

Zumtobel Research

Effet d'un éclairage variable sur la productivité de travailleurs permanents de l'équipe du matin à un poste de travail dans l'industrie

Markus Canazei, Bartenbach GmbH, Aldrans \ AT
Peter Dehoff, Zumtobel Lighting, Dornbirn | AT
Mars 2013

ISBN 978-3-902940-40-7



Zumtobel Research

Effet d'un éclairage variable sur la productivité de travailleurs permanents de l'équipe du matin à un poste de travail dans l'industrie

Avant-propos		5
Résumé		6
1 Énoncé du problème		8
2 État de la science		9
3 Hypothèses de recherche		10
4 Méthodes de recherche	4.1 Choix des méthodes	11
	4.2 Conception de l'essai	13
	4.3 Instruments d'évaluation et de mesure	15
	4.4 Réalisation de l'essai	19
5 Résultats		24
6 Meilleures pratiques		31
7 Discussion et perspectives		32
8 Bibliographie		34
Bref portrait des partenaires/partenaires de recherche/promoteurs		35



Postes de travail industriels chez Flextronics

Une question qui revient souvent est : quel est le gain de productivité apporté par l'amélioration des conditions de travail ? Dans celle-ci, la lumière joue un rôle capital. Car elle apporte non seulement une amélioration des conditions visuelles, mais agit également sur les fonctions biologiques inconscientes. De plus, la lumière est toujours un facteur émotionnel.

Pour pouvoir démontrer scientifiquement le gain de productivité, l'analyse d'indices de production ne suffit pas, car ceux-ci ne peuvent pas être clairement imputés à un bon éclairage.

C'est pourquoi nous utilisons dans cette étude des méthodes plus globales pour comprendre l'effet de la lumière sur l'homme.

Signalons que des conditions conformes aux normes permettent déjà de travailler confortablement et sans erreurs. Il est d'autant plus réjouissant de savoir que « notamment un éclairage variable dynamique » influence positivement le sommeil nocturne et le temps d'usinage par pièce – et contribue par conséquent également à une augmentation de la productivité.

Résumé

Dans le cadre étude sur le terrain on a relevé les effets d'un éclairage variable sur la psychologie et la productivité des travailleurs de l'équipe du matin de l'usine Flextronics d'Althofen.

La première étude (étude préparatoire) comparait deux éclairages dynamiques. L'un offrait de variations lumineuses peu fréquentes, mais perceptibles, l'autre par contre présentait des variations d'intensité fréquentes, mais non perceptibles.

Pour la deuxième étude, on a sélectionné deux ambiances dynamiques au moyen d'une étude pilote dans laquelle 6 ambiances lumineuses ont été testées. Ces deux ambiances dynamiques ont été comparées avec un éclairage standard selon EN 12464-1 pendant une période pauvre en lumière du jour dans le cadre d'une étude principale d'une durée de 9 semaines à l'aide de méthodes d'essai pluridisciplinaires (p. ex. questionnaires de psychologie du travail, électrocardiographie, actigraphie et enregistrement d'indices de production spécifiques).

Comme le processus de travail était soumis à de perturbations notables (p. ex. modification des horaires et des équipes de travail), différentes tailles d'échantillon ont été intégrées dans l'analyse des données.

Sous les deux éclairages dynamiques, le tonus vagal* des travailleurs augmentait pendant le premier et le dernier tiers du poste du matin par rapport à l'éclairage standard. On a par ailleurs noté sous ces deux éclairages une nette amélioration de la qualité du sommeil.

En outre, une dynamique de luminosité perceptible vers la fin du poste du matin dans la halle de production agissait positivement sur le bien-être. En revanche, l'activité physique durant le poste matinal sous une dynamique de luminosité non perceptible était nettement réduite.

Dans la première étude, il ne fut d'abord pas possible de mesurer de manière simple l'influence de l'éclairage sur la productivité des collaborateurs en raison de l'organisation de travail très élaborée. Une évaluation du temps relatif moyen d'usinage par pièce indiquait une augmentation de productivité de 4 % pendant l'hiver.

En résumé, on peut constater qu'un éclairage variable dépassant l'éclairage standard a un effet positif sur les travailleurs pendant le poste du matin ainsi que pendant la nuit. Finalement, la présente étude de terrain montre que même si l'étude de l'influence de l'éclairage sur la productivité des collaborateurs d'une entreprise de production moderne est fort masquée par l'organisation de travail rigide qui y règne, un tel éclairage permet de maîtriser plus rapidement et plus facilement les tâches de travail.

* Tonus vagal : état de tension et d'excitation du système nerveux parasympathique, principalement influencé par le nerf vague.

Ce projet de recherche a été réalisé dans le cadre du centre de compétence k-Licht. Des partenaires interdisciplinaires ont été intégrés, k-Licht a été subventionné par l'État fédéral et les Länder (voir en dernière page).

Les premières études ont démarré en 2006. Après achèvement de tous les examens et en dehors de la phase de soutien, les nombreuses données ont été exploitées. Suite à quoi, s'est déroulée une étude en laboratoire (voir étude « Expérience de laboratoire sur l'influence d'un éclairage dynamique sur la productivité »). Les résultats de la première étude réalisée chez Flextronics ont été publiés dans la revue scientifique de haute renommée « Lighting Research & Technology ».



1 Énoncé du problème

Dans une entreprise de production, les informations sur la productivité sont considérées comme une indication importante sur le rendement. Mais mesurer l'augmentation de la productivité sous l'effet de l'éclairage s'avère relativement difficile. Lorsqu'on constate une augmentation, celle-ci est souvent due à un grand nombre d'influences.

Dans le domaine de l'éclairage, il existe de multiples possibilités de créer de bonnes conditions visuelles, ne serait-ce que par un éclairage statique au minimum conforme aux normes. Pour obtenir des variations dynamiques de l'éclairage, il est possible de faire varier l'éclairage au niveau de la luminosité ou de la température de couleur. Les variations peuvent être rapides ou lentes, elles peuvent être perceptibles ou non perceptibles.

L'effet sur les travailleurs peut être déterminé à l'aide d'enquêtes et de mesures. Une bonne approche s'avère être l'étude interdisciplinaire où des spécialistes en psychologie, ergonomie, médecine et technique d'éclairage utilisent ensemble les mêmes instruments de mesure pour décrire et analyser les effets sur le bien-être, le comportement au stress, la motivation et la qualité du sommeil, la capacité de régénération après le travail ainsi que la qualité de l'éclairage.

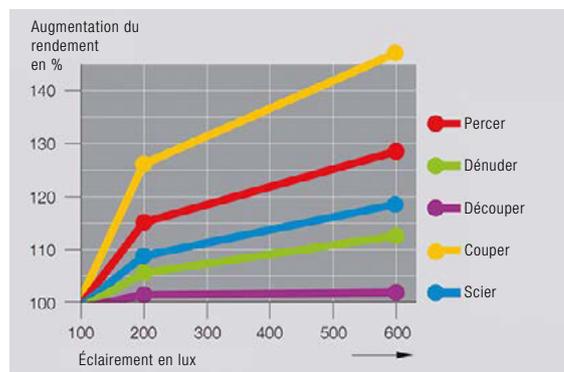
Finalement, une entreprise doit être disposée à accepter ces études.



Le monde scientifique s'accorde sur le fait que la lumière a une influence essentielle sur la performance visuelle et le bien-être des personnes au travail. Une bonne qualité de lumière se répercute par conséquent indirectement sur la productivité. Avec des éclairagements trop faibles, le taux d'erreur est nettement plus élevé /Völker/. Pour des tâches manuelles simples, le taux d'erreurs diminue seulement à partir d'un éclairage d'environ 500 lux. Juslén a montré qu'en augmentant l'éclairage de 800 lx à 1 200 lx, la productivité s'améliore d'environ 4,7 % en hiver durant le poste du matin du fait du raccourcissement des temps d'usinage, alors qu'en été aucun effet n'a pu être constaté /Juslén/. Il a effectué ses recherches dans de nombreuses entreprises industrielles avec différentes installations d'éclairage.

L'effet de la lumière sur l'homme est un sujet d'investigation de différentes sciences comme la psychologie, la médecine, l'ergonomie et la technique d'éclairage. Des questionnaires, examens médicaux, observations et mesures ont pu être compilés dans le cadre d'un avant-projet de k-Licht. Ceux-ci constituaient des instruments permettant de réaliser dans des conditions réelles une enquête de terrain dans une entreprise industrielle.

Les analyses de l'avant-projet réalisé dans le centre de compétence k-Licht ont démontré qu'un éclairage général dynamique influence positivement tant la psychophysiologie que la productivité des personnes au travail. Cet avant-projet étudiait les effets des modifications de luminosité très lentes, comme elles se produisent sous un ciel dégagé. Suite aux résultats de cette recherche, s'est posée la question à savoir si des modifications de luminosité plus rapides (en l'espace de quelques minutes jusqu'à maximum une demi-heure) avec une dynamique élevée (variation de l'éclairage horizontal de 1 000 à 2 000 / 3 000 lx dans la zone de travail) pouvaient encore renforcer cet effet.



