurs du bâtiment qui semblent imaginer les occupants comme des « acteurs dans un script technologique » n'ayant que peu de marge de manœuvre face aux systèmes (Garabua-Moussaoui et Thiriot, 2014 : 3). Ainsi, l'utilisateur considéré comme « perturbateur » doit s'adapter aux systèmes, aux consignes et aux objectifs de performance de divers moyens : par la non-action, par une action conforme au script technologique ou encore par un effort d'apprentissage. Cependant, les occupants appréhendent le bâtiment et ses

systèmes différemment des concepteurs : ils utilisent ce bâtiment hautement performant en tant que lieu de vie et de travail en privilégiant une logique de confort et de conditions de travail. Précisément, les objectifs principaux des occupants, par la logique salariale, relèvent davantage du registre « organisationnel » que de l'architecture ou de l'énergie (Garabuaou-Moussaoui et Thiriot, 2014 : 5). De fait, les critères de jugement des occupants varient, incluant les conditions matérielles de travail, la surface par personne, la confiance en l'employeur, le type de bureaux et la réorganisation des services. Enfin, la logique domestique considère l'énergie avant tout comme une thématique « domestique » de par la socialisation, les expériences et les apprentissages des individus en tant que membres d'un ménage. Les salariés établissent alors des « catégories de pratiques “négociables” et “non négociables”, certaines relevant davantage de leur comportement personnel, c'est-à-dire d'une logique domestique plutôt que salariale » (Garabuaou-Moussaoui et Thiriot, 2014 : 6). En conclusion, par l'article « Les occupants de bâtiments tertiaires performants en énergie : entre logiques d'usage, salariale et domestique » (Garabuaou-Moussaoui et Thiriot, 2014), nous constatons que la culture et les facteurs sociaux influencent fortement les comportements des usagers vis-à-vis de la consommation énergétique dans les bâtiments de bureaux performants. Dans le cadre de nos deux TFE, il serait dès lors pertinent de distinguer les comportements des usagers ayant pour objectif de retrouver ou de construire leur confort et d'évaluer la consommation énergétique que ces derniers peuvent engendrer par leur utilisation des dispositifs techniques. Également, les trois logiques d'occupation développées par les auteures (logique d'usage, logique salariale et logique domestique) permettent de mieux appréhender l'utilisateur et les conflits de normes et de pratiques qui peuvent émerger dans l'utilisation de bâtiments tertiaires performants. Enfin, les objectifs de cet article rejoignent ceux de notre travail visant à comprendre « les pratiques énergétiques des occupants, en pensant le bâtiment comme un dispositif sociotechnique, c'est-à-dire conçu, mis en œuvre et utilisé « socialement », par des acteurs, dans des relations sociales, des rapports sociaux, des systèmes culturels, de croyance, de pratiques » (Garabuaou-Moussaoui et Thiriot, 2014 : 3).

Comme nous l'avons précédemment établi, de nombreux facteurs peuvent influencer le comportement des occupants dans les environnements construits. Toutefois, comme l'indique ce chapitre, nous nous concentrerons exclusivement sur ces paramètres dans le cas d'espaces de travail. En ce qui concerne la disponibilité de contrôle individuel, de nombreuses études ont observé une corrélation significative entre la perception des usagers quant à leur contrôle sur l'environnement de travail et leur productivité ce qui suggère que la disponibilité de moyens pour un confort davantage adaptatif peut améliorer le confort (O'Brien et Gunay, 2014). En effet, les usagers ayant plus d'opportunités pour s'adapter à leur environnement ou pour ajuster celui-ci à leurs besoins sont moins susceptibles de ressentir de l'inconfort (Nicol et Humphreys, 2002). En plus de développer des solutions physiques (telles que des processus d'adaptations ou des modifications de leur environnement) contre l'inconfort, les occupants peuvent recourir à des mécanismes psychologiques pour faire face à ces situations. De plus, une étude menée par S. Karjalainen et O. Koistinen (2007) comparant les bureaux et les domiciles a mis en évidence que le manque de compréhension du fonctionnement des systèmes HVAC au bureau (en comparaison à ceux utilisés à domicile) affectait négativement la perception du confort dans les bureaux. Ce phénomène est particulièrement observable en ce qui concerne les thermostats d'ambiance et les vannes thermostatiques dans les bureaux, car ils ne sont généralement pas utilisés par les usagers des bureaux. Également, les auteurs observent un constat récurrent : l'importance du contrôle individuel de la température sur le confort thermique est faible. De plus, les voyants et autres symboles visuels rapportés à ce type d'interfaces ne sont souvent pas entièrement vus ou compris. Habituellement, les usagers ne sont pas au courant de la possibilité d'un éventuel contrôle de la température. Ces dispositifs techniques complexes pourtant destinés à améliorer le confort et l'efficacité énergétique ne semblent parfois pas obtenir l'effet escompté. En effet, les usagers de bureaux sont moins susceptibles de réduire l'éclairage s'ils ne disposent que de commandes murales en comparaison aux commandes de bureau leur évitant d'interrompre leur travail et de se lever (Maniccia et al, 1999). De plus, les occupants préféraient régler manuellement les lumières plutôt que

d'utiliser le gradateur de bureau « sophistiqué ». En parallèle, nous remarquons également un lien entre la manière d'habiter le bureau et celle d'habiter son logement. En effet, les usagers habitués à la climatisation dans leurs bureaux pendant l'été ont souvent le désir de recréer un climat similaire chez elles et envisagent rapidement d'installer la climatisation dans leur logement. Ce parallèle permet de mettre en lumière la manière dont les choix de conception peuvent influencer les besoins et donc les préférences des occupants en matière d'équipements (Zélem, 2018). Enfin, la localisation des interfaces de contrôle est souvent citée comme influençant la tendance des occupants à les utiliser (Maniccia et al, 1999 ; Sutter et al, 2006).

Cependant, malgré une certaine marge de manœuvre dont disposent les usagers (comme pour la disposition des bureaux et l'ergonomie de leur espace), ceux-ci n'ont pas (ou peu) d'influence sur la vue, l'éclairage naturel ou l'environnement thermique global ou autrement dit, sur les facteurs dits externes. Pourtant, ces derniers influencent grandement l'insatisfaction des usagers et démontrent l'importance de comprendre les besoins des occupants : une compréhension qui se doit de passer par la conception d'espaces qui s'adaptent aux occupants plutôt que l'inverse (Parkinson et al., 2023). En effet, le contrôle dont disposent les usagers sur les aspects liés à la qualité de l'environnement intérieur (IEQ) ne diminue pas la responsabilité des concepteurs qui doivent maximiser la satisfaction vis-à-vis de la qualité (niveau de bruit, confidentialité visuelle) et de la quantité d'espaces de travail comme les rangements (Frontczak et al., 2012). De fait, le bruit et la confidentialité sont deux éléments essentiels dans la conception des bureaux, étroitement liés à la notion de « surpopulation »¹ (Stokols, 1972 ; cité par Bodin Danielsson et Bodin, 2009). Afin de pallier cet état, l'optimisation de l'espace de travail ainsi que la capacité de l'utilisateur à personnaliser son espace semblent essentielles, car elles permettent aux usagers de contrôler leur environnement et d'améliorer leur confort personnel (Bodin Danielsson et Bodin, 2009).

¹ Surpopulation ou « crowding » : état psychologique influencé par la densité et la perception de la confidentialité

Enfin, dans l'article « Influence of occupants' knowledge on comfort expectations and behaviour » proposé par Zosia Brown et Raymond J. Cole, deux écarts de performance clés sont identifiés en relation avec les bâtiments HPE.

Dans le cadre notre TFE conjoint, l'écart de performance lié au confort (présumé et réel) ainsi que la relation aux comportements des occupants semblent être des éléments d'analyse importants. À travers cet article, les auteurs développent la gamme de facteurs potentiels pouvant impacter l'écart de performance en matière de confort et de comportement. Parmi eux, nous retrouvons : le facteur lié à la conception du bâtiment (« Practical/design »), le comportement des occupants (« Behavioural/situational ») et enfin le facteur psychologique (« Social/psychological »).

En premier lieu, intéressons-nous au facteur lié à la conception du bâtiment. Ce dernier analyse si le bâtiment est complexe à utiliser et nécessite une gestion dédiée pour atteindre des performances optimales. Par exemple, dans notre cas d'étude, nous retrouvons au sein de l'Institut de Botanique des systèmes de stores automatisés, des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (HVAC). En parallèle à cette étude menée par Zosia Brown et Raymond J. Cole, il serait intéressant d'observer et de comparer la marge de manœuvre des usagers sur ces systèmes techniques. Cela permettrait non seulement de constater la manière dont les usagers s'adaptent face à ces systèmes techniques.

En second lieu, penchons-nous sur le facteur du comportement des occupants. Celui-ci dépend du temps passé au sein du bâtiment (ce qui affecte le poids de l'expérience antérieure et influence les attentes en matière de performance). Ce facteur peut aisément être lié à nos différentes études, car il permettrait de dresser un bilan des différents utilisateurs. Précisément, cela ajoute un paramètre supplémentaire : les utilisateurs présents avant la rénovation pourraient avoir des attentes plus élevées que les autres. De plus, le comportement des occupants dépend de la quantité de connaissances et d'informations dont ceux-ci disposent afin de comprendre les systèmes et les fonctionnalités environnementales du bâtiment, ainsi que les stratégies mises

en place pour influencer les conditions de confort. En ce sens, les auteurs Leaman et Bordass (2007) appuient ce constat : « *si les gens comprennent comment les choses sont censées fonctionner et à quoi elles servent- les commandes des fenêtres, par exemple, ou les thermostats - ils tendent à être plus tolérants si les choses ne se passent pas tout à fait comme prévu* » (Leaman et Bordass, 2007 : 665).

En dernier lieu, concluons par le facteur influençant l'écart entre le confort présumé et réel et le comportement lié au confort est le facteur psychologique. Par ce dernier facteur, les auteurs (2007) développent les manières dont les usagers perçoivent et interagissent avec les systèmes de contrôle environnemental. Celles-ci dépendent elles aussi de différents facteurs : leur sensibilité, leurs cultures ou encore la pertinence qu'ils accordent au confort personnel par rapport à leurs objectifs dans le bâtiment.

En guise de résumé, nous pouvons conclure que ces observations rejoignent les objectifs de notre étude conjointe : analyser et comprendre l'impact des choix des concepteurs et la connaissance des usagers sur le confort ressenti ainsi que les comportements adoptés pour améliorer ce confort.

2.8. Les méthodologies d'évaluation du confort d'espaces hautement performants

Avant de nous plonger dans nos propres méthodologies, il convient de nous intéresser aux raisons ayant poussé à de tels choix. Pour cela, dans un premier temps, nous nous intéresserons au bref historique des méthodes d'évaluations sur les usagers des bâtiments telles qu'utilisées dans la méthodologie développée par Marilyn Saad : le questionnaire exploratoire (ou POE). Dans un second temps, nous nous pencherons sur les prémices de l'analyse sociale des espaces construits et de leurs usages allant du relevé habité aux entretiens semi-directifs ce qui nous permettra de développer la méthodologie employée par Mathilde Martinez Aguilera : le relevé habité et les entretiens semi-directifs.

En règle générale, les méthodes couramment utilisées dans l'étude des bâtiments hautement performants (anglophones ou francophones) sont le plus souvent analytiques, statistiques ou objectives. Par exemple, des analyses ANOVA sont effectuées afin de mesurer l'impact du type de bureau sur la personnalisation, l'attachement et la perception de qualité de l'espace de travail des usagers (Ajdukovic et al., 2014). D'autres chercheurs s'emploient, quant à eux, à deux autres types d'évaluations connues sous le nom « d'évaluation post-occupation » (Post Occupancy Evaluation) et d'« évaluation de la performance du bâtiment » (Building Performance Evaluation). Lors d'une étude de type « POE », le chercheur enquête via des questionnaires pour les occupants et traite diverses questions telles que les « caractéristiques de l'environnement de travail, le confort du mobilier, le rangement des dossiers, l'orientation spatiale et les conditions environnementales ambiantes (ventilation, éclairage, confort thermique) » (Vischer et Fischer 2005 : 79). Ce modèle met l'accent sur les besoins et la satisfaction de l'occupant. Précisément, l'évaluation post-occupation (ou post-occupancy evaluation : POE) repose sur le principe fondamental selon lequel interroger les utilisateurs sur leurs besoins permet de concevoir des espaces de vie améliorés. Historiquement, dans les années 1960 et 1970, des initiatives POE furent entreprises au Royaume-Uni, en France, au Canada et aux États-Unis. Ces efforts incluaient des études de cas spécifiques axées sur des bâtiments accessibles aux chercheurs (comme les logements sociaux ou les dortoirs universitaires). Les réactions des usagers à leur environnement bâti étaient recueillies via des questionnaires, des entretiens, des visites sur place et des observations. Parfois, ces retours d'expérience étaient corrélés avec d'autres évaluations des bâtiments (plutôt basées sur des critères matériels ou tangibles). Les enseignements issus de ces études visaient à identifier les éléments de conception qui fonctionnaient bien, ceux qui étaient les plus efficaces et ceux à éviter dans les futures constructions (National Research Council, 2001). L'importance de souligner l'expérience de l'utilisateur comme rôle crucial dans l'efficacité énergétique et la durabilité d'un bâtiment a donc fortement dirigé l'axe choisi dans cette méthodologie (cf : Du confort vécu des bâtiments performants). Précisément, la méthodologie développée par

Marilyn Saad se développera suivant une étude macro visant à dégager les dissonances entre le confort conçu et le confort vécu.

Pour ces différentes raisons, la méthodologie développée par Marilyn Saad s'appuiera sur cette riche tradition de la POE par l'utilisation de questionnaires exploratoires permettant de recueillir des données précises et contextualisées, essentielles pour informer et améliorer les processus de conception architecturale des bâtiments hautement performants. En effet, les informations générées par les POE peuvent être utilisées pour la prise de décision avant la conception d'un nouveau projet, évitant ainsi les erreurs passées. De plus, en impliquant activement les occupants dans le processus d'évaluation, les POE peuvent améliorer leur attitude et favoriser une gestion proactive des installations, répondant aux valeurs des utilisateurs du bâtiment. En guise de conclusion, le type d'évaluation POE sera privilégié dans le but d'évaluer les grandes tendances de l'Institut de Botanique. Ces performances (thermique, hygrothermique, visuelle, olfactive, etc.) seront ainsi évaluées du point de vue des usagers en utilisant un questionnaire exploratoire comme premier outil d'analyse (cf : « Du confort vécu des bâtiments performants. »). Pour compléter cette analyse, des entretiens semi-directifs seront menés ainsi qu'un ensemble de relevés habités (cf : « De l'appropriation des bâtiments performants. »)

En complément de cette première analyse réalisée par Marilyn Saad, la méthodologie employée par Mathilde Martinez Aguilera sera réalisée sous la forme de relevés habités et d'entretiens semi-directifs. En ce qui concerne les relevés habités, Leon Battista Alberti fut probablement l'un des précurseurs dans ce domaine (Pinson, 2016 : 51). En effet, au XVème siècle, ses écrits, ainsi que les réalisations de Filippo Brunelleschi, participeront à l'émergence des questionnements sur les relations entre « architecture » et « société ». Toutefois ce type d'analyse ne sera considéré comme « science moderne » qu'au XIXème siècle (Pinson, 2016 : 51). Ce tournant fut en partie dû aux travaux de K. Marx et de F. Engels. Ces derniers, bien que célèbres pour leurs théories sur la lutte des classes ou le prolétariat, font également intervenir la dimension spatiale comme

« expression d'un état des relations économique-territoriales entre villes et campagnes » (Paquot, 2012 :1). En ce qui concerne la « sociologie de terrain » à proprement dit, F. Le Play en fut l'un des précurseurs de par ses travaux concernant les « ouvriers européens » en France. Bien que critiqué, ce dernier a porté un intérêt nouveau pour le quotidien de ces pratiques professionnelles qu'il a observé avec une longue et grande proximité. Dans son « approche sociologique de terrain », F. Le Play soutenait l'idée que l'étude approfondie et immergée dans les modes de vie des familles ouvrières ou dans leurs relations avec leur environnement matériel pouvait fournir des connaissances précieuses sur les besoins et les conditions de vie des classes ouvrières. Cette forme de « relevé », accordant une attention particulière aux aspects matériels de leur existence, comprenait déjà des enquêtes détaillées, des observations et des entretiens approfondis avec les ouvriers. (David, 2006 ; Savoye, n.d). Les premières formes de relevé habité quant à elles, dateraient de la période hygiéniste du XIXème et auraient permis de documenter les normes d'habitats suite aux épidémies de choléras (Fijalkow et al., 2021). Finalement, l'ensemble de ces lectures ont permis de construire une base historique et ont ainsi dirigé le choix de la méthodologie employée par Mathilde Martinez. En retraçant les enjeux et l'importance que peuvent représenter les relevés habités, la méthodologie employée dans ce TFE (cf : De l'appropriation des bâtiments performants) s'est ainsi confirmée comme un atout à cette recherche conjointe.

Cette approche que nous pourrions qualifier de micro ou de « sociologique de terrain » se différenciera ainsi de la majorité de la littérature existante au sujet des immeubles de bureaux à haute performance énergétique. En effet, selon les auteures N. Trisse et C. Lagabriele « malgré l'existence de nombreuses références à l'espace dans les approches méthodologiques, l'appropriation n'est pas une question centrale sur la scène du travail » (Trisse et Lagabriele, 2021 : 6). Elles soulignent également que l'appropriation est un processus dynamique et social et non passif ou individuel comme le qualifient d'autres champs disciplinaires. Selon la pensée développée par Mbang (2012) le processus d'appropriation est décrit comme la libération de l'individu d'une

situation subie ou vécue de la même manière qu'une contrainte. Cette appropriation peut se traduire en diverses stratégies que les auteurs décrivent et divisent en catégories : les stratégies individuelles (sphère personnelle et personnalisation) qui peuvent se traduire par « la maîtrise de l'environnement comme la maîtrise du réglage de la lumière, la possibilité d'ouvrir la fenêtre ou de pouvoir fermer une porte ou encore la possibilité de déplacer les meubles » (Trisse et Lagabrielle, 2021 :16) et les stratégies collectives (considérées comme une marge de manœuvre laissée aux usagers). Toutefois, cet article possède une limite : les travailleurs sont, dans ce cas, uniquement envisagés à travers le prisme de l'open-space. Ce faisant, il ne prend pour exemple que des employés travaillant à leurs bureaux. Or, la richesse de cette recherche doit se trouver dans la diversité des acteurs observés. Dans le cadre de nos recherches, ces différentes stratégies pourront être observées dans les sphères de travail des usagers et permettront de préciser les techniques d'appropriations déployées par ces derniers (cf : De l'appropriation des bâtiments performants).

En ce qui concerne les méthodologies employées pour traiter de la question de l'appropriation, il convient de souligner la littérature francophone existante abordant ce concept. À titre d'exemple, l'étude ethnographique intitulée « De l'usage des bâtiments performants en région Bruxelles Capitale » (Brisepierre et al., 2017) constitue une lecture clé à ce sujet. Cette dernière nous informe que bien que les usagers soient conscients des spécificités du bâtiment qu'ils occupent, ils n'ont pas connaissance des caractéristiques techniques du HPE et ne peuvent de ce fait pas agir en conséquence. L'enjeu de cette étude relève de la confrontation des promesses des bâtiments HPE à l'expérience vécue des usagers afin de tendre vers une maîtrise des technologies. Cette étude ethnographique fut également combinée à des entretiens in situ, des analyses d'acteurs et d'influences. En d'autres termes, l'étude s'est intéressée à ce qui formait l'ensemble de l'écosystème de chaque bâtiment étudié. En révélant les relations asymétriques entre HPE et habitants, ces auteur(e)s ont conclu que l'efficacité énergétique ne pouvait pas reposer uniquement sur l'habitant. D'autres études (Christen et al., 2015 ; Hamman et Christen, 2017 ; Neuwels,

2017) s'intéressent également à cette relation asymétrique entre usager et technique. Bien qu'il s'agisse d'une étude précise et complète, cette dernière se concentre principalement sur les logements et ne traite donc pas les immeubles de bureaux. En effet, elle aborde quatre cas d'étude incluant des logements sociaux, des logements moyens en périphérie du territoire géré par le CPAS de Bruxelles, des logements locatifs privés et des logements de standing en plein centre de Bruxelles. Cependant cette étude n'est pas la seule à s'être focalisée sur les bâtiments à fonction résidentielle, comme nous avons pu le voir dans les précédents chapitres, bien d'autres se sont également intéressées à l'appropriation des usagers dans ce type d'architecture (Subrémon, 2009 ; Pinson, 2016 ; Zélem 2018). L'intérêt de la méthodologie développée par Mathilde Martinez Aguilera réside donc dans le manque d'information concernant les modes de fonctionnements, d'appropriations et d'espaces vécus par les usagers d'immeubles de bureaux HPE par des méthodes d'entretiens semi-directifs et de relevés habités.

.....



Illustration 6 : Photos de l'Institut de Botanique

Source : SAAD M. 2024. Photos personnelles

PRÉSENTATION DE L'INSTITUT DE BOTANIQUE (B22)

Ce chapitre a été rédigé conjointement par Martinez Aguilera Mathilde et Saad Marilyn

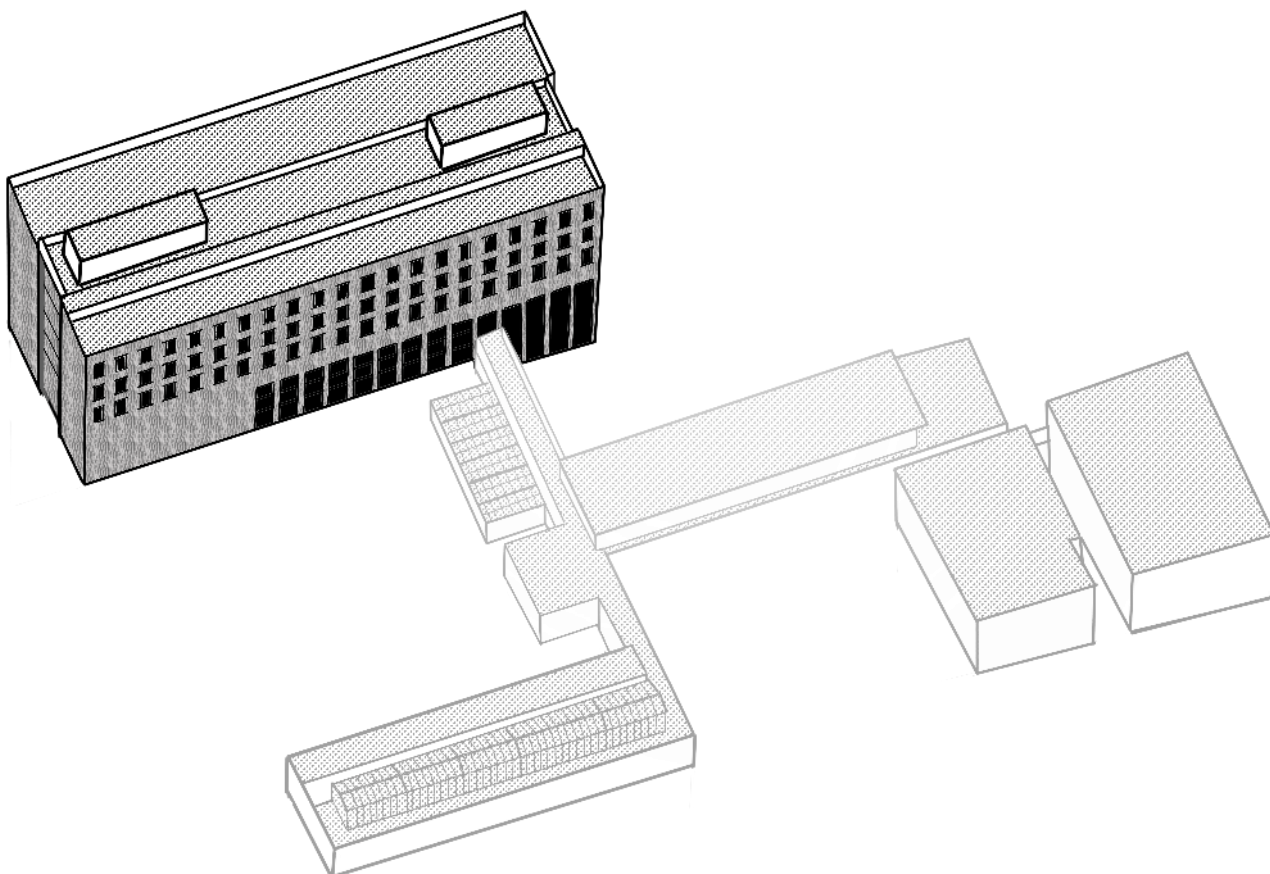


Illustration 7 : Dessin axonométrique du B22.

Source : Dessin réalisé par MARTINEZ AGUILERA A. 2024.

3.1. Introduction

Ce chapitre abordera le cas d'étude commun aux études réalisées par Gauthier Lamotte (De la gestion des bâtiments performants), Marilyn Saad (Du confort vécu des bâtiments performants) et Mathilde Martinez Aguilera (De l'appropriation des bâtiments performants) : l'Institut de Botanique de l'Université de Liège (voir illustration 7). Ce chapitre explore en détails les éléments de contextualisation du cas d'étude, les impacts et défis passés et actuels de l'Uliège, les dimensions architecturales du bâtiment ainsi que sa rénovation et son caractère performant, en finissant par la place de l'utilisateur au sein du processus.

