



Notice

MATÉRIAUX ET COULEURS

Intimement liée au choix des matériaux et couleurs pour l'enveloppe du bâtiment, l'écriture architecturale fonde l'identité de l'équipement. Rapporté à l'aménagement intérieur, le choix des matériaux porte des enjeux diversifiés de santé, de robustesse, de durabilité, mais aussi de confort et d'esthétisme. Les gammes chromatiques constituent des facteurs d'ambiances qui doivent être propices au travail et à l'apprentissage.

“Selon l'étude “Clever classrooms” menée par Peter Barrett et al. dans des écoles primaires anglaises et publiée en 2015, la couleur représenterait 11% des critères environnementaux influant sur les performances d'apprentissage des élèves.”

À DIRES D'EXPERTS...*

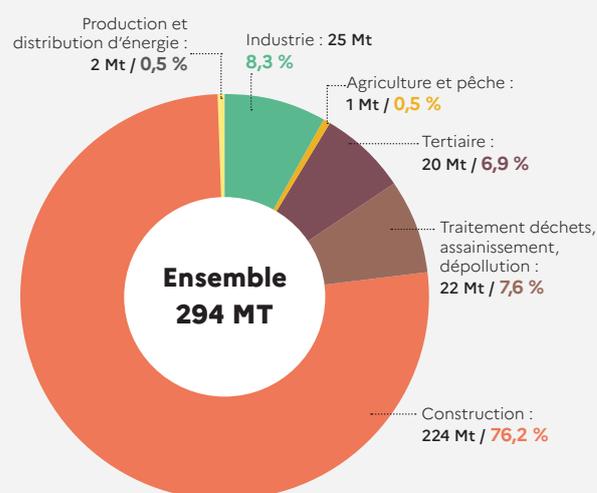
Dans une école ou un établissement scolaire, des **matériaux sains** concourent à une bonne qualité de l'air intérieur, facteur important de **santé** pour les usagers sur le long terme et du bien-être quotidien. Par ailleurs, le choix des matériaux est un enjeu fort de la transition écologique. Un double enjeu écologique s'exprime à travers l'anticipation du **cycle de vie du bâtiment**, et le critère de **durabilité**, qui se traduit par des caractéristiques de robustesse et de facilité d'entretien des matériaux et équipements mis en œuvre.

L'**ambiance chromatique** induite par le choix de matériaux et de couleurs impacte la perception des usagers. Il est important de travailler l'association entre **la couleur, la matière et la lumière**. La façon dont les couleurs pourront être perçues dépend des conditions d'éclairage, de la saison, de la météorologie, de l'heure, de la distance à la surface colorée, des proportions des aplats, etc. Les ambiances intérieures ainsi créées doivent être propices au travail, à la concentration et au bien-être. Utilisé comme moyen et support d'orientation et de signalétique, le bon usage des couleurs contribue de plus à développer des écoles et établissements scolaires plus **inclusifs**.

CHANTIERS ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION : UN DÉFI QUI RESTE À RELEVÉ

En 2017, la production de déchets en France représente 326 millions de tonnes, dont 224 millions de tonnes pour le seul secteur de la construction. Les activités de construction produisent en France 3,4 tonnes par habitant contre 1,8 en moyenne dans les autres pays européens. Le choix des matériaux et de leur mise en œuvre nécessite donc encore des efforts significatifs.

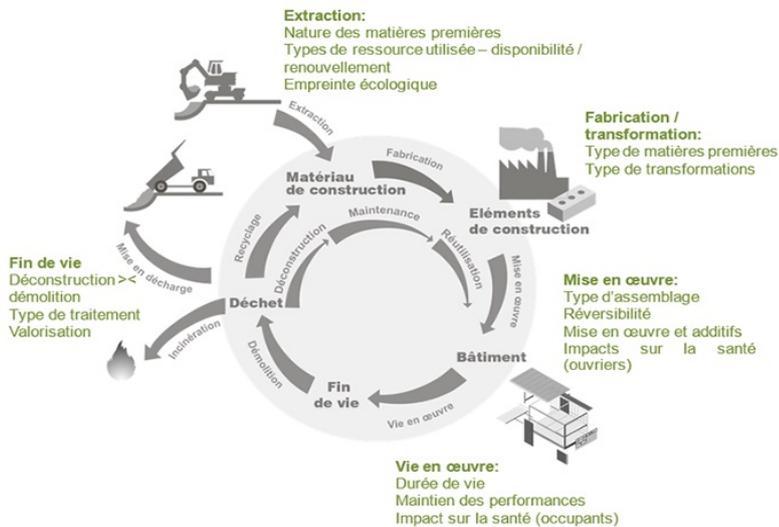
PRODUCTION DE DÉCHETS DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES EN 2016**



*Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'École». / **Source : Déchets chiffres-clés Édition 2020 ADEME

1. LES ATTENDUS, LES SOLUTIONS À PRIVILÉGIER

■ Intégrer à la conception le cycle de vie du bâtiment



Un bâtiment connaît plusieurs **étapes** importantes durant son **cycle de vie** : l'extraction des matières premières, leur transformation en matériaux, le transport, l'assemblage et la mise en œuvre, l'entretien, la démolition et le recyclage. L'ensemble de l'énergie dépensée à chacune de ces étapes est appelée **énergie grise**.

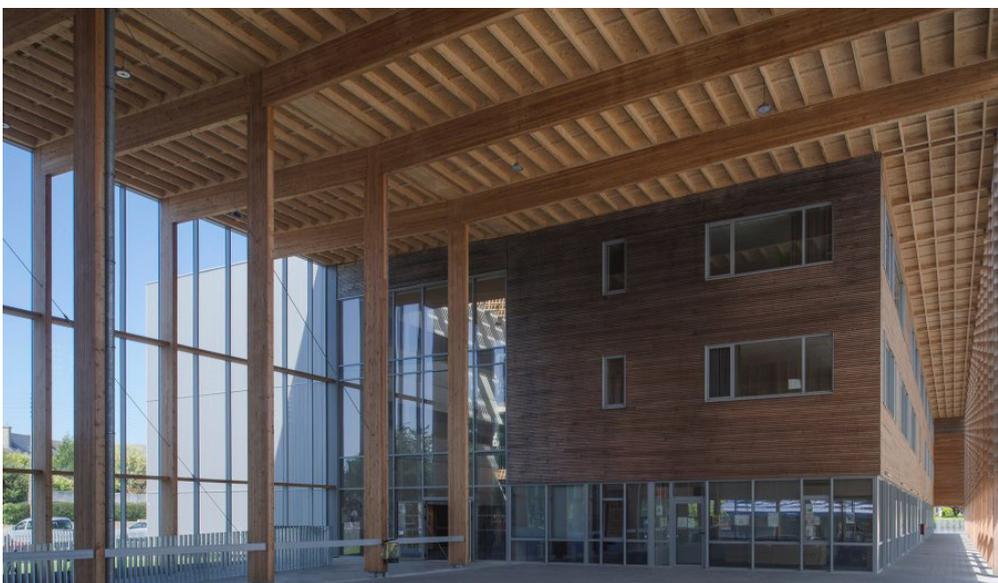
LE CYCLE DE VIE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Source : Architecture & Climat, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI) – Université catholique de Louvain (Belgique).

Au regard des **enjeux écologiques** et de **développement durable**, il est aujourd'hui nécessaire d'anticiper le cycle de vie des matériaux utilisés à la construction des bâtiments scolaires. Plusieurs pistes peuvent être explorées. En premier lieu, il importe de **valoriser le patrimoine bâti existant** en favorisant sa rénovation plutôt que des hypothèses de démolition-reconstruction. Selon le principe de l'**économie circulaire**, il faut dans la mesure du possible favoriser la **déconstruction** et le **réemploi** des matériaux, équipements et composants de l'édifice au lieu de procéder à de simples démolitions. Pour ce faire, préalablement à toute déconstruction, des inventaires sont réalisés pour identifier les ressources comme les déchets qui en seront issus. Une partie des déchets de construction peut également intégrer des filières de **recyclage**, si possible en limitant les transformations. L'usage de **matériaux biosourcés** (d'origine végétale) ou **géosourcés** (d'origine minérale) **locaux** permet également de limiter le **prélèvement de ressources** épuisables.

L'utilisation de matériaux **robustes** et de bonne qualité permet de prolonger le cycle de vie du bâtiment et sa phase d'utilisation. Ils sont choisis de manière à présenter une certaine **résistance à l'usure** (intempéries, UV, frottements, chocs...), aux dégradations (tags, rayures...) et une **facilité d'entretien et de réparation**. Concernant les peintures, afin de limiter leur vieillissement, il est recommandé de protéger les zones de frottements (bas des murs des couloirs, cages d'escalier, zones de débatement des portes...).