3 Hypothèses de recherche

L'objectif de ce projet était de quantifier l'influence d'un éclairage général très variable sur le bien-être psychophysique et la productivité des collaborateurs d'une entreprise industrielle.

Une lumière variable est une lumière d'ambiance qui varie dans le temps au niveau de la

- luminosité (éclairage)
- couleur de lumière (spectre lumineux)
- répartition lumineuse (distribution des luminances dans la pièce)

Il s'agissait en premier lieu de mesurer les effets directs d'un éclairage variable pendant le poste du matin. La saisie des données de la présente étude a volontairement été effectuée durant la saison la plus sombre. On s'attendait ainsi à ce que les effets de la lumière artificielle sur les personnes soient plus marquants, étant donné qu'en cette saison l'influence de la lumière naturelle est très faible.

La tâche fondamentale était de développer différentes conditions lumineuses très dynamiques satisfaisant les deux exigences centrales suivantes :

1. Elles devaient entraîner des effets psychophysiques et
2. être acceptées par les collaborateurs.

Dans beaucoup de travaux de recherche portant sur les effets de la lumière publiés jusqu'à présent, ces deux exigences sont absolument inconciliables.

4.1. Le choix des méthodes

L'étude a été menée en deux étapes, une étude pilote et l'étude principale.

L'objectif de l'étude pilote était de faire évaluer l'acceptation et la tolérance dans le travail quotidien de six séquences lumineuses, chacune étant présentée pendant une semaine.

Avant de démarrer cette étude, on a procédé à une **évaluation ergonomique** des postes de travail ainsi qu'à un classement en fonction des tâches spécifiques. Ensuite, on a sélectionné les postes de travail où des données psychophysiologiques de collaborateurs devaient être saisies au cours de l'étude pilote et de l'étude principale.

Les observations ont eu lieu en été et en hiver.
24–29 sujets féminins, dont 61 % de plus de 40 ans ont participé.

Parallèlement à l'évaluation ergonomique, on a travaillé avec le directeur de production à la saisie des **indices de production** des postes de travail sélectionnés. Les postes usinant le même produit ont été regroupés (lignes de production). On a pu constater qu'à partir du nombre de pièces usinées par groupe de travail et par jour et du temps d'usinage nécessaire, il était possible de déduire un temps d'usinage par pièce. Cette valeur peut représenter la productivité d'un groupe de travail.

Dans les études sur l'effet biologique de la lumière, souvent, on ne demande pas aux personnes exposées à la lumière ce qu'ils pensent de la qualité de la lumière. C'est pourtant un aspect décisif en ce qui concerne la possibilité d'installation et d'utilisation ultérieures d'éclairages intérieurs et peut même entraîner des troubles visuels, cognitifs et physiologiques, notamment en cas de modifications très rapides de luminosité.

L'évaluation des questionnaires a facilité l'élaboration et la sélection de deux algorithmes de commande pour un éclairage dynamique dont l'effet psychophysiologique devait être comparé à celui d'un éclairage de contrôle dans le cadre de l'étude principale.

Étant donné que les collaborateurs ne devaient pas remarquer quand exactement les conditions lumineuses changeaient dans la halle, la commande de l'éclairage était reprogrammée chaque samedi (en dehors des heures de travail).

De nombreux facteurs indépendants de l'éclairage influencent les résultats de l'étude et sont difficilement, voire pas du tout contrôlables, comme les maladies de collaborateurs, des charges familiales supplémentaires en dehors des heures de travail, un supplément inattendu de commandes, des pannes de machines ou des problèmes avec l'approvisionnement des matériaux. Ces effets se superposent aux effets psychophysiologiques de l'éclairage général. Étant donné que la responsable de l'étude a soigneusement noté tout événement de ce genre, il a été possible de filtrer ces données avant de démarrer l'analyse.

Avant et après l'étude principale, on a noté l'état **de santé physique et psychologique professionnel** des participants au cours d'un examen de médecine du travail d'une demi-heure. Cette mesure permettait de contrôler exactement les influences perturbant les résultats de l'étude.

Une autre mesure pour réduire les paramètres perturbateurs était la mise en œuvre d'un concept d'essai avec **la répétition à court terme des mesures**. C'est ainsi que chacune des trois conditions lumineuses a été activée de manière aléatoire trois fois pendant une semaine.

Un changement fréquent des conditions lumineuses permet d'espérer que les collaborateurs se fassent une opinion moins nette sur la lumière ambiante.

En résumé il s'agissait d'une **étude contrôlée, randomisée en double insu avec 3 x 3 permutations**. Un tel concept d'étude est également volontiers utilisé dans la recherche sur les effets pharmaceutiques et est actuellement considéré comme un des plus hauts standards scientifiques en matière de méthode d'examen.

Parallèlement à la saisie de données subjectives par questionnaire, durant toute la durée du poste, l'activité cardiaque était enregistrée à l'aide d'une ceinture pectorale ajustable et conviviale. De plus, du lundi (avant le début du travail) au vendredi (à la fin du travail posté) l'activité physique était relevée par un système de monitoring (actimètre) porté au poignet (même en dehors du travail).

Les quinze systèmes de monitoring et ceintures pectorales disponibles ont été distribués entre les participants de manière à pouvoir enregistrer suffisamment de données sur l'activité cardiaque et physique sous chacune des conditions lumineuses.

Chaque samedi, on réglait les conditions lumineuses pour la semaine suivante de sorte que les participants ne puissent pas savoir quelle condition avait été choisie.

4.2 Conception de l'essai

Local

L'entreprise de production a aménagé un nouveau hall de production. En même temps, un nouvel éclairage général devait être installé. La particularité de l'aménagement de la salle de production était les murs et le sol blancs. La couleur du plafond, des murs et du sol de la salle de production devait produire la sensation d'un lieu de travail très propre où l'on produit des produits médicaux. Cet effet joue un grand rôle auprès des clients en visite chez Flextronics.



La salle de production peu après l'installation de l'éclairage en 2005. La salle n'est pas encore complètement aménagée et les deux parties sont intentionnellement éclairées par deux éclairages différents pour démontrer les différences de températures de couleur.

Intervention sur l'éclairage

Dans la salle de production, on a utilisé des luminaires TECTON RC 2/54 W équipés de lampes fluorescentes avec une couleur de lumière de 4000 K ($R_a > 80$) et la commande de l'éclairage « EMOTION-Touch ». L'installation d'éclairage était conforme à la ÖNORM EN 12464-1 (p. ex. limitation de l'éblouissement $UGR < 19$). La commande s'effectuait automatiquement, les collaborateurs ne pouvaient donc pas intervenir sur l'éclairage. Seuls l'allumage et l'extinction avant et après le travail étaient possibles manuellement.

Aux fenêtres (situées sur la façade nord-ouest du bâtiment) on a monté des **feuilles écrans** avec un degré de transmission de 13 %. Ceci permettait de garder une relation avec l'extérieur (le facteur de lumière du jour était inférieur à 2 %) et de bien contrôler l'influence d'un apport de lumière du jour variable. De ce fait, aux différents postes de travail, on ne mesurait plus qu'une lumière du jour avec un éclairement horizontal de 30 à 150 lx dans la zone de travail.

Déroulement temporel

La présente étude comporte trois phases. On a commencé par le **développement de séquences lumineuses très dynamiques** à tester, puis on a procédé à l'**étude pilote** avec 6 séquences lumineuses dynamiques choisies.

L'étude pilote devait permettre d'atteindre au moins deux objectifs :

1. Vérifier si les nouvelles conditions lumineuses dynamiques sont acceptées et déterminer lesquelles d'entre elles sont le mieux acceptées.
2. Contrôler l'utilité et les possibilités d'utilisation des données de productivité saisies, tester la transmission des données quotidiennes via le serveur php de la société Bartenbach et développer une stratégie d'exploitation de ces données.

Sur la base des résultats de l'étude pilote, deux de ces six séquences lumineuses ont été sélectionnées et testées par rapport à un éclairage de référence (lumière standard) dans l'**étude principale**.

Développement de séquences lumineuses très dynamiques

L'objectif du travail de développement consistait à concevoir plusieurs séquences lumineuses avec une grande dynamique de luminosité dont seules certaines devaient être perceptibles. Ceci se fonde sur le fait que des variations de lumière consciemment perceptibles déclenchent une attente et leur évaluation subjective diffère de celle de variations de lumière imperceptibles.

Dans le cadre du présent projet, on entend par **condition lumineuse dynamique**, non une variation de la couleur de lumière, mais uniquement une variation dans le temps de l'éclairage de l'éclairage général. La couleur de lumière de la source primaire (lampe fluorescente) est restée constante à 4 000 K.

La valeur la plus basse de chaque condition lumineuse dynamique était l'éclairage réglementaire de 1 000 lx. Les luminosités les plus élevées dans la séquence dynamique comportaient 3 000 lx d'éclairage horizontal moyen dans la zone de travail.

