

GT4 – Confort et santé

Mars 2021

Le Plan Bâtiment Durable a été chargé par la ministre du Logement d'animer les travaux conduisant à l'élaboration d'un label accompagnant la RE2020.

Sous l'égide du groupe de travail RBR-T, un travail préparatoire a été mené par des sous-groupes techniques conduisant à l'élaboration d'une note transverse portant sur l'architecture de la méthode, et de sept notes thématiques. Ces notes sont aujourd'hui soumises à la concertation.

Les modalités de contribution, ainsi que l'ensemble des notes et des documents utiles sont disponibles sur le site du Plan Bâtiment Durable : <http://www.planbatimentdurable.fr/concertation-label-re2020-r332.html>

Table des matières

Préambule	2
Contexte	2
Périmètres concernés et critères de sélection des indicateurs proposés	3
Propositions du GT4	3
1. Confort hygrothermique	3
2. Qualité de l'air intérieur	4
3. Environnement acoustique	7
4. Environnement lumineux	7
Conclusion	9

Préambule

La RE2020 constitue une étape importante de réflexion autour des problématiques environnementales dans l'acte de construire et de rénover. Le label d'État qui doit l'accompagner et dont les jalons ont été posés en 2020 par le Plan Bâtiment Durable (RBR-T, 2020) peut être l'occasion de prendre en compte des enjeux cruciaux supplémentaires comme l'économie circulaire, la biodiversité, le confort et la santé dans les bâtiments ou la gestion durable de l'eau.

Le GT4 a été mis en place début 2021 pour faire **des propositions relatives au confort et à la santé** dans le cadre de ce futur label. La présente note présente le fruit de ces réflexions. A noter que des réflexions sur ce sujet avaient déjà été initiées par le Plan Bâtiment Durable (RBR, 2019) et ont nourri la présente note.

Les réflexions du groupe et les propositions faites concernent à la fois le bâtiment neuf et la rénovation, ainsi que le résidentiel et le tertiaire. A ce stade, elles visent à proposer des indicateurs relatifs au confort et à la santé dans les bâtiments, opérationnels dès maintenant ou à moyen terme, sans pour autant définir les seuils à atteindre ou à ne pas dépasser, ni les méthodes et protocoles de mesure associés, ni l'agrégation des différentes valeurs des indicateurs permettant de fournir une évaluation unique de la qualité de l'environnement intérieur d'un bâtiment ; ces éléments seront développés dans une phase ultérieure.

Contexte

La création d'indices de qualité de l'air intérieur (QAI) ou de qualité de l'environnement intérieur (QEI) est discutée depuis les années 2000 et l'émergence de ces thématiques. Néanmoins, même si de très nombreux indicateurs ont été proposés dans le monde (90 indicateurs basés sur la mesure ont été recensés pour le tertiaire dans une revue bibliographique récente (Wei et al., 2020) et si les certifications environnementales et labels ont permis de faire progresser les exigences relatives à la qualité de l'environnement intérieur, aucun consensus n'a à ce jour émergé pour retenir un indice unique ou même un jeu restreint et opérationnel d'indicateurs.

A titre d'exemple, pour l'air intérieur, la difficulté de construire un indice de QAI a notamment reposé sur i) l'absence de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour l'ensemble des polluants en présence (cette lacune étant désormais partiellement comblée par la publication de VGAI par l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) et de valeurs repères d'aide à la gestion publiées par le Haut Conseil de la santé publique (HCSP)), ii) la difficulté de combiner des pollutions très hétérogènes (chimiques, biologiques et physiques) et des effets sanitaires associés de court terme et de long terme dans un même indice et iii) la difficulté de disposer de mesures sur des pas de temps adéquats aux VGAI de référence et, de façon générale, de disposer de mesures réalisables à coût abordable et facilement, pouvant être répétées dans le temps et déployées dans l'espace. Par ailleurs, les outils de prédiction de la qualité de l'air intérieur, qui peuvent pallier les difficultés liées à la mesure, n'étaient pas disponibles jusqu'à il y a peu.