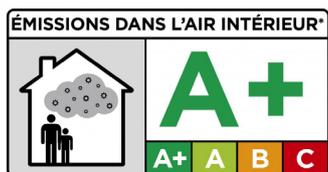
COLLÈGE JEAN RACINE DE SAINT-BRIEUC (22)



La reconstruction du collège a été conçue dans une démarche bas carbone, avec notamment le recours à des graves provenant de réemploi et d'un site de concassage localisé à proximité

© NUNC architectes, Patrick Miara, photographe.

■ Choisir des matériaux sains



La qualité des matériaux sélectionnés pour la rénovation ou la construction d'un équipement scolaire porte un fort enjeu de santé. En effet, certains matériaux de construction, des revêtements et mobiliers, émettent des polluants, les Composés Organiques Volatiles (COV), pouvant altérer la qualité de l'air. Les effets des COV sur la santé humaine peuvent être multiples. Une exposition de courte durée à des concentrations élevées a généralement des effets transitoires, tels que des irritations des voies respiratoires, des yeux et de la peau, ainsi que des effets sur le système

nerveux central (maux de tête, fatigue, nausée, etc.). Une exposition chronique aux COV peut affecter la plupart des fonctions de l'organisme, et notamment le système respiratoire. La prise en compte de cet aspect est donc primordiale, d'autant que les enfants constituent un public à risque. Il convient donc de privilégier les matériaux étiquetés A+. Au-delà du choix de matériaux sains, il est nécessaire d'être attentif à leur mise en œuvre, pour privilégier des colles et produits d'assemblages aux mêmes caractéristiques, en limitant au maximum la teneur en substances toxiques.

LE TABLEAU CI-DESSOUS PRÉSENTE LES SOURCES DES DIFFÉRENTS COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS :

COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS	SOURCE DU POLLUANT DANS LE BÂTIMENT
Formaldéhyde	Réactivité chimique entre l'ozone et certains COV présents dans l'air. Produits de construction et de décoration contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol). Produit d'usage courant : d'entretien et de traitement, d'hygiène corporelle et cosmétiques
Acétaldéhyde	Photocopieurs, imprimantes laser, panneaux de bois brut, panneaux de particules
Toluène	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, vapeurs d'essence, produits d'entretien
Tétrachloroéthylène	Nettoyage à sec, moquettes, tapis
Xylène	Peintures, vernis, colles, insecticides
1,2,4 - Triméthylbenzène	Solvants pétroliers, carburants, goudrons, vernis
1,4-Dichlorobenzène	Antimites, désodorisants, blocs WC, taupicides
Ethylbenzène	Carburants, cires
2-Butoxyéthanol	Peintures, vernis, fongicides, herbicides, traitement du bois
Styrène	Matières plastiques, matériaux isolants, carburant, fumée de tabac, encens, désodorisants

Cette réflexion sur les matériaux sains porte tant sur les matériaux mobilisés pour les **finitions et aménagements intérieurs** que sur les **systèmes constructifs**, ce qui contribue à renouveler fortement les techniques à l'œuvre dans la construction de bâtiments scolaires. Ce sont aujourd'hui souvent des matériaux biosourcés, géosourcés, pétrosourcés, recyclosourcés, etc. qui sont mobilisés en conception.

COLLÈGE ALEXANDRE MAUBOUSSIN DE MAMERS (72) EN CHANTIER

Ossature bois et remplissage par blocs de paille.

© forma6 architectes, département de la Sarthe et Région des Pays de la Loire, maîtrise d'ouvrage.



PÔLE ÉDUCATIF DE LIMEIL-BRÉVANNES (94)



© r2k architectes, Jussi Tiainen, photographe.

2 écoles élémentaires, 3 écoles maternelles, un restaurant scolaire.

Construction bois, avec une forte préfabrication pour limiter le temps de chantier.

ÉCOLE DES AVENIÈRES VEYRINS-THUELLIN (38)



© Design & architecture

Structure en terre crue.

LYCÉE INTERNATIONAL DE BAILLARGUES (34)



© BPA architecture, Didier Boy de la Tour, photographe.

Pierre structurale.