En général, la durée, le moment ainsi que le degré de la dynamique de luminosité variaient.

Pour l'étude pilote, on a développé trois séquences lumineuses très dynamiques, dont l'une présentait des variations de luminosité perceptibles et deux des variations non perceptibles.

4.3 Instruments d'évaluation et de mesure

Les instruments qui ont servi à l'étude peuvent être classés parmi les disciplines suivantes :

Psychologie du travail

Questionnaires sur le vécu du stress, le bien-être, le chronotype, le sommeil et l'éveil

Médecine du travail

État de santé physique et anamnèse sociale, mesure de la fréquence cardiaque, activité physique

Production

Enregistrement des pièces usinées et du temps nécessaire pour chacune des personnes

Ergonomie

Évaluation ergonomique du poste de travail

Technique d'éclairage

Documentation photométrique, questionnaire sur la qualité de lumière

Les instruments qui ont servi à l'étude peuvent être classés dans les domaines suivants en fonction de la discipline :

Paramètres de mesure I

Questionnaire sur le bien-être du moment

Ce questionnaire servait à déterminer l'influence des conditions lumineuses sur le bien-être momentané des collaborateurs ainsi que certains aspects de l'interaction sociale des collaborateurs (p. ex. capacités relationnelles, agressivité, etc.). Étant donné que le questionnaire était proposé trois fois par journée de travail, il a été possible de saisir en même temps une modification temporelle des paramètres de l'enquête.

Journal sur la qualité du sommeil et sur la sensation d'éveil au matin

Le journal était présenté tous les jours avant le début du travail et se composait de deux échelles de 1 à 7 pour l'évaluation de la qualité de sommeil de la nuit passée et de la sensation d'éveil avant de commencer le travail. Ce journal devait permettre de saisir les effets à long terme des divers éclairages sur le sommeil et la capacité de régénération nocturne. Comme les participants étaient questionnés tous les jours, il a ainsi été possible de quantifier une séquence hebdomadaire.

Paramètres de mesure II

Questionnaires sur la qualité de lumière

Pour l'enquête sur la qualité de lumière, des questionnaires ont été distribués tous les mercredis et vendredis à la fin de la journée de travail. Les questionnaires devaient relever dans quelle mesure les conditions lumineuses dynamiques testées influencent la qualité de l'éclairage d'ambiance à une époque de l'année pauvre en lumière du jour en comparaison avec un éclairage standard. L'acceptation de séquences lumineuses dans des contextes de travail n'a pas encore été étudiée jusqu'à ce jour et devait pour la première fois être étudiée dans le cadre d'une étude sur le terrain.

Saisie pendant 24 heures de l'activité physique et de la dose de lumière

Pour l'enregistrement de l'activité physique et la dose quotidienne de lumière à laquelle le participant était exposé, on a utilisé un système de mesure sous forme de « montre » portée à la cheville et très robuste (p. ex. résistante aux chocs, étanche à l'eau).

Celle-ci permettait la saisie non invasive des deux grandeurs de mesure du lundi 5:45 heures au vendredi 14:00 heures. Dans beaucoup de projets de recherche sur les effets de la lumière, il a pu être démontré que ces deux grandeurs de mesure étaient capables de représenter clairement un effet direct de la lumière sur les personnes.

Parallèlement à la saisie continue des activités diurnes des participants pendant leur journée de travail, nous nous sommes également intéressés à leur activité après le travail (considérée comme élément perturbateur dans l'étude de l'influence de la lumière dans la halle de production). Par ailleurs, le système de monitoring a permis de saisir exactement l'activité nocturne comme indicateur de la qualité de sommeil (moment d'endormissement, de réveil, mesure globale de l'activité nocturne).

En plus de l'activité physique, on a enregistré une deuxième grandeur de mesure, à savoir la quantité de lumière en fonction de l'heure. Ceci a permis d'enregistrer l'exposition à la lumière pendant les pauses passées en dehors de la halle de production, après le travail (c.-à-d. l'exposition supplémentaire à la lumière du jour) et pendant la nuit, considérée comme élément perturbateur potentiel dans cette étude.

Mesure de la fréquence cardiaque

Durant le travail, la fréquence cardiaque a été enregistrée avec une ceinture pectorale confortable sur une période de 24 heures. Ceci a permis de mesurer l'influence de l'éclairage d'ambiance sur la régulation autonome des participants.

Temps d'usinage comme indice de production

L'enregistrement du temps d'usinage devait permettre de démontrer l'influence de l'éclairage sur un indice de production central. Une modification de la productivité due à l'intervention de l'éclairage pourrait plus facilement justifier un investissement et des coûts de fonctionnement plus élevés auprès de l'investisseur.

Éléments perturbateurs

Questionnaire sur le vécu du stress chronique

Ce questionnaire a été présenté aux participants avant le début et après la fin de l'étude principale afin de relever le stress chronique dû au travail. Pour chaque personne interrogée, les scores d'échelle de ce questionnaire devaient rester aussi constants que possible.

Questionnaire sur la qualité du sommeil

Étant donné que la qualité du sommeil influence largement les effets psychophysiologiques de différentes expositions à la lumière, la qualité du sommeil a été enregistrée directement avant et après l'étude principale à l'aide d'un questionnaire standardisé. Cette enquête servait non pas à exclure des collaborateurs d'une participation à l'étude (par des scores d'échelle plus élevés), mais à prouver que leur qualité de sommeil ne s'est pas modifiée de manière significative durant la période de la collecte de données.

Questionnaire sur les conditions de travail

Ce questionnaire a été soumis aux participants avant le début et après la fin de l'étude principale afin d'enregistrer les conditions de travail liées à leur poste. Les scores d'échelle de ce questionnaire devaient rester autant que possible constants chez tous les participants.

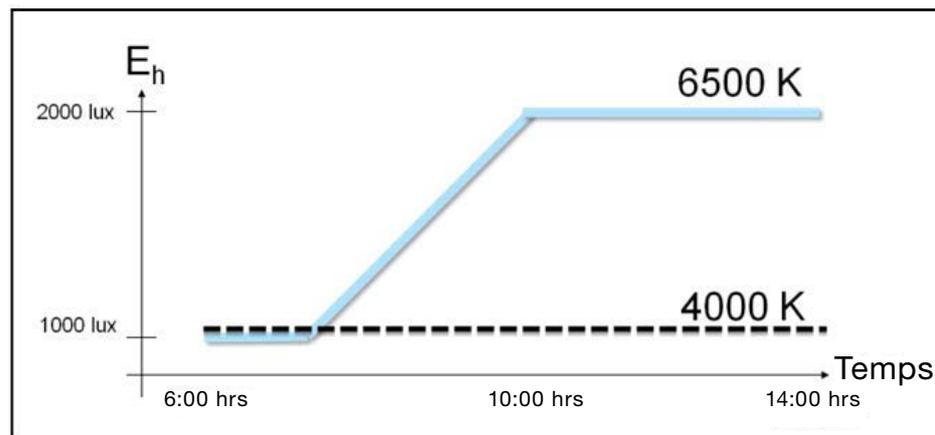
Les questionnaires et instruments de mesure suivants ont été utilisés pour les enquêtes de psychologie du travail, d'ergonomie et de technique d'éclairage :

- Questionnaire « Betriebliche Analyse der Arbeitsbedingungen » (analyse des conditions de travail) (IMPULS)
- Questionnaire « Trierer Inventar zum chronischen Stress » (Inventaire de Trèves sur le stress chronique) (TICS)
- Questionnaire « Befindlichkeitsskalierung » (échelle de bien-être) (BSKE)
- Questionnaire « Indice de qualité du sommeil de Pittsburgh » (PSQI)
- Journal hebdomadaire sur la « qualité de sommeil et la sensation type matinal-vespéral » (FBWTB)
- Questionnaire sur la qualité de la lumière (FQL 2)
- « Morningness–Eveningness Questionnaire » (questionnaire diurne-nocturne) (MEQ-SA)
- Indices de production
- Système de monitoring pour l'enregistrement de l'activité physique et de la dose de lumière
- Enregistrement de l'activité du système nerveux autonome
- Évaluation ergonomique sous forme d'inspection sur site

4.4 Réalisation de l'essai

Dans l'avant-projet de k-Licht, déjà publié dans « Lighting Research and Technology », les effets psychophysiologiques de la lumière de deux conditions lumineuses ont été comparés. Une des conditions était un éclairage à lumière constante avec un éclairement horizontal de 1 000 lx et une couleur de lumière de 4 000 K dans la zone de travail. L'autre présentait une couleur primaire de 6 500 K et une variation dynamique de luminosité.

Entre 6:00 et 8:00 heures, la zone de travail recevait donc un éclairage horizontal de 1 000 lx. Après quoi, pendant deux heures (donc imperceptiblement), la luminosité était multipliée par deux dans la halle de production. Cette plus grande luminosité était maintenue jusqu'à la fin du poste. Les séquences lumineuses décrites ci-avant tentaient de reproduire les variations de luminosité de la lumière du jour par ciel dégagé.