Pour autant, la préoccupation des professionnels comme des occupants des bâtiments et citoyens vis-à-vis de la qualité de l'environnement intérieur est croissante et a pris une ampleur plus prégnante à l'occasion de la pandémie de COVID-19. Le renforcement des exigences de performance énergétique des bâtiments doit être l'occasion d'une approche globale de la qualité des bâtiments et la Directive européenne associée a introduit, dans sa révision de 2018, les notions de santé et de sécurité. Ainsi le besoin d'élaborer un indice ou un jeu d'indicateurs de QEI est devenu crucial. Une prise en compte dans le cadre d'un label performanciel associé à la RE2020 constitue ainsi un réel progrès.

Périmètres concernés et critères de sélection des indicateurs proposés

Dans sa note « Bâtiment responsable et santé » publiée en octobre 2019 (RBR, 2019), le Plan Bâtiment Durable évoque de nombreuses thématiques relatives au confort, au bien-être et à la santé dans les bâtiments, et ce que les bâtiments doivent apporter pour satisfaire les besoins de la santé physique, la santé psychique et la santé sociale, composantes de la santé globale telle que définie par l'Organisation mondiale de la santé. Tout en reconnaissant l'importance de l'ensemble de ces facettes de la santé et compte tenu du délai imparti, le groupe s'est concentré sur **4 thématiques relatives au confort et à la santé**, pour lesquels des indicateurs sont mesurables dès à présent :

- le confort hygrothermique ;
- la qualité de l'air intérieur ;
- l'environnement acoustique ;
- l'environnement lumineux.

Ces 4 thématiques ne sont pas exhaustives des multiples aspects de la qualité de l'environnement intérieur qui intègrent également l'ergonomie des espaces, l'agencement intérieur, la création de lien social, etc. Dans le cadre de ces réflexions, à visée opérationnelle, ces composantes n'ont pas pu être intégrées malgré leur caractère fondamental pour des bâtiments favorables à la santé.

Par ailleurs, les **critères pris en compte par le GT4 dans la sélection des indicateurs** sont les suivants :

- la mesure est facile et à coût abordable, ou devrait l'être à moyen terme. Certains indicateurs peuvent être évalués par le calcul au besoin, mais l'approche de la preuve par la mesure reste privilégiée ;
- la mesure est interprétable, à savoir qu'il existe des cadres réglementaires, normatifs et/ou indicatifs pour qualifier les valeurs mesurées ;
- chaque indicateur, en tant que tel ou bien via les seuils à atteindre, induit une « plus-value » par rapport à la réglementation, tout en ne se substituant pas aux indicateurs des certifications environnementales qui constituent un incrément au futur label réglementaire ;
- chaque indicateur est compréhensible de tous, exploitants comme occupants des bâtiments ;
- chaque indicateur est discriminant, à savoir qu'il permet d'identifier des situations de non-qualité et constitue un levier d'amélioration (approche performancielle).

Sauf mention spécifique dans la note, les mesures sont réalisées à réception du bâtiment.

Propositions du GT4

1. Confort hygrothermique

- **2 indicateurs retenus** : la température et l'humidité relative
- 1 indicateur à discuter pour le moyen terme : la perception/satisfaction des occupants

La température opérative ou résultante est le paramètre le mieux associé au confort thermique car il intègre la température de l'air et la température radiante (rayonnement des parois). Cependant, la mesure de la température opérative reste à ce jour considérée complexe à déployer sur le terrain et

ne peut être massifiée. Celle-ci n'est donc pas retenue par le GT4. Bien que qualifiant imparfaitement l'ambiance thermique d'un bâtiment, la **température de l'air** est retenue car mesurable facilement, en continu et à coût abordable. Des repères existent par ailleurs pour positionner les valeurs mesurées (NF EN 16798-1, 2019).

S'agissant du questionnement des occupants vis-à-vis du confort hygrothermique, ce type d'enquête reste délicat à mener. Il est proposé de ne pas retenir un indicateur relié à la satisfaction des occupants. Ce recueil de la perception étant néanmoins fréquemment évoqué par les parties prenantes, il est proposé d'étudier la faisabilité et les modalités de son utilisation via des travaux *ad hoc* à mener.