3.2. Mise en contexte

Premièrement, penchons-nous sur les racines de l'Institut de Botanique : l'Université de Liège (voir illustration 8). Avant d'être inauguré en 1967, le domaine universitaire de Sart-Tilman a connu trois grandes phases témoignant des principales tendances architecturales de l'après-guerre en Wallonie et influencées par le contexte et l'organisation du chantier, ainsi que par les contraintes budgétaires et les exigences des programmes. L'Institut de Botanique, que nous étudions à travers nos deux études, fait partie de la première phase (1960-1970) qui fut marquée par la construction de bâtiments modernes, utilisant des volumes simples et du béton ainsi que par la construction de la centrale de chauffe et du poste central de commande. Ces premiers bâtiments modernistes incluaient l'atelier d'architecture par Strebelle et le magasin de livres conçu par Charles Vandenhove et l'Institut de Botanique de Roger Bastin, inauguré en 1968 et faisant aujourd'hui partie des nombreux bâtiments inscrits à l'inventaire patrimonial.

Depuis une dizaine d'années, cette architecture moderniste des années 1960 « rencontre un intérêt croissant des milieux de la recherche et du grand public » (Frankignoulle, 2014 : 1). Toutefois, cette réévaluation s'avère difficile. En effet, à Liège, les décisions en faveur de la mobilité automobile ont laissé des traces visibles, comme les autoroutes urbaines et la transformation des quais de Meuse en voies rapides et la topographie de la ville ont compliqué la création d'une ceinture urbaine de contournement. De plus, les autorités ont encouragé la construction de bâtiments en hauteur pour le secteur privé, justifiant cela par l'inadaptation des anciens bâtiments aux nouveaux standards de vie et la nécessité de maintenir la population au centre-ville. L'ensemble de ces éléments a dès lors alimenté un désamour pour cette période pourtant porteuse d'intérêt et met en lumière les défis de la conservation du patrimoine face aux besoins fonctionnels contemporains. Précisément, aujourd'hui, les enjeux majeurs relèvent du développement durable et de la maîtrise des coûts énergétiques, notamment par la haute performance énergétique des bâtiments. Or, les constructions de l'époque ne semblent plus répondre à ces nouvelles

exigences. Selon P. Frankignoulle (2014), trois types de problèmes sont rencontrés : l'« adaptation aux nouvelles exigences », la « correction des erreurs » et l'« isolation des constructions » (Frankignoulle, 2014 : 7). De répondre à ces enjeux contemporains, l'Institut de Botanique a donc été rénové.

Par l'évocation de ces différents aspects, nous entendons ancrer et justifier notre choix d'étudier l'Institut de Botanique, situé dans un site remarquable de l'architecture moderniste cherchant à satisfaire les exigences actuelles en matière de performance énergétique par sa rénovation conçue par l'architecte Michel Prégardien et réalisée en 2017 grâce au soutien du Fonds européen pour l'efficacité énergétique (EEEF). En tant qu'étudiantes de l'Université de Liège, nous sommes enthousiastes et honorées de conduire notre recherche sur cet édifice qui accueille une variété d'usagers, tels que des étudiants, des secrétaires, des doctorants, des techniciens et des chercheurs. L'Institut de Botanique revêt sans aucun doute une grande importance pour nos études sociotechniques.



Illustration 8 : Dessin axonométrique du contexte proche au B22.

Source : Dessin réalisé par LUYCKX H. et MARTINEZ AGUILERA A. 2024.

3.3. Dimensions architecturales et rénovation énergétique

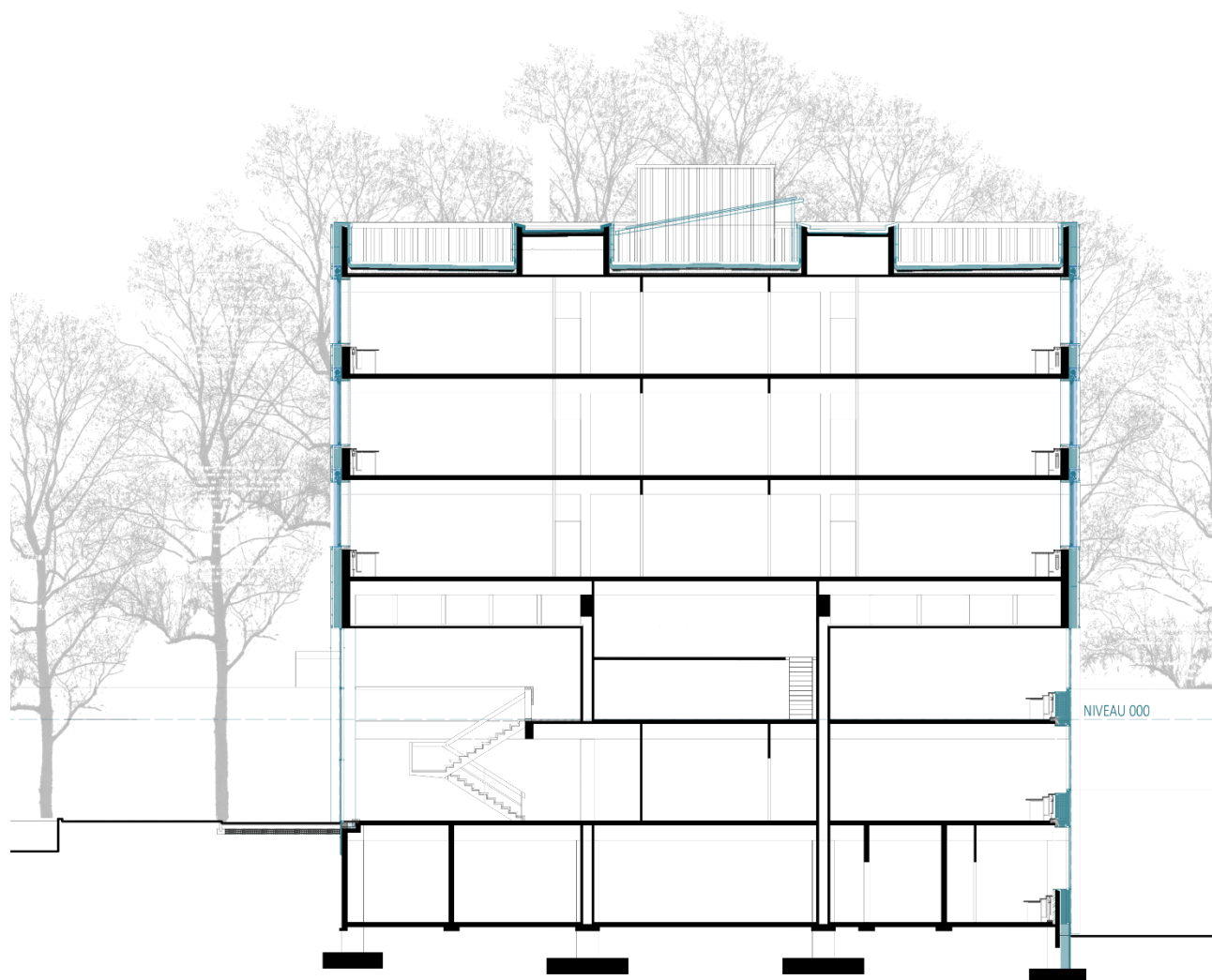


Illustration 9 : Coupe DWG (Prégardien, n.d) retravaillée avec contexte

Source : Dessin réalisé par SAAD M. 2024.

En ce qui concerne les dimensions architecturales de l'Institut de Botanique, il s'agit d'un bâtiment aux caractéristiques modernistes telles que : son aspect géométrique, épuré et monolithique lié à l'utilisation du béton (obtenu par banchage avec des planches de sapin), son fonctionnalisme, son optimisation des espaces et ses ouvertures régulières. En ce qui concerne son intégration dans un contexte existant, l'architecte à l'origine de la conception de l'institut a su intégrer ces volumes un site accidenté en utilisant les deux niveaux de terrain. De manière générale, ce bâtiment se compose de deux blocs séparés par un espace technique, créant une division renforcée par la transparence de

cet intervalle contrastant avec l'opacité des pignons des deux blocs (voir annexe 2 : 8). De plus, divers éléments contribuent à la lecture cohérente de la volumétrie de ce bâtiment tels que les lignes horizontales formées par des traverses en béton (marquées en façades Est et Ouest) ainsi que la ligne d'acrotère uniforme. Cette volumétrie propre au bâtiment B22 s'étend sur six niveaux, dont deux sont partiellement enterrés, situés sur la façade Nord-Ouest et une partie de la façade Sud-Ouest. La distribution intérieure suit une organisation type pour le programme intégré : les locaux de travail sont répartis le long de travées de 3,10 mètres de largeur, avec les espaces de service, les escaliers, les sanitaires et les locaux annexes disposés de part et d'autre d'un double couloir central. L'institut de Botanique fait partie d'un « complexe regroupant [trois] autres bâtiments » (Hovsepyan 2020 : 44) et offre de ce fait une diversité de locaux avec des fonctions très variées comprenant : des salles de laboratoires, des salles de cours, des chambres de culture et chambres froides, 43 bureaux sur les 121 disponibles, un auditoire, une bibliothèque, une salle d'archive et un herbarium. Les espaces techniques sont principalement concentrés au niveau R-2, tandis qu'un niveau technique entre le R0 et le R+1 permet le passage des gaines. À l'intérieur, le béton brut laisse son authenticité visible, renforçant la pureté de la forme et l'essence même de l'Institut de Botanique.

Toutefois, la « monumentalité de ce béton rend l'édifice particulièrement inefficace du point de vue énergétique » (voir annexe 2 : 18). En effet, « la continuité du béton entre l'intérieur et l'extérieur pose un réel problème énergétique, notamment au niveau du raccord des planchers et des éléments de façade en béton armé » (voir annexe 2 : 18). Bien que des voiles en blocs isolants aient été placés du côté intérieur, ils ne suffisaient pas à assurer un niveau d'isolation thermique adéquat. Précisément, ce constat a pu être déterminé grâce à un audit énergétique complet réalisé entre juin et novembre 2015 par le bureau d'études Teen consulting, suivi d'études thermiques approfondies. Ces analyses ont mis en lumière les fortes consommations énergétiques du bâtiment pour le chauffage (à cause d'un faible niveau d'isolation thermique de son

enveloppe), mais également pour l'éclairage et le fonctionnement des chambres froides (hors projet). L'audit énergétique a quantifié et comparé les bénéfices potentiels de 19 mesures d'amélioration énergétique portant sur l'enveloppe du bâtiment (isolation des murs, des toitures, remplacement des châssis...) ainsi que sur ses systèmes (production de froid, eau chaude sanitaire, éclairage, etc.). En parallèle, des constats techniques ont été menés et ont révélé une « obsolescence et une vétusté générale des espaces intérieurs, une mauvaise utilisation des hottes, un stockage inadéquat des produits chimiques, et la vétusté des réseaux sanitaires et d'eau glacée » (voir annexe 1 : 3). Les résultats de l'audit et des études ultérieures ont démontré la nécessité de prioriser les travaux sur l'enveloppe du bâtiment afin de réduire de manière significative les besoins énergétiques pour le chauffage et de répondre aux exigences minimales imposées par le fonds EEEF (voir annexe 2 : 18).

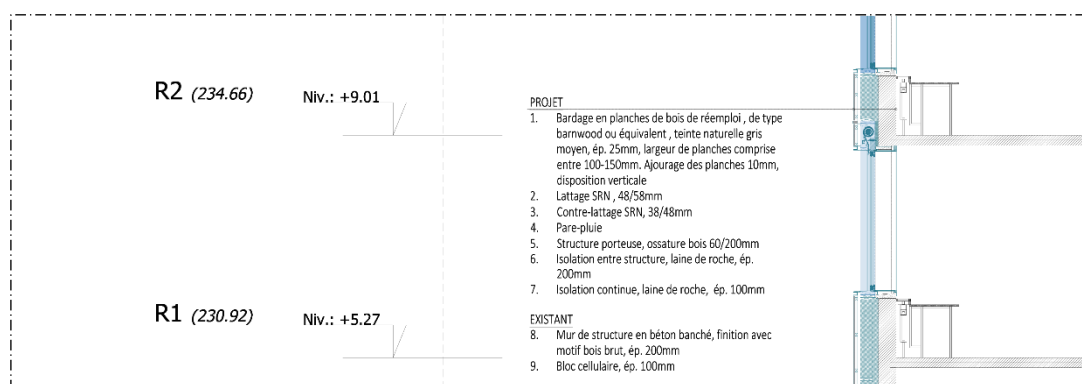


Illustration 10 : Détail de composition de l'enveloppe (R+1 et R+2 façade Sud).

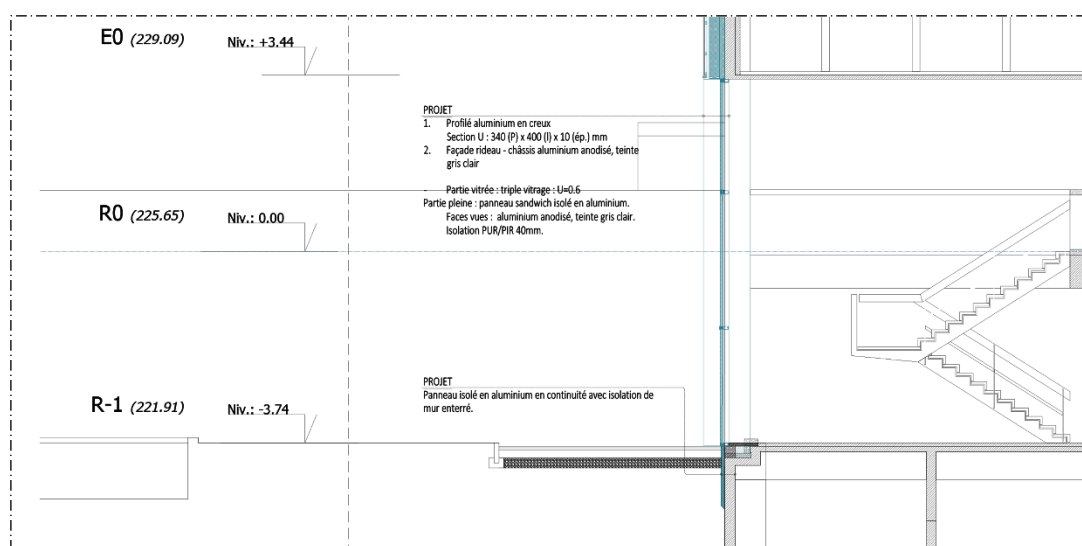


Illustration 11 : Détail de composition (R-1 et R0 façade Sud).

Dès lors, l'enveloppe a été remise aux normes grâce à une isolation extérieure des parois selon la composition suivante (voir illustration 10) : isolation continue (laine de roche de 10cm), isolation entre structure (laine de roche de 20cm), pare-pluie, contre-lattage (SRN, 38/48mm), lattage SRN (48-58mm) et enfin le bardage vertical ajouré en planches de bois de réemploi (de type bamwood ou équivalent, teinte naturelle gris moyen de 25mm sur 100 à 150mm) (ARI, 2016 ; cité par Hovsepyan, 2020 : 51).

De plus, l'enveloppe du bâtiment a été renforcée par l'installation de 20 cm de polyuréthane (PUR) pour la toiture et les vitrages et châssis existants ont été remplacés par de nouvelles fenêtres performantes par leurs coefficients de transmission thermique très bas ($U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{.K}$ pour les vitrages, $U_f = 1.3 \text{ W/m}^2\text{.K}$ pour les châssis) (voir illustration 11 et 12). Le projet a également compris le calorifugeage des accessoires de distribution d'eau chaude, le remplacement des circulateurs par des modèles à vitesse variable, ainsi que l'installation d'un nouveau système de régulation partiel pour le système HVAC (Chauffage, Ventilation, Climatisation). Une ventilation hygiénique avec récupération de chaleur sur les extracteurs et asservissement pulsion-extraction a également été mise en place. La machine frigorifique actuelle a été remplacée par une unité plus efficiente, optimisant la récupération de chaleur sur le compresseur. En ce qui concerne l'éclairage intérieur, une modernisation des tubes luminescents avec ajout de détecteurs de présence a été effectuée dans les halls, les sanitaires et les espaces dédiés aux étudiants. Enfin, des panneaux photovoltaïques d'une capacité de 22 kWc ont été placés sur le toit afin de générer de l'énergie renouvelable in situ. Ces mesures combinées sont supposées engendrer une économie annuelle de 200 MWh en électricité et de 603 MWh en combustible, représentant respectivement une diminution de 20,7% et 74,9% par rapport aux consommations pré-rénovation (à l'exclusion des chambres froides et des équipements spécifiques aux laboratoires). En termes d'énergie primaire, ces initiatives sont supposées conduire à une réduction globale des consommations énergétiques du bâtiment de l'ordre de 34,2% (voir annexe 2). De surcroît, le système HVAC a été repensé pour améliorer

l'efficacité énergétique, avec des groupes de pulsion et d'extraction équipés de batteries de récupération de chaleur. Les équipements thermiques et les extracteurs sont désormais contrôlés par une gestion technique centralisée et le système de ventilation inclut une pompe à chaleur double-flux à eau glycolée, associée à un système général de production de chaleur.

Enfin, des panneaux photovoltaïques ont été installés sur une section de la toiture, offrant une puissance totale de 22 kWc, intégrés au bus bar qui alimente l'ensemble de l'institut (voir illustration 14). La rénovation a permis une réduction significative de la consommation de chaleur, atteignant une économie de 70%, marquant un pas important vers une plus grande efficacité énergétique et un meilleur confort présumé pour les utilisateurs de l'institut.

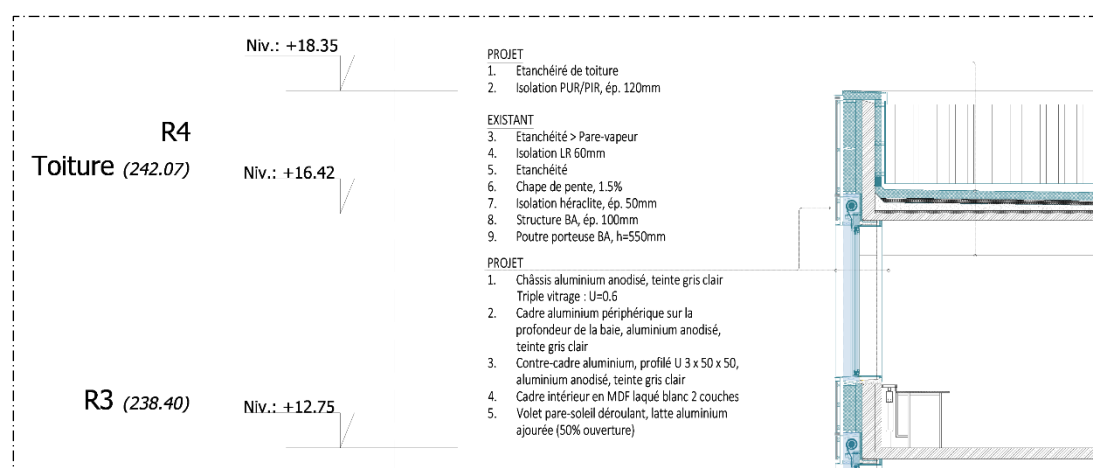


Illustration 12 : Détail de composition (R+3 et R+4).

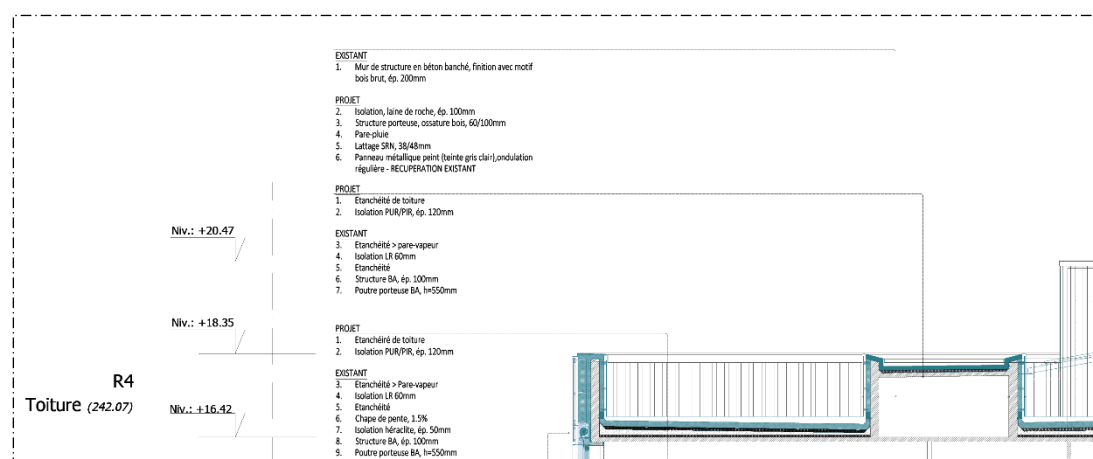


Illustration 13 : Détail de composition (R+4 suite).

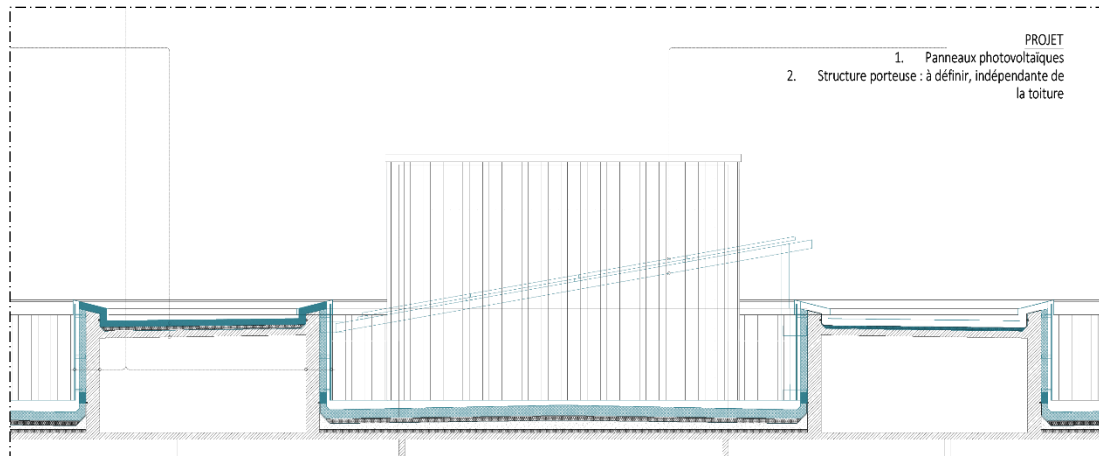


Illustration 14 : Détail de composition (Toiture et panneaux photovoltaïques).

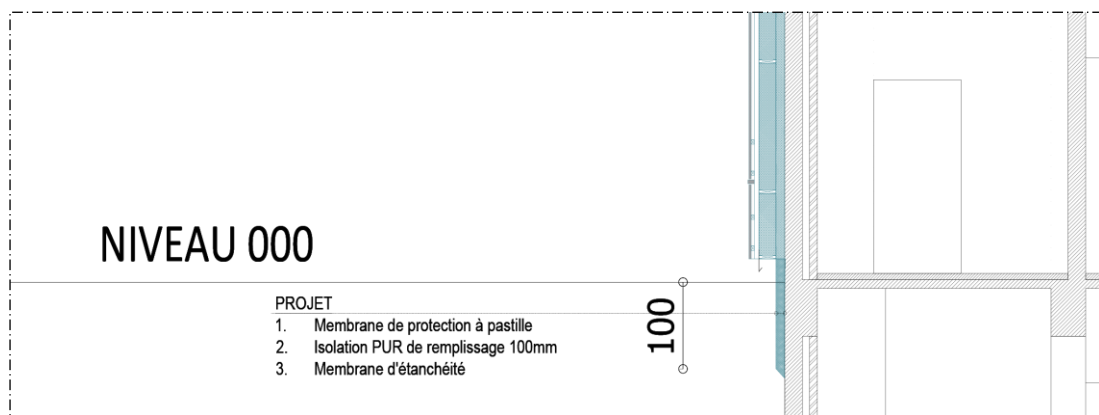


Illustration 15 : Détail de composition (pied de façade R0).

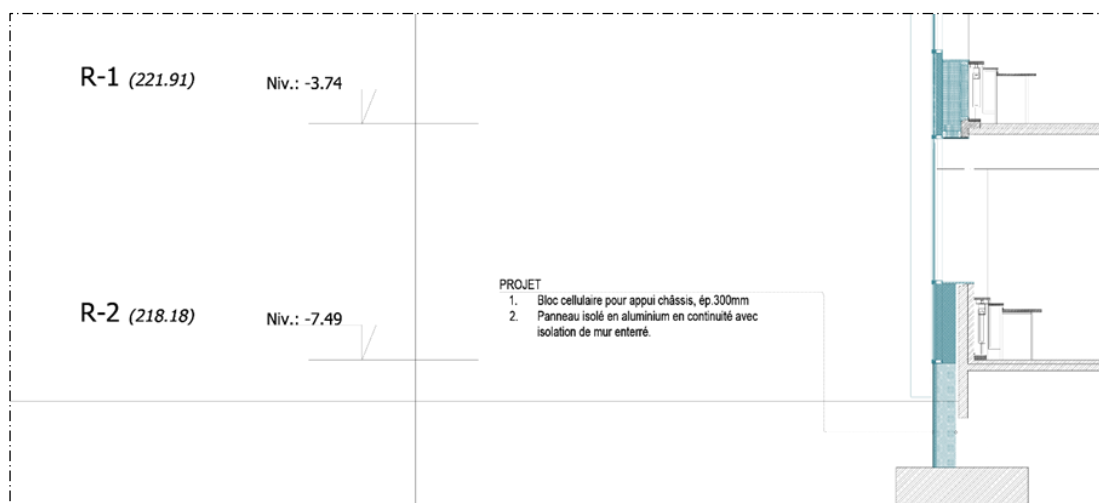


Illustration 16 : Détail de composition (pied de façade Nord R-2).