Condition lumineuse A : lumière standard, 4 000 K (3 859 K à l'œil)
Condition lumineuse B : lumière d'essai, 6 500 K (6 398 K à l'œil) dans l'avant-projet

Dans l'avant-projet, les effets psychophysiologiques des deux conditions lumineuses ont été enregistrés durant un mois en été et en hiver.

Lors de l'analyse des données, on a pu observer une amélioration de la productivité en hiver sous un éclairage dynamique (raccourcissement de 4 % de la durée d'usinage). En outre, il a pu être démontré que, par rapport à un éclairage standard, tant la régénération physiologique due au sommeil que le bien-être des travailleurs postés étaient significativement meilleurs à la fin du poste sous un éclairage dynamique pendant les mois d'hiver.

Conditions lumineuses de l'étude pilote

Les six conditions lumineuses de l'étude pilote peuvent être subdivisées en trois groupes :

- éclairage avec dynamique de luminosité non perceptible
- éclairage avec dynamique de luminosité perceptible
- éclairage constant

Plusieurs courts changement de luminosité non perceptibles (en dents de scie)

Variations de luminosité en treize cycles de 30 minutes (15 minutes d'augmentation et 15 minutes de diminution) pendant le poste du matin. Celles-ci n'étaient pas perceptibles.

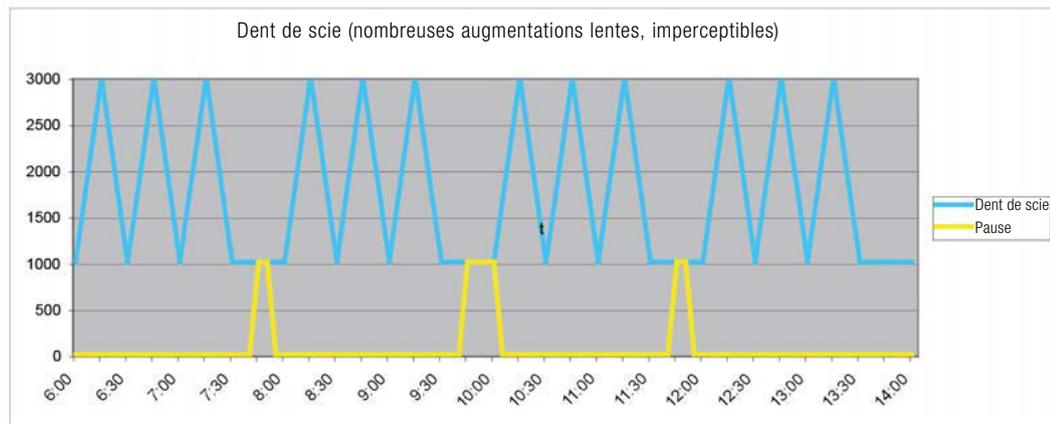


Fig. 1 : Condition lumineuse « dent » de l'étude pilote

Deux variations de la luminosité perceptibles (« éveil »)

Au début et aux environs de la fin du poste du matin, la luminosité augmentait rapidement dans la zone de travail. Cette modification de luminosité était perçue par les collaborateurs et servait à augmenter leur éveil au début du poste et à réduire leur fatigue vers la fin du poste.

Chacune des deux variations de luminosité durait 90 minutes au total ; après l'augmentation rapide, des luminosités très élevées prédominaient pendant environ 30 minutes puis la luminosité se réduisait imperceptiblement pendant 60 minutes jusqu'à atteindre le niveau de départ. Étant donné que la réduction de luminosité s'effectuait lentement et n'était pas perceptible, on peut supposer que les collaborateurs ont gardé l'impression de luminosité élevée (3 000 lx) plus de 30 minutes.

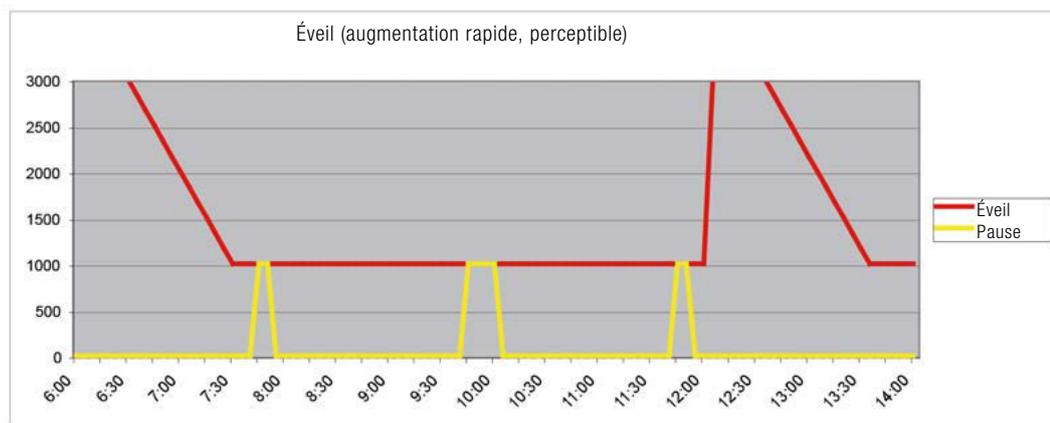


Fig. 02 : Condition lumineuse « éveil » de l'étude pilote

Plusieurs variations de luminosité perceptibles (« éveil² »)

Cinq augmentations rapides de la luminosité avaient lieu dans la halle de production durant le poste du matin. Contrairement à la condition lumineuse « éveil », la variation de luminosité ne durait dans ce cas que 45 minutes et consistait essentiellement en une augmentation de la luminosité pendant 3 minutes suivie d'une réduction de la luminosité pendant 35 minutes. Ces variations de luminosité très dynamiques ont été réparties de la manière suivante : deux au début du travail, une au milieu du poste après la pause de 15 minutes et encore deux après la dernière courte pause (vers la fin du travail). Elles étaient automatiquement déclenchées par la commande de l'éclairage.

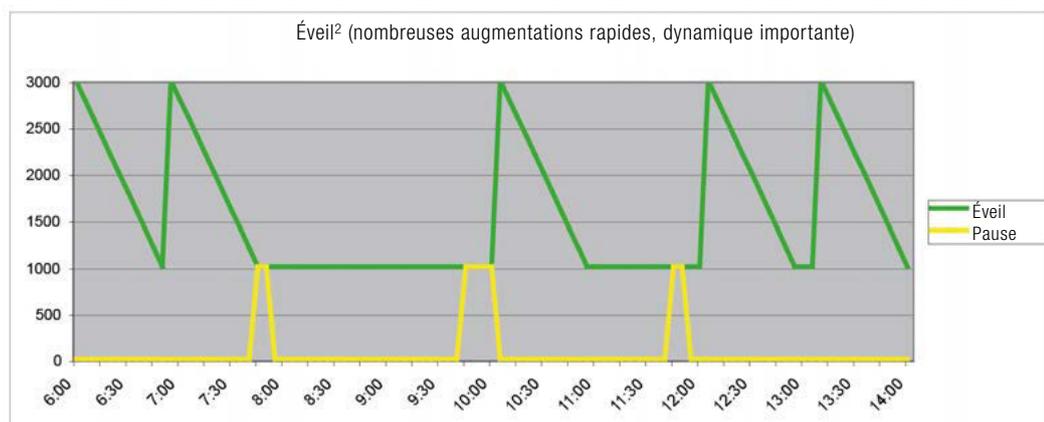


Fig. 03 : Condition lumineuse « éveil² » de l'étude pilote

Éclairage d'ambiance constant avec 2 000 lx (« standard² »)

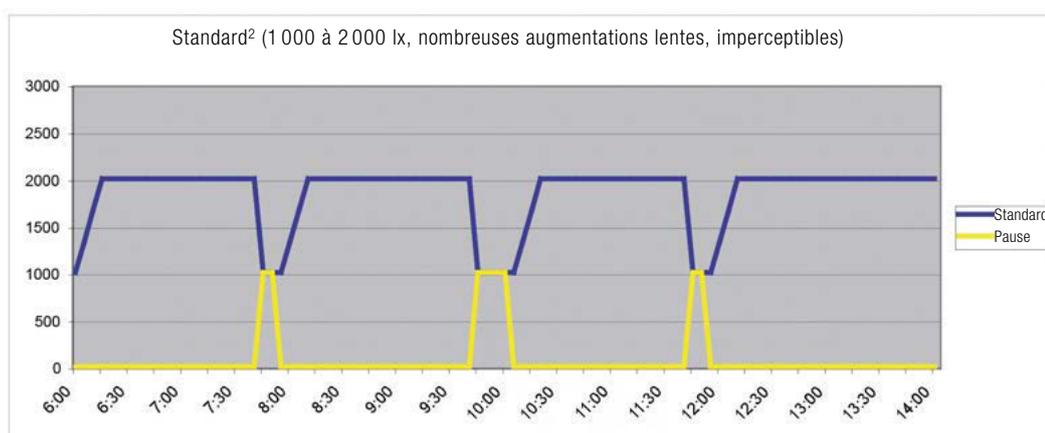


Fig. 04 : Condition lumineuse « standard² » de l'étude pilote (les plages marquées en jaune représentent les pauses ; juste avant et après la pause, l'éclairage d'ambiance a été gradué à 1 000 lx de manière à éviter une gêne visuelle lors du changement de local)