Au regard des impératifs thermiques, les bâtiments présentent une nécessaire **étanchéité**, qui ne doit pas se faire au détriment de la **respiration des parois**. En effet, les murs contiennent naturellement de l'**humidité** qu'il est nécessaire d'évacuer afin de limiter l'apparition de moisissures, contribuant à la pollution de l'air intérieur. Afin de garantir une bonne qualité de l'air intérieur, un **renouvellement de l'air** régulier et adapté aux besoins et aux activités des occupants est indispensable. Une surventilation des locaux est nécessaire à réception d'un nouveau bâtiment pour évacuer les COV.

La possible présence d'**amiante** dans les écoles et établissements scolaires construits dans les années 70 et 80, nécessite un repérage anticipé, avant le démarrage d'un chantier de rénovation.

■ Concevoir conjointement les ambiances colorées et l'éclairage

La conception des espaces intérieurs nécessite une réflexion autour des ambiances, notamment colorées et lumineuses de façon à être favorables au confort d'usage et aux conditions d'apprentissage en milieu scolaire. Lumière et couleur sont intrinsèquement liés, une couleur n'apparaissant pas de la même manière selon l'intensité, la chaleur ou l'orientation de la source lumineuse. Composée de toutes les couleurs du spectre, la lumière naturelle permet une perception fidèle des couleurs, contrairement à une lumière artificielle dont le spectre est plus restreint et pourra impacter plus ou moins fortement la perception des couleurs. Lors du choix de l'éclairage et notamment de la température de couleur de ce dernier, il faut être conscient que cela peut impacter la vision des couleurs et donc l'ambiance du lieu (teintes chaudes ou froides).

À DIRE D'EXPERTS...*

Si la lumière vient ricocher sur une paroi colorée, cela crée une ambiance lumineuse colorée. Dans le cas de murs peints en jaune, on pourra remarquer un ressenti de "bulle chaude". Au contraire, avec des murs verts, cela nous donnera un teint blafard... C'est pourquoi, si l'on sait que la lumière naturelle risque de frapper un mur, on évitera de peindre ce dernier en bleu ou en vert qui ne sont pas des teintes lumineuses naturelles.

DÉFINITIONS

Qu'est-ce qu'une couleur ? Les couleurs que l'on voit sont en réalité des perceptions colorées, c'est l'interaction entre la lumière et la matière qui nous permet de les voir. Chaque couleur - dont les infrarouge et les ultraviolets - correspond à une **longueur d'onde** et l'œil humain est capable de percevoir celles comprises entre 380 et 780 nanomètres, c'est ce que l'on appelle le **spectre optique**. Chaque objet, selon sa composition, **absorbe** certaines **longueurs d'ondes** et réfléchit les autres, ce sont ces dernières que nous pouvons voir.

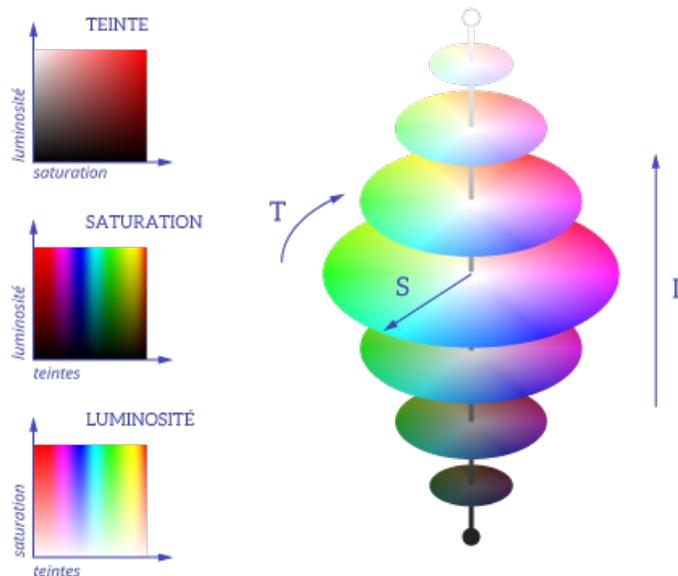
Teinte d'une couleur : longueur d'onde dominante perçue (rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet).

Luminosité d'une couleur : emplacement d'une couleur sur une échelle allant du blanc au noir, il s'agit de son **degré d'éclaircissement ou d'assombrissement** de la couleur.