3.4. Quid de l'utilisateur ?

Toutefois, dans le cadre de nos deux études, il semble important d'apporter un contraste à ces éléments. Dans le contexte des bâtiments énergétiquement performants, comme nous avons pu le constater à travers la littérature établie dans notre état de l'art, la relation entre les usagers et les concepteurs se caractérise souvent par une certaine méfiance. Les concepteurs ont tendance à considérer les occupants comme des éléments passifs, devant se conformer aux systèmes techniques intégrés, afin de garantir les performances énergétiques prévues. Cette approche découle de la représentation de l'utilisateur qui se limite généralement aux activités essentielles au fonctionnement économique et vital de la société, tel que décrit par Renauld (2014). Ainsi, même dans les environnements de bureaux, les activités envisagées pour l'utilisateur se concentrent principalement sur le travail, minimisant l'influence de leurs actions sur les systèmes énergétiques du bâtiment. En ce sens, Illich (2005 ; cité par Renauld, 2014) propose (au sujet des logements) une citation également applicable au cas des bureaux : « le logé vit dans un monde qui a été fabriqué. Il n'est pas plus libre de se frayer un chemin sur l'autoroute que de percer des trous dans ses murs. Il traverse l'existence sans y inscrire de traces. Les marques qu'il dépose sont considérées comme des accrocs—des signes d'usure. [...] Le logement assigne aux gens des casiers de résidence. Il est planifié, construit et équipé pour eux. » (Illich, 2005). De ce fait, dans le cadre de nos études portées sur la place de l'utilisateur dans la rénovation énergétique de l'Institut de Botanique, il semble pertinent de nous poser les questions suivantes : lors de la rénovation, cette dynamique a-t-elle été différente ? Le directeur du projet a-t-il intégré les usagers dans les discussions et pris en compte leurs opinions ? Les usagers ont-ils eu une place active dans la conception ? Ou, au contraire, ont-ils été considérés comme des éléments passifs dans un espace planifié ?

Pour répondre à ces questions, il nous a semblé crucial de dialoguer avec les principaux acteurs de cette rénovation. Pour cela, nous avons obtenu divers entretiens avec le chef de projet. Lors de l'un d'entre eux, nous avons pu

comprendre la perspective des concepteurs sur la place de l'utilisateur dans les phases de conception. Le chef de projet nous a expliqué que les principaux acteurs de cette rénovation énergétique n'ont pas eu de contact direct avec les usagers. Toutefois, ceux-ci ont collaboré avec le directeur administratif du bâtiment pour les étapes de la rénovation et les décisions prises. Le chef de projet a également souligné la difficulté de gérer un bâtiment universitaire en prenant en compte l'avis de tous les usagers, car, selon ce dernier, cela pourrait « partir dans tous les sens ». L'objectif énoncé par les acteurs de ce projet était de créer des solutions aussi universelles que possible, adaptées à un maximum de personnes, « sachant qu'il y a beaucoup de gens qui changent à l'université ». En ce sens, un débat a eu lieu sur le degré de manœuvre et de manipulation que les usagers peuvent avoir sur les techniques intégrées. Durant notre entretien, l'architecte a précisé que, bien que les usagers aient une marge de manœuvre limitée, certaines interventions restent possibles. Pour illustrer ses propos, ce dernier a expliqué que les occupants des bureaux peuvent ouvrir les fenêtres sans restriction, contrairement aux laboratoires où les fenêtres sont souvent inaccessibles en raison de la disposition des équipements. Afin de garantir la sécurité dans les laboratoires, un système permettant d'ouvrir les fenêtres à 10 degrés a été mis en place, évitant ainsi tout risque de chute et en cas d'urgence, une clé spéciale est disponible dans une boîte à clé. Cette solution a toutefois ses propres complications comme le vol de la clé par certains usagers. En ce qui concerne la gestion de la lumière naturelle, une centralisation des volets métalliques automatisés sur la façade sud a été mise en place pour prévenir la surchauffe. Cependant, certains occupants ont trouvé le moyen de contourner ce système pour garder les volets ouverts, préférant bénéficier de la lumière solaire directe, et ce, malgré les problèmes potentiels de surchauffe. Cette gestion centralisée pose un défi, car elle doit être uniforme pour tous les usagers, rendant la personnalisation difficile et entraînant des conflits entre le confort individuel, appropriation des usagers et efficacité énergétique.

Ainsi, la rénovation de l'institut de Botanique reflète la complexité de concilier les attentes des usagers avec les impératifs de performance

énergétique. Bien que les concepteurs aient cherché à intégrer des solutions universelles, la participation directe des usagers a été limitée, se faisant principalement par l'intermédiaire du directeur administratif. Cette approche, bien que pragmatique, souligne la tension entre la gestion centralisée des systèmes techniques et les besoins individuels des occupants. La tentative d'équilibrer ces aspects révèle les défis inhérents à la conception de bâtiments HPE, où l'efficacité énergétique et le confort des usagers doivent constamment être ajustés.

.....

LE CONFORT VÉCU DANS LES ESPACES DE TRAVAIL : ENTRE PERCEPTION ET RÉALITÉ

Ce chapitre a été rédigé individuellement par Saad Marilyn

4.1. Introduction

Assurer un environnement offrant un niveau de confort optimal à ses occupants nécessite notamment une recherche constante visant à créer un climat intérieur idéal. Ce climat, bien qu'en partie définissable par des valeurs objectives telles que la température, l'humidité, la qualité de l'air et la luminosité, doit également prendre en compte des facteurs subjectifs liés, par exemple, à l'expérience individuelle de chaque personne. En effet, la notion de confort englobe une variété de critères, notamment les aspects physiques des conditions ambiantes, les aspects comportementaux, les aspects psychologiques et les considérations liées à l'utilisation pratique ou à l'ergonomie des espaces (Energie+, 2014).

La qualité d'une ambiance intérieure dépend donc de divers facteurs, qui, bien qu'assujettis à des normes techniques, demeurent intrinsèquement subjectifs et étroitement liés à l'individu et à son ressenti personnel. Par exemple, le confort thermique, défini par l'ASHRAE comme « l'état d'esprit où l'homme exprime la satisfaction des conditions thermiques », se révèle être hautement subjectif et difficile à mesurer. L'objectif principal est de créer un environnement « neutre » où les réponses physiologiques sont réduites au minimum (Thellier, 2012). De même, le confort respiratoire dépend étroitement de la qualité de l'air, qui peut être vue comme le produit d'une construction sociotechnique, combinant « des dimensions cognitives (connaissances et compétences techniques, capacité de compréhension, intérêt pour l'écologie), normatives (propreté, santé, usage de certains produits) et matérielles (systèmes techniques, bâti, gestion des équipements) » (Zélem, 2018 : 12). Ainsi, la perception de l'air intérieur va bien au-delà de sa simple composition. Elle inclut des connaissances sur l'hygiène, les risques sanitaires, les sources et les spécificités des polluants, les interactions entre ces polluants et la santé, ainsi que les moyens de limiter l'exposition aux polluants dont question (Zélem, 2018). Concernant l'éclairage et l'apport de lumière naturelle, ces derniers jouent également un rôle crucial dans le confort visuel et sont soumis à des normes spécifiques telles que la norme NBN12 464-1 en Belgique. Effectivement, la

manière dont la lumière est distribuée sur la zone de travail et son environnement impacte la perception et l'exécution d'une tâche visuelle par une personne, affectant sa précision, sa rapidité et son confort (Energie+, 2007).

Dans une situation d'inconfort, l'adaptation peut s'opérer au niveau individuel par des ajustements de posture ou d'habillement, ou collectivement et techniquement par des modifications de température ou l'ouverture de fenêtres. Toutefois, ces adaptations peuvent être restreintes par des contraintes matérielles, environnementales ou réglementaires. La capacité de l'individu à appréhender et anticiper les conditions ambiantes joue un rôle important dans sa perception du confort. Enfin, le confort d'usage se réfère à la capacité d'un bâtiment à faciliter les activités pour lesquelles il est conçu, au-delà des seuls aspects physiques de l'ambiance (Energie+, 2014).

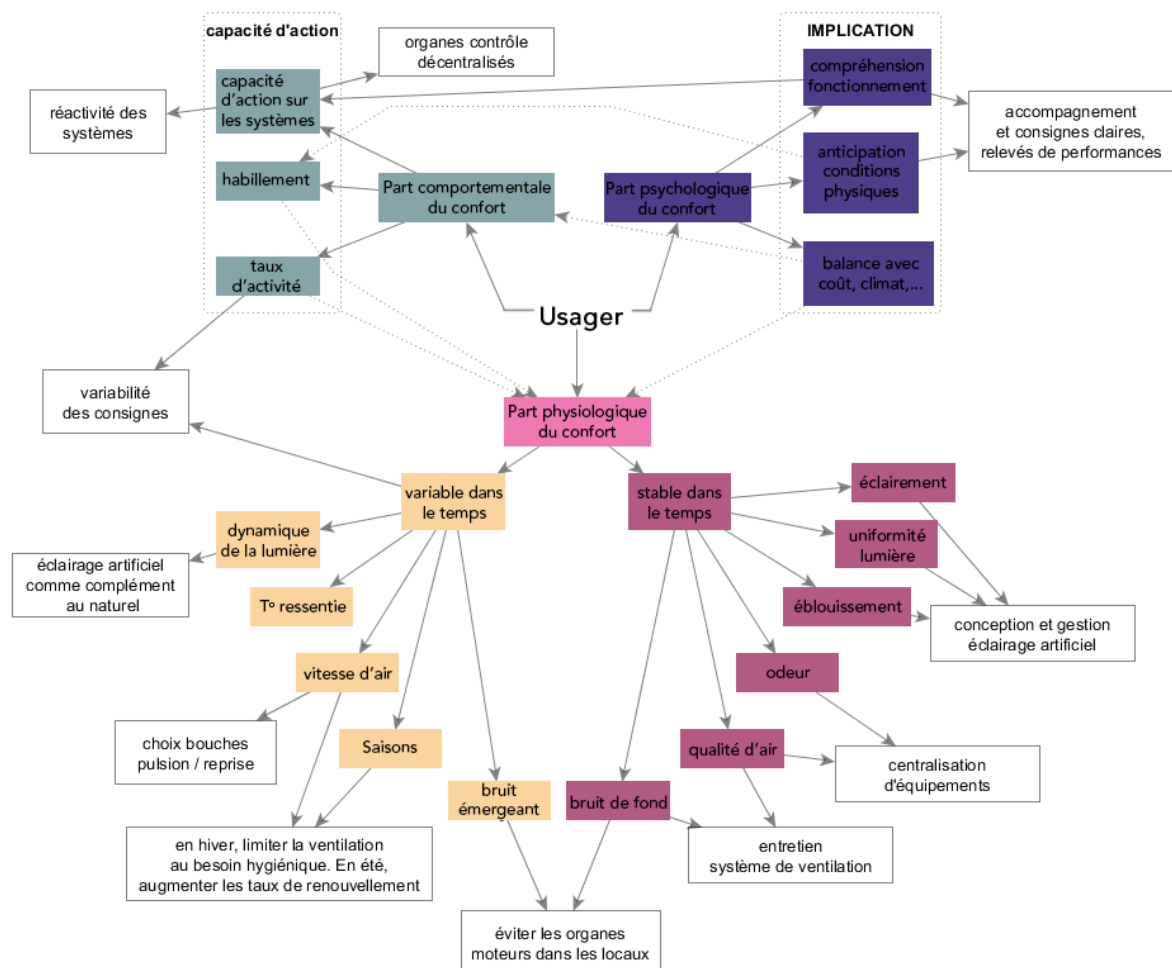


Illustration 17 : Les multiples dimensions du confort proposées par Energie Plus, retravaillée par Saad M.

Source : ENERGIE PLUS, 2014. *Confort au sens large*. Site web. Consultable : <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-d15/> [disponible le 27 juillet 2024].

Dans ce chapitre, une analyse approfondie de ces divers facteurs liés au confort est réalisée au sein du bâtiment de l'Institut de Botanique. Cette étude vise à comprendre comment les usagers perçoivent et apprécient le confort dans cet environnement rénové. Pour ce faire, un questionnaire détaillé a été élaboré et distribué aux différents usagers. Les réponses recueillies permettent d'évaluer les différentes dimensions du confort. En comparant et croisant les multiples résultats obtenus, il sera possible d'identifier les écarts entre le confort conçu et le confort vécu.

En premier lieu, nous introduirons l'effet rebond en général, puis nous examinerons spécifiquement comment il se manifeste dans le cas de l'Institut de Botanique. Nous analyserons les conséquences des choix pris lors de la conception sur le fonctionnement quotidien du bâtiment. En second lieu, nous aborderons l'analyse des données recueillies via les questionnaires, en évaluant le confort vécu selon diverses thématiques qui ont émergé des réponses des usagers. Enfin, nous conclurons par une discussion sur le confort conçu et le confort vécu dans l'institut de Botanique.

4.2. Réduction énergétique versus effet rebond : les bureaux HPE à l'épreuve

« L'inadéquation entre l'évaluation de la conception et les données de suivi ont été identifiées, souvent en combinaison les unes avec les autres. Les principaux acteurs à l'origine de cette inadéquation ont été largement étudiés [...] La raison la plus fréquemment identifiée est le comportement des occupants, également appelé effet rebond » (Venturi et al., 2022 : 2).

L'effet rebond, également connu sous le nom de paradoxe de Jevons, est un phénomène économique décrit pour la première fois par William Stanley Jevons dans son ouvrage en 1865. Jevons observe que les améliorations en efficacité énergétique ou en production, censées réduire la consommation totale de ressources, peuvent en réalité conduire à une augmentation de cette consommation. Dans son analyse, l'auteur explique que lorsque les machines à vapeur sont devenues plus efficaces, au lieu de réduire la consommation de charbon, elles ont rendu le charbon plus attractif économiquement, augmentant ainsi la demande globale. Cela se produit parce que l'efficacité accrue réduit le coût de l'utilisation des ressources, ce qui peut stimuler une plus grande utilisation des machines ou des procédés énergétiques, conduisant finalement à une consommation totale de ressources supérieure à ce qu'elle aurait été sans ces améliorations.

Ce concept est crucial afin de comprendre les limites des gains d'efficacité comme stratégie unique pour la conservation des ressources. L'effet rebond montre que, sans une gestion consciente de la demande et des politiques adaptées, les gains en efficacité peuvent être annulés par une augmentation de la consommation globale (Jevons, 1865).

Ce phénomène d'effet rebond, qui illustre comment les gains d'efficacité peuvent parfois mener à une consommation accrue de ressources, se manifeste de manière concrète dans le secteur de la construction, où les économies d'énergie sont souvent réinvesties dans des améliorations de confort. Bjørneboe

et al. (2017) expliquent que les gains en efficacité énergétique ne se traduisent pas toujours par une réduction proportionnelle de la consommation globale d'énergie, car les usagers préfèrent souvent utiliser ces économies pour améliorer leur confort. De ce fait, comprendre l'interaction entre l'efficacité énergétique, le confort et l'effet rebond devient crucial pour concevoir des bâtiments durables. Il est de plus en plus reconnu que la transition énergétique ne pourra pas être accomplie uniquement par des avancées technologiques ; une part essentielle du processus réside également dans le changement des comportements individuels (Briseperre, 2019).

En effet, « la limite fondamentale de l'efficacité énergétique est l'effet rebond » (Briseperre, 2019 : 21). La réduction intentionnelle de la consommation d'énergie par le biais de l'efficacité énergétique est influencée par les pratiques sociales actuelles. Celles-ci reflètent à la fois le désir d'améliorer le confort, tout en tenant compte des risques environnementaux et énergétiques futurs. Parallèlement, les avancées technologiques en développement offrent des solutions pour répondre à ces défis présents et futurs (Ruzzenenti et Wagner, 2018).

En d'autres termes, nos efforts pour améliorer l'efficacité énergétique doivent prendre en considération les interactions complexes entre les comportements humains et les technologies en évolution. Cette approche holistique est essentielle pour concevoir des stratégies durables et efficaces dans le secteur énergétique, influençant ainsi la conception des bâtiments.

Toutefois, lors des phases de création d'un projet, les architectes et ingénieurs éprouvent souvent une certaine méfiance à l'égard des compétences des occupants en ce qui concerne l'utilisation des équipements techniques. De plus, des aspects cruciaux tels que le temps et les modalités d'apprentissage sont fréquemment sous-estimés voire négligés. Cette méfiance et cette négligence conduisent à une perception implicite de l'humain comme un facteur potentiel de perturbation des technologies liées à la production de chaleur, de lumière ou à la ventilation. En conséquence, la complexification des dispositifs et équipements techniques modifie la place et le rôle des usagers dans la

gestion de leur confort, les obligeant à « vivre sous cloche » dans des « boîtes étanches » où les conditions climatiques sont régulées par des techniques automatisées (Beslay, et al., 2015 : 335-364).

Ce manque de considération à l'égard des compétences des occupants et de leurs différentes visions du confort explique en partie cet effet rebond. Ce phénomène paradoxal fait que la mise en place d'équipements énergétiquement plus efficaces ne se traduit pas nécessairement par une baisse de la consommation d'énergie globale. Les gains d'énergie attendus sont partiellement annulés par une augmentation de la consommation réelle en énergie (Sorrell, 2007).

Ainsi, « afin de comprendre et de contrer l'effet rebond, et de promouvoir un mode de vie pleinement durable, il est nécessaire de prendre en compte le comportement humain et les modèles de consommation » (Maxwell et al., 2011 : 59). Pour cela, il est important de prendre conscience de la diversité des perceptions du confort du point de vue des occupants. Le confort des usagers est influencé par de nombreuses dimensions. Les besoins et attentes varient d'un usager à l'autre, ce qui peut différer des indicateurs de confort standard. La haute performance énergétique influence de manière ambivalente la satisfaction des usagers vis-à-vis du confort. Cela nécessite des changements d'habitudes et de perceptions du confort, tels que l'apprentissage de l'utilisation et de l'entretien des nouveaux équipements techniques, la compréhension du fonctionnement du lieu, la compréhension des éléments du bâtiment et des pratiques des usagers qui impactent les consommations énergétiques. Zélem (2018) souligne d'ailleurs que, pour favoriser une transition énergétique efficace, il serait judicieux de rapprocher les technologies de leurs utilisateurs plutôt que de les éloigner. Cela impliquerait une approche plus axée sur les aspects sociaux que sur une simple focalisation technologique. Lenormand (2018) renforce cette idée en affirmant qu'il est crucial de dépasser la vision traditionnelle du bâtiment comme simple objet d'étude, pour se concentrer sur la relation dynamique entre l'usager et le bâtiment. Cela requiert non seulement une expertise technique en énergie, en thermique des enveloppes et en conception de systèmes, mais aussi

une compréhension approfondie des interactions humaines et de l'expérience utilisateur.

Dans le cadre de ce travail, il est pertinent d'examiner la présence d'un éventuel effet rebond au sein de l'Institut de Botanique. Depuis plusieurs années, l'ULiège s'investit activement dans la réduction significative de sa consommation énergétique. Cet engagement se traduit par diverses initiatives, telles que l'amélioration de la performance thermique des bâtiments, l'optimisation des systèmes techniques pour mieux contrôler la consommation d'énergie, et la restriction de la température de chauffage des bâtiments à 19 °C. En octobre 2023, l'université relance la campagne #SaveEnergy sur tous ses campus pour sensibiliser et informer sa communauté sur les pratiques écoresponsables, en mettant particulièrement l'accent sur les gestes cruciaux en cette période critique. Cette initiative propose des solutions pour optimiser la consommation énergétique, notamment en matière de chauffage et d'électricité. Pour le chauffage, il est recommandé d'éviter l'utilisation des chauffettes électriques et de se tourner vers la Cellule Énergie pour explorer des alternatives en cas de besoin de chauffage supplémentaire. Par ailleurs, il est préférable de laisser les vannes thermostatiques des bureaux réglées sur leur position initiale. En ce qui concerne l'électricité, il est essentiel de veiller à éteindre les lumières lorsque l'on quitte un milieu de travail ou une pièce, de débrancher les appareils électriques à la fin de la journée ou de la semaine, sauf en cas de nécessité, et d'encourager le partage des équipements électriques collectifs, tels que les imprimantes, les réfrigérateurs et les machines à café. Cette campagne vise à promouvoir une utilisation plus économe de l'énergie et à encourager des comportements responsables au sein de l'université (L'ULiège, 2023).

#SAVEENERGY

ENSEMBLE, ÉCONOMISONS L'ÉNERGIE SUR NOS CAMPUS



**PAS DE BLAGUE
AVEC LES VANNES !**



**LES CHAUFFERETTES,
ÇA REFROIDIT L'EFFORT COLLECTIF**



**JE SORS, J'ÉTEINS.
C'EST CLAIR.**



**EN FIN DE JOURNÉE,
JE LÂCHE LES PRISES**



**L'ESPRIT D'ÉQUIPE AU BOULOT,
C'EST PARTAGER LE MÊME FRIGO**

WWW.ULIEGE.BE/ECOGESTES



Illustration 18 : Campagne #SAVEENERGY lancée par l'ULiège, document retravaillé par Saad M.

Source : UNIVERSITÉ DE LIÈGE. 2023. # SaveEnergy : ensemble, économisons l'énergie sur nos campus. Site web.
Consultable : https://www.durable.uliege.be/cms/c_16976399/fr/durable-saveenergy-ensemble-economisons-l-energie-sur-nos-campus [disponible le 30 juillet]

Cependant, bien que la sensibilisation de l'opinion publique soit en hausse, ces campagnes ne suffisent pas à modifier de manière significative les comportements des occupants pour les orienter vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement (Brisepierre, 2019). En fait, selon les réponses au questionnaire, plusieurs comportements compensatoires, pouvant influencer la consommation énergétique de l'Institut de Botanique, ont été observés. En hiver, par exemple, l'utilisation de chauffettes électriques est devenue indispensable pour de nombreux usagers, qui cherchent à pallier les insuffisances du système de chauffage. De même, en été, l'usage de ventilateurs est courant pour contrer la surchauffe des locaux. Bien que compréhensibles d'un point de vue confort, ces mesures temporaires vont à l'encontre des objectifs de réduction de la consommation énergétique fixés par l'université.

Lors d'un entretien, le directeur administratif a précisé que les problèmes de chauffage en hiver sont souvent dus à une série de petits dysfonctionnements au sein du système de régulation. Par exemple, une seule sonde, située sur la façade sud du bâtiment, mesure la température ambiante et contrôle l'allumage ou l'extinction du chauffage. Si une pièce est trop chaude et une autre trop froide, le système se régule uniquement en fonction de la température relevée par cette sonde, entraînant des déséquilibres thermiques entre les différentes pièces (Maxime ; cité par Lamotte, 2024).

Cette situation soulève une question essentielle : s'agit-il d'un effet rebond, où les économies d'énergie attendues sont contrecarrées par une augmentation de la consommation liée à des comportements compensatoires des usagers ? Ou bien, malgré ces comportements, la rénovation énergétique a-t-elle réussi à atteindre ses objectifs de réduction de la consommation énergétique ?

D'après les informations fournies par l'architecte (voir annexe 2 : 34), l'objectif initial de la rénovation énergétique visait une réduction de 20,7 % de la consommation d'électricité et de 74,9 % de la consommation de chaleur. Les analyses menées par Lamotte (2024) révèlent que la rénovation a effectivement

conduit à une réduction de 20 % de la consommation électrique et de 61,22 % de la consommation de chaleur (voir tableau 1 et tableau 2).

Consommations normalisées de chaleur en mWh/an			
2020	2021	2022	2023
1 332,628	1 513,934	1 121,420	516,793

Tableau 1 : Consommation de la chaleur de 2020 à 2023 (Maxime ; cité par Lamotte, 2024)²

Consommations d'électricité annuelle en kWh/an							
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2 152 171	2 209 867	1 888 825	1 966 888	1 840 036	2 091 419	1 892 248	1 721 307

Tableau 2 : Consommation d'électricité de 2016 à 2023 (Maxime ; cité par Lamotte, 2024)

Ces résultats montrent que, du point de vue de la consommation d'électricité, la rénovation a permis d'atteindre les objectifs fixés, même si les usagers ont recours à des appareils électriques pour compenser un confort thermique perçu comme insuffisant. Cependant, en ce qui concerne la consommation de chaleur, bien que la réduction obtenue (61,22 %) soit inférieure à l'objectif théorique de 74,9 %, elle reste proche de la cible, ce qui suggère qu'un léger effet rebond a pu se manifester. Néanmoins, la rénovation a tout de même significativement amélioré la performance énergétique de l'Institut de Botanique, tout en augmentant le confort des usagers.

Malgré la participation limitée des usagers à la phase de conception de la rénovation énergétique, en partie due aux changements fréquents de personnel à l'université, les concepteurs ont réussi à surmonter ce défi. Bien que cette faible implication ait conduit certains occupants à adopter des solutions compensatoires impactant la consommation énergétique, l'architecte et son

² Ce tableau présente les résultats de consommation de 2020 à 2023. En l'absence de données sur les consommations avant la rénovation énergétique, il est difficile d'évaluer avec précision la diminution réelle des consommations de chaleur. Il est possible que la rénovation a vraiment atteint son objectif de réduction de 74,9%.

équipe ont quand même réussi à améliorer significativement la performance énergétique de l'institut.

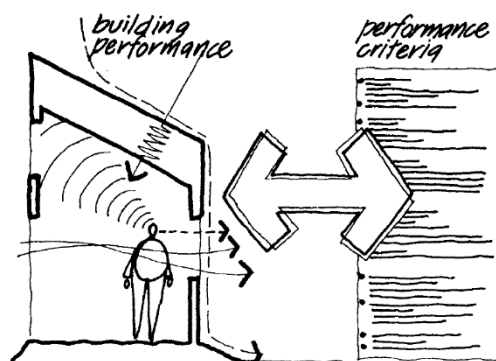
Finalement, les concepteurs, du projet de rénovation énergétique de l'Institut de Botanique, ont montré que, contrairement à certaines conclusions d'autres études, il est possible d'atteindre les objectifs énergétiques même en l'absence d'une implication systématique de tous les usagers. Le contact régulier avec le directeur administratif, qui a joué un rôle de porte-parole pour les usagers, a permis de surmonter ces défis et d'assurer le succès de la rénovation.

