

LES BÉNÉFICES ERGONOMIQUES





LES BENEFICES ERGONOMIQUES

Critères d'évaluation des actions favorisant l'ergonomie dans le cadre de l'analyse coûts/utilité

Urban Daub
Alexander Ackermann
Verena Kopp

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA – Stuttgart
Partenaire du projet : la société Ergoswiss AG
Octobre 2019
<https://doi.org/10.24406/ipa-n-559153>

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction.....	5
2 Les répercussions économiques des actions visant l'ergonomie au travail	6
2.1 Les avantages des actions a visée ergonomique	6
2.2 Risques lies a l'absence d'actions a visée ergonomique.....	8
3 Les potentiels ergonomiques des tables de travail réglables en hauteur.....	10
3.1 Les potentiels économiques directs	10
3.2 Les potentiels économiques indirects	10
4 Synthèse	16
5 Les limitations	18
7 Bibliographie	20
Mentions légales.....	24

1 INTRODUCTION

En Allemagne, en Autriche ou en Suisse, les pathologies musculosquelettiques sont à l'origine des arrêts maladie les plus fréquents [1,2,3 cit. 4].

Elles touchent notamment les seniors [5]. Au fur et à mesure de l'évolution démographique et de l'âge plus avancé du personnel qui en résulte, dans le cadre de la conception durable de l'aménagement des postes de travail en entreprise, une attention accrue doit être accordée à des actions conceptuelles préventives et ergonomiques.

Même si les effets fondamentaux positifs des actions conceptuelles à visée ergonomique ont rarement été mis en doute, pour convaincre les décideurs dans les milieux professionnels d'engager de telles actions, la stratégie la plus judicieuse est de leur apporter la preuve de leur utilité opérationnelle.

Il s'est avéré, à l'appui de nombreuses études publiées que cette utilité peut revêtir de multiples facettes.

Dans ce contexte, les diverses intentions des entreprises et de leurs collaborateurs sont axées sur les aspects:

- De la préservation de la santé
- Du prestige
- Des intérêts économiques

Ces aspects sont rarement contradictoires. De nombreuses études ont démontré que des employés satisfaits et en bonne santé sont plus efficaces.

Cette étude de synthèse a été demandée par la société **Ergoswiss AG** dans la continuité du guide « Conception ergonomique des postes de travail : Principes tirés des sciences motrices, sportives et appliquées au travail pour soulager l'appareil locomoteur ».

Elle a pour objectif de regrouper les résultats d'études publiées consacrées à l'analyse des avantages et de l'utilité (« des bénéfices ») d'actions visant une conception ergonomique.

Parallèlement à une observation fondamentale des actions visant une conception ergonomique apte à soulager l'appareil locomoteur, cette étude de synthèse met l'accent sur des tables de travail réglables en hauteur.

2 LES RÉPERCUSSIONS ÉCONOMIQUES DES ACTIONS VISANT L'ERGONOMIE AU TRAVAIL

Les deux modèles de calcul les plus fréquemment utilisés pour évaluer l'utilité économique des actions à visée ergonomique sont le rapport coûts/utilité et la durée d'amortissement (cf. [6]).

L'enjeu de ces calculs consiste à déterminer les valeurs individuelles d'une entreprise.

Ce chapitre se consacre aux avantages directs des actions à visée ergonomique et aux frais indirects générés par l'absence de mesures sanitaires. On peut en déduire la valeur, respectivement l'utilité d'une action tendant à promouvoir la santé.

Le rapport coûts/utilité

Cette méthode consiste à mettre en relation les coûts générés par la mise en application de la solution ergonomique avec l'utilité qu'elle dégage.

$$\frac{\text{Coûts de mise en application}}{\text{Valeur de l'utilité}} = \text{Rapport coûts/utilité}$$

La durée d'amortissement

Cette méthode prévoit de déterminer le temps nécessaire pour amortir l'investissement opéré.

Il s'agit également ici de calculer les coûts et l'utilité de l'action à visée ergonomique.

$$\frac{\text{Coûts de l'investissement}}{\text{Utilité à l'année}} = \text{Durée d'amortissement (en années)}$$

Ces méthodes sont applicables à titre rétrospectif (pour le passé) ou à titre prospectif (pour le futur).

Toutefois, la difficulté d'un calcul prospectif réside en ce qu'il faut estimer l'effet positif attendu (donc l'utilité).

2.1 LES AVANTAGES DES ACTIONS A VISÉE ERGONOMIQUE

Ses effets financiers / économiques

La littérature économique [7] cite comme étant incontestable le rapport coûts/utilité positif des actions de promotion de la santé au sein de l'entreprise.