Température : couleur émise par une **source lumineuse** et mesurée en degrés Kelvin. Plus le chiffre est élevé, plus la lumière sera *froide* et apparaîtra **bleutée**, plus il est faible, plus la couleur est dite *chaude* et tirera sur des tons **orangés**.

Indice de rendu des couleurs : indice permettant la mesure de la capacité d'une **source lumineuse** à rendre les couleurs de manière plus ou moins **fidèle**.

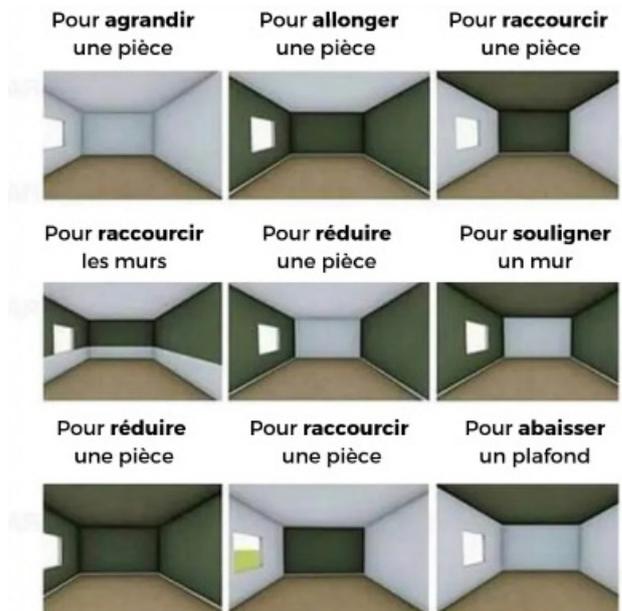
Saturation d'une couleur : degré de pureté d'une couleur, un parle de chromaticité de celle-ci. Plus la couleur sera **vive et lumineuse**, plus elle sera dite saturée.



Les **choix de couleurs** et leur **emplacement** peuvent contribuer à modifier la **perception des volumes**. Ce pouvoir de transformation spatiale des couleurs peut permettre de simuler le rabaissement d'un plafond trop haut, ou à l'inverse procurer l'impression de l'agrandissement d'une pièce.

Il est également important de prendre en considération les risques d'**éblouissement** liés à la couleur des murs, notamment les murs peints en blanc ou avec des couleurs vives. Une forte présence de **couleurs saturées** peut entraîner une surstimulation et une **fatigue visuelle**, d'autant plus lorsque celle-ci est associée à une grande luminosité.

Le choix des couleurs ainsi que **la taille des aplats** doivent être réfléchis en cohérence avec l'orientation et la quantité de vitrage et des dispositifs d'éclairage artificiel. Dans le cas de grands aplats colorés, il est possible de se tourner vers des teintes de couleurs proches pour créer un camaïeu. Des recommandations sont à formuler sur **le degré de saturation des couleurs** à utiliser dans les équipements scolaires : un orange peut être doux et apaisant lorsqu'un bleu saturé et vif peut être perçu comme agressif. Lorsque l'on crée une **harmonie** fine de couleurs douces en camaïeu, l'ajout de certaines couleurs en contrastes, plus vives ou tranchantes (comme le noir ou le blanc par exemple) peut "écraser" et lisser le camaïeu de couleurs. La **polychromie** peut en revanche être envisagée si elle est appliquée sur des zones restreintes, par touches sur le sol, le mobilier ou les objets. La création de zones de «respiration» entre des **aplats colorés peut être bienvenue**, ces derniers étant alors perçus comme des **punctuations de couleurs** parmi une majorité de surfaces aux **couleurs neutres** (blancs, beiges, bruns, gris...). Le bon **équilibre** dépend donc de la **surface**, du **nombre de couleurs** différentes et de **l'intensité** de ces dernières.



ÉCOLE MATERNELLE, MARMOUTIER (67)



© Dominique Coulon & associés, Jean-Marie Monthiers, photographe.