Par ailleurs, le confort thermique n'a de sens qu'en situation de fonctionnement normal du bâtiment et en occupation. Aussi, réaliser une mesure à la réception du bâtiment neuf ou rénové ne présente pas d'intérêt. De plus, les conditions hygrothermiques intérieures varient selon les saisons. Une mesure sur une période d'une année couvrant toutes les saisons est la plus pertinente. Ainsi, il est proposé que le déploiement de cet indicateur puisse être associé à du commissionnement. A l'instar du GT2 relatif à la mesure des performances énergétiques effectives, il est proposé, pour les bâtiments tertiaires et les immeubles de logements collectifs, que des exigences de commissionnement puissent être intégrées dès à présent dans un label réglementaire, pendant la première année d'exploitation du bâtiment.

Enfin, la mesure de la température étant le plus souvent associée à celle de **l'humidité relative** pour qualifier l'ambiance intérieure, le GT4 propose d'intégrer l'humidité relative dans les indicateurs d'intérêt dès à présent. Outre son rôle dans l'évaluation du confort hygrothermique, l'humidité relative a également une influence sur la qualité de l'air intérieur et la santé des occupants. Trop élevée, elle peut favoriser l'émission de composés organiques volatils par les matériaux et le développement des moisissures et des acariens. Trop faible, elle peut induire des irritations des yeux et des muqueuses. A l'instar de la température, il est proposé que la mesure de l'humidité relative soit faite en situation d'occupation du bâtiment et associée aux exigences de commissionnement pendant la première année d'exploitation du bâtiment.

2. Qualité de l'air intérieur

- **4 indicateurs retenus** : les particules fines (concentration massique en PM_{2,5}), les composés organiques volatils totaux, le dioxyde de carbone (CO₂) et la mesure du débit ou de la pression aux bouches de ventilation + le radon uniquement dans les zones géographiques concernées
- 2 indicateurs à discuter ou retenir à moyen terme : le formaldéhyde et les moisissures

La pollution de l'air intérieur revêt des formes diverses puisqu'il peut s'agir de polluants chimiques (formaldéhyde, benzène, dioxyde d'azote, etc.), d'agents biologiques (moisissures, virus, bactéries) ou d'agents physiques (particules, fibres, gaz radioactif comme le radon). Ainsi un large panel d'indicateurs peut être proposé. Néanmoins, dans un souci d'opérationnalité et d'efficacité vis-à-vis de l'appropriation par l'ensemble des acteurs, un nombre restreint d'indicateurs est proposé par le GT4.

Les **particules fines ou PM_{2,5}** (particules de diamètre médian inférieur à 2,5 µm) présentent un impact sanitaire majeur, internationalement reconnu. Les particules fines sont la première cause des maladies et des décès prématurés liés à la pollution de l'air intérieur en France (OQAI, 2014). Elles sont présentes aussi bien en raison de sources intérieures, notamment les phénomènes de combustion (cuisson, tabagisme, chauffage au bois, encens, etc.) dans les logements, qu'en raison du transfert de la pollution de l'air extérieur dans les bâtiments. Elles disposent de valeurs guides de qualité de l'air intérieur proposées par le Haut Conseil de la santé publique en 2013. Enfin, des dispositifs de mesure en continu, à prix abordable, apparaissent sur le marché et présentent, sous réserve d'avoir un

minimum d'assurance qualité sur la fiabilité de la mesure, une perspective intéressante en alternative à la méthode normalisée de référence plus complexe à mettre en œuvre (pompage d'air sur un filtre pendant au moins 24h). Ainsi, les particules fines sont retenues comme indicateur par le GT4.