En conclusion, bien que la rénovation énergétique de l'Institut de Botanique ait rencontré des défis, notamment en raison d'une implication limitée des usagers et des comportements compensatoires qui en ont découlé, elle a tout de même permis d'atteindre des résultats significatifs en matière de réduction de la consommation énergétique. Les objectifs en termes de consommation d'électricité ont été pleinement atteints, tandis que la réduction de la consommation de chaleur, bien que légèrement inférieure aux prévisions, demeure proche de la cible fixée. Cette réussite démontre qu'il est possible de concilier performance énergétique et confort des usagers, même dans un contexte où l'implication de ces derniers n'est pas optimale. La collaboration étroite entre l'équipe de conception et le directeur administratif a joué un rôle clé dans l'atteinte de ces objectifs, soulignant l'importance d'une communication efficace et d'une gestion participative, même lorsque les conditions ne sont pas idéales.

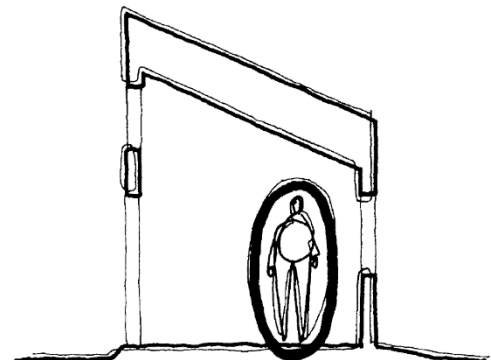
Toutefois, pour que ces réussites soient durables et pleinement optimisées, il est crucial de prendre en compte l'évolution continue des comportements des occupants, qui influence directement la gestion énergétique des bâtiments. Le comportement des occupants évolue continuellement en réponse à des facteurs tels que le désir croissant de confort et l'augmentation de l'espace au sol par personne. Ces évolutions ont des implications significatives pour la gestion énergétique des bâtiments. Par conséquent, l'évaluation post-occupation (POE) devient un outil essentiel. Elle permet de recueillir des données précises sur les habitudes des usagers, leurs

besoins et leurs perceptions du confort, ce qui peut considérablement améliorer la précision des modèles de bâtiments. En intégrant les résultats du questionnaire, les pratiques et les politiques de gestion énergétique peuvent être mieux adaptées aux réalités quotidiennes des occupants, assurant ainsi une meilleure efficacité énergétique et un plus grand bien-être des usagers (Venturi et al., 2023).

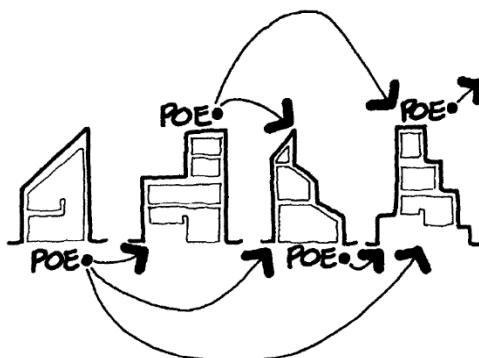
Dans la suite de ce chapitre, nous analyserons le confort vécu du point de vue des usagers à travers les réponses du questionnaire POE. Cette analyse nous permet de mieux comprendre comment les occupants interagissent avec leur environnement bâti et comment leurs comportements influencent la performance énergétique des bâtiments.



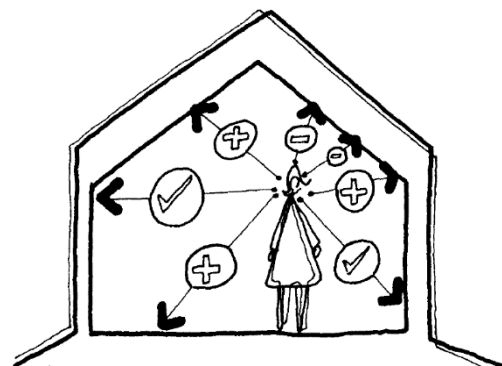
In POE, buildings are rigorously evaluated against performance criteria.



Normally, POEs focus on the building occupants and their needs.



Knowledge gained from POEs forms the basis for creating better buildings in the future.



We informally evaluate aspects of building performance every day.

Illustration 19 : Mode de fonctionnement du questionnaire POE expliqué par Preiser, Rabinowitz et White.

Source : PREISER, W.F., WHITE, E. et RABINOWITZ, H. 2015. *Post-occupancy evaluation (Routledge revivals)* (1st ed.), London, Routledge. DOI : <https://doi.org/10.4324/9781315713519>

4.3. Espaces de travail et confort ressenti : une analyse des expériences des usagers

Dans cette partie, les réponses obtenues à partir d'un questionnaire POE seront analysées pour évaluer l'impact de la rénovation énergétique sur le confort des occupants. En se concentrant sur divers aspects du confort, tels que la température, l'acoustique, la qualité de l'air, l'éclairage, et l'ergonomie de l'espace, il s'agira de déterminer si les améliorations énergétiques ont effectivement répondu aux attentes des occupants et contribué à un meilleur confort global. En examinant les retours quantitatifs des participants, ce chapitre vise à fournir une analyse complète et nuancée de l'efficacité des mesures prises, en mettant en évidence les réussites et les éventuelles lacunes du projet de rénovation. Toutefois, il est important de reconnaître les limites de cette méthode d'analyse et de prendre le soin d'étudier les réponses avec une attention particulière. L'analyse se déroulera de la manière suivante :

- 4.3.1. Influence des facteurs non environnementaux sur la satisfaction des occupants
 - 4.3.1.1. Genre et Age
 - 4.3.1.2. Temps passé dans le lieu de travail et les attentes
 - 4.3.1.3. Canaux de communication et formation
 - 4.3.1.4. Agencement spatial et espace de détente
 - 4.3.1.5. Confidentialité visuelle, espace et facilité d'interaction
- 4.3.2. Influence des facteurs environnementaux sur la satisfaction des occupants
 - 4.3.2.1 Confort thermique
 - 4.3.2.2 Confort acoustique
 - 4.3.2.3 Qualité de l'air
 - 4.3.2.4 Éclairage
- 4.3.3. Confort conçu versus confort vécu

4.3.1. Les facteurs non environnementaux du confort au travail : influence sur la satisfaction des occupants

4.3.1.1. Genre et Age

Le confort perçu dans un espace est une notion complexe, influencée par divers facteurs qui vont au-delà des simples mesures objectives comme la qualité de l'air intérieur, le niveau de bruit, l'éclairage ou encore le confort thermique (Sakellaris et al., 2016). Ces éléments ne constituent qu'une partie de l'expérience globale des occupants. L'étude de Zalejska-Jonsson et Wilhelmsson (2013) a révélé que la perception du confort est fortement modulée par des caractéristiques personnelles telles que l'âge et le genre, influençant la manière dont chacun interprète et réagit à son environnement physique.

Dans ce contexte, il est pertinent d'examiner comment ces facteurs influencent la satisfaction des occupants à l'Institut de Botanique. Comprendre l'impact des caractéristiques individuelles sur la perception du confort permet de mieux cerner les attentes et les besoins spécifiques des différents groupes d'utilisateurs, et d'adapter les critères de conception pour répondre de manière optimale aux exigences des usagers. Une telle analyse pourrait révéler des tendances intéressantes, telles que des préférences variées en matière de température ou de luminosité en fonction des tranches d'âge et de genre.

En effet, l'analyse des votes de satisfaction concernant le confort global, exprimés par les occupants de différents groupes d'âge, a révélé une différence marquée entre les générations. Les usagers ont évalué leur perception du confort global sur une échelle de 1 à 5 (1 étant le moins satisfait et 5 le plus satisfait), en prenant en compte à la fois les facteurs environnementaux et non environnementaux. Les résultats montrent que l'insatisfaction (2/5 et 3/5) est principalement exprimée par les occupants âgés de 45 à 60 ans, qui critiquent divers aspects de leur environnement de travail, suggérant que leurs attentes ne sont pas pleinement satisfaites. En revanche, la majorité des retours positifs (5/5 et 4/5) proviennent des usagers âgés de 25 à 45 ans, qui se déclarent globalement satisfaits du confort offert par leur milieu de travail (voir illustration

20). Ces observations révèlent une corrélation entre l'âge et la perception du confort. Cela suggère que les personnes plus âgées sont généralement moins tolérantes aux variations des conditions de confort dans leur environnement de travail. Plus précisément, en examinant l'ensemble des usagers de cette tranche d'âge, les résultats montrent que ces occupants sont particulièrement moins satisfaits de la qualité de l'air et du confort acoustique par rapport aux autres facteurs liés au confort. Cette tendance pourrait indiquer que les attentes et les exigences en matière de confort augmentent avec l'âge, peut-être en raison de changements physiologiques ou de préférences personnelles plus affirmées.

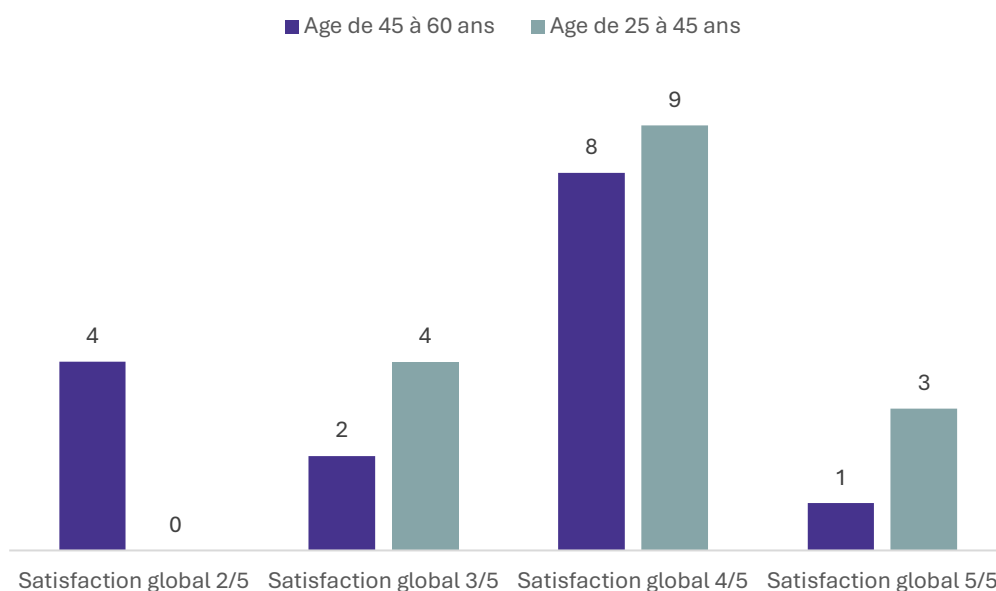


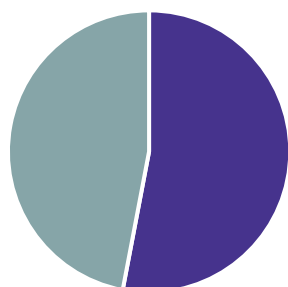
Illustration 20 : Diagramme montrant la satisfaction du confort selon les tranches d'âge.

En ce qui concerne la relation entre le genre et le confort, des recherches ont mis en évidence une connexion significative. Lai et Yik (2007) ont démontré que la perception et le classement de l'importance des aspects de l'environnement intérieur varient non seulement en fonction du temps passé dans le bâtiment, mais également selon le genre des occupants. Ils ont conclu que ces deux facteurs peuvent influencer la manière dont les individus évaluent l'importance des différents éléments de leur environnement intérieur.

L'analyse des réponses du POE en fonction du genre des occupants révèle des différences notables. Par exemple, les femmes se montrent

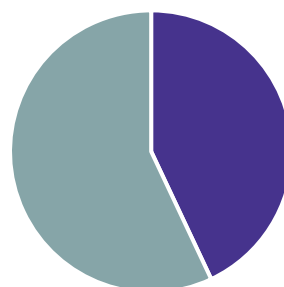
généralement moins satisfaites du confort thermique comparativement aux hommes. Lors des évaluations dans un même open space, il a été observé que les femmes expriment plus fréquemment un sentiment de froid en hiver (en notant 4/5 sur l'échelle de fréquence de sensation de froid), tandis que les hommes ont tendance à ressentir plus de chaleur en été, avec une moindre préoccupation pour le froid hivernal. En termes d'ajustement de la température pour atteindre leur confort idéal, les femmes préfèrent utiliser une chaufferette électrique, alors que les hommes ouvrent généralement les fenêtres pour moduler la température. Ces constatations corroborent les observations de Bluysen et al. (2011) ainsi que celles de Choi et al. (2012), qui ont également noté une sensibilité accrue des femmes aux sensations thermiques. De plus, l'étude, des réponses du POE, a révélé que les hommes expriment une plus grande satisfaction concernant l'acoustique de leur environnement de travail par rapport aux femmes. Effectivement, parmi les 17 hommes interrogés, 53 % ont souligné un bon confort acoustique, tandis que parmi les 14 femmes, seulement 43 % ont exprimé le même niveau de satisfaction.

Confort acoustique chez les Hommes



■ Satisfait ■ Non satisfait

Confort acoustique chez les Femmes



■ Satisfait ■ Non satisfait

Illustration 21 : Camembert montrant la satisfaction du confort acoustique selon le genre.

En résumé, ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte à la fois les différences de genre et les besoins spécifiques des différents groupes d'âge pour optimiser le confort et créer des environnements de travail plus inclusifs et confortables pour tous les occupants.

4.3.1.2. Temps passé dans le lieu de travail et les attentes

Pour comprendre pleinement la satisfaction des occupants vis-à-vis du confort, il est crucial d'examiner le rôle des attentes dans leur expérience de confort et leur comportement environnemental intérieur. La notion d'attentes a été largement étudiée dans le domaine du marketing, notamment en ce qui concerne la satisfaction des clients et la qualité des services. Selon la littérature, la « qualité de service perçue » est définie comme la différence entre la qualité attendue d'un service et la performance réellement perçue de ce service (Parasuraman et al., 1985). Dans le contexte des bâtiments énergétiquement performants, le « confort perçu » peut être considéré comme l'écart entre la qualité environnementale intérieure attendue et la performance perçue de cette qualité (Brown et J. Cole, 2009).

L'analyse des données a révélé que les usagers ayant travaillé dans le bâtiment avant les rénovations expriment un niveau de satisfaction plus exigeant quant au confort global. Les réponses d'insatisfaction concernant le confort au sein de l'Institut proviennent principalement de ces occupants. De plus, tous les usagers ayant signalé du stress lié à l'inconfort étaient également présents avant les travaux de rénovation. Ces observations indiquent que les personnes ayant connu le bâtiment avant les travaux avaient des attentes plus élevées, espérant que la rénovation répondrait pleinement à leurs demandes et améliorerait significativement leur environnement de travail.

Les discussions avec ces usagers ont révélé leur déception face à l'absence d'améliorations notables à l'intérieur du bâtiment. Par exemple, des éléments tels que la couleur sobre des couloirs et le matériel de laboratoire ancien n'ont pas été modifiés. Bien que la rénovation ait apporté des améliorations à l'enveloppe du bâtiment, au sas dans le hall d'entrée, à l'acoustique, à l'éclairage, ainsi que l'ajout d'un abri à vélos, ces changements sont perçus comme insuffisants par certains. Les usagers espéraient une meilleure qualité spatiale et des améliorations plus substantielles à l'intérieur du bâtiment. En conséquence, malgré les ajustements apportés, leurs attentes

n'ont pas été pleinement satisfaites. Cependant, ces plaintes n'apparaissent pas chez les usagers ayant connu le bâtiment après les rénovations.

4.3.1.3. Canaux de communication et formation

En lien avec l'observation de l'impact du temps passé dans le bâtiment sur les attentes et la perception du confort, il est pertinent d'examiner le concept de « tolérance » des occupants. Cette notion permet de comprendre comment les usagers réagissent aux défauts et imperfections de leur environnement de travail, en fonction de leur compréhension des attentes et des objectifs des améliorations apportées. Selon Brown et J. Cole (2009), « une manière d'évaluer l'influence des attentes est de considérer le niveau de tolérance des occupants, c'est-à-dire la mesure dans laquelle ils acceptent les défauts chroniques du bâtiment » (Brown et J. Cole, 2009 : 239). Ils soulignent que l'absence de retour d'information immédiat et pertinent, ainsi que la complexité des systèmes de contrôle, peuvent réduire l'efficacité des bâtiments à haute performance énergétique. Par ailleurs, Leaman et Bordass (2007) expliquent que la connaissance et la compréhension des objectifs et du fonctionnement d'un système ou d'un environnement permettent aux personnes d'être plus tolérantes et patientes face aux imperfections ou aux dysfonctionnements.

Dans ce contexte, une section du questionnaire a interrogé les usagers sur leur éventuelle participation à une formation concernant l'utilisation des systèmes techniques et le confort au sein de leur milieu de travail. Sur les 31 personnes interrogées, seulement deux ont indiqué avoir suivi une telle formation. L'une de ces personnes a attribué une note de 4/5 au confort global du bâtiment, malgré des niveaux d'insatisfaction quant au confort thermique et acoustique. Ce résultat suggère que sa connaissance des systèmes techniques a probablement favorisé une meilleure tolérance envers ces aspects. L'autre personne a également mentionné que la formation était bénéfique et pouvait améliorer la perception du confort. De plus, ceux qui ont rapporté que leurs préoccupations étaient écoutées se sont montrés satisfaits de leur confort

global, avec une moyenne de 4/5. En revanche, les occupants qui ont exprimé un inconfort, notant le confort global à 2/5, sont ceux qui estiment que leurs préoccupations ne sont pas prises en compte et qui ignorent l'existence de canaux de communication pour exprimer leurs problèmes. Après une discussion avec le directeur administratif, il a été révélé qu'aucune séance d'information n'a encore été organisée pour présenter ces canaux de communication aux nouveaux usagers et les sensibiliser à leur disponibilité. Cependant, il prévoit d'organiser prochainement une séance d'information pour sensibiliser les usagers à l'existence de ces canaux de communication. L'ULiège a, en effet, mis à disposition de son personnel une plateforme permettant de signaler les problèmes liés au confort, en rappelant que, en cas d'inconfort avéré, il est essentiel de soumettre une demande d'intervention auprès des équipes de maintenance de l'Administration des Ressources Immobilières (ULiège, 2023).

En conclusion, l'examen du concept de « tolérance » des occupants révèle son importance pour comprendre les réactions face aux défauts et imperfections des environnements de travail. Les données suggèrent que la formation et la connaissance des systèmes techniques peuvent améliorer la tolérance des occupants envers les défauts du bâtiment, comme en témoignent les résultats positifs attribués par les individus formés. En revanche, l'absence de sensibilisation aux canaux de communication disponibles pour exprimer les préoccupations a exacerbé le sentiment d'inconfort chez certains usagers. Il est donc impératif de mettre en place des séances d'information pour garantir que tous les usagers soient conscients des ressources disponibles pour adresser leurs préoccupations. Une meilleure communication et une formation adéquate pourraient ainsi améliorer la satisfaction des occupants en répondant plus efficacement à leurs besoins et attentes, contribuant ainsi à une gestion plus harmonieuse des espaces de travail.

4.3.1.4. Agencement spatiale et espace de détente

« L'ergonomie s'intéresse à la conception et à l'aménagement des installations et des structures de manière que les personnes puissent les utiliser efficacement et en toute sécurité » (Ikonne et Yacob, 2014 : 2).

En effet, les conceptions de confort spatial, ou aménagements environnementaux des lieux de travail, figurent parmi les facteurs clés influençant la satisfaction et la motivation des travailleurs. Ces aménagements comprennent des postes de travail et des équipements adaptés, des chaises ergonomiques, ainsi qu'un espace de travail suffisant. Cela inclut la disposition et l'agencement des meubles, la confidentialité acoustique, des espaces pour des discussions confidentielles en face-à-face, le soutien aux besoins professionnels, ainsi que l'ajustabilité de l'espace de travail pour répondre aux besoins de surface et de rangement (Ikonne et Yacob, 2014).

Il est donc pertinent d'examiner ces aspects dans le cadre des espaces de travail de l'Institut de Botanique, tout en notant que l'aménagement spatial n'a pas été un objectif principal de la rénovation. D'après l'analyse des résultats, la majorité des occupants estime que leur environnement de travail est ergonomique (76,7 %). Cependant, les usagers qui considèrent que leurs espaces de travail ne sont pas ergonomiques ont tendance à attribuer de faibles scores au confort global du bâtiment. Ils ont mis en avant plusieurs problèmes, tels que le manque d'espace de rangement, rendant les lieux de travail encombrés, ainsi que l'agencement inadéquat des plans de travail et des bureaux.

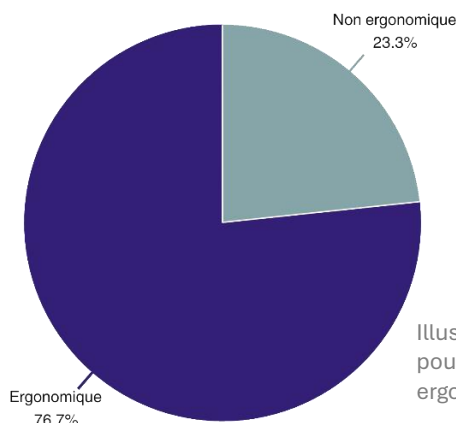


Illustration 22 : Camembert montrant le pourcentage de bureaux considérés étant ergonomiques

Avec la généralisation des espaces de travail de plus en plus ouverts, les individus font face à des difficultés telles que des postes de travail plus restreints, des limites moins définies, et un manque de solutions de rangement appropriées (Aufegger et al., 2022). Ne disposant pas d'espaces de rangement suffisants, les occupants de l'Institut de Botanique tentent de remédier à ce problème en trouvant des solutions comme l'utilisation des appuis de fenêtres ou l'achat de grandes boîtes. Cependant, ces alternatives ne sont pas parfaites. Pershing (2006) souligne que pour travailler confortablement et en toute sécurité, les employés ont besoin d'un espace adapté, de surfaces appropriées, de sièges ergonomiques, d'équipements, d'outils et des solutions de rangement adéquates. En conséquence, les couloirs sont devenus des espaces de stockage, encombrés d'armoires le long des murs, transformant l'environnement en un lieu de plus en plus étroit et peu agréable. Un occupant a même relevé que l'aménagement des couloirs donne l'impression qu'il n'y a personne dans le bâtiment, alors qu'il est souvent fréquenté.

Effectivement, un problème ergonomique souvent négligé au travail est le manque de solutions de rangement adéquates. Les employés perdent du temps et se déconcentrent lorsqu'ils cherchent un livre de référence, un outil ou un document. Ils gaspillent également de précieuses surfaces de travail en les utilisant comme espace de stockage. Il est donc important, lors de la conception d'espaces de rangement, de prendre en compte les tâches des employés, les outils et matériaux nécessaires, ainsi que leur fréquence d'utilisation (Pershing, 2006).



Illustration 23 : Photo du couloir R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photo personnelle.



Illustration 24 : Photo du sas devant l'escalier R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photo personnelle.

Par ailleurs, plus de la moitié des participants (51,6 %) ont signalé qu'ils ne bénéficient pas de mobilier ergonomique destiné à améliorer leur confort au travail. Ces derniers ont également relevé que leur environnement de travail engendre des inconforts et du stress, nuisant ainsi à leur rendement. L'un d'entre eux a partagé qu'il avait été contraint d'acheter une chaise ergonomique à ses propres frais pour soulager des problèmes de dos. Un autre, interrogé sur les améliorations possibles pour son confort au travail, a simplement répondu : « des sièges ergonomiques ». Ces témoignages soulignent l'importance cruciale d'un mobilier adapté pour favoriser le bien-être des employés. Ainsi, des environnements de travail mal conçus et des conditions de travail inadaptées peuvent engendrer ou aggraver des problèmes de santé (Ikonne et Yacob, 2014). Ces observations concordent avec les conclusions de Sehgal (2012), qui met en évidence l'importance des meubles de bureau (bureaux, chaises, systèmes de classement, étagères, tiroirs, etc.) dans la productivité et l'efficacité des employés, ainsi que dans le bon fonctionnement d'un bureau. Sehgal souligne également que l'ergonomie du mobilier garantit une bonne adaptation des travailleurs aux éléments qui les entourent, qu'il s'agisse des chaises, des bureaux, de l'agencement des ordinateurs personnels ou même des facteurs environnementaux. De ce fait, la capacité à réorganiser les meubles, à ajuster la hauteur de la surface de travail, à choisir l'équipement, à ajouter des accessoires ergonomiques comme des supports lombaires et des repose-pieds, ainsi qu'à bénéficier d'un rangement supplémentaire permet aux individus de se sentir « chez eux » dans leur espace de travail (Pershing, 2006).