Éclairage constant avec 3 000 lx (« standard³ »)

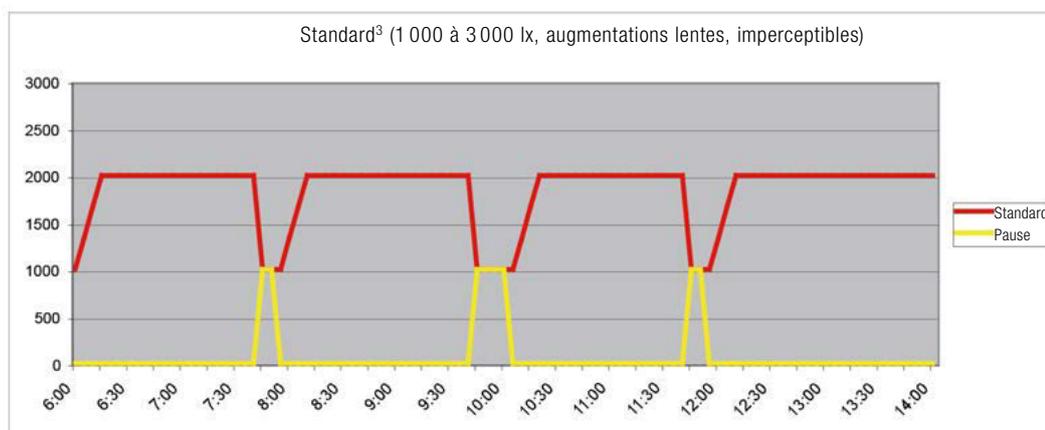


Fig. 05 : Condition lumineuse « standard³ » de l'étude pilote

Conditions lumineuses de l'étude pilote

1. À la fin de l'étude pilote on passa à l'évaluation des questionnaires sur la qualité de lumière. Toutes les conditions lumineuses, dans lesquelles un éclairage horizontal de 3 000 lx prédominait, ont été évaluées négativement au niveau de la qualité de lumière. L'éclairage horizontal maximal a de ce fait été fixé à 2 000 lx.
2. La qualité de lumière de modifications de la luminosité consciemment et non consciemment perceptibles a été évaluée très diversement. C'est pourquoi il faudrait examiner les variations de luminosité perceptibles et non perceptibles également dans l'étude principale.
3. Une condition de contrôle (« standard »), afin de comparer les effets psychophysiologiques de cette condition avec ceux des autres conditions lumineuses.

Trois conditions lumineuses ont été reprises dans l'étude principale :

- Variations de lumière perceptibles (voir fig. 02 et 03)
- Variations de lumière non perceptibles (voir fig. 01)
- Condition de contrôle « standard » : 1 000 lx, 4 000 K

Plusieurs variations de luminosité non perceptibles (en dents de scie)

En l'espace de 30 minutes, la luminosité de la zone de travail augmentait de 1 000 lx à 2 000 lx puis redescendait à 1 000 lx. Cette variation non perceptible de la luminosité s'effectuait sans pause quinze fois durant le poste du matin. L'intention de cet éclairage très dynamique était la stimulation continue des centres corticaux de l'éveil. Comme cette stimulation lumineuse était inconsciente, il a été possible de mesurer l'effet de la lumière au niveau purement biologique et d'exclure les effets « psychologiques » de la lumière qui la masquent.

Deux variations de la luminosité perceptibles (« éveil »)

Au début et vers la fin du travail posté, la luminosité augmentait de manière perceptible de 1 000 lx à 2 000 lx en l'espace de trois minutes, était ensuite maintenue à ce niveau pendant 2 heures et réduite à nouveau à 1 000 lx en l'espace de 30 minutes. Tout comme avec les conditions lumineuses « éveil » et « éveil² » de l'étude pilote, cet éclairage d'ambiance dynamique entendait donner une impulsion d'éveil aux collaborateurs au début et vers la fin du poste du matin.

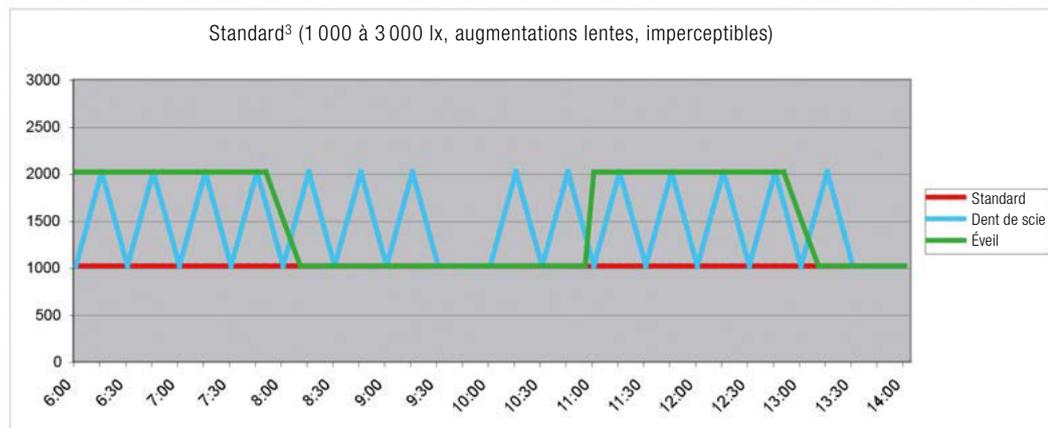


Fig. 06 : Conditions lumineuses de l'étude pilote

Signalons encore que la dose quotidienne de lumière des deux conditions lumineuses dynamiques était de 50 % supérieure à celle de l'éclairage standard.

5 Résultats

Les résultats de l'analyse de données actigraphiques de l'étude principale sont présentés. Ceux-ci sont suivis de l'analyse des données de fréquence cardiaque, des questionnaires sur le bien-être, des questionnaires sur la qualité de lumière et sur la productivité.

Évaluation des données actigraphiques

Les données actigraphiques qui couvraient la période de travail s'étendaient de 7:00 à 13:00 heures.

Les données actigraphiques couvrant la période nocturne s'étendaient de 23:00 à 3:00 heures. Cette période a pu être clairement identifiée comme période de sommeil de tous les participants (remarque : généralement, ils s'endormaient aux environs de 22:30 heures et s'éveillaient à 4:00 heures)

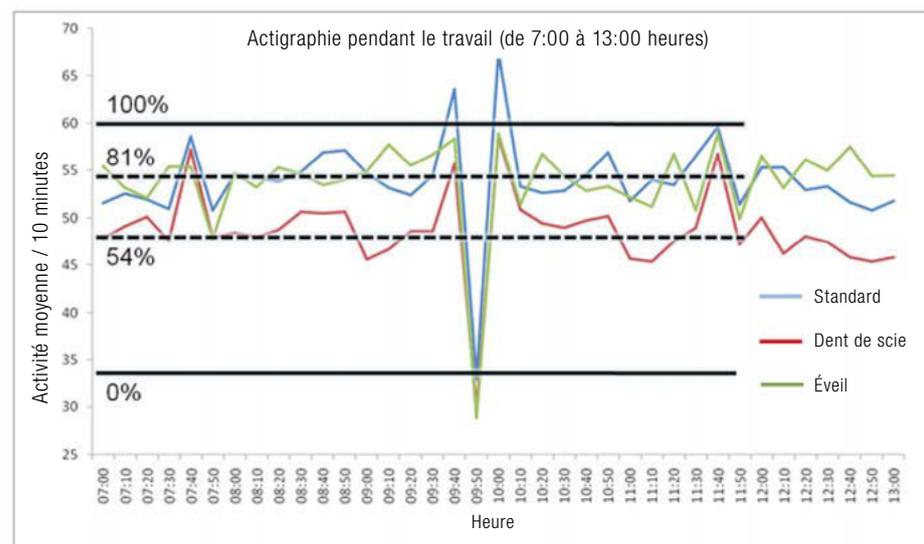


Fig. 07 : Activité physique (actigraphie)

En résumé, on peut constater que sous un éclairage « en dents de scie », on a enregistré une activité physique nettement réduite. Curieusement, ceci contredit l'hypothèse de départ selon laquelle la variation fréquente de luminosité (« en dents de scie ») a un effet plus stimulant - lié à une plus grande activité physique - que des variations de luminosité moins fréquentes (« éveil »).