Les particules plus « grossières » (PM₁₀, de diamètre médian inférieur à 10 µm) sont également réglementées dans l'air extérieur. Considérées moins toxiques que les PM_{2,5} car présentant une plus forte proportion de particules terrigènes remises en suspension et une moindre part de pollution organique, il est proposé de ne pas les inclure dans le jeu d'indicateurs. S'agissant des nanoparticules ou particules ultrafines (de diamètre inférieur à 100 nm) ou des particules submicroniques (PM₁), bien que les préoccupations sanitaires soient croissantes, il n'existe à ce jour pas de métrique consensuelle (nombre, surface, composition chimique), ni de valeurs de référence permettant de positionner les concentrations mesurées. Elles ne sont pas retenues dans le jeu d'indicateurs.

Concernant la **pollution chimique gazeuse**, deux composés disposent à ce jour de valeurs limites réglementaires dans l'air intérieur : le formaldéhyde et le benzène. Ces deux composés ont été choisis dans le cadre de la mise en place de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public sensible¹. Le formaldéhyde a été retenu pour son caractère ubiquitaire dans les lieux de vie, en raison de son émission par de nombreuses sources intérieures, tandis que le benzène, émis par les processus de combustion, a été retenu comme traceur de la pollution de l'air extérieur (i.e. émissions liées au trafic routier). Sachant que les PM_{2,5} sont également marqueurs du transfert de la pollution extérieure d'une part, et que la mesure du benzène n'est pas aisée pour tout opérateur (mesure par prélèvement actif quelques heures ou bien à l'aide d'un diffuseur passif laissé en place entre 5 et 7 jours dans le bâtiment, nécessitant ensuite une analyse en laboratoire), il est proposé de ne pas retenir le benzène. A court terme, dans un souci de pragmatisme pour une mesure accessible, il est proposé de retenir l'indicateur « **composés organiques volatils (COV) totaux** » qui indique la charge chimique globale et qui est mesurable par des capteurs QAI bas coût, et d'ajouter la mesure du formaldéhyde selon une méthode normalisée (prélèvement actif ou passif) pour les opérateurs qui le peuvent. Même si ce n'est pas l'objet de la présente note, on peut néanmoins mentionner qu'une attention particulière devra être portée au choix du capteur retenu pour la mesure des COV totaux et qu'une évaluation par un organisme tiers constitue un moyen de s'assurer de la qualité de la mesure, à défaut à ce jour, de certification de la qualité de ces capteurs. Des spécifications techniques sur ces capteurs seront précisées dans une note à paraître de l'Alliance HQE.

Pour les mêmes raisons que le benzène, le **dioxyde d'azote (NO₂)**, émis principalement par des sources de combustion, donc peu présent dans les bâtiments tertiaires sauf en lien avec un transfert de la pollution atmosphérique extérieure, n'est pas retenu dans le jeu des indicateurs de QEI proposé par le GT4.

Dans l'évaluation du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur en France, **le radon** est la deuxième cause des maladies et des décès prématurés (OQAI, 2014). L'impact sanitaire des expositions au radon dans les bâtiments est indéniable. Dans ce contexte, de nombreuses prescriptions techniques existent dans les zones à potentiel élevé d'émission de radon par le sol (catégorie 3, carte fournie par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire²) et doivent impérativement être suivies. De plus, la mesure est simple (dosimètre passif de petite taille) et peu coûteuse. Même si cette mesure implique certaines contraintes, à savoir une durée de deux mois uniquement en période hivernale, compte tenu de l'impact sanitaire, le GT4 propose de retenir la mesure du radon dans les zones géographiques concernées.

¹<https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/surveillance-de-la-qualite-de-l-air-interieur-dans-les-etablissements-recevant>

²<https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx>

Les **moisissures** dans les bâtiments ont également un fort impact sanitaire (Anses, 2016). De plus, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur a souligné la problématique des moisissures dans les bâtiments neufs ou rénovés (OQAI, 2017). Dans les bâtiments en construction, la suppression des fuites d'air parasites alors que la ventilation mécanique n'est pas encore en fonctionnement et les fenêtres fermées, combinée à la réduction des temps de séchage des matériaux, peut expliquer une forte humidité lorsque le bâtiment est mis hors d'eau-hors d'air et la présence de moisissures à réception. Dans les bâtiments rénovés, l'absence de prise en compte de la ventilation alors que l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment est renforcée limite l'évacuation de l'humidité générée par les occupants et leurs activités, et favorise ainsi le développement de moisissures. Cependant, la mesure de la flore fongique dans l'air telle que recommandée par les normes (ISO 16000-16 à 20) n'est pas opérationnelle pour un déploiement massif. L'observation visuelle, qui pourrait constituer une alternative, nécessite cependant le recours à un professionnel. Aussi, le GT4 propose de ne pas retenir cet indicateur.