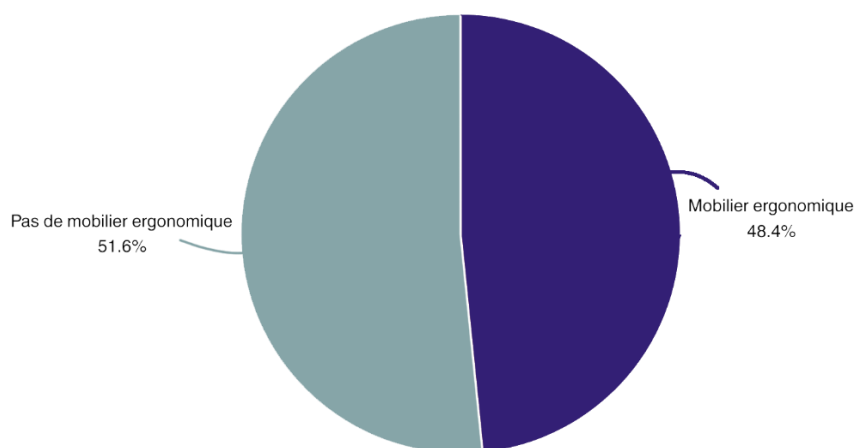


Illustration 25 : Camembert montrant le pourcentage d'utilisateur ayant du mobilier ergonomique

En parallèle, la disposition des bureaux joue également un rôle essentiel dans la perception du confort. Dans le cadre de l'Institut de Botanique, deux problèmes liés à l'agencement des bureaux ont été identifiés. Tout d'abord, dans les petits open spaces, la configuration des bureaux (dos à dos) limite considérablement la liberté de mouvement des occupants autour de leur espace de travail. Ces derniers ressentent une sensation d'encombrement et estiment que le nombre d'occupants est trop élevé pour la taille de ces open spaces. Afin de comprendre pourquoi cette configuration pose problème, il est utile de se référer à la théorie de Edward T. Hall (cité par Petita, 1971) sur les zones « mentales » dans les bureaux. Cet auteur décrit trois zones « mentales » dans les bureaux : la première correspond à la surface immédiate de travail, comprenant la chaise et le dessus du bureau ; la deuxième englobe les points situés à portée de bras ; et la troisième s'étend aux espaces accessibles en se reculant légèrement de son bureau, permettant de prendre de l'écart par rapport à son plan de travail sans se lever. Il conclut qu'un environnement de travail offrant un accès à cette troisième zone est perçu comme adéquat et confortable (Petita, 1971). Cependant, les dimensions limitées des petits open spaces du bâtiment B22 empêchent l'accès à cette troisième zone, ce qui rend la configuration actuelle inconfortable pour les utilisateurs.

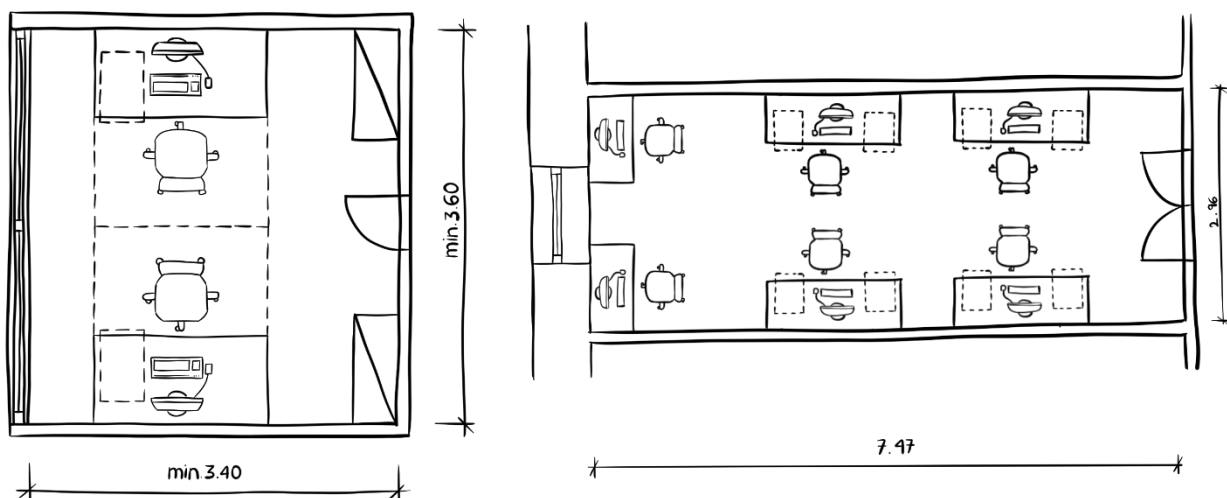


Illustration 26 : Croquis montrant une comparaison entre le plan du petit open space au B22 (plan à droite) et la norme selon le Neufert (plan à gauche) réalisé par Saad M.

Source plan à gauche : NEUFERT, E., NEUFERT, P. 2012. *Architects' data*. John Wiley & Sons.

Source plan à droite : DWG (Prégardien, n.d)

Ensuite, les occupants ayant leur bureau contre un mur expriment souvent leur insatisfaction par rapport à l'agencement de leur espace de travail. En réponse à la question sur l'amélioration du confort, un usager a notamment mentionné : « ne pas avoir vue sur un mur ». Ces résultats sont cohérents avec plusieurs études, dont celle de Ko et al. (2020), qui ont constaté que les occupants proches d'une fenêtre étaient moins susceptibles d'être insatisfaits. Des résultats similaires ont été observés par Aries, Veitch et Newsham (2010) qui ont démontré que la vue est un facteur déterminant dans la perception du confort par les usagers.

En réalité, une fenêtre offrant une vue sur la nature peut favoriser une récupération plus efficace (Kaplan, 1993). Lors de la visite sur place, il s'est avéré que les usagers avec une vue sur un mur ajoutaient des photos et des éléments naturels sur ce mur. Cette observation soutient les conclusions de Heerwagen et Orians (1986) ainsi que Sommer (1969) (cité par Collins, 1975), qui ont constaté que les personnes travaillant dans des bureaux sans fenêtres décoraient souvent leurs murs avec des images et des éléments de la nature. Ainsi, les fenêtres constituent un excellent moyen de reposer l'attention dirigée, que ce soit pour un court instant ou une période plus longue. La possibilité de lever les yeux de son travail et de voir des éléments de la nature est donc probablement bénéfique (Kaplan, 1993). Il est donc important de planifier soigneusement l'agencement des espaces et la disposition des meubles afin de minimiser les risques d'inconfort pour les occupants (O'Brien, Gunay, 2014).



Illustration 27 : Photo du petit open space R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photo personnelle.

Ce lien avec la nature se manifeste également chez les occupants, qui expriment un intérêt pour l'aménagement des espaces extérieurs, tels que l'espace vert avec le plan d'eau devant le bâtiment. Ils soulignent leur désir de voir ces espaces enrichis par des aménagements et du mobilier adaptés, afin de pouvoir pleinement profiter de la nature, se détendre et faire une pause. Par exemple, les usagers suggèrent d'ajouter des « chaises relax/détente et des parasols à l'extérieur, devant l'étang, par exemple ». Nasir et al. (2013) ont également affirmé que le développement des espaces extérieurs est essentiel pour créer un environnement de travail confortable, car la présence de la nature joue un rôle crucial dans le bien-être général. Les environnements naturels ne sont pas seulement thérapeutiques ; ils présentent également des avantages significatifs par rapport à d'autres cadres, en contribuant de manière notable au confort et au bien-être humain (Kaplan, 1995 ; Norwood et al., 2019). En effet, ces environnements naturels jouent un rôle déterminant dans le soutien du confort et du bien-être, comme le souligne Ulrich (1984) et le confirment Dong et al. (2021).



Illustration 28 : Photos de l'étang et l'espace vert au R-1

Source : SAAD M. 2024. Photos personnelles.

Un autre aspect lié à l'agencement spatial concerne le type de bureau. Comme indiqué dans la littérature, les bureaux en open space ont fait l'objet de nombreuses études. Généralement, il en ressort que les bureaux individuels sont mieux perçus que les espaces ouverts. Cependant, les résultats du

questionnaire POE révèlent que les usagers de l'institut de Botanique sont globalement satisfaits de leur espace de travail en open space, avec une note moyenne de 4/5 en termes de confort global. Une analyse approfondie montre une corrélation intéressante entre l'âge des usagers et leur acceptation des open spaces : les personnes âgées de 45 à 60 ans se plaignent davantage des nuisances acoustiques dans ces espaces, tandis que les plus jeunes, âgés de 25 à 45 ans, apprécient la facilité de communication qu'ils offrent. Ces derniers regrettent toutefois que les panneaux de séparation obstruent la vue lors des discussions, comme l'a exprimé un usager : « quand on discute avec les collègues en face, le panneau bouche la vue ». Ces observations montrent que la culture joue un rôle déterminant dans la perception du confort en milieu de travail. Hamidi et al. (2020) ont souligné que les environnements de travail modernes ont évolué pour soutenir de nouvelles manières de travailler et des espaces de travail flexibles qui facilitent la communication et l'accès interpersonnel. Cette évolution contraste avec les bureaux privés entièrement fermés, et le passage aux bureaux en open space a contribué à améliorer la productivité des employés par rapport aux espaces fermés. La relation entre la culture et la perception des espaces ouverts a également été analysée par Hall (1966), qui a observé que les Japonais et les Européens perçoivent l'espace de manière différente des Américains, dont la perception de l'espace vécu est plus limitée (Petita, 1971). Ces variations culturelles et générationnelles dans la perception des open spaces soulignent l'importance de prendre en compte divers facteurs lors de la conception des espaces de travail pour répondre aux besoins spécifiques des différentes populations d'usagers.



Illustration 29 : Photo d'un open space R+3, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photo personnelle.

Enfin, en ce qui concerne les espaces de détente, un grand nombre d'usagers se plaint du manque d'espaces informels adaptés. La cuisine située au sous-sol, autrefois un lieu de détente convivial, a été transformée en salle de réunion, privant ainsi les employés d'un espace essentiel pour se relaxer. Face à cette situation, les usagers ont pris l'initiative d'aménager leur propre espace de pause en transformant un bureau situé au troisième étage en un lieu dédié à la détente. De plus, un occupant a mentionné qu'il a converti un local au rez-de-chaussée en un « espace pour faire la sieste ». Ces initiatives improvisées mettent en évidence l'importance de disposer de véritables espaces de repos au sein de l'environnement de travail.

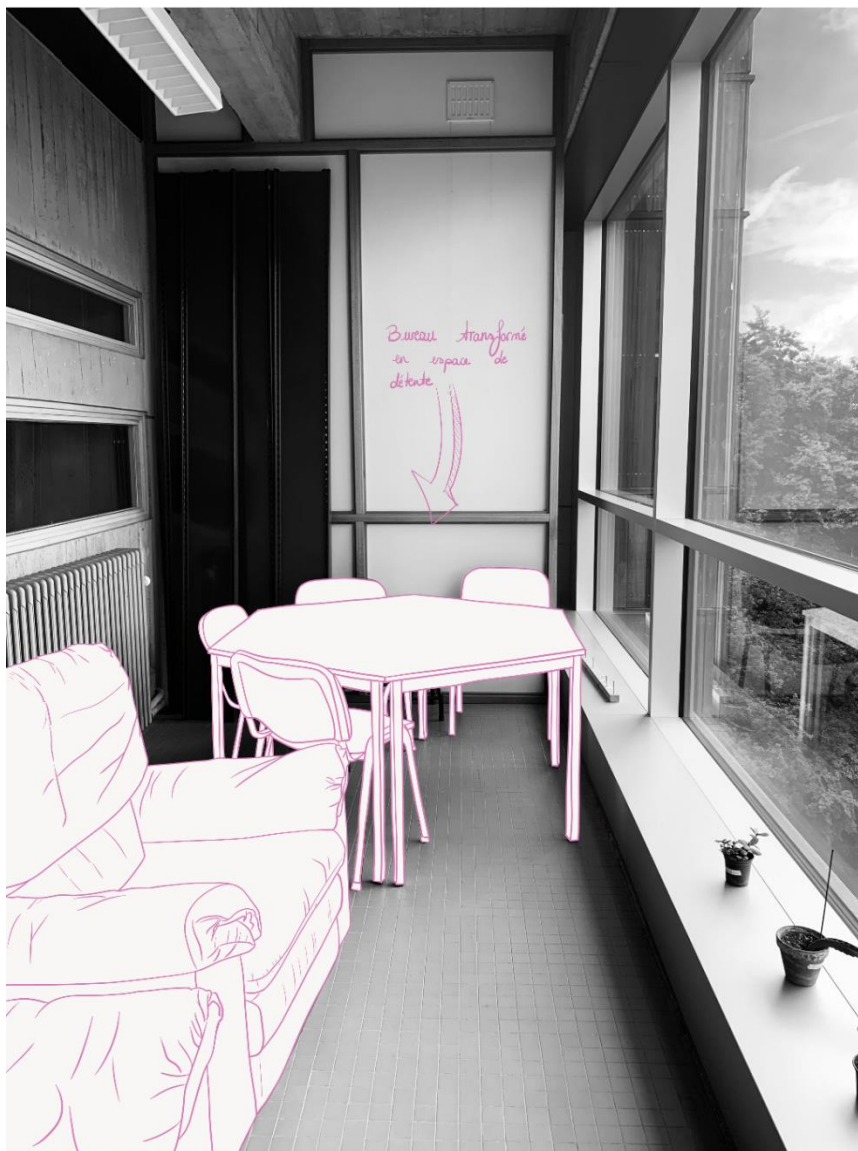


Illustration 30 : Photo d'un bureau transformé en espace de détente R+3, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photo personnelle.



Illustration 31: Photo d'un espace de détente transformé en salle de réunion R-1, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photos personnelles.

Comme le souligne Dababneh et al. (2001), il existe une corrélation directe entre la productivité et la fréquence des pauses au cours de la journée. En effet, « de temps en temps, le corps a besoin de s'arrêter, sinon les travailleurs, qui sont des êtres humains et non des machines, tombent malades ! » (Spagnol, 2023 : 3).

En outre, en raison du manque d'espaces de détente officiels, les usagers ont également aménagé un réfectoire dans les couloirs des étages, bien que ces zones ne répondent pas pleinement à leurs besoins. L'un d'entre eux a mentionné : « l'espace commun situé au bout du couloir est agréable grâce à sa vue, sa luminosité et son nouveau mobilier. Nous l'utilisons pour manger et avons ajouté des plantes vertes pour la décoration. Nous avons cependant équipé un local commun avec un réfrigérateur, une fontaine, une machine à café et un micro-ondes ».

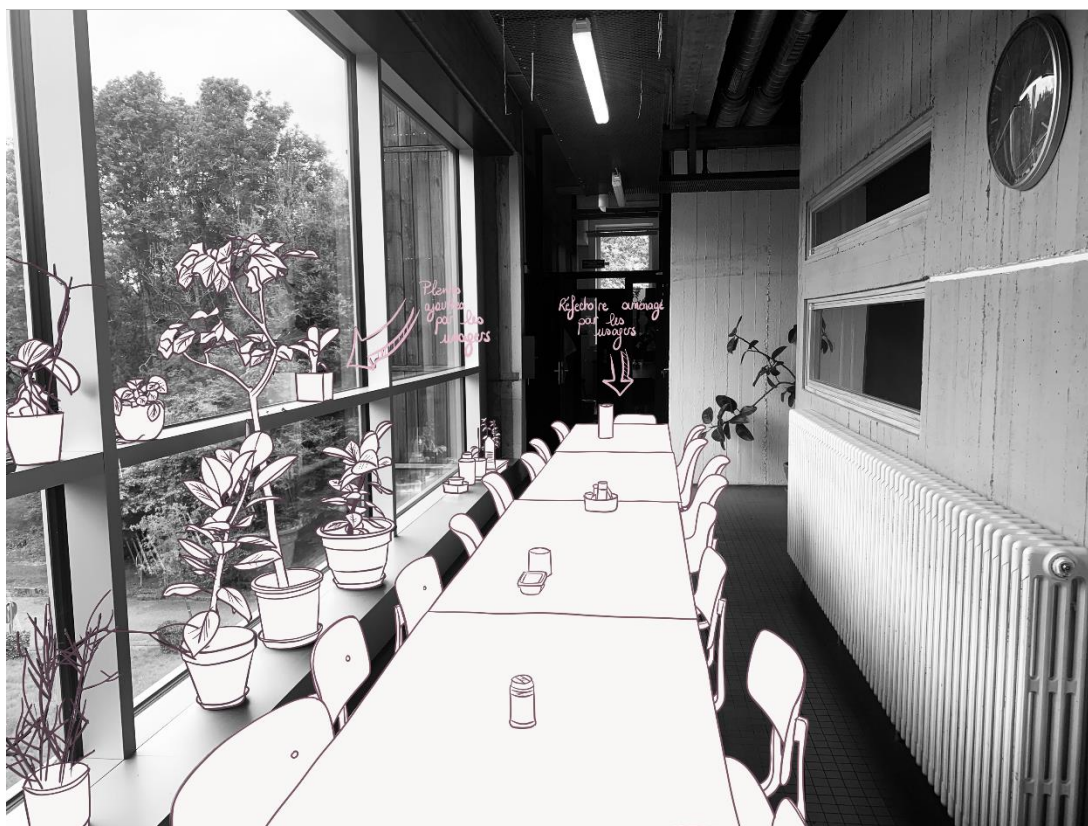


Illustration 32 : Photo du réfectoire R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.

Source : SAAD M. 2024. Photos personnelles.

Toutefois, les occupants expriment un besoin persistant d'un véritable espace de détente. Ils rappellent qu'un tel espace avait été prévu au sous-sol,

mais que ce projet n'a jamais été réalisé. Il est indéniable que lors des pauses, sans stress professionnel supplémentaire, les employés ont la possibilité de réduire leur fatigue et de reconstituer les ressources physiques et psychologiques épuisées par les exigences du travail (Ragsdale et al., 2011). Ainsi, la mise en place d'espaces de détente appropriés constitue non seulement un atout pour le confort, mais aussi un facteur essentiel pour le bien-être général et l'efficacité au travail.

4.3.1.5. Confidentialité visuelle et facilité d'interaction

Les enjeux liés à la confidentialité visuelle et à la quantité d'espace sont particulièrement accentués dans les bureaux de plus en plus densifiés. Cette tendance vers des aménagements de bureaux plus compacts entraîne une réduction des espaces de travail personnels et un besoin accru de confidentialité acoustique et visuelle. L'analyse des réponses a révélé que plus de la moitié des usagers travaillant dans des open spaces (53 %) expriment une insatisfaction concernant l'acoustique. De plus, deux de ces usagers, qui se trouvent dans des open spaces étroits, ont signalé des problèmes liés à l'agencement de l'espace. Ces insatisfactions confirment les problématiques liées à la confidentialité visuelle (notamment l'intrusion des regards de passants), à la quantité d'espace (insuffisance de l'espace de travail personnel), et à l'acoustique (les bruits de conversation). De plus, le manque d'espace par usager limite également les possibilités de personnalisation des espaces de travail.

Cette insatisfaction vis-à-vis des espaces de travail densifiés est confirmée par des témoignages individuels, soulignant que les défis liés à la confidentialité acoustique et visuelle sont bien réels. Lors d'un entretien semi-directif mené par l'étudiante Mathilde Martinez Aguilera (2024), un occupant ayant récemment transféré son poste d'un bureau individuel à un open space a exprimé un inconfort acoustique, particulièrement perturbé par les conversations et les appels téléphoniques. D'après Parkinson et al. (2023), cette

situation illustre le fait que de nombreux designs de bureaux ouverts peinent à trouver un équilibre entre l'aménagement de l'open space et une confidentialité adéquate pour les occupants.

En ce qui concerne la facilité d'interaction, la plainte la plus fréquente concerne le manque d'espaces informels. Les résultats indiquent que l'institut de Botanique manque d'espaces conçus pour faciliter les interactions sociales. Cette lacune est étroitement liée aux problèmes de confidentialité visuelle, à la quantité d'espace, ainsi qu'aux nuisances acoustiques telles que les bruits de conversation, soulignant ainsi la nécessité d'un aménagement plus adapté pour répondre aux besoins des utilisateurs.

4.3.2. Confort intérieur et satisfaction des occupants : rôle des facteurs environnementaux

4.3.2.1. Confort thermique

Le confort thermique dans les bâtiments de bureaux est un sujet de recherche qui inclut l'étude de la satisfaction des employés, la physiologie thermique et la conception des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC) (Parkinson et al., 2023). Une des principales sources d'insatisfaction, relevées dans l'analyse des données du questionnaire, concerne le manque de contrôle sur l'environnement thermique, tel que l'absence d'accès au thermostat et l'impossibilité d'ouvrir les fenêtres. Ces problèmes découlent souvent de l'idée erronée que les environnements de bureau doivent être strictement régulés autour de températures « optimales » définies de manière standard (Parkinson et al., 2023). Toutefois, les résultats du questionnaire montrent que cette approche n'est pas toujours satisfaisante. En effet, la moyenne des réponses concernant la satisfaction du confort thermique s'élève à seulement 3,25/5 (voir illustration 33), indiquant un certain mécontentement chez quelques personnes. Au cours d'un entretien avec un occupant du bâtiment, il a été mentionné que toutes les vannes de chauffage

sont réglées à 19 degrés, été comme hiver, sans possibilité de les ajuster. Seules certaines personnes ont demandé au technicien d'effectuer des modifications sur les radiateurs pour pouvoir en prendre le contrôle (Martinez Aguilera, 2024).

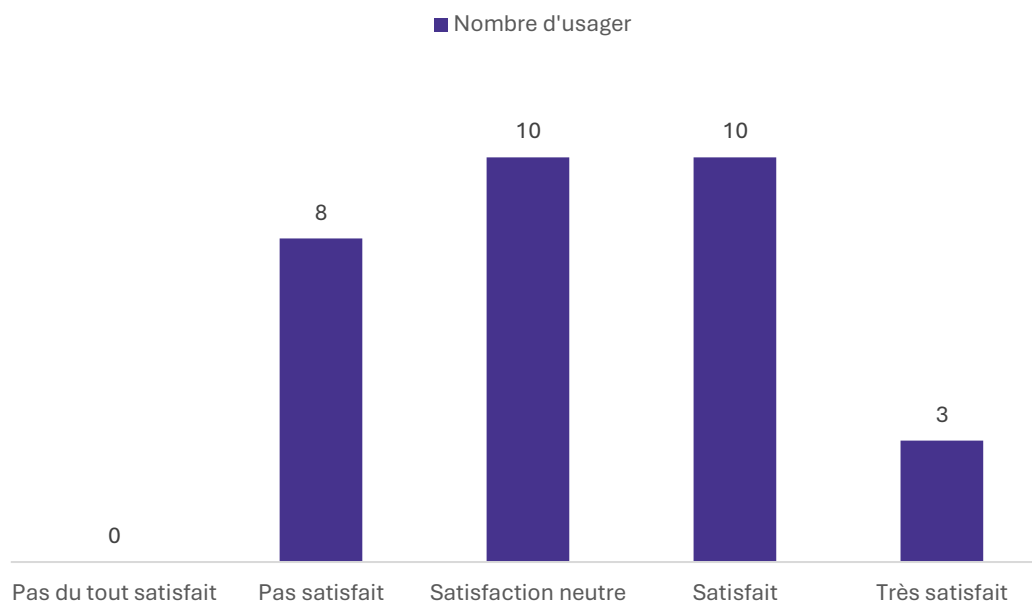


Illustration 33 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis le confort thermique selon les usagers

Les personnes qui ne peuvent pas régler la température dans leur espace de travail (16 sur 31) sont généralement moins satisfaites que celles qui en ont la possibilité. Leur satisfaction moyenne en matière de confort thermique est de 3/5, et leur satisfaction des systèmes de chauffage est de 2,5/5. En revanche, ceux qui peuvent ajuster la température ont attribué une note moyenne de 4/5 pour le confort thermique. Pour compenser ce manque de contrôle, certains employés utilisent des chauffeuses électriques, cherchant ainsi à atteindre une température plus confortable. Cependant, même lorsque les thermostats ou les vannes des radiateurs sont accessibles, l'impossibilité d'ouvrir les fenêtres reste une source de frustration pour certains usagers, qui recourent alors à des ventilateurs pour compenser. En comparant les résultats, il apparaît que la majorité des usagers ressentent davantage le froid que la chaleur dans leur environnement de travail.

En outre, cette difficulté à ajuster le confort thermique est encore accentuée pour les occupants des bureaux orientés au sud, où la surchauffe est une préoccupation majeure. Parmi les 14 personnes qui se plaignent de la chaleur, 10 travaillent dans des espaces orientés au sud. Cette orientation, particulièrement au dernier étage (R+3), est souvent associée à des problèmes de surchauffe, surtout pendant l'été. Les concepteurs avaient initialement installé des stores automatiques sur la façade sud pour réguler cette chaleur excessive. Cependant, durant un entretien avec le directeur administratif, il a été révélé que ce système nécessitait des ajustements hebdomadaires et s'est avéré inefficace. Par conséquent, il a été remplacé par des stores manuels dans les bureaux orientés sud. Les usagers ont confirmé que la présence de ces stores manuels constitue un atout majeur pour atténuer l'inconfort thermique durant les mois d'été, contribuant ainsi à un environnement de travail plus agréable.

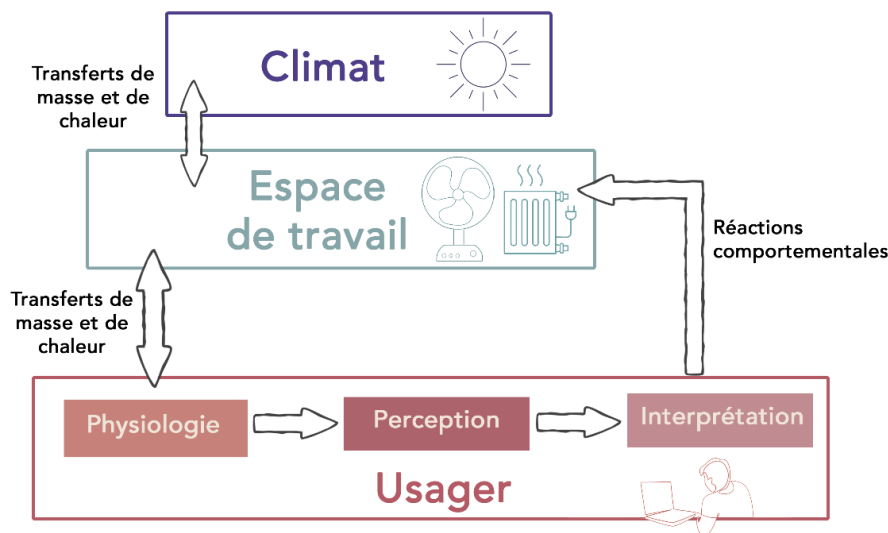


Illustration 34 : Schématisation du couplage entre l'homme et l'espace de travail proposée par Saad M. sur base du document de Thellier, F.