UN CHOIX DE COULEURS INCLUSIF : cela profite à tout le monde

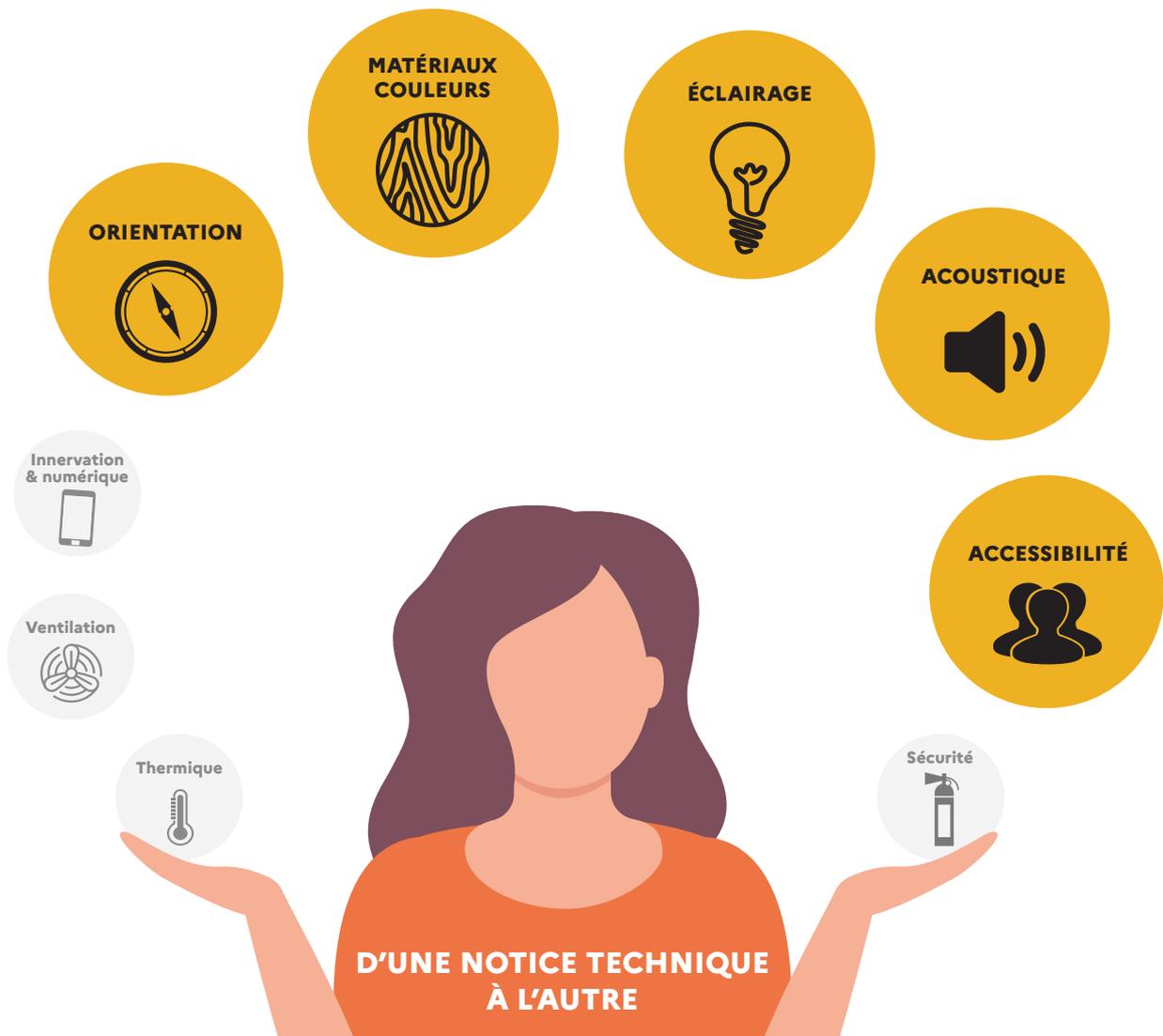
Les changements de couleurs et matériaux peuvent servir à identifier des espaces, aider au repérage dans le bâtiment et par conséquent favoriser l'autonomie. Néanmoins, certains élèves peuvent être sensibles aux **ruptures sensorielles** (changement brutal d'ambiance, de couleur, de matériaux, de lumière...). Il est conseillé de limiter, si possible, ces changements au niveau des **seuils et passages** entre différents espaces.

Les préférences en termes de couleur sont très variables, selon le handicap. Cependant, afin de limiter le risque de **sur-stimulation visuelle**, il est conseillé d'opter pour des murs et des sols aux **tons doux**, en choisissant des couleurs neutres ou pastel et en évitant les espaces entièrement blancs ou à forte polychromie. Les couleurs vives peuvent être apportées par petites touches, par exemple avec le mobilier. Il est préférable d'utiliser des peintures satinées ou mates afin de limiter le **réfléchissement** et l'**éblouissement**.