Enfin, le GT4 propose d'inclure le **dioxyde de carbone (CO₂)** dans le jeu d'indicateurs de QEI. Emis par la respiration des occupants d'une pièce, le CO₂ est considéré comme un bon marqueur d'un mauvais renouvellement de l'air en cas de concentrations élevées, et corollairement d'une mauvaise qualité de l'air intérieur. Sa mesure permet ainsi de prendre en compte, indirectement, les polluants de l'air intérieur en présence mais dont la mesure n'est pas possible. A ce titre, la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public sensible intègre la mesure du CO₂, parmi les trois indicateurs retenus. Sa mesure étant par ailleurs aisée, fiable et peu coûteuse, le GT4 propose d'inclure le CO₂ dans le jeu des indicateurs proposés. Sa mesure doit être réalisée exclusivement en situation d'occupation normale du bâtiment.

La performance des **systèmes mécaniques de ventilation** est un déterminant fondamental d'une bonne qualité de l'air intérieur. La RE2020 intègre à ce sujet et pour le secteur résidentiel neuf une obligation de la vérification du fonctionnement correct du système de ventilation avec vérifications visuelles et mesures aux bouches. Pour le résidentiel rénové et pour le tertiaire, le GT4 soutient les propositions du GT2 relatif à la mesure des performances énergétiques effectives, à savoir :

- la mise en œuvre du protocole Promevent³ adapté au logement rénové par le projet SEREINE⁴, dès sa parution fin 2021. Ce protocole adapté prend en compte les spécificités du secteur de la rénovation, notamment des vérifications pour les systèmes de ventilation naturelle et hybride ;
- la mise en œuvre du Protocole Promevent Tertiaire dès la parution des guides d'utilisation en juin 2022.

Le GT4 a discuté de la possibilité d'intégrer des indicateurs de moyens et non plus d'objectifs, comme le recours à des **matériaux de construction et de décoration classés A+** selon la réglementation en vigueur sur l'étiquetage des produits en contact avec l'air intérieur vis-à-vis de leurs émissions de COV. D'une part, de tels indicateurs sont apparus en décalage avec la philosophie des travaux et indicateurs proposés, orientés vers des critères de performance. D'autre part, la vérification réelle sur le terrain s'avère difficile à assurer. Ainsi, il n'est pas proposé d'indicateur en lien avec cet étiquetage réglementaire.

A noter que les paramètres qu'il est proposé de retenir sont tous inclus dans la certification HQE, la démarche ECRAINS de l'ADEME⁵ qui vise à intégrer la prise en compte de la qualité de l'air intérieur tout au long de la construction d'un bâtiment et le cadre européen Level(s) (JRC, 2017). Les indicateurs proposés par le GT4 n'induisent pas de mesures supplémentaires et restent en cohérence avec les certifications environnementales et labels.

³ <http://www.promevent.fr/>

⁴ <https://programmeprofeel.fr/projets/sereine/>

⁵ <https://www.ademe.fr/placer-sante-coeur-lacte-construire>

3. Environnement acoustique

→ **4 indicateurs retenus** : le niveau de bruit de choc, l'isolement au bruit aérien extérieur, l'isolement au bruit aérien intérieur et le niveau de bruit des équipements du bâtiment

Dans le logement, les effets du bruit sur la santé proviennent notamment des bruits qui perturbent le sommeil (réveils nocturnes, modification des cycles de sommeil, retards de sommeil) ou engendrent du stress ou de la fatigue (conflits de voisinage, bruits permanents, etc.). Sur le lieu de travail ou à l'école, le bruit perturbe la concentration donc la performance et l'apprentissage (CNB-ADEME, 2016).