Source : THELLIER, F. ; BEDRUNE, J.-P. et MONCHOUX, F. 2012. « Le Confort dans le bâtiment : N'oublions pas l'habitant ! », *La Revue 3 E. I.*, n° 69, p.22-30. HAL: [hal-02001574](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02001574)

En conclusion, le confort thermique dans les bâtiments de bureaux reste un défi complexe, nécessitant une approche nuancée et flexible. Les données montrent que la satisfaction thermique est influencée par plusieurs facteurs, dont le contrôle individuel sur l'environnement, l'orientation des bureaux, et la présence de dispositifs de régulation tels que les stores.

4.3.2.2. Confort acoustique

L'acoustique est un enjeu crucial dans la conception des bureaux, car elle influence non seulement la confidentialité, mais aussi la facilité d'interaction et de communication. L'évaluation de la satisfaction des employés en matière de confort au sein d'un bâtiment prend en compte l'acoustique comme un facteur déterminant. Selon Graham et al. (2021), l'acoustique demeure le problème le plus important dans les conceptions de bureaux contemporains. À l'Institut de Botanique, la moyenne de satisfaction liée au confort acoustique est de 3/5, révélant une perception mitigée parmi les employés (voir illustration 35).

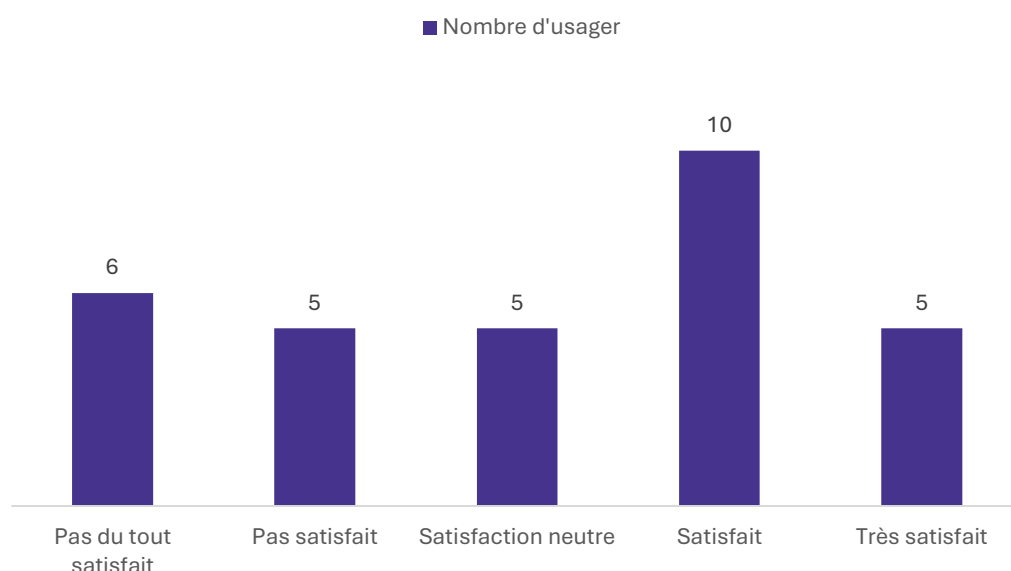


Illustration 35 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis le confort acoustique selon les usagers

L'analyse des résultats a identifié plusieurs facteurs contribuant à cette moyenne. Les deux sources d'inconfort acoustique les plus courantes sont l'affluence des gens, surtout à midi, et le bruit généré par le système de ventilation. En effet, plus de la moitié des occupants du troisième étage se plaignent du bruit constant provenant des groupes HVAC situés au niveau +4, qui sont particulièrement proches de leur espace de travail (avec une moyenne de leur confort acoustique de 2,4/5). En outre, les bureaux situés à proximité des espaces de pause ressentent une gêne particulière lorsque les collègues se rassemblent pour discuter. Un usager a suggéré que l'insonorisation de certaines

zones communes pourrait grandement améliorer le confort, notamment pendant les repas. Pour faire face à ces nuisances, certains employés ont recours à des casques antibruit, tandis que d'autres ont exprimé le besoin d'une meilleure insonorisation des espaces.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que, contrairement à d'autres études, l'acoustique dans les open spaces est mieux notée que dans les bureaux individuels. Ce constat atypique pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs tels que la culture et l'âge des occupants. La majorité des usagers des open spaces sont des jeunes adultes (20 à 30 ans), qui semblent plus satisfaits du confort acoustique comparativement à leurs collègues plus âgés (45 à 60 ans) qui se plaignent davantage du bruit.

En conclusion, bien que l'acoustique reste un aspect souvent problématique dans les bureaux, les perceptions varient considérablement en fonction de l'âge des occupants et de l'agencement des espaces.



Illustration 36 : Le confort acoustique proposé par Géhin, E.

Source : THE SAINT-GOBAIN BUILDING SCIENCE. 2016. *Indoor environment and well being*.

4.3.2.3. Qualité de l'air

Dans les bâtiments de bureaux, la qualité de l'air est également un facteur déterminant du confort, ayant un impact direct sur la santé des occupants lorsque l'atmosphère n'est pas saine. Actuellement, la qualité moyenne de l'air est évaluée à 3,15/5.

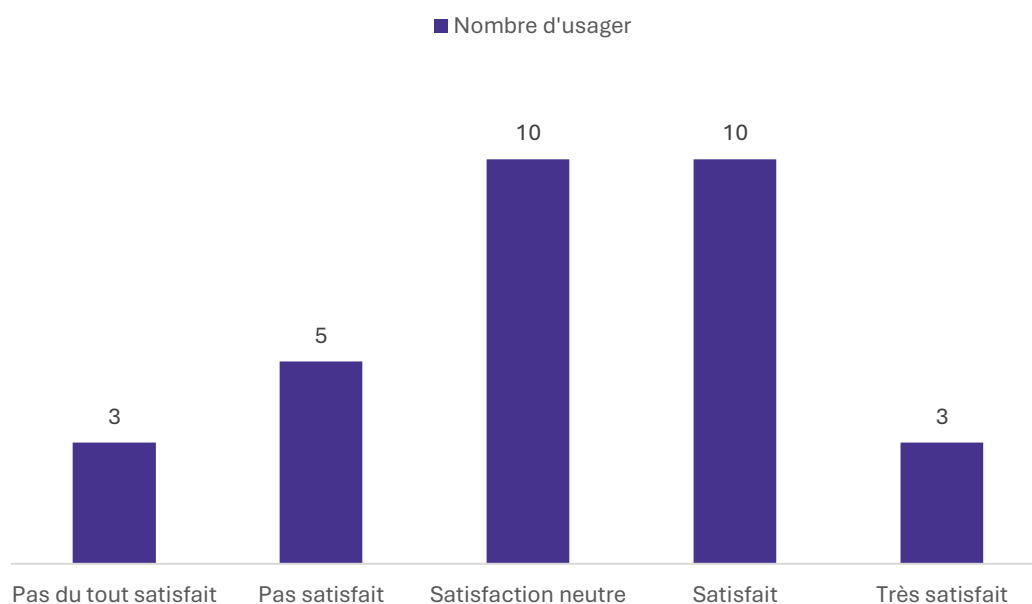


Illustration 37 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis la qualité de l'air selon les usagers

Bien que certains usagers soient satisfaits de la qualité de l'air, d'autres ressentent un inconfort à cet égard (voir illustration 37). Il apparaît que les usagers ayant la possibilité d'ouvrir leurs fenêtres expriment généralement un niveau de satisfaction plus élevé que ceux dont les fenêtres sont inaccessibles. De nombreux utilisateurs ont souligné la nécessité d'améliorer l'aération en raison de nuisances olfactives persistantes. Par exemple, un utilisateur a spécifiquement mentionné : « l'amélioration de la qualité de l'air, peut-être une aération vers l'extérieur (les fenêtres ne s'ouvrent pas) », tandis qu'un autre a indiqué que des fenêtres ouvrables seraient bénéfiques pour son confort. Ces observations mettent en évidence l'importance de l'aération et de la possibilité d'ouvrir les fenêtres pour assurer un climat intérieur non seulement sain, mais aussi agréable.

4.3.2.4. Éclairage

L'éclairage joue un rôle crucial dans les environnements de travail, influençant directement la performance visuelle, la motivation et, par conséquent, la productivité (Juslén, 2006). Les technologies d'éclairage se distinguent par divers critères techniques, tels que le flux lumineux, la température de couleur, la consommation d'énergie, le poids du système et les fonctionnalités offertes. Les systèmes d'éclairage idéaux pour les applications industrielles sont ceux qui fournissent un excellent flux lumineux, consomment peu d'énergie et ont une longue durée de vie.

Historiquement, l'éclairage fluorescent a été largement utilisé dans de nombreux secteurs industriels. Cependant, les diodes électroluminescentes (LED) sont en train de devenir une alternative de plus en plus courante en raison de leurs avantages, notamment une consommation d'énergie réduite, une durabilité accrue et une durée de vie plus longue par rapport aux systèmes fluorescents traditionnels (Yam et Hassan, 2005). Dans le cadre de la rénovation de l'institut de Botanique, les anciennes ampoules ont été remplacées par un système d'éclairage LED, accompagné de capteurs permettant d'allumer automatiquement les lampes dans les zones à passage temporaire, comme les couloirs et les sanitaires. Dans les bureaux et les salles de classe, l'éclairage reste manuel pour offrir un meilleur contrôle aux utilisateurs (Lamotte, 2024).

L'éclairage est l'un des facteurs environnementaux les mieux notés en matière de confort à l'institut de Botanique. La majorité des occupants (83,9 %) estime que l'éclairage est adapté à leurs activités et espaces de travail, tous bénéficient d'une bonne luminosité naturelle dans leurs locaux à l'exception de deux personnes qui se situent au nord. Environ 65,5 % des usagers considèrent que la luminosité artificielle est parfaite pour leurs activités. Cependant, des problèmes subsistent dans les espaces communs, tels que les couloirs et les salles de réunion, où les occupants ont exprimé des préoccupations concernant la qualité de l'éclairage artificiel. De plus, il a été noté que les lumières ne s'allument pas dans les couloirs pendant le weekend, ce qui pose des problèmes

de sécurité et de confort pour ceux qui fréquentent ces espaces en dehors des heures habituelles.

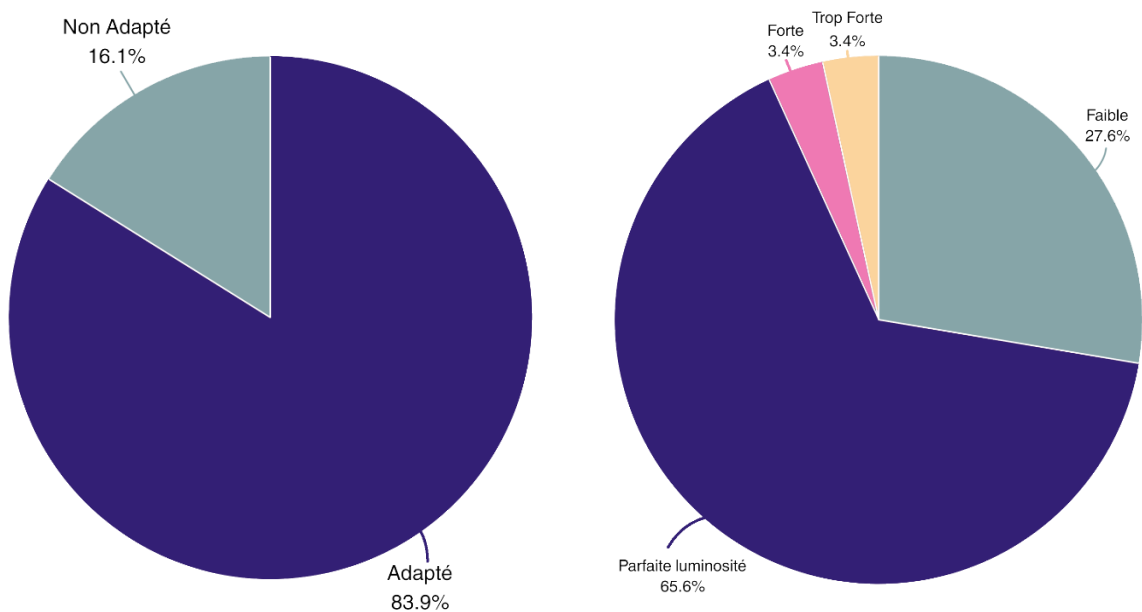


Illustration 38 : Camemberts montrant la satisfaction des usagers vis-à-vis de la luminosité naturelle et de l'éclairage

En conclusion, bien que l'éclairage à l'institut de Botanique soit globalement bien perçu, avec une majorité d'utilisateurs satisfaits de la luminosité naturelle et artificielle, certains défis demeurent. Les problèmes d'éclairage dans les espaces communs et l'absence de lumière dans les couloirs pendant le weekend, normalement automatiques contrairement aux espaces de travail, soulignent l'importance d'une gestion continue et adaptée des systèmes d'éclairage, ainsi que la possibilité de les contrôler pour garantir le confort et la sécurité de tous les occupants. De ce fait, les environnements de travail devraient offrir des conditions d'éclairage personnalisables, que les utilisateurs peuvent ajuster en fonction de leurs besoins (van Duijnhoven et al., 2021).

4.3.3. Du concept au ressenti : confort prévu versus confort réel

L'analyse des données a révélé plusieurs facteurs clés influençant la satisfaction du confort au sein de l'institut de Botanique. Bien que la rénovation énergétique ait globalement amélioré le confort, avec une moyenne de satisfaction de 4/5 selon l'enquête, il persiste naturellement un écart entre le confort conçu et le confort vécu. La rénovation s'est principalement concentrée sur l'enveloppe du bâtiment, notamment avec une amélioration de l'éclairage, qui est le mieux noté par les usagers. Cependant, des aspects tels que le confort acoustique, thermique et la qualité de l'air restent un peu problématiques.

Premièrement, malgré l'amélioration de l'isolation thermique, le manque de contrôle sur les systèmes de chauffage est une source de frustration pour les usagers, qui ont noté leur satisfaction envers ces systèmes à seulement 2,5/5. Ce manque de contrôle met en lumière la difficulté de normaliser des paramètres de confort aussi subjectifs que le chauffage. Par ailleurs, les problèmes acoustiques persistent à quelques endroits, les usagers réclamant une meilleure insonorisation des cloisons pour atténuer les nuisances sonores. De même, le système de ventilation ajouté ne semble pas suffisant pour réguler la qualité de l'air selon les occupants, car ces derniers, incapables d'ouvrir les fenêtres pour aérer leurs locaux, expriment une moindre satisfaction à cet égard. Ainsi, au-delà des aspects techniques tels que le chauffage et la ventilation, c'est également la question de l'autonomie dans l'environnement de travail qui émerge comme un facteur crucial pour le bien-être des usagers. Le fait de pouvoir faire des choix procure aux individus un sentiment d'autonomie, les empêchant ainsi de se sentir impuissants ou enfermés. Le modèle des caractéristiques du travail de Hackman et Oldham (1976) met en avant cinq dimensions clés qui influencent la performance et la satisfaction au travail : la diversité des compétences, l'identité de la tâche, l'importance de la tâche, le retour d'information, et l'autonomie. Si l'autonomie dans le contenu et les méthodes de travail est primordiale, la possibilité de contrôler ou d'influencer son espace de travail peut renforcer encore davantage ce sentiment d'autonomie (Pershing, 2006).

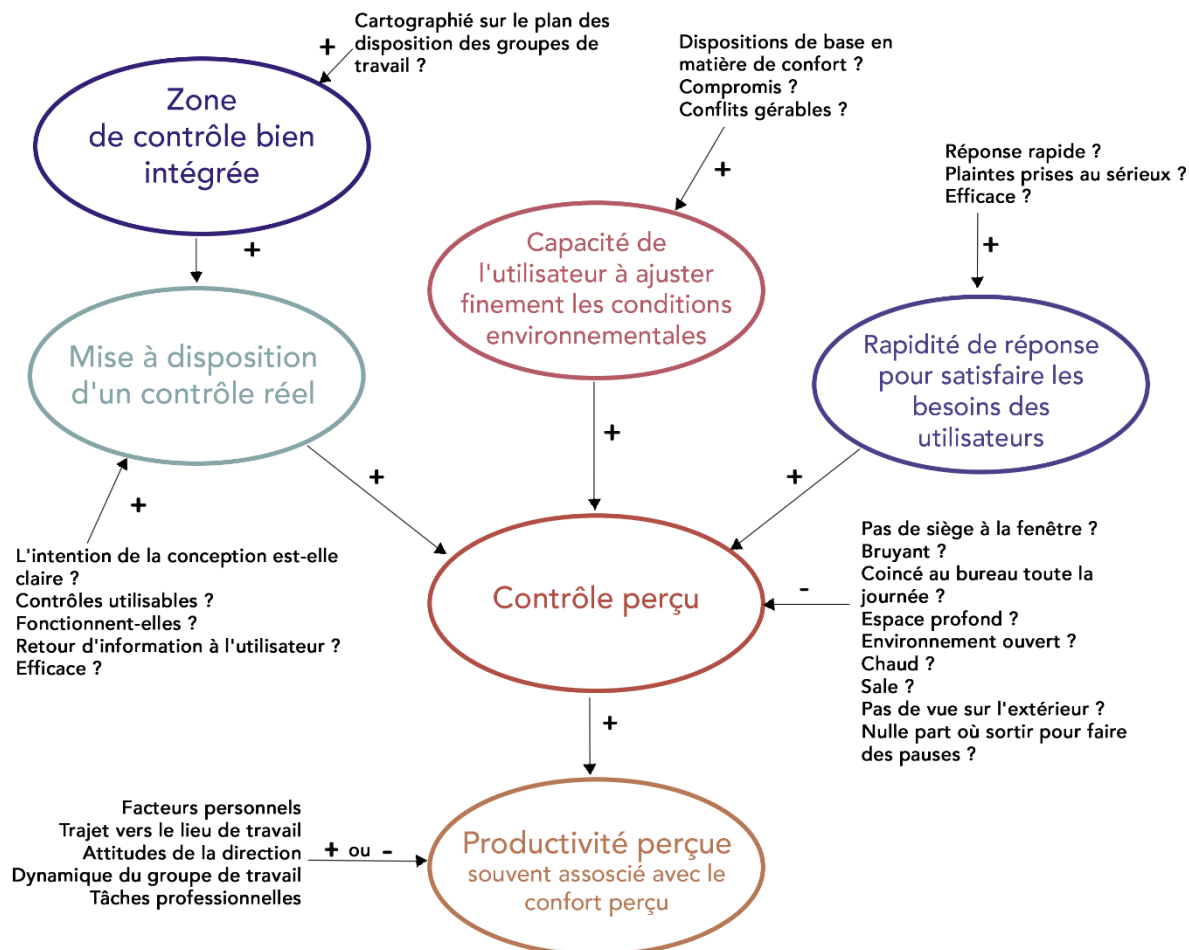


Illustration 39 : Facteurs influençant la perception du contrôle et la productivité perçue présentés par Leaman A. et Bordass B., document retravaillé par Saad M.

Source : LEAMAN, A., BORDASS, B. 2010. « Productivity in buildings: The 'killer' variables », *Building Research & Information*, vol.1, p. 4-19. DOI :[10.1080/096132199369615](https://doi.org/10.1080/096132199369615)

Enfin, l'aménagement spatial et les espaces de détente jouent un rôle important dans le bien-être général des employés et leur efficacité au travail. Il est donc essentiel de permettre une plus grande flexibilité et une personnalisation des conditions de travail pour mieux répondre aux préférences individuelles. Cela souligne l'importance d'une approche holistique dans la conception des espaces, prenant en compte non seulement les aspects techniques, mais aussi les besoins et les attentes des usagers pour un confort optimal.

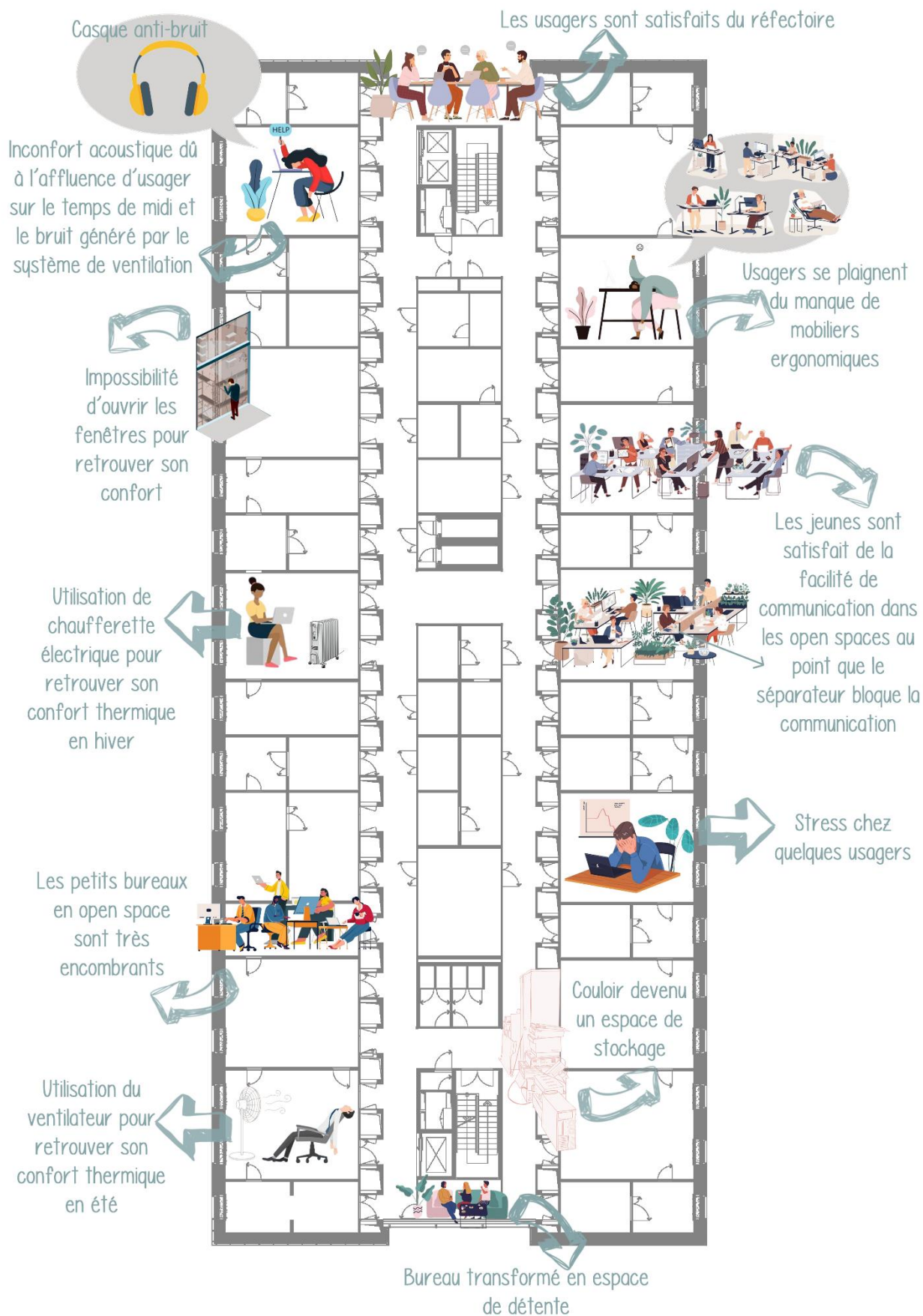


Illustration 40 : Synthèse des comportements des usagers à l'Institut de Botanique réalisée par Saad M.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce chapitre a été rédigé individuellement par Saad Marilyn

« L'histoire de vie de chacun et les habitudes domestiques ou professionnelles contribuent à structurer fortement les conceptions du bien-être [...] Au-delà des aspects techniques qui renvoient à des paramètres objectifs mesurables, la notion du confort a donc une forte dimension subjective, qui convoque largement les cinq sens » (Zélem, 2013, p.4).

Ce travail de fin d'études, réalisé en collaboration avec Gauthier Lamotte et Mathilde Martinez Aguilera de la Faculté d'Architecture de l'Université de Liège, a permis de mettre en lumière les multiples dimensions du confort et du bien-être dans le contexte de la rénovation énergétique de l'Institut de Botanique. Au-delà des simples améliorations techniques telles que l'isolation thermique, l'installation de panneaux photovoltaïques et la modernisation des systèmes HVAC, nos recherches ont exploré la manière dont ces interventions influencent le confort ressenti par les usagers et leur appropriation de l'espace. Alors que de nombreuses études ont mis en évidence le fait que les aspects techniques et énergétiques sont souvent privilégiés parfois au détriment des besoins et attentes des usagers, ce travail vise à évaluer l'impact de la rénovation énergétique sur le confort des occupants de l'Institut de Botanique. Quel est l'impact de la rénovation énergétique sur le confort vécu des usagers ? Quels sont les facteurs qui influencent la perception de ce confort ? Quelle est la marge de manœuvre dont disposent les occupants pour retrouver leur confort ? Quelles pistes pourraient être explorées pour améliorer la conception des bâtiments performants, tout en tenant compte des divergences entre le confort prévu et le confort perçu ?

L'enquête a mis en évidence un impact positif significatif des rénovations, avec une note moyenne de 4/5 en termes de confort global. Les usagers présents avant la rénovation ont unanimement reconnu une amélioration du confort, ce qui souligne le succès des aménagements entrepris. L'analyse des données issues des entretiens et des questionnaires de « Post Occupancy Evaluation » a révélé que le confort est une notion profondément subjective, influencée par

divers facteurs regroupés en deux grandes catégories : les facteurs non environnementaux et les facteurs environnementaux.

Les facteurs non environnementaux incluent des aspects qui ne font pas tous partie des objectifs principaux de la rénovation énergétique, tels que la communication et la formation, ainsi que l'agencement spatial. En effet, les relations entre la qualité de l'environnement intérieur (IEQ) et le confort varient en fonction des caractéristiques personnelles comme le genre, l'âge, et les attentes liées au temps passé dans le bâtiment, ainsi que des caractéristiques du bâtiment lui-même, telles que l'agencement spatial, le type de bureau et son emplacement dans le bâtiment (Sakellaris et al., 2016).