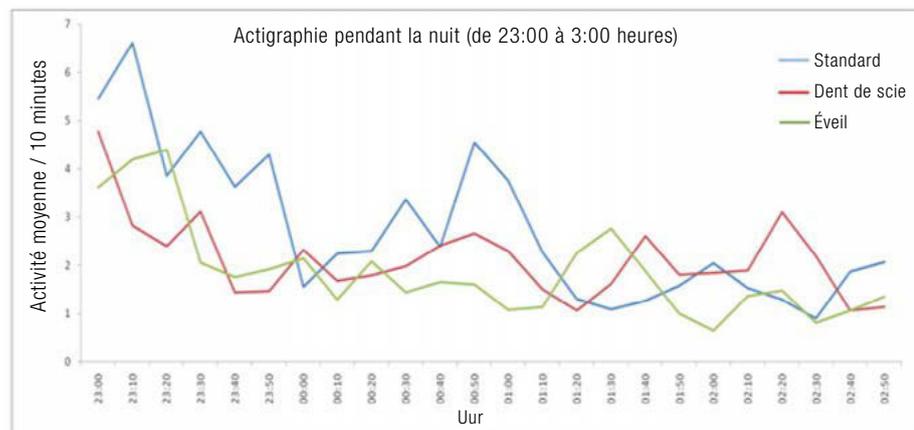


Fig. 08 : Actigraphie de la nuit

En relation avec les données de mouvement nocturnes, on a pu constater qu'un éclairage dynamique avec une dose de lumière augmentée de 50 % chaque jour de travail avait une influence significative sur la qualité de repos physique du sommeil nocturne, que les variations de luminosité soient perceptibles ou non perceptibles. Un tel résultat a déjà pu être constaté dans l'avant-projet en relation avec les données physiologiques (analyse de variabilité de la fréquence cardiaque). Le présent résultat confirme l'effet de plus fortes doses de lumière spécifiques pendant le travail sur le sommeil nocturne ultérieur.

Analyse des données de fréquence cardiaque

Dans le cadre de l'étude principale, les données de fréquence cardiaque ont été enregistrées exclusivement pendant les heures de travail. Tout comme pour les données actigraphiques, seules les données de fréquence cardiaque relevées entre 7:00 et 13:00 heures ont été reprises dans l'analyse statistique ultérieure.

La compilation des résultats détaillés de l'analyse VFC pendant le travail permet de conclure que les deux conditions lumineuses dynamiques au début et vers la fin du travail ont le plus grand effet sur les système nerveux autonome. Pendant le deuxième tiers du travail, aucune différence significative n'a été constatée entre l'éclairage standard et les deux éclairages dynamiques.

Évaluation des questionnaires sur le bien-être

Pour enregistrer le bien-être momentané des travailleurs, chaque mercredi (c'est à dire au milieu de la semaine de travail), avant le début du poste, pendant la pause de 15 minutes de 9:50 heures et directement à la fin du travail, on leur remettait un questionnaire sur leur bien-être. Ce questionnaire permet une évaluation du bien-être positif ressenti au moment même (avec les sous-échelles activité, équilibre, extraversion et bonne humeur) et du bien-être négatif (avec les sous-échelles anxiété, inactivité, excitation et irritation).

En résumé, on peut dire que les conditions lumineuses dynamiques examinées avaient une influence légère mais détectable sur le bien-être ressenti des sujets. C'est ainsi que vers la fin du travail, on a pu détecter un « bien-être positif » sous « éveil » (variation perceptible de la luminosité).

Évaluation des journaux hebdomadaires

Tous les jours, avant le début du travail à 5:45 heures, les participants devaient noter dans leur journal si le sommeil de la nuit précédente avait été réparateur et quel était le sentiment d'éveil du moment.

Contrairement à toute attente, aucune influence de la lumière n'a été signalée que ce soit en matière de qualité du sommeil ressentie subjectivement ou de degré d'éveil du moment. Ce résultat est étonnant, d'autant plus que les données actigraphiques indiquaient que les sujets vivaient des nuits nettement plus tranquilles sous les deux conditions lumineuses dynamiques et avaient en moyenne des périodes de sommeil très courtes. Ceci remet nettement en question l'excellente évaluation subjective du sommeil nocturne et du sentiment d'éveil en début de poste. Il reste à supposer que soit l'auto-évaluation des participants était imprécise soit que les réponses notées dans le journal reproduisent des réponses (socialement) attendues.

Questionnaire sur la qualité de lumière

Six questions sur la qualité de lumière étaient posées dans le cadre de l'étude pilote et de l'étude principale :

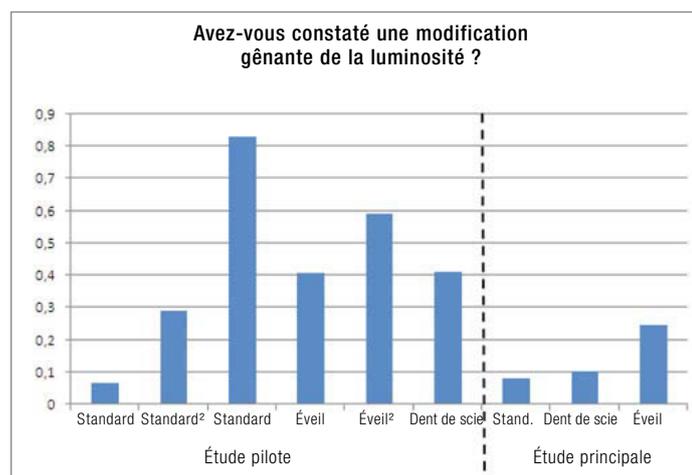


Fig. 09 : Question 1 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

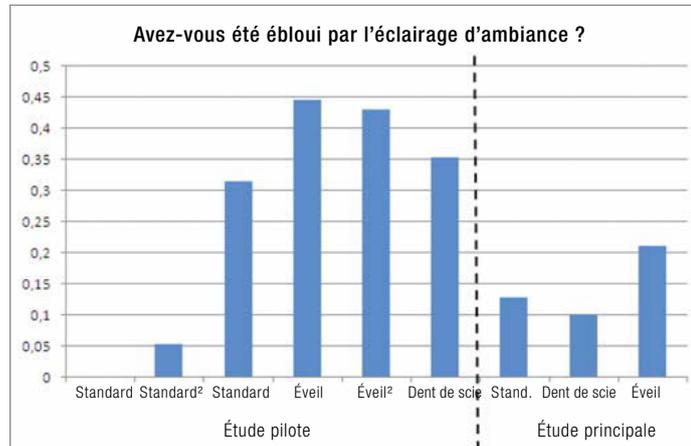


Fig. 10 : Question 2 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

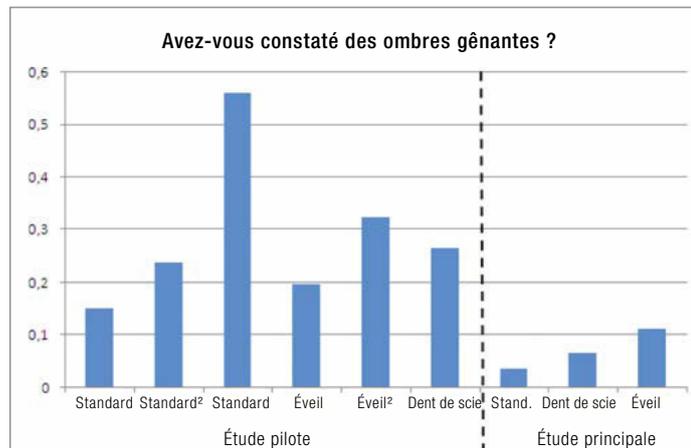


Fig. 11 : Question 3 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

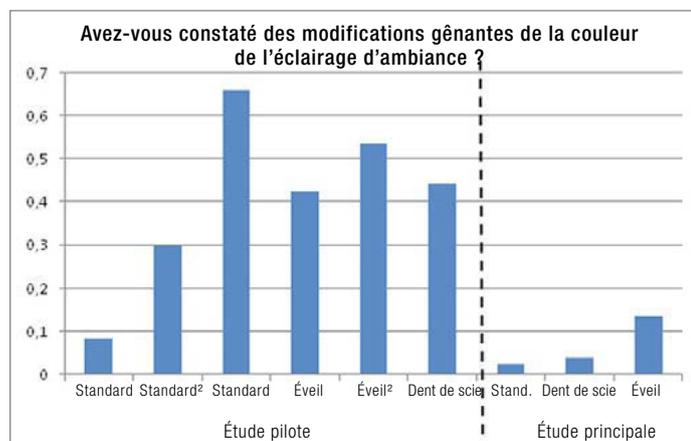


Fig. 12 : Question 4 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

Remarque : la couleur de lumière n'a pas été modifiée, c'est pourquoi les réponses donnent une idée de la quantité de réponses « devinées ».