La réglementation acoustique dans les logements prévoit la mesure d'indicateurs de performance à réception du bâtiment. Il existe ainsi un réseau d'opérateurs déjà en mesure d'évaluer ces indicateurs en routine. Dans un souci d'opérationnalité, le GT4 propose donc de retenir ces indicateurs, en leur fixant des valeurs à atteindre supérieures aux exigences réglementaires. Ainsi, les indicateurs suivants sont retenus : le **niveau de bruit de choc, l'isolement au bruit aérien extérieur, l'isolement au bruit aérien intérieur et le niveau de bruit des équipements** (ascenseur, VMC, chaudière, pompe à chaleur, chute d'eau).

A noter que l'isolement au bruit aérien extérieur et le niveau de bruit des équipements font partie des critères d'évaluation de la performance globale d'un bâtiment après sa rénovation développés dans le cadre du projet du programme Profeel « Qualité sanitaire et énergétique des rénovations »⁶.

Le **niveau de bruit ambiant** n'a pas été retenu. Il doit être mesuré en situation normale de fonctionnement du bâtiment, en s'affranchissant du niveau de bruit généré par les occupants puisqu'il s'agit d'évaluer la qualité acoustique offerte intrinsèquement par le bâtiment. Sa mesure pouvant s'avérer complexe, il n'est pas retenu à court terme.

4. Environnement lumineux

→ **1 indicateur retenu pour la lumière naturelle** : l'autonomie en lumière du jour
→ 3 indicateurs retenus pour la lumière artificielle : la modulation temporelle de la lumière, la température de couleur et l'indice de rendu de couleur normalisé

Deux composantes de l'environnement lumineux sont considérées : l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel.

L'environnement lumineux créé par l'exposition des espaces intérieurs à la lumière naturelle dépend du climat local, de l'orientation du bâtiment, de la conception de son enveloppe (en incluant les baies et les protections solaires), ainsi que de la forme des locaux, du choix des matériaux et des revêtements intérieurs. La qualité de l'environnement lumineux ne s'évalue pas uniquement par une quantité globale de lumière naturelle. Elle intègre également la distribution temporelle et spatiale de la lumière naturelle qui doit permettre d'effectuer des activités en évitant le recours à la lumière artificielle. La notion d'**autonomie en lumière du jour** est ainsi appropriée car elle repose sur le pourcentage de surface utile sur laquelle un niveau suffisant de lumière naturelle est atteint pendant une certaine fraction des heures de jour. Cet indicateur est retenu dans la norme relative à l'éclairage naturel des bâtiments NF EN 17037 (2018). Son déploiement est ainsi apparu opérationnel au GT4 et l'indicateur a été retenu.

⁶ <https://programmeprofeel.fr/projets/qualite-sanitaire-et-energetique/>

La **surface totale des baies** doit actuellement, pour tout bâtiment de logements neuf, être supérieure ou égale à 1/6^e de la surface de référence du bâtiment. Il a été envisagé de conserver cet indicateur et de proposer d'augmenter cette part pour aller au-delà dans les exigences réglementaires. Cependant, ceci aurait une implication majeure en termes de construction/rénovation, possiblement non économiquement envisageable. De plus, des contreperformances ne peuvent être exclues, comme par exemple des risques de déperdition de chaleur ou de surchauffe ou des risques d'éblouissement. Aussi, cet indicateur n'a pas été retenu.

Le **niveau d'éclairage** peut être mesuré relativement simplement avec un luxmètre. Néanmoins la mesure est très dépendante des conditions du moment de celle-ci. Même répétée à plusieurs reprises, la mesure peut questionner quant à sa représentativité. Elle doit idéalement être répétée à plusieurs saisons. Pour cette raison de complexité de mise en œuvre, cet indicateur n'a pas été retenu à court terme.