L'analyse des résultats suggère que les personnes plus âgées sont généralement moins tolérantes aux variations des conditions de confort dans leur environnement de travail. En particulier, les occupants de cette tranche d'âge sont souvent moins satisfaits de la qualité de l'air et du confort acoustique par rapport aux autres aspects du confort. Ces variations culturelles et générationnelles se reflètent également dans la perception des open spaces, soulignant l'importance de considérer divers facteurs lors de la conception des espaces de travail pour répondre aux besoins spécifiques des différentes populations d'utilisateurs. De plus, l'enquête a montré une sensibilité accrue des femmes aux sensations thermiques, tandis que les hommes expriment une plus grande satisfaction vis-à-vis de l'acoustique de leur environnement de travail. Ces résultats mettent en avant l'importance de prendre en compte les différences de genre et les besoins spécifiques des différents groupes d'âge pour optimiser le confort et créer des environnements de travail plus inclusifs et confortables pour tous.

En outre, le temps passé dans le lieu de travail semble influencer les attentes des occupants, affectant ainsi leur perception du confort. Comme l'ont expliqué Brown et J. Cole (2009), le comportement des occupants est lié au temps passé dans le bâtiment, ce qui influe sur l'importance de leur expérience antérieure et leurs attentes en matière de performance. Les résultats des questionnaires ont également montré que les occupants présents avant la

rénovation sont plus critiques quant à la satisfaction globale du confort. Le comportement dépend aussi de la quantité de connaissances et d'informations dont ceux-ci disposent afin de comprendre les systèmes et les fonctionnalités environnementales du bâtiment, ainsi que les stratégies mises en place pour influencer les conditions de confort (Brown et J. Cole, 2009).

En ce qui concerne l'aménagement spatial, il semble que les concepteurs aient dû faire des compromis sur l'intérieur du bâtiment, probablement en raison des contraintes budgétaires et de la priorité accordée à la rénovation, principalement de l'enveloppe du bâtiment afin de réduire les consommations énergétiques. Cependant, les usagers présents avant la rénovation énergétique avaient des attentes bien au-delà des simples améliorations de l'isolation, de la ventilation, de l'acoustique et de l'éclairage. Ils ont exprimé des besoins spécifiques en matière d'ergonomie, notamment l'amélioration des plans de travail, des agencements des bureaux, et des espaces communs tels que les couloirs, ainsi que la création d'un espace de détente.

La création d'un environnement de travail qui favorise le bien-être des employés et améliore leur performance individuelle est perçue comme une stratégie efficace pour accroître l'efficacité et la productivité de l'entreprise. Les résultats du questionnaire indiquent que l'Institut de Botanique manque d'espaces conçus pour faciliter les interactions sociales. Ce manque est également lié à des problèmes de confidentialité visuelle, à une insuffisance d'espace, ainsi qu'à des nuisances acoustiques telles que les bruits de conversation (Parkinson et al., 2023). Ces observations indiquent qu'un aménagement plus adapté pourrait mieux répondre aux besoins des utilisateurs, notamment en matière de qualité de vie au travail et de confort général. Bien que l'aménagement n'ait pas été un aspect central de la rénovation énergétique, ce qui a limité la possibilité pour les concepteurs de s'y attarder dessus, il est important de noter que cela a pu légèrement influencer la satisfaction des occupants vis-à-vis le confort.

Les facteurs environnementaux englobent le confort thermique, acoustique, la qualité de l'air et l'éclairage, qui constituent les aspects essentiels

de la rénovation énergétique. Le confort thermique dans les bâtiments de bureaux est un défi complexe qui nécessite une approche subtile et adaptable. Les données montrent que la satisfaction thermique est influencée par plusieurs éléments, tels que le contrôle individuel sur l'environnement, l'orientation des bureaux, et la présence de dispositifs de régulation comme les stores. Il est essentiel de prendre en compte ces aspects pour améliorer le bien-être des employés et leur productivité, en leur offrant une plus grande flexibilité et une personnalisation des conditions de travail.

En outre, l'acoustique reste souvent une source de problèmes dans les bureaux, avec des perceptions qui varient considérablement selon l'âge des occupants et l'agencement des espaces. Il est important de continuer à explorer des solutions pour améliorer l'insonorisation et la gestion des bruits, afin de répondre aux attentes diversifiées des employés et d'optimiser leur confort au travail.

L'aération et la possibilité d'ouvrir les fenêtres sont cruciales pour maintenir un climat intérieur agréable. Par ailleurs, l'éclairage à l'Institut de Botanique est généralement bien apprécié, avec des usagers satisfaits des améliorations apportées au système d'éclairage ainsi que de la lumière naturelle. Néanmoins, quelques défis subsistent, notamment dans les espaces communs et les couloirs. Il pourrait être bénéfique d'explorer des solutions d'éclairage ajustables afin de mieux répondre aux besoins variés des usagers (van Duijnhoven et al., 2021).

En ce qui concerne les marges de manœuvre des occupants pour retrouver leur confort, ces dernières ont eu un impact sur les divergences entre les scénarios prévus par les concepteurs et la réalité observée. Malgré les défis rencontrés, tels que les difficultés d'intégration des usagers dans le processus de conception, les concepteurs ont réussi à réduire de manière significative les consommations énergétiques de chaleur et d'électricité. Cela démontre que la rénovation énergétique a non seulement atteint ses objectifs, mais a également contribué à une amélioration notable du confort vécu.

En résumé, l'analyse POE de ce bâtiment met en évidence les défis et les opportunités liés à la rénovation énergétique du parc tertiaire, soulignant l'importance d'une approche holistique qui prend en compte à la fois la performance technique et le ressenti des occupants. Elle ouvre la voie à de futures recherches pour améliorer la conception des bâtiments performants, tout en intégrant l'expérience et les besoins des usagers.

Effectivement, les résultats de cette enquête mettent en lumière plusieurs axes de recherche potentiels pour approfondir la compréhension des facteurs influençant le confort dans les bâtiments rénovés. Une première piste consiste à explorer plus en détail l'impact des caractéristiques individuelles, telles que l'âge, le genre et le temps passé dans le bâtiment, sur la perception du confort. Une étude longitudinale pourrait être menée pour examiner comment ces perceptions évoluent au fil du temps, notamment après des changements importants dans l'environnement de travail.

De plus, les aspects non environnementaux, comme la communication et la formation des usagers sur les nouvelles fonctionnalités des bâtiments et leurs enjeux environnementaux, méritent une attention particulière. Il serait pertinent de développer des stratégies éducatives pour sensibiliser les occupants à l'usage optimal des équipements, tels que les systèmes de régulation thermique et acoustique, afin de maximiser leur satisfaction et leur bien-être.

Les résultats révèlent des variations dans la satisfaction en lien avec l'ergonomie des espaces de travail et les aménagements intérieurs, qui n'ont pas pu être abordés dans le cadre des travaux de rénovation. Il serait intéressant d'examiner comment différentes configurations d'espaces de travail influencent le bien-être des employés. Par exemple, une étude comparative des différents types d'espaces ainsi que l'ajout d'espaces de détente adaptés aux préférences individuelles et aux besoins professionnels, pourrait fournir des indications pour optimiser les conceptions futures des espaces de travail.

En ce qui concerne les facteurs environnementaux, des recherches supplémentaires pourraient se concentrer sur l'optimisation des systèmes de ventilation et d'aération, notamment l'impact de la possibilité d'ouvrir les fenêtres sur la qualité de l'air et le confort des occupants. L'étude des effets de l'éclairage, tant naturel qu'artificiel, sur la santé et la productivité des usagers représente également une avenue prometteuse, en particulier dans les contextes où l'éclairage est perçu comme insuffisant.

Enfin, l'étude des divergences entre le confort conçu et le confort vécu met en évidence un besoin de flexibilité accrue dans la conception des systèmes de contrôle environnemental. Des recherches pourraient être menées pour développer des solutions technologiques qui permettent aux occupants de personnaliser davantage leur environnement, par exemple par le biais de technologies intelligentes qui ajustent automatiquement les conditions selon les préférences des utilisateurs.

En somme, ces pistes de recherche contribueront à enrichir la compréhension des dynamiques complexes du confort dans les espaces de travail et à guider la conception future de bâtiments plus inclusifs et adaptables, qui répondent mieux aux besoins diversifiés de leurs occupants.

.....

BIBLIOGRAPHIE

*Cette partie a été partiellement rédigée conjointement par Martinez Aguilera
Mathilde et Saad Marilyn*

A

AJDUKOVIC, I., GILIBERT, D. et LABBOUZ, D. 2014. « Confort au travail : Le rôle de l'attachement et de la personnalisation dans la perception de la qualité de l'espace de travail », *Psychologie du Travail et des Organisations*, vol. 20, n°3, p. 311-327. DOI : [https://doi.org/10.1016/S1420-2530\(16\)30032-2](https://doi.org/10.1016/S1420-2530(16)30032-2)

ALTOMONTE, S., SCHIAVON, S. 2013. « Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings », *Building and Environment*, vol. 68, p. 66-76. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.06.008>

ALTOMONTE, S., SAADOUNI, S. et SCHIAVON, S. 2016. « Occupant satisfaction in LEED and BREEAM-certified office buildings », *Proceedings of PLEA 2016–36th international conference on passive and low energy Architecture: Cities, buildings, People: Towards regenerative environments*, p.1-7. Consultable : <https://escholarship.org/uc/item/77j647gr> [disponible le 12 juillet 2024]

AMPHOUX, P. 1990. « Vers une théorie des trois conforTs », *Annuaire*, vol. 90, p. 27-30. HAL : [hal-01561140](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01561140)

AMPHOUX, P., MONDADA, L. 1989. « Le chez-soi dans tous les sens », *Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour*, vol. 5, n°2, p. 135-152. HAL : [hal-01561820](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01561820)

ARIES, M.B.C., VEITCH, J.A. et NEWSHAM, G.R. 2010. « Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort », *Journal of Environmental Psychology*, vol. 30, n°4, p. 533–541. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.12.004>

AUFEGGER, L., ELLIOTT-DEFLO, N. et NICHOLS, T. 2022. « Workspace and Productivity: Guidelines for Virtual Reality Workplace Design and Optimization », *Applied Sciences*, vol. 12, n°15, p. 1-21. DOI : <https://doi.org/10.3390/app12157393>

B

BERNSTEIN, E.S., TURBAN, S., 2018. « The impact of the ‘open’ workspace on human collaboration », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 373, n°1753, p. 1-8. DOI : [10.1098/rstb.2017.0239](https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0239)

BESLAY, C ; ZÉLEM, M.C. 2015. « Pour une sociologie de l'énergie », *La sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales*, p.15-20. HAL : [hal-03481004](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03481004)

BESLAY, C., ZÉLEM, M.C. 2009. « Le paradoxe du consommateur moderne : modérer ses consommations d'énergie dans une société toujours plus énergivore » dans Juan, S. et Dobré M. (sous la dir. de), *Consommer autrement :*

La réforme écologique des modes de vie, L'Harmattan, p. 277-296. 978-2-296-10232-3. HAL : <hal-01763245>

BESLAY, C., GOURNET, R. et ZÉLEM, M.C. 2015. « Le " bâtiment économe " : utopie technicienne et " résistance " des usages », dans J. Boissonnade (sous la dir. de), *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*, Paris, Pétra, p. 335-364.

BJØRNEBOE, M. G. ; SVENDSEN, S. et HELLER, A. 2017. « Evaluation of the renovation of a Danish single-family house based on measurements », *Energy and Buildings*, vol. 150, p. 189-199. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.050>

BLOUIN, P. 2009. « 1988. *Compte-rendu : Jacques Ellul, Le bluff technologique*. Paris, Hachette, coll. La force des idées, 489 p. ». Page web. Consultable : <https://charro1010.wordpress.com/2009/11/29/compte-rendu-jacques-ellul-le-bluff-technologique-paris-hachette-coll-la-force-des-idees-1988-489-p-par-pierre-blouin/> [disponible le 20 juillet 2024]

BLUYSSSEN, P.M., ARIES, M. et VAN DOMMELEN, P. 2011. « Comfort of workers in office buildings : the European HOPE project », *Build Environ*, vol. 46, n° 1, p. 280-288. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.07.024>

BLUYSSSEN, P.M., JANSSEN, S., VAN DEN BRINK, L.H. et al. 2011. « Assessment of wellbeing in an indoor office environment », *Build. Environ.*, vol.46, n° 12, p.2632–2640. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.06.026>

BODUCH, M., FINCHER, W. 2009. « Standards of Human Comfort. Relative and Absolute », *Meadows Foundation Funded Projects*, p.1-12. DOI : <http://hdl.handle.net/2152/13980>

BRAGER, G., ARENS, E. 2015. « Creating high performance buildings: Lower energy, better comfort », *Physics of Sustainable Energy III (PSE III): Using Energy Efficiently and Producing it Renewably*, vol. 1652, n°1, p. 58-69. DOI : <https://doi.org/10.1063/1.4916169>

BRAGER, G.S., DE DEAR, R.J. 1998. « Thermal Adaptation in the Build Environment, a Literature Review », *Energy and Buildings*, vol. 27, n°1, p. 83-96. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4)

BRENNAN, A., CHUGH, J.S. et KLINE, T. 2002. « Traditional versus open office design: A longitudinal field study », *Environment and behavior*, vol.34, n°3, p.279-299. DOI : <https://doi.org/10.1177/0013916502034003001>

BRISEPIERRE, G. 2019. « La transition énergétique dans le bâtiment : entre progrès technique et changement social, des synergies à trouver », *Mines Revue*

des *Ingénieurs*, vol.504, p. 21-23. Consultable : <https://gbrisepierre.fr/wp-content/uploads/2019/12/BRISEPIERRE-Revue-des-mines-TE-des-synergies-a-trouver-2019.pdf> [disponible le 2 août 2024]

BROWN, Z., COLE, R.J. 2009. « Influence of occupants' knowledge on comfort expectations and behaviour », *Building Research & Information*, vol.37, n° 3, p.227-245. DOI : <https://doi.org/10.1080/09613210902794135>



CARASSUS, J. (sous la dir. de) 2011. *Les immeubles de bureaux « verts » tiennent-ils leurs promesses ? Performances réelles, valeur immobilière et certification*, rapport de recherche pour le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et Certivea, École des Ponts ParisTech.

CASSAIGNE, B. 2006. « Habiter », *Projet*, vol.1, p. 67-71. DOI : <https://doi.org/10.3917/pro.294.0067>

CHRISTEN, G., HAJEK, I., HAMMAN, P. et al. 2015. « Une transition énergétique portée par des acteurs industriels et collectifs : quelles possibilités offertes aux usagers pour s'approprier les enjeux de la transition énergétique ? », dans H. Scarwell, D. Leducq, A. Groux, (sous la dir. de), *Réussir la transition énergétique : Quelles dynamiques de changement ?*, Presses Universitaires du Septentrion, p.155-166. HAL : <hal-04627873>

COLLINS, B.L. 1975. *Windows and people: A literature survey*, Washington, DC, National Bureau of Standards, US Government Printing Office.

COMMISSION EUROPEENNE (sous la dir. de). 2018. *Une planète propre pour tous - Une vision européenne stratégique à long terme pour une économie prospère, moderne, compétitive et neutre pour le climat*, rapport de la communication de la commission pour l'UE, Bruxelles.

COMMISSION EUROPEENNE (sous la dir. de). 2019. *Communication de la commission au Parlement Européen, au Conseil Européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Le Pacte vert pour l'Europe*.

COMMISSION EUROPEENNE (sous la dir. de). 2020. *L'efficacité énergétique des bâtiments*, rapport de la commission pour le département Énergie, Bruxelles.

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE. 2022. « Ajustement à l'objectif 55 »: le Conseil approuve des règles plus strictes en matière de performance énergétique des bâtiments. Page web. Consultable : <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2022/10/25/fit-for->

[55-council-agrees-on-stricter-rules-for-energy-performance-of-buildings/](#)
[disponible le 2 juillet 2024].

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE. n.d. Paquet "Ajustement à l'objectif 55": réduction des émissions provenant des transports, des bâtiments, de l'agriculture et des déchets. Page web. Consultable : <https://www.consilium.europa.eu/fr/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/#0>. [disponible le 30 juin 2024].

CROWLEY, J.E. 1999. « The Sensibility of Comfort », *The American Historical Review*, vol. 104, n°3, p. 749-782. DOI : <https://doi.org/10.2307/2650987>

D

DABABNEH, A. J., SWANSON, N. et SHELL, R.L. 2001. « Impact of added rest breaks on the productivity and well-being of workers », *Ergonomics*, vol. 44, n°2, p. 164-174. DOI : <https://doi.org/10.1080/00140130121538>

DAGOGNET, F. (1987) 2007. *Faces, surfaces, interfaces*, Paris, Vrin (Problème & Controverses).

DANIELSSON, C. B., BODIN, L. 2008. « Office Type in Relation to Health, Well-Being, and Job Satisfaction Among Employees », *Environment and Behavior*, vol. 40, n°5, p. 636-668. DOI : <https://doi.org/10.1177/0013916507307459>

DAVID, J. 2006. « Avez-vous lu Le Play ? Note sur la genèse des Ouvriers européens », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, n°15, p. 89-102. DOI : <https://doi.org/10.3917/rhsh.015.0089>

DAY, J.K., GUNDERSON, D.E. 2015. « Understanding high performance buildings: The link between occupant knowledge of passive design systems, corresponding behaviors, occupant comfort and environmental satisfaction », *Building and Environment*, vol. 84, p. 114-124. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.003>

DENIEUIL, P-N. 2008. « À propos de la méthode des échelles d'observation en sciences sociales », *Revue des sciences sociales*, n°40, p. 218-223. DOI : <https://doi.org/10.3406/revss.2008.1180>

DREYFUS, J. 1990. *La société du confort: Quel enjeu, quelles illusions ?*, Paris, L'harmattan.

DONG, X., WU, Y., CHEN, X. et al. 2021. « Effect of thermal, acoustic, and lighting environment in underground space on human comfort and work efficiency: a review », *Science of the Total Environment*, vol. 786, p. 1-14. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147537>

DUQUESNE, M., HAUGLUSTAINE, J.-M., et TELLER, J. 2008. *Pour une gestion efficiente de l'énergie au niveau communal : Guide pratique*, rapport de recherche pour le Laboratoire LEMA. Région Wallonne. Université de Liège.



EBUY, H.T., BRIL EL HAOUZI, H., BENELMIR, R. et al. 2023. « Occupant Behavior Impact on Building Sustainability Performance: A Literature Review » *Sustainability*, vol.15, n°3, 2440, p. 1-23. DOI : <https://doi.org/10.3390/su15032440>

ENERGIE PLUS, 2007. *Norme NBN EN 12464-1 : lumière et éclairage des lieux de travail*. Site web. Consultable : https://energieplus-lesite.be/reglementations/eclairage9/norme-nbn-en-12464-1-lumiere-et-eclairage-des-lieux-de-travail/?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTEAAR0E1PfXXUV7Q1Q5tE35_W_jpZHfsmxuXue32Tf7E2CihR66Axm5bUuf8_aem_-czxFLX_x3K2gtT5LWMCVA [disponible le 27 juillet 2024].

ENERGIE PLUS, 2014. *Confort au sens large*. Site web. Consultable : <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-d15/> [disponible le 27 juillet 2024].

ENGRAND, L. (sous la dir. de) 2003. *Actes de la 13ème journée du CUEPE Habitat, Confort et énergie*, Université de Genève, Suisse, 22 mai 2003, Genève.



FIJALKOW, Y., JOURDHEUIL, A.L. et NEAGU, A. 2021. « Le relevé habité face à la vulnérabilité résidentielle : intérêts et limites », *SociologieS*, p.1-20. DOI : <https://doi.org/10.4000/sociologies.17310>

FRANKIGNOULLE, P. 2014. « Le domaine universitaire de Liège et son patrimoine architectural », dans C. Compain-Gajac (sous la dir. de), *Les campus universitaires 1945-1975*, Perpignan, Presses universitaires de Perpignan, p. 261-270.

FRONTCZAK, M., SCHIAVON, S., GOINS, J. et al. 2012. « Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design », *Indoor air*, vol.22, n° 2, p. 119-131. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2011.00745.x>

G

GARABUAU-MASSAOUI, I., THIRIOT, S. 2014. « Les occupants de bâtiments tertiaires performants en énergie : entre logiques d'usage, salariale et domestique », In *SHS Web of Conferences*, vol. 9, p. 1-12. DOI : <https://doi.org/10.1051/shsconf/20140903001>

GOU, Z., PRASAD, D. et LAU, S.S.Y. 2013. « Are green buildings more satisfactory and comfortable? », *Habitat International*, vol. 39, p. 156-161. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.12.007>

GOUVERNEMENT WALLON. 2023. *Plan Air Climat Énergie 2030 (PACE 2030)*, rapport pour le SPW énergie, Belgique. Région Wallonne.

GRAHAM, L. T., PARKINSON, T. et SCHIAVON, S. 2021. « Lessons learned from 20 years of CBE's occupant surveys », *Buildings & Cities*, vol. 2, n° 1, p.166–184. DOI : <https://doi.org/10.5334/bc.76>

H

HACKMAN, J.R., OLDHAM, G.R. 1976. « Motivation through the design of work: Test of a theory », *Organizational behavior and human performance*, vol. 16, n° 2, p.250-279. DOI : [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(76\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7)

HALL, E.T. (1966). *The Hidden Dimension*, Doubleday and Co.

HAMIDI, N.N.E.B., MANSOR, F.A., HASHIM, M.Z. et al. 2020. « The Relationship Between Physical Workplace Environment And Employees' Performance », *Journal of Contemporary Social Science Research*, vol. 4, n°1, p. 56-67. Consultable : <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/35104/> [disponible le 4 août 2024]

HAMMAN, P., CHRISTEN, G. 2017. « La transition énergétique face aux inégalités écologiques urbaines », *Géographie, économie, société*, vol. 19, n° 2, p. 267-293. DOI : <https://doi.org/10.3166/ges.19.2017.0013>

HEERWAGEN, J. H., ORIAN, G. H. 1986. « Adaptations to windowlessness: A study of the use of visual decor in windowed and windowless offices », *Environment and Behavior*, vol. 18, n°5, p. 623–639. DOI : <https://doi.org/10.1177/0013916586185003>

HEERWAGEN, J., DIAMOND, R.C. 1992. « Adaptations and Coping: Occupant Response to Discomfort in Energy Efficient Building », *Paper presented at the American Council for an Energy Efficient Economy, Alsilomar, CA, August, 1992*. p. 83-90.

HICKEY, A. 2023. *Comfort and Contemporary Culture: The problems of the 'good life' on an increasingly uncomfortable planet*. Routledge Taylor & Francis Group. DOI : [10.4324/9781003412984](https://doi.org/10.4324/9781003412984)

HOVSEPYAN, A. 2020. *Rénovation énergétique de bâtiments tertiaires*, mémoire universitaire, Université de Liège, Faculté des Sciences appliquées.

HUMPHREYS, M. 1976. « Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied », *Building Services Engineer*, vol. 44, p. 5-27. DOI : [10.1016/0003-6870\(76\)90104-6](https://doi.org/10.1016/0003-6870(76)90104-6)

HUMPHREYS, M., 1996. « Thermal comfort temperatures worldwide - the current position, Renew », *Renewable Energy*, vol. 8, n°1-4, p. 139-144. DOI : [https://10.1016/0960-1481\(96\)88833-1](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88833-1).



IEA. 2022. « Energy System : Buildings ». Page web. IEA, Paris. Consultable : <https://www.iea.org/reports/buildings> [disponible le 27 mars 2023]

IKONNE, C.N., YACOB, H. 2014. « Influence of Spatial Comfort and Environmental Workplace Ergonomics on Job Satisfaction of Librarians in the Federal and State University Libraries in Southern Nigeria », *Open Access Library Journal*, vol. 1, n° 6, p. 1-10. DOI : <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1100814>

ILLICH, I. 1994. *Dans le miroir du passé*. Paris: Descartes & Cie.

IPCC. 2023. *Climate change 2023 synthesis report*, rapport de synthèse pour le Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève, Suisse.



JEVONS, W. S. 1865. « On the Variation of Prices and the Value of the Currency since 1782 », *Journal of the Statistical Society of London*, vol. 28, n° 2, p. 294-320. DOI : <https://doi.org/10.2307/2338419>

JIA, M., SRINIVASAN, R., RIES, R.J. et al. 2021. « Investigating the Impact of Actual and Modeled Occupant Behavior Information », *Input to Building Performance Simulation Buildings*, vol. 11, n°32, p. 1-22. DOI : <https://doi.org/10.3390/buildings11010032>

JUSLÉN, H. 2006. « Lighting and Productivity in the Industrial Working Place. Proceedings of Fifteenth international symposium, Lighting Engineering Society of Slovenia », *Lighting of work places. Slovenia, Bled*, p. 53-62. Consultable : <http://lib.tkk.fi/Diss/2007/isbn9789512289622/article11.pdf> [disponible le 6 août 2024]

K

KAHNEMAN, D. ; DIENER, E. et SCHWARZ, N. 1999. *Well-Being: Foundations of Hedonic Psychology*, Russell Sage Found, New York.