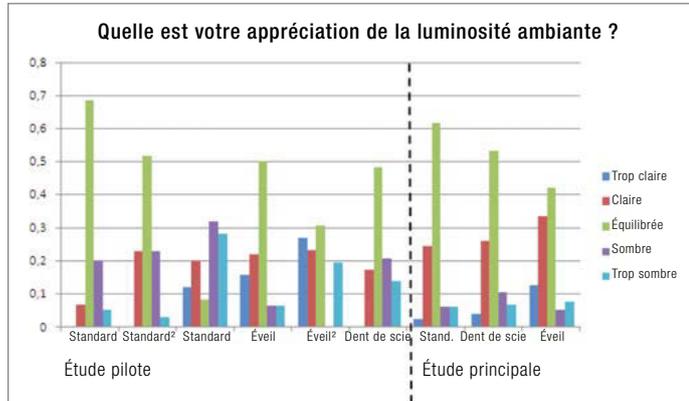


Fig. 13 : Question 5 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

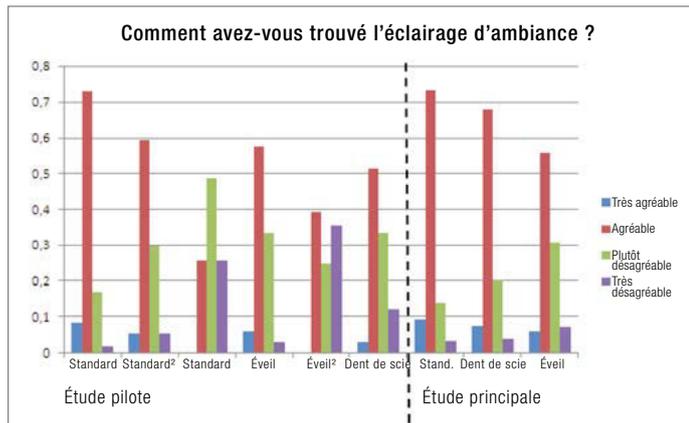


Fig. 14 : Question 6 (axe vertical : pourcentage relatif de participants)

En première ligne, l'analyse des données a révélé que les variations de luminosité de 1 000 à 3 000 lx de l'étude pilote, tant perceptibles que non perceptibles, étaient clairement rejetées par les sujets en raison de l'éblouissement et de la modification gênante.

Par ailleurs, on peut constater globalement que les trois conditions lumineuses de l'étude principale ne se distinguaient qu'au niveau de l'appréciation des modifications gênantes de la luminosité. Toutefois, en ce qui concerne la formation d'ombres et l'éblouissement, toutes ont été jugées pareillement agréables, claires et équivalentes.

Le tableau suivant représente schématiquement la qualité de lumière évaluée subjectivement en relation avec les paramètres « perception de la dynamique de luminosité », « variation de luminosité » et « fréquence de la variation de luminosité ». D'une part, il en ressort que l'éclairage horizontal devrait être limité à 2 000 lx dans la zone de travail. D'autre part, il semble que de fréquentes modifications de luminosité perceptibles, de fréquentes modifications de luminosité non perceptibles et de rares modifications perceptibles avec des variations très importantes (de 1 000 à 3 000 lx) diminuent la qualité de lumière subjective.

Ici nous renvoyons aux résultats de la première étude.

Dynamique de luminosité ressentie	Variation de luminosité	Fréquence des variations de luminosité	Qualité de lumière
Perceptible	1 000 – 2 000 lx	rares	++
Perceptible	1 000 – 2 000 lx	fréquentes	- (hypothétique)
Non perceptible	1 000 – 2 000 lx	rares	++
Non perceptible	1 000 – 2 000 lx	fréquentes	++
Non perceptible	1 000 – 3 000 lx	rares	+ (hypothétique)
Non perceptible	1 000 – 3 000 lx	fréquentes	--
Perceptible	1 000 – 3 000 lx	rares	--
Perceptible	1 000 – 3 000 lx	fréquentes	--

Fig. 15 : Résumé de la qualité de lumière ressentie subjectivement

Évaluation des données de productivité

Pour évaluer la productivité, on s'est basé sur le temps d'usinage par pièce relativisé par rapport au temps imparti.

Les résultats de la première étude montrent qu'en été le temps d'usinage est toujours plus court qu'en hiver et on ne note aucune différence dans le temps d'usinage en été.

En hiver, le temps d'usinage est toujours plus long. Sous un éclairage variable, ce temps diminue d'environ 4 %.

	Moyenne	
Éclairage de contrôle statique (été)	90,06 %] + 9 %
Éclairage d'ambiance dynamique (été)	90,53 %	
Éclairage de contrôle statique (hiver)	99,08 %] + 4 %
Éclairage d'ambiance dynamique (hiver)	95,07 %	

100 % ... Temps d'usinage imparti

Dans l'étude principale, en raison de l'organisation très spécifique du travail dans la halle de production (à savoir : lignes de production, organisation KAIZEN, programme 6-Sigma), il n'a pas été possible de quantifier d'autres indices de productivité (p. ex. taux d'erreurs, congés maladie).

Pour 14 participants, chez qui pendant la période d'observation il n'y eut aucun changement de poste de travail, de contenus de travail, du nombre de pièces imposé par jour, ni de panne technique, il a été possible d'effectuer une analyse statistique du temps d'usinage relatif.

L'analyse statistique n'a révélé aucune influence sur les indices de production.

Le temps de travail disponible est utilisé uniformément de manière intuitive. La première étude montre qu'un éclairage variable permet de réduire individuellement le temps d'usinage par pièce et de créer ainsi plus de « liberté » dans le quotidien du travail. Ceci explique les effets positifs sur le bien-être à la fin du travail posté.

Finalement, l'effet positif se révèle également en dehors des heures de travail par le fait qu'avec des situations lumineuses variables, la qualité mesurée du sommeil s'améliore.

En résumé, on peut conclure que l'éclairage a une influence mesurable sur les collaborateurs.

L'étude détaillée et interdisciplinaire réalisée montre toutefois aussi que la mesure sur des sujets est extrêmement compliquée et qu'il n'existe actuellement pas de méthode pouvant être appliquée simplement.

Un bon éclairage normalisé permet déjà de remplir les spécifications de travail. La qualité de la lumière perçue comme positive montre qu'on peut s'attendre à ce qu'il n'y ait pas de défauts ou des réclamations.

Avec ses partenaires, Zumtobel veille à une bonne conception et réalisation d'installations d'éclairage et se base en cela sur le respect des normes connues, notamment la norme EN 12464-1. Zumtobel s'attache à remplir les critères de qualité, non seulement en vue de maintenir le niveau d'éclairage, mais également pour créer l'uniformité, éviter des reflets directs et indirects, obtenir de bonnes composantes cylindriques et verticales et assurer la visibilité et la reconnaissance.



Pasticceria La Baita srl, Caselle Torinese | IT



RSD Electronic, Naturno | IT



Technogym, Cesena | IT

7 Discussion et perspectives

L'étude détaillée apporte trois réponses essentielles :

1. La lumière a un effet sur les personnes au travail.

Les méthodes interdisciplinaires appliquées montrent que l'évaluation de l'effet de la lumière sur l'homme est complexe. Pas de résultats ne signifie pas qu'il n'y a pas d'effet, mais que les instruments d'observation et de mesure n'ont pas encore été utilisés de manière optimale. Des efforts supplémentaires sont nécessaires, afin d'améliorer ces instruments.

2. Une lumière variable a plus d'effet qu'un éclairage statique, **surtout en hiver**. On a pu prouver un raccourcissement du temps d'usinage individuel par pièce et par conséquent une augmentation de la productivité de 4 % (voir fig. 16). Cette constatation ne devrait pas servir à augmenter le nombre de pièces à produire, mais devrait plutôt être imputée à un mode de travail moins fatigant. Ceci se voit corroboré par les résultats qui indiquent un **plus grand bien-être** vers la fin du poste et un **meilleur sommeil** après le travail. Les collaborateurs tout comme l'entreprise en bénéficient pareillement. Le terme « productivité » devrait être compris dans un sens un peu plus large.

3. L'effet positif sur les personnes peut être obtenu par une augmentation de l'éclairage statique ou par des séquences lumineuses variables. Les séquences lumineuses variables consomment **moins d'énergie**, raison pour laquelle ne serait-ce que du point de vue économique, elles méritent d'être privilégiées. Le type de variation de lumière doit encore être étudié. Dans cette étude, plusieurs dynamiques lumineuses ont été étudiées à titre d'exemple. Mais la marge de manœuvre n'est pas encore épuisée et la séquence « optimale » ne peut pas encore être définie.

Signalons encore un autre effet positif de l'étude chez Flextronics : afin d'obtenir des commandes, l'entreprise ouvre ses portes à des clients internationaux. L'option de l'éclairage blanc lumière du jour avec 6 500 K et des éclairages élevés allant jusqu'à 2 000 lx a déjà été utilisée avec succès pour souligner le côté clair, propre et efficace de la halle de production lors de visites.

Au total, cette longue étude interdisciplinaire détaillée a fait ressortir de nombreux arguments en faveur de l'amélioration de l'efficacité d'une entreprise industrielle et du bien-être de ses collaborateurs.