L'**indicateur d'éblouissements**, le DGP (*daylight glare probability*), est complexe à calculer et n'est ainsi pas retenu par le GT4.

Enfin, la qualité de l'éclairage naturel est également liée au **soleil direct reçu dans la pièce** (évalué en nombre d'heures pour un jour donné) et à la **capacité de l'occupant à pouvoir observer un paysage à longue distance** au travers des baies, mesurée par la distance maximale des éléments extérieurs vus depuis l'intérieur. La **qualité de la vue depuis les fenêtres**, qui intègre par exemple la présence de nature (espaces végétalisés), est à ce jour difficile à qualifier objectivement. Ces indicateurs n'ont pas été retenus à court terme pour le label.

S'agissant de la lumière artificielle, trois indicateurs ont été considérés. Le **modulation temporelle de la lumière**, à savoir les fluctuations lumineuses liées aux variations du courant d'alimentation, notée TLM, est la cause des effets visuels de flicker (scintillement) et d'effets stroboscopiques. La TLM a une influence sur les performances visuelles et cognitives lors de certaines tâches, comme la lecture. La TLM peut également être liée à des effets sur la santé plus ou moins graves (déclenchement de crises photo-épileptiques, migraines, maux de tête), qui concerneraient une fraction non négligeable de la population générale ayant une sensibilité plus élevée aux contrastes lumineux (Veitch et al., 2021).

La **température de couleur** est liée à la teinte chaude ou froide de la lumière blanche émise par les lampes et luminaires et est déterminante du confort visuel.

Par ailleurs, lorsque les objets sont éclairés par de la lumière artificielle, la perception des couleurs est différente et peut même disparaître complètement si le spectre lumineux est très étroit. Ainsi, il existe une certaine « qualité de lumière » associée à sa capacité à restituer les couleurs de manière identique à celle de la lumière naturelle. On parle ainsi des indices de rendu de couleur. Le **indice de rendu de couleur normalisé** décrit la capacité de la lumière à discerner visuellement des objets présentant de faibles différences de teintes. Depuis une dizaine d'années, des indices de rendu de couleur complémentaires sont établis ; il est cependant proposé de ne pas les considérer dans le futur label. Pour l'éclairage artificiel, Le GT4 propose donc de retenir la modulation temporelle de la lumière, la température de couleur et l'indice de rendu de couleur normalisé, tous mesurables avec un unique appareil, le spectrocolorimètre.

Enfin, des **indicateurs de l'exposition lumineuse indispensable au maintien du rythme circadien**, qui permet de garantir un état d'éveil suffisant durant la journée et la qualité du sommeil, ont été discutés. En effet, le bon fonctionnement de l'horloge biologique nécessite une exposition lumineuse avec un certain spectre entre le lever et le milieu de l'après-midi. Les excitations lumineuses le soir et pendant la nuit agissent au contraire négativement sur l'horloge biologique. L'environnement lumineux joue donc un rôle fondamental. Il existe des normes internationales concernant l'exposition à la lumière pour une bonne régulation du rythme circadien, qui définissent des indicateurs. Cependant, tout en reconnaissant l'importance de cet aspect de l'environnement lumineux, le GT4 n'a pas retenu ces indicateurs pour conserver un nombre raisonnable d'indicateurs dans la liste finale proposée.

Conclusion

Plusieurs relecteurs de cette note ont suggéré une approche complémentaire basée sur le recueil, par inspection visuelle, d'éléments descriptifs du bâtiment, de son environnement et de ses usages. Ainsi, l'outil Domiscore, mis en place par le Haut Conseil de la santé publique en 2020 pour caractériser un logement selon différents facteurs connus pour impacter la santé de ses occupants et calculer un score global, a été considéré (HCSP, 2020). Bien que jugée intéressante par le GT4, cette approche n'a pas été retenue car elle n'est pas basée sur des mesures et reste à ce jour limitée aux logements.

En conclusion, le GT4 propose une liste de 14 indicateurs de confort et santé, présentés dans le tableau de synthèse en page suivante. Tous sont mesurables de façon simplifiée et à coût abordable, avec des matériels de mesure pouvant être transportés, dans leur globalité, dans une petite valise de quelques kilos.