KAPLAN, R. 1993. « The role of nature in the context of the workplace », *Landscape and Urban Planning*, vol. 26, p. 193-201. Consultable : <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/30542/0000175.pdf;jsessionid=6A304080EC15C3261B1314042F0B2823?sequence=1> [disponible le 4 août 2024]

KAPLAN, S. 1995. « The restorative benefits of nature: toward an integrative framework », *J Environ Psychol*, vol. 15, n°3, p.169–182. DOI : [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)

KARJALAINEN, S., KOISTINEN, O. 2007. « User problems with individual temperature control in offices », *Building and environment*, vol.42, n° 8, p. 2880-2887. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.031>

KO, W. H., SCHIAVON, S., ZHANG, H. et al. 2020. « The impact of a view from a window on thermal comfort, emotion, and cognitive performance », *Building and Environment*, vol. 175, p.1-15. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106779>

KOLCABA, K. 1992. « Holistic comfort: operationalizing the construct as a nurse-sensitive outcome », *Advances in Nursing Science*, vol. 15, n°1, p. 1-10. DOI : [10.1097/00012272-199209000-00003](https://doi.org/10.1097/00012272-199209000-00003)

KOLCABA, K. 2003. *Comfort theory and practice: a vision for holistic health care and research*. Springer Publishing Company.

KOLCABA, K. 1994. « A theory of holistic comfort for nursing », *Journal of Advanced Nursing*, vol. 19, n°6, p. 1178-1184. DOI : [10.1111/j.1365-2648.1994.tb01202.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1994.tb01202.x)

KUJUNDZIC, K., STAMATOVIC VUCKOVIC, S. et RADIVOJEVIĆ, A. 2023. « Toward Regenerative Sustainability: A Passive Design Comfort Assessment Method of Indoor Environment », *Sustainability*, vol. 15, n°1, p. 840. DOI : <https://doi.org/10.3390/su15010840>

L

LAI, J.H.K., YIK, F.W.H. 2007. « Perceived importance of the quality of the indoor environment in commercial buildings », *Indoor Built Environ*, vol. 16, n° 4, p. 311-321. DOI : [10.1177/1420326X07080463](https://doi.org/10.1177/1420326X07080463)

LAMOTTE, G. 2024. *De la gestion des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège*, mémoire universitaire, Université de Liège, Faculté d'Architecture.

LEAMAN, A., BORDASS, B. 2007. « Are users more tolerant of green buildings? », *Building Research and Information*, vol. 35, n°6, p. 662-673. DOI : [10.1080/09613210701529518](https://doi.org/10.1080/09613210701529518)

LEAMAN, A., BORDASS, B. 2010. « Productivity in buildings: The 'killer' variables », *Building Research & Information*, vol.1, p. 4-19. DOI : [10.1080/096132199369615](https://doi.org/10.1080/096132199369615)

LECLAIR, M. 2016. « Ruser au quotidien. À propos de 'L'Invention du quotidien' de Michel de Certeau », *Le Libellio d'AEGIS*, vol.12, n°2, p.13-18. Consultable : https://www.researchgate.net/publication/320838895_Leclair_M_2016_Ruser_au_quotidien_A_propos_de_'L'Invention_du_quotidien'_de_Michel_de_Certeau_Le_Libellio_d'AEGIS_Vol_122_pp_13-18 [disponible le 5 août 2024]

LENORMAND, P. ; GAUZIN-MÜLLER, D. ; SIDLER, O. et al. 2018. *Le design énergétique des bâtiments*, AFNOR éditions.

LEPORE, M. 2017. « Design and comfort in office space », *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, vol. 2, n° 2, p. 15-23. DOI : <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2017.8844>

LI, B., LIM, D. 2013. « Occupant Behavior and Building Performance », dans Yao, R. (sous la dir. de), *Design and Management of Sustainable Built Environments*, Springer, London, p. 279-304. DOI : https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4781-7_14

LIU, J., YAO, R., WANG, J. et al. 2012. « Occupants' behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems », *Applied Thermal Engineering*, vol. 35, p. 40-54. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.09.037>

LOUAFI, S. 2022. « À propos du colloque “ Pour une recherche et une innovation responsables ”: une analyse aux niveaux macro, micro et méso ». *Natures Sciences Société*, vol. 30, n°2, p. 191-195. DOI : <https://doi.org/10.1051/nss/2022029>

M

MANICCIA, D., RUTLEDGE, B., REA, M. S. et al. 1999. « Occupant Use of Manual Lighting Controls in Private Offices », *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol. 28, n°2, p. 42-56. DOI : <https://doi.org/10.1080/00994480.1999.10748274>

MARESCA, B., DUJIN, A. 2014. « La transition énergétique à l'épreuve du mode de vie », *Flux*, n°96, p. 10-23. DOI : <https://doi.org/10.3917/flux.096.0010>

MARTINEZ AGUILERA, M. 2024. *De l'appropriation des bâtiments performants. Le cas de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège*, mémoire universitaire, Université de Liège, Faculté d'Architecture.

MAXWELL, D., OWEN, P., MCANDREW, L. et al. 2011. *Addressing the Rebound Effect, a report for the European Commission DG Environment*. Consultable : https://www.ecologic.eu/sites/default/files/project/2013/2670_03_rebound_effect_report.pdf [disponible le 2 août 2024]

MBANG, C.E. 2012. *L'appropriation d'outils technologiques par les acteurs : le cas des entreprises du secteur financier au Cameroun*, thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris-Est. HAL : [tel-00807270](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00807270)

MICHA, E. 2000. *Évolution de l'architecture du domaine universitaire du Sart-Tilman*, mémoire universitaire, Université de Liège, Faculté de Philosophie et Lettres.

MILLER, H. 2008. Home Sweet Office: Comfort in the Workplace. *Herman Miller, Inc.*, Zeeland.

MONJARET, A. 2002. « Les bureaux ne sont pas seulement des espaces de travail... », *Communication et organisation. Revue scientifique francophone en Communication organisationnelle*, vol. 21, p.1-12. DOI : <https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.2645>

N

NASIR, R.A., AHMAD, S.S. et AHMED, A.Z. 2013. « Physical activity and human comfort correlation in an Urban Park in hot and humid conditions », *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 105, p. 598-609. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.063>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. « Learning from our buildings: A state-of-the-practice summary of post-occupancy evaluation », *The National Academies Press*, n°145, p. 1-137. DOI : <https://doi.org/10.17226/10288>

NEUWELS, J. 2017. « Politique de performance énergétique des logements à Bruxelles : une logique industrielle structurellement inégalitaire », *Espaces et Sociétés*, vol.3, n° 170, p. 73-90. DOI : <https://doi.org/10.3917/esp.170.0073>

NEUWELS, J., BRISEPIERRE, G.B., OCHS, L.O. et al. 2017. *De l'usage des bâtiments performants en Région Bruxelles-Capitale : Étude ethnographique pour une plus grande maîtrise (de l'ambition, des coûts et de l'usage)*, rapport de

recherche pour Bruxelles Environnement, Méthos (ethnography & strategy), Paris-Bruxelles, p. 1-132. Consultable : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Methos_Rapport_court_anonymise_lowdef.pdf [disponible le 30 mars 2023]

NICOL, F., HUMPHREYS, M. 2002. « Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings », *Energy and Buildings*, vol. 34, n°6, p. 563-572. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)

NORWOOD, M.F., LAKHANI, A., FULLAGAR, S. et al. 2019. « A narrative and systematic review of the behavioral, cognitive and emotional effects of passive nature exposure on young people: evidence for prescribing change », *Landsc Urban Plan*, vol. 189, p. 71-79. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.007>



O'BRIEN, W., GUNAY, H.B. 2014. « The contextual factors contributing to occupants' adaptive comfort behaviors in offices - A review and proposed modeling framework », *Building and Environment*, vol. 77, p. 77-87. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.024>

OLDHAM, G.R., BRASS, D.J. 1979. « Employee reactions to an open-plan office: A naturally occurring quasi-experiment », *Administrative science quarterly*, vol. 24, n° 2, p. 267-284. DOI : <https://doi.org/10.2307/2392497>



PAQUOT, T. 2012. « Chapitre 17. Karl Marx et Friedrich Engels et l'opposition ville/campagne », dans : T. Paquot (sous la dir. de), *Espace et lieu dans la pensée occidentale : De Platon à Nietzsche*, Paris, La Découverte, p. 285-298. DOI : <https://doi.org/10.3917/dec.paquo.2012.02.0285>

PARASURAMAN, A., ZEITHAML, V.A. et BERRY, L.L. 1985. « A conceptual model of service quality and its implications for future research », *Journal of Marketing*, vol.49, n°4, p. 41-50. DOI : <https://doi.org/10.2307/1251430>

PARKINSON, T., SCHIAVON, S., KIM, J. et al. 2023. « Common sources of occupant dissatisfaction with workspace environments in 600 office buildings », *Buildings and Cities*, vol.4, n° 1, p. 17-35. DOI : <https://doi.org/10.5334/bc.274>

PERSHING, J.A. 2006. *Handbook of Human Performance Technology. Third Edition. Principles, Practices, and Potential*, Pfeiffer.

PETITA, A. (1966) 1971. *La dimension cachée*. Paris, Éditions du Seuil.

PIN, C. 2023. « L'entretien semi-directif », *LIEPP Fiche méthodologique*, n° 3, p. 1-5. HAL: [hal-04087897](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04087897)

PINSON, D. 2016. « L'habitat, relevé et révélé par le dessin : observer l'espace construit et son appropriation », *Espaces et sociétés*, n°164-165, p 49-66. DOI : <https://doi.org/10.3917/esp.164.0049>

PRÉGARDIEN, M., MARIQUE, A-F. 2019. L'Institut de Botanique de l'ULg. Retour d'expérience de l'équipe du projet sur la conception, la construction et le résultat. Opalis. Page web. Consultable : <https://opalis.eu/fr/projets/linstitut-de-botanique-de-lulg> [Disponible le 28 décembre 2023].

PRUITT, L.N.D., KRAMER, S.W. 2017. « How Historical Solutions to Thermal Comfort Influenced Modern Construction Efforts », *Procedia Engineering*, vol. 196, p. 880-887. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.020>

R

RAGSDALE, J. M., BEEHR, T.A., GREBNER, S. et al. 2011. « An integrated model of 82 weekday stress and weekend recovery of students », *International Journal of Stress Management*, vol. 18, n° 2, p. 153-180. DOI : [10.1037/a0023190](https://doi.org/10.1037/a0023190)

RENAULD, V. 2014. *Fabrication et usage des écoquartiers français. Eléments d'analyse à partir des quartiers De Bonne (Grenoble), Ginko (Bordeaux) et Bottière-Chénaie (Nantes)*, thèse de doctorant en « Géographie, Aménagement, Urbanisme », Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Faculté Génie civil et Urbanisme.

RONDEAU, K., PAILLÉ, P. et BÉDARD, E. 2023. « La confection d'un guide d'entretien pas à pas dans l'enquête qualitative. Recherches qualitatives », vol. 42, n° 1, p. 5-29. DOI : <https://doi.org/10.7202/1100242ar>

RUZZENENTI F., WAGNER A. 2018. « Efficiency and the Rebound Effect in the Hegemonic Discourse on Energy », *Nature and Culture*, vol. 13, n° 3, p. 356-377. DOI : <https://doi.org/10.3167/nc.2018.130303>

S

SAKELLARIS, I.A., SARAGA, D.E., MANDIN, C. et al. 2016. « Perceived Indoor Environment and Occupants' Comfort in European "Modern" Office Buildings: The OFFICAIR Study », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 13, n° 5, p.1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13050444>

SANTOS DA SILVA, H., CÉSAR DE OLIVEIRA SANTOS, M., n.d. « The meaning of comfort in residential environments », *Cadernos PROARQ*, n°18, p. 137-151. Consultable :

https://cadernos.proarq.fau.ufrrj.br/public/docs/Proarq18_TheMeaningConfort_SilvaSantos.pdf [Disponible le 4 juillet 2024]

SAVOYE, A. n.d. « Le Play Frédéric (1806-1882). Les techniques d'investigation et la visée sociale », Page web. Encyclopædia Universalis. Consultable : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/frederic-le-play/2-les-techniques-d-investigation-et-la-visee-sociale/>

SCHMID, A. A. 2005. « Ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído », *Curitiba, Pacto Ambiental*, p. 1-338. DOI : [10.13140/RG.2.1.4800.1365](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4800.1365)

SEHGAL, S. 2012. « Relationship between Work Environment And Productivity », *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 2, n° 4, p.1992-1995. Consultable : https://www.ijera.com/papers/Vol2_issue4/LY2419921995.pdf [disponible le 28 juillet]

SERFATY-GARZON, P. 2003. « Le Chez-soi : habitat et intimité », *Dictionnaire critique de l'habitat et du logement*, p. 65-69. Consultable : <https://perlaserfaty.net/wp-content/uploads/2017/01/Le-Chez-soi-un-texte-de-Perla-Serfaty-Garzon.pdf> [disponible le 16 juillet 2024]

SOMMER, R. 1969. *Personal Space; The Behavioral Basis of Design*, Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall.

SORRELL, S. (sous la dir. de) 2007. *The Rebound Effect : an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*, rapport de recherche pour le Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre, Sussex Energy Group.

SPAGNOL, C.A. 2023. « Home × office or home and office: importance of breaks at work », *Rev Bras Med Trab*, vol. 21, n°1, p. 1-6. DOI : <http://dx.doi.org/10.47626/1679-4435-2023-857>

STANLEY, L. 2001. « Preface », dans National Research Council, Board on Infrastructure, the Constructed Environment and Federal Facilities Council (sous la dir. de), *Learning from our buildings: A state-of-the-practice summary of post-occupancy evaluation*, n°145, National Academies Press, p. 5-6.

STOKOLS, D. 1972. « A social-psychological model of human crowding phenomena », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 38, n° 2, p. 72-83. DOI : <https://doi.org/10.1080/01944367208977409>

SUBRÉMON, H. 2009. *Habiter avec l'énergie. Pour une anthropologie sensible de la consommation d'énergie*, thèse de doctorat en « sciences sociales », Université de Nanterre-Paris. HAL : [tel-00403802](https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00403802)

SUBREMON, H. 2010. « Le climat du chez-soi », *Ethnologie française*, vol. 40, n°4, p. 707-714. DOI : <https://doi.org/10.3917/ethn.104.0707>

SUBRÉMON, H. (sous la dir. de) 2011. *Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat un état des lieux*, rapport de recherche pour PUCA, Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés.

SUBRÉMON, H. 2012. « Pour une intelligence énergétique : ou comment se libérer de l'emprise de la technique sur les usages du logement », *Métropolitiques*, p.1-5. Consultable : <http://www.metropolitiques.eu/Pour-une-intelligence-energetique.html> [disponible le 18 juillet 2024]

T

TEAS, R. K. 1993. « Expectations, Performance, Evaluation, and Consumers' Perceptions of Quality », *Journal of Marketing*, vol. 57, n° 4, p. 18-34. DOI : <https://doi.org/10.1177/002224299305700402>

THE SAINT-GOBAIN BUILDING SCIENCE. 2016. *Indoor environment and well being*.

THELLIER, F. 2012. « Sans occupant, les bâtiments ne consomment pas d'énergie ! », dans M.C. Zélem et C. Beslay (sous la dir. de), *Sociologie de l'énergie : Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, CNRS Éditions, p. 283-292.

THELLIER, F. ; BEDRONE, J.-P. et MONCHOUX, F. 2012. « Le Confort dans le bâtiment : N'oublions pas l'habitant ! », *La Revue 3 E. I.*, n° 69, p.22-30. HAL : [hal-02001574](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02001574)

TRISSE, N., LAGABRIELLE, C. 2021. « L'appropriation d'un open-space au prisme de l'approche de l'acceptation située », *Espace et temps de l'activité / Travail, Territoire et politique*, vol. 18, n°2. DOI : <https://doi.org/10.4000/activites.6628>

U

UE. 2023a. « Directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955 (refonte) ».

UE. 2023b. « RÈGLEMENT (UE) 2023/857 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 19 avril 2023 modifiant le règlement (UE) 2018/842 relatif aux réductions annuelles contraignantes des émissions de gaz à effet de serre par les États membres de 2021 à 2030 contribuant à l'action pour le climat afin de respecter les engagements pris dans le cadre de l'accord de Paris et le règlement (UE) 2018/1999 ».

ULRICH, R.S. 1984. « View through a window may influence recovery from surgery », *Science*, vol. 224, n°4647, p. 420-421. DOI : <https://doi.org/10.1126/science.6143402>

UNIVERSITÉ DE LIÈGE, 2023. *L'ULiège poursuit son engagement dans la réduction de sa consommation énergétique*. Site web. Consultable : https://www.durable.uliege.be/cms/c_16979842/fr/durable-l-uliege-poursuit-son-engagement-dans-la-reduction-de-sa-consommation-energetique [disponible le 2 août 2024]

UNIVERSITÉ DE LIÈGE, 2023. *Les chaufferettes, ça refroidit l'effort collectif*. Site web. Consultable : https://www.durable.uliege.be/cms/c_16977512/fr/durable-les-chaufferettes-ca-refroidit-l-effort-collectif [disponible le 4 août 2024]

UNO. (sous la dir. de) 2022. *Status report for buildings and construction : Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*, rapport de recherche pour le GlobalABC, Nairobi.



VAN DUIJNHOFEN, J., AARTS, M.P., VAN DEN HEUVEL, E.R. et al. 2021. « The identification of variables influencing personal lighting conditions of office workers », *Lighting Research & Technology*, vol. 53, n°6, p. 527–541. DOI : <https://doi.org/10.1177/1477153520976950>

VASSART, S. 2006. « Habiter », *Pensée plurielle*, vol. 2, n°12, p. 9-19. DOI : <https://doi.org/10.3917/pp.012.09>

VENTURI, E. ; OCHS, F. et DERMENTZIS, G. 2022. « Identifying the influence of user behaviour on building energy consumption based on model-based analysis of in-situ monitoring data », *Journal of Building Engineering*, vol. 64, p.1-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105717>

VILLELA-PETIT, M. 1989. « Le chez-soi : espace et identité », *Architecture et comportement*, vol. 5, n°2, p.127-134. Consultable : <https://www.epfl.ch/labs/lasur/wp-content/uploads/2018/05/VILLELA-PETIT.pdf> [disponible le 16 juillet 2024]

VISCHER, J. 2001. « Post-Occupancy Evaluation: A Multifaceted Tool for Building Improvement », dans National Research Council, Board on Infrastructure, the Constructed Environment and Federal Facilities Council (sous la dir. de), *Learning from our buildings: A state-of-the-practice summary of post-occupancy evaluation*, n° 145, National Academies Press, p. 23-34.

VISCHER, J. C. 1996. *Workspace Strategies. Environment as a Tool for Work*, New York, Chapman & Hall.

VISCHER, J. C. 2008. « Towards a user-centred theory of the built environment », *Building Research & Information*, vol. 36, n°3, p. 231-240. DOI : <https://doi.org/10.1080/096>

VISCHER, J., FISCHER, G. 2005. « User evaluation of the work environment: a diagnostic approach », *Le travail humain*, vol. 68, n° 1, p. 73-96. DOI : <https://doi.org/10.3917/th.681.0073>

VISCHER, J.C. 2007. « The Concept of Workplace Performance and Its Value to Managers », *California Management Review*, vol.49, n°2. p. 62-79. DOI:[10.2307/41166383](https://doi.org/10.2307/41166383)

W

WILHITE, H. 2005. « Why energy needs anthropology », *anthropology today*, vol. 21, n°3, p. 1-3. DOI : [10.1111/j.0268-540X.2005.00350.x](https://doi.org/10.1111/j.0268-540X.2005.00350.x)

WÖRSDÖRFER, M. 2018. « L'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment : la vision et l'ambition de la Commission européenne », *Annales des Mines - Responsabilité & environnement*, n°90, p. 41-44. DOI : <https://doi.org/10.3917/re1.090.0041>

Y

YAM, F.K., HASSAN, Z. 2005. « Innovative advances in LED technology », *Microelectronics Journal*, vol. 36, n° 2, p. 129-137. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2004.11.008>

Z

ZALEJSKA-JONSSON, A., WILHELMSSON, M. 2013. « Impact of perceived indoor environment quality on overall satisfaction in Swedish dwellings », *Building and Environment*, vol. 63, p. 134-144. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.005>

ZÉLEM M-C. 2010. « Le bon usage de l'électricité et les réalités sociologiques », *Les cahiers de Global Chance*, n°27, p. 22-129. HAL : [hal-01760804](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01760804)

ZÉLEM, M-C., BESLAY, C. 2011. « Pour une transition énergétique sans exclusion sociale ? », *CLER Infos*, p 1-3. HAL : [hal-01757779](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01757779)

ZÉLEM, M-C. 2012. Les énergies renouvelables en transition : de leur acceptabilité sociale à leur faisabilité sociotechnique. *Revue de l'Energie*, n°610, p. 419-42.

ZÉLEM, M-C. 2013. « Le confort thermique. Norme technique ou norme sociale ? », *Débat National sur la Transition Énergétique, Note 12*, p. 1-8. HAL : [hal-03617490](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03617490)

ZÉLEM, M-C., BESLAY, C. 2013. « Changer les comportements, changer la société ? », *CLER Infos*, vol.92, p.7-9. HAL : [hal-01757780](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01757780)

ZÉLEM, M-C., BESLAY, C. et GOURNET, R. 2013. « Pas de "smart cities" sans "smart habitants" », *URBIA. Les Cahiers du développement urbain durable, Mutation écologique et transition énergétique. Vers la ville intelligente ?*, vol. 15, p. 45-60. HAL : [hal-03475893](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03475893)

ZÉLEM, M-C. 2016. « Les effets pervers de la sobriété énergétique », *Revue des sciences sociales*, n°55, p. 70-81. DOI : <https://doi.org/10.4000/revss.2001>

ZÉLEM, M-C. 2018. « Économies d'énergie : le bâtiment confronté à ses occupants », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, vol. 90, p. 26-34. DOI : <https://doi.org/10.3917/re1.090.0026>

ZÉLEM, M-C. 2018. « Quand l'écologisation des logements impacte la santé des habitants. Confort domestique et qualité de l'air intérieur en conflit », *Pollution Atmosphérique : climat, santé, société*, vol. 4, n°237-238, p. 1-15. DOI : [10.4267/pollution-atmospherique.6714](https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.6714)

ZIELINSKI, A. 2015. « Être chez soi, être soi : Domicile et identité », *Études*, vol. 6, p. 55-65. DOI : <https://doi.org/10.3917/etu.4217.0055>

.....

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Comment Bâtir en Conjuguant Efficacité Énergétique et Bien-Être des Occupants ? proposée par Géhin, E.	14
Illustration 2 : Post Occupancy Evaluation proposée par Preiser, Rabinowitz et White.....	31
Illustration 3 : Structure taxinomique du confort proposée par Katharine Kolcaba.	45
Illustration 4 : Catégories hiérarchiques du confort théorisées par Jacqueline Vischer.	48
Illustration 5 : Blind Men and the Elephant.	50
Illustration 6 : Photos de l’Institut de Botanique	74
Illustration 7 : Dessin axonométrique du B22.	76
Illustration 8 : Dessin axonométrique du contexte proche au B22.	79
Illustration 9 : Coupe DWG (Prégardien, n.d) retravaillée avec contexte.....	80
Illustration 10 : Détail de composition de l’enveloppe (R+1 et R+2 façade Sud).	82
Illustration 11 : Détail de composition (R-1 et R0 façade Sud).	82
Illustration 12 : Détail de composition (R+3 et R+4).	84
Illustration 13 : Détail de composition (R+4 suite).	84
Illustration 14 : Détail de composition (Toiture et panneaux photovoltaïques).	85
Illustration 15 : Détail de composition (pied de façade R0).	85
Illustration 16 : Détail de composition (pied de façade Nord R-2).	85
Illustration 17 : Les multiples dimensions du confort proposées par Energie Plus, retravaillée par Saad M.....	91
Illustration 18 : Campagne #SAVEENERGY lancée par l'ULiège, document retravaillé par Saad M.....	97
Illustration 19 : Mode de fonctionnement du questionnaire POE expliqué par Preiser, Rabinowitz et White.	101
Illustration 20 : Diagramme montrant la satisfaction du confort selon les tranches d'âge.	104
Illustration 21 : Camembert montrant la satisfaction du confort acoustique selon le genre.	105

Illustration 22 : Camembert montrant le pourcentage de bureaux considérés étant ergonomiques.....	109
Illustration 23 : Photo du couloir R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	111
Illustration 24 : Photo du sas devant l'escalier R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	112
Illustration 25 : Camembert montrant le pourcentage d'usager ayant du mobilier ergonomique.....	113
Illustration 26 : Croquis montrant une comparaison entre le plan du petit open space au B22 (plan à droite) et la norme selon le Neufert (plan à gauche) réalisé par Saad M.	114
Illustration 27 : Photo du petit open space R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	116
Illustration 28 : Photos de l'étang et l'espace vert au R-1	117
Illustration 29 : Photo d'un open space R+3, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	119
Illustration 30 : Photo d'un bureau transformé en espace de détente R+3, retravaillée et croquis personnel par Saad M.....	120
Illustration 31 : Photo d'un espace de détente transformé en salle de réunion R-1, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	121
Illustration 32 : Photo du réfectoire R+2, retravaillée et croquis personnel par Saad M.	122
Illustration 33 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis le confort thermique selon les usagers	125
Illustration 34 : Schématisation du couplage entre l'homme et l'espace de travail proposée par Saad M. sur base du document de Thellier, F.	126
Illustration 35 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis le confort acoustique selon les usagers	127
Illustration 36 : Le confort acoustique proposé par Géhin, E.	128
Illustration 37 : Diagramme montrant la satisfaction vis-à-vis la qualité de l'air selon les usagers	129

Illustration 38 : Camemberts montrant la satisfaction des usagers vis-à-vis de la luminosité naturelle et de l'éclairage	131
Illustration 39 : Facteurs influençant la perception du contrôle et la productivité perçue présentés par Leaman A. et Bordass B., document retravaillé par Saad M.....	133
Illustration 40 : Synthèse des comportements des usagers à l'Institut de Botanique réalisée par Saad M.	134

.....

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CVC : Systèmes de chauffage, ventilation et climatisation

EEEF : Fonds européen pour l'efficacité énergétique

HPE : Haute performance énergétique

HVAC : Chauffage, Ventilation et Climatisation

IEQ : Qualité de l'environnement intérieur

POE : Post Occupancy Evaluation

ULiège : Université de Liège

.....