Certains élèves, selon leur handicap, peuvent aussi être perturbés par les **motifs répétitifs au sol**, car cela complexifie le traitement visuel des informations : sol moucheté, petits carreaux de carrelage, carrelage avec joints en contraste ou sol avec raccords marqués (lino, parquet...), etc.

Les **espaces de circulation** représentent souvent des zones saturées par les flux et compliquées à traiter au sein des écoles et des établissements. Il est possible d'utiliser **la couleur** pour **transformer la volumétrie** de ces espaces ; en les fragmentant, par exemple, pour **réduire les effets de longueur** et **délimiter des zones d'usage**.

Afin de tenir compte de la problématique des personnes daltoniennes, adapter les **codes couleurs éventuels** par des symboles complémentaires (textures) leurs permettant de discriminer les espaces et les consignes associées.



Le choix des matériaux et couleurs doit être corrélé à la conception de l'éclairage et à celle de l'acoustique pour créer des ambiances maîtrisées et offrir un vrai confort d'usage. Couleurs et matériaux influent sur le repérage dans l'espace et guident donc la réflexion en matière de signalétique, mais aussi d'accessibilité.

2. LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES À PRENDRE EN COMPTE

- **Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (issu de l'article 180 de la Loi Grenelle II de 2010)** : il contraint à une obligation de surveillance de la qualité de l'air dans les bâtiments accueillant des enfants et propose des valeurs de référence pour certains composants chimiques, notamment le formaldéhyde.

- **Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement** : il propose une classification des matériaux de construction selon leur résistance au feu.

- **Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (issu de l'article 180 de la Loi Grenelle II de 2010)** : il rend obligatoire l'étiquetage des matériaux de construction et d'aménagement afin de permettre une transparence quant à leur composition et à la potentielle présence de dix composants chimiques polluants.

3. INDICATEURS CIBLES SOUHAITABLES POUR QUELQUES ESPACES

Le classement "UPEC" des locaux et des revêtements de sol est un classement de durabilité en fonction de l'usage. L'objectif du classement UPEC est d'obtenir, moyennant un entretien adapté, que les revêtements se conservent de manière satisfaisante. Chaque lettre est munie d'un indice numérique qui permet, de façon schématique mais suffisamment précise, d'indiquer soit les niveaux d'exigences auxquels doit satisfaire l'ouvrage concerné par le classement, soit, symétriquement, les niveaux de performances du revêtement de sol en œuvre. L'indice augmente avec la sévérité d'usage ou avec le niveau de performances.

Les lettres signifient :

- U = Usure au trafic ;
- P = Poinçonnement, (exemple : action du mobilier fixe ou mobile, chute d'objets) ;
- E = Comportement à l'Eau et à l'humidité ;
- C = Tenue aux agents Chimiques et produits tachant.

Locaux : désignation et caractéristiques	Classement
Salle de classe ou d'enseignement ouvrant sur l'extérieur	U4 P3 E2 C1
Salle de classe ou d'enseignement n'ouvrant pas sur l'extérieur	U3 P3 E2 C1
Salle commune polyvalente, salle de jeux, ouvrant sur l'extérieur	U4 P3 E2 C1
Espaces administratifs	U3 P3 E1 C0
Sanitaires n'ouvrant pas sur l'extérieur	U3 P2 E2 C2
Sanitaires ouvrant sur l'extérieur	U4 P3 E3 C2
Hall d'entrée, escaliers et circulations	U4 P3 E2 C1

AVANT DE SE LANCER

- La réflexion sur le choix des matériaux tient-elle compte du cycle de vie du bâtiment ?
- Les matériaux choisis permettent-ils une bonne qualité de l'air ?
- Les matériaux sont-ils robustes et durables ? Peuvent-ils être facilement entretenus ?
- Le choix des couleurs et des murs colorés a-t-il été pensé en lien avec les sources d'éclairage ?
- Le choix des couleurs et de leur saturation génère-t-il des ambiances agréables et calmes ? A-t-il été pensé en appui aux usages ciblés dans les différents espaces scolaires et à de bonnes conditions de travail et d'apprentissage ?

D'autres informations disponibles sur le site
<https://batiscolaire.education.gouv.fr/>

* Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'Ecole».