Pour rappel, cette liste n'est pas exhaustive des paramètres décrivant la qualité d'un environnement intérieur. Néanmoins, elle représente à ce jour un compromis considéré satisfaisant pour intégrer la santé et le confort dans le futur label réglementaire de la RE2020, avec des moyens abordables et des méthodes opérationnelles pour une appropriation par le plus grand nombre des acteurs du bâtiment.

Synthèse des indicateurs de confort et santé proposés par le GT4

A considérer dès à présent en 2021	A discuter ou à prévoir à moyen terme, en fonction du développement des méthodes de mesure à coût abordable
<p><u>Les indicateurs soulignés doivent être mesurés en situation d'occupation normale du bâtiment.</u></p> <p>Confort hygrothermique :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Température</u> 2. <u>Humidité relative</u> <p>Qualité de l'air intérieur</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Particules fines (concentration massique en PM_{2,5}) 4. Composés organiques volatils totaux 5. <u>Dioxyde de carbone (CO₂)</u> 6. Vérification du fonctionnement correct du système mécanique de ventilation avec mesures aux bouches dès à présent pour les logements neufs et dès publication des protocoles manquants pour les logements rénovés (fin 2021) et le tertiaire (juin 2022) <p>Environnement acoustique</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Niveau de bruit de choc 8. Isolement au bruit aérien extérieur 9. Isolement au bruit aérien intérieur 10. Niveau de bruit des équipements du bâtiment <p>Environnement lumineux</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. Autonomie en lumière du jour 12. Modulation temporelle de la lumière artificielle 13. Température de couleur 14. Indice normalisé de rendu des couleurs <p>En plus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Radon, uniquement dans les communes à potentiel radon de catégorie 3</u> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formaldéhyde 2. Moisissures 3. Indicateur basé sur la perception/satisfaction des occupants

Références

- Anses (2016) Moisissures dans le bâti. <http://www.anses.fr>
- CNB-ADEME (2016) Le coût social des pollutions sonores. Conseil national du bruit et ADEME. Mai 2016
- HCSP (2020) Le Domiscore, caractérisation d'un habitat selon son impact sur la santé. Haut Conseil de la santé publique. <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapportsDomaine?clefr=772>
- JRC (2017) Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings. Joint Research Centre, European Commission. <https://doi.org/10.2760/95143>
- NF EN 16798-1 (2019) Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 1 : données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique (Module M1-6)
- OQAI (2014) Coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur. Bulletin de l'OQAI n°7. <https://www.oqai.fr>
- OQAI (2017) Qualité de l'air et confort dans les bâtiments performants en énergie. Bulletin de l'OQAI n°10. <https://www.oqai.fr>
- RBR (2019) Note thématique Bâtiment responsable et santé. Groupe de travail Réflexion Bâtiment Responsable 2020-2050. Octobre 2019
- RBR-T (2020) Un label pour éclairer la route au-delà de la RE2020. Réflexions du groupe Réflexions Bâtiments Responsables et Territoires du Plan Bâtiment Durable. Septembre 2020.
- Veitch J, Martinsons C, Coyne S, Dam-Hansen C (2021) On the state of knowledge concerning the effects of temporal light modulation. *Lighting Research & Technology*, 53, 89-92. <https://doi.org/10.1177/1477153520959182>
- Wei W, Wargocki P, Zirngibl J, Bendžalová J, Mandin C (2020) Review of parameters used to assess the quality of the indoor environment in Green Building certification schemes for offices and hotels. *Energy and Buildings*, 209, 109683. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109683>

Références complémentaires ayant servi au travail du GT4

- Alliance HQE-GBC, Protocole HQE Performance : règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové à réception, version de juin 2015
- Alliance HQE-GBC, Protocole HQE Performance : règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment en exploitation, version de mars 2018
- Les référentiels de certification de Cerqual et Certivéa, notamment le référentiel Qualitel Acoustique, version de novembre 2020