Les différentes recherches, rassemblées par Juslén (voir fig. 16), indiquent que même avec un niveau d'éclairage élevé, il est possible d'obtenir des effets sur la productivité.

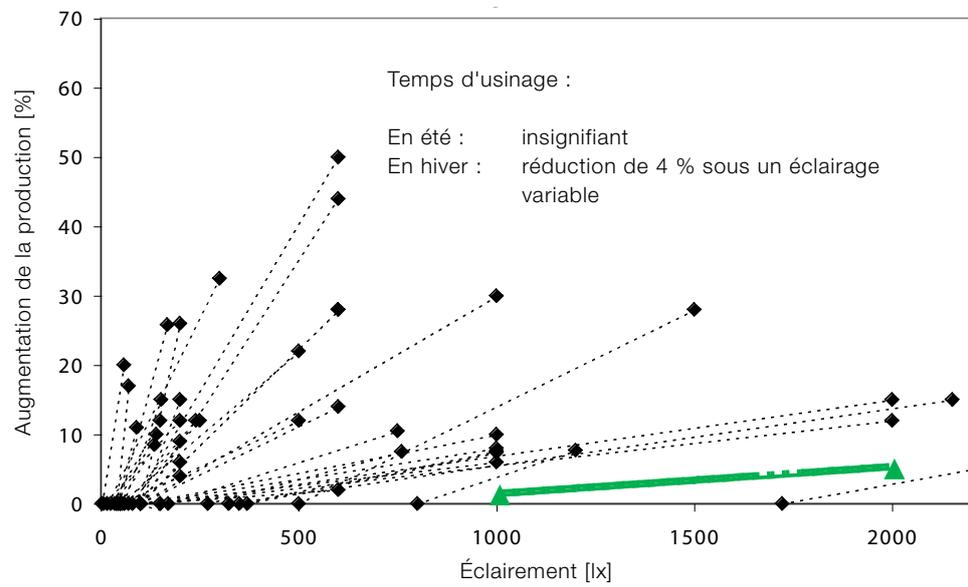


Fig. 16 : Dans différentes recherches, compilées par Juslén, il a été possible de constater une « augmentation de la production » / une amélioration du temps d'usinage par pièce. Le plus grand potentiel d'augmentation se situe à des niveaux d'éclairages très bas (souvent nettement inférieurs aux exigences normatives). L'étude réalisée chez Flextronics (ligne verte) a déjà démarré avec un éclairage de contrôle à un niveau élevé, conforme aux normes. N'empêche qu'il a été possible d'obtenir une augmentation de quelque 4 % avec un éclairage variable /Juslén/.

8 Bibliographie

1. Rapport de recherche interne k-Licht : Beleuchtung und Produktivität P232
2. M. Canazei, P. Dehoff, S. Staggl et W. Pohl :
Effects of dynamic ambient lighting on female permanent morning shift workers, Lighting research and technology, publié en ligne, le 20 février 2013
3. Boyce, P. : Steigerung der Produktivität durch eine optimierte Beleuchtung. Lightning research center, Troy, New York 2003
4. Völker, S. : Eignung von Methoden zur Ermittlung eines notwendigen Beleuchtungsniveaus. (thèse de doctorat) Ilmenau 1999
5. Völker, S. : Ermittlung von Beleuchtungsniveaus für Industrie-arbeitsplätze. Série de publications de l'office fédéral de la protection au travail et de la médecine du travail, FB 881, Bremerhaven : maison d'édition NW, 2000
6. Juslén H. Lighting, productivity and preferred illuminances – field studies in the industrial environment. Thèse PhD. Helsinki University of Technology, 2007.
EN 12464-1, éclairage de lieux de travail intérieurs, juin 2011

Zumtobel Lighting, Dornbirn : Peter Dehoff, Alexander Berger
Domaine d'activité : technique d'éclairage, donneur d'ordre de projets, fournisseur de solutions lumière haut de gamme

BLL : Laboratoire de la lumière Bartenbach, Aldrans : Markus Ganazei, Siegfried Mayr, Siegmund Staggl, Julia Wörgötter
Domaine d'activité : recherches psychophysiologiques, technique d'éclairage, évaluations

Les champs d'activité du laboratoire de la lumière Bartenbach s'étendent des études d'éclairage naturel et artificiel jusqu'à la conception et la surveillance de bâtiments. Il propose également le développement de produits, des conseils en matière de concours, des ateliers de travail et des expertises. Avec nos collaborateurs spécialisés dans les domaines de la conception, de la recherche et du développement, de la psychologie de la perception et de la modélisation, nous élaborons des solutions optimales.

Flextronics, usine d'Althofen, Carinthie : Directeur de l'usine : Bergner

Domaine d'activité : site de la recherche

Flextronics International Ltd. est un fournisseur leader international de services pour la production électronique (« EMSA ») et a des établissements dans 30 pays.

Ergonomiezentrum Tirol, Innsbruck : Ing. Walter Ambros,

Partenaire : Dr. Kurt Seipel

Domaine d'activité : évaluations ergonomiques

Conseil pour la réalisation et l'organisation, le développement de la personnalité, l'aménagement ergo-économique du travail et la promotion de la santé.

Team Prevent, Centre de Klagenfurt, Dr. Juvan

Domaine d'activité : examens dans le domaine de la médecine du travail

Avec nos solutions dans le domaine de la protection au travail et de la protection de la santé, nous sommes le premier fournisseur de services conseils en matière de médecine du travail et de sécurité, capable de proposer des offres au delà des frontières nationales et de conseiller nos clients de manière compétente et ciblée.

ABoVe, Gießen : Charlotte Sust, Prof. Dieter Lorenz

Domaine d'activité : psychologie, enquêtes

Nous étudions l'homme dans des systèmes de travail modernes avec pour objectif d'obtenir d'une part une productivité élevée et une meilleure efficacité et efficience et d'autre part une amélioration de la capacité de rendement, de la motivation, de la santé et du bien-être.

AUVA, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Vienne : Michael Wichtl

Domaine d'activité : ergonomie, partenaire promoteur

L'AUVA est l'assurance-accidents de 3,2 millions de salariés, d'1,3 millions d'écoliers et d'étudiants, de nombreuses organisations caritatives et sauveteurs bénévoles.

k-Licht, Aldrans/Dornbirn : Peter Hein

Coordination du projet et coordination des subventions

Partenaires au projet

FLEXTRONICS 

Bartenbach [®]

KOMPETENZZENTRUM



ABoVe
Arbeitswissenschaft, Büroorganisation
Veränderungsmanagement GmbH

 **THM**
TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN

 **Team**
prevent


*ergonomie
zentrum
tirol*®


AUVA



Industrielle
Kompetenzzentren und Netzwerke



EIN PROGRAMM DES BMWA





ZUMTOBEL

France

Zumtobel Lumière Sarl
10 rue d'Uzès
75002 Paris
T +33/(0)1.56.33.32.50
F +33/(0)1.56.33.32.59
info@zumtobel.fr
zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
119 cours Lafayette
69006 Lyon
T +33 6 07 53 34 04
info@zumtobel.fr
zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
12 rue du 24 novembre
67120 Duttlenheim
T +33/(0)3.88.13.78.10
F +33/(0)3.88.13.78.14
info@zumtobel.fr
zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
3 rue du Général Hulot
54000 Nancy
T +33/(0)6.07.88.46.78
F +33/(0)1.56.33.32.59
info@zumtobel.fr
zumtobel.fr

Zumtobel Lumière Sarl
7 avenue du Clos Joury
35650 Le Rheu
T +33(0)7.61.64.68.80
F +33(0)1.56.33.32.59
info@zumtobel.fr
zumtobel.fr

Suisse

Zumtobel Licht AG
Thurgauerstrasse 39
8050 Zürich
T +41/(0)44/305 35 35
F +41/(0)44/305 35 36
info@zumtobel.ch
zumtobel.ch

Zumtobel Lumière SA
Ch. des Fayards 2
Z.I. Ouest B
1032 Romanel-sur-Lausanne
T +41/(0)21/648 13 31
F +41/(0)21/647 90 05
info@zumtobel.ch
zumtobel.ch

Zumtobel Illuminazione SA
Via Besso 11, C.P. 745
6903 Lugano
T +41/(0)91/942 61 51
F +41/(0)91/942 25 41
info@zumtobel.ch
zumtobel.ch

Belgique

ZG Lighting Benelux
Rijksweg 47 –
Industriezone Puurs Nr. 442
2870 Puurs
T +32/(0)3/860.93.93
F +32/(0)3/886.25.00
info@zumtobel.be
zumtobel.be

Luxembourg

ZG Lighting Benelux
Rue de Luxembourg 177
8077 Bertrange – Luxembourg
T +352/26.44.03.50
F +352/26.44.03.51
info@zumtobel.lu
zumtobel.lu

Headquarters

Zumtobel Lighting GmbH
Schweizer Strasse 30
Postfach 72
6851 Dornbirn, AUSTRIA
T +43/(0)5572/390-0
info@zumtobel.info

zumtobel.com