Les résultats de nombreuses études apportent la preuve des effets positifs du point de vue économique qui ont été observés conjointement à des améliorations favorisant la santé.

Ces effets économiques se traduisent en termes d'augmentation de la productivité, avec une réduction simultanée des coûts collatéraux dus à des pathologies subies par le personnel. Pour leur calcul, des études indépendantes pratiquées aux USA se basent sur un rapport coûts/utilité de 1 : 2,3 à 1 : 5,9. Ce qui signifie que chaque dollar dépensé permet d'économiser de 2,3 à 5,9 dollars grâce à une réduction des coûts médicaux [7].

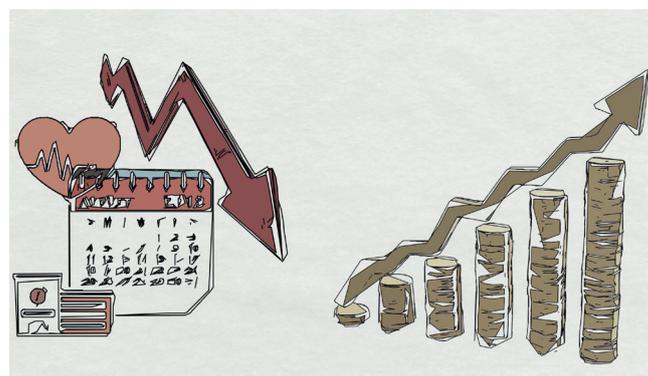


Figure 1 Les investissements visant à réduire les jours d'absence pour maladie sont payants.

Il faut toutefois garder à l'esprit que ces calculs du rapport coûts/utilité émanent prioritairement d'études pratiquées aux USA. Les dispositions légales et termes des contrats de travail y sont quelque peu différents. Ainsi, les valeurs des effets relevés

ne sont pas directement transmissibles sur les pays européens. Les résultats de 250 études de cas dédiées à l'analyse de l'utilité d'investissements pratiqués dans des actions à visée ergonomique ont été regroupés selon une revue exhaustive, [8]. Des paramètres comparables en ont été extraits et représentés. S'il est vrai que les auteurs soulignent qu'ils doivent être considérés avec prudence, ils dégagent pourtant une tendance homogène (cf. Tableau 1).

Remarque concernant la lecture du tableau pour l'exemple de la productivité: 61 des 250 études ont analysé la productivité. On a observé en moyenne son augmentation de 25%. La valeur de l'étude dont le résultat était central était de 20% (= médiane). Pour 95% des études, une amélioration de la productivité de 20-30% a été atteinte (intervalle de confiance calculé). Le panneau des résultats des études variait globalement entre des modifications négatives très faibles 0.2% et des améliorations très importantes de 80%.

Paramètres permettant de déterminer l'efficacité	Nombre d'études	Moyenne	Médiane	95% Intervalle de confiance	Panneau des résultats
Productivité	61	25% ↑	20% ↑	20 - 30%	-0,2 - 80% ↑
Incidence* (nombre des nouvelles pathologies à l'année)	53	65% ↓	67% ↓	57 - 73%	9 - 100% ↓
Nombre de jours d'arrêts maladie*	78	75% ↓	80% ↓	70 - 80%	3 - 100% ↓
Nombre de jours de travail réduits	30	53% ↓	58% ↓	42 - 64%	5 - 100% ↓
Nombre de pathologies de l'appareil locomoteur dues au travail	90	59% ↓	56% ↓	54 - 64%	8 - 100% ↓
Frais de personnel	6	43% ↓	32% ↓	17 - 69%	10 - 85% ↓
Rebut / erreurs	8	67% ↓	75% ↓	59 - 85%	8 - 100% ↓
Jours d'absence pour maladie	11	58% ↓	60% ↓	43 - 63%	14 - 98% ↓
Durée jusqu'à l'amortissement de l'investissement**	36	0,7 années	0,4 années	0,4 - 1 années	0,03 - 4,4 années
Rapport coûts/utilité	5	1:18,7	1:6	1:7,6 - 1:45	1:2,5 - 1
* Suite à des pathologies de l'appareil locomoteur dues au travail					
** Des revendications en dommages et intérêts formulées par les employés en vertu du droit des USA ont été prises en compte dans les calculs.					

Tableau 1 Synthétique des résultats de 250 études de cas (adaptée selon [2])

Des avantages typiques qui ont été cités dans le cadre de la revue sont la réduction des pathologies de l'appareil locomoteur dues au travail ou leur taux d'incidence. Également la réduction des arrêts maladie ou des jours de travail réduits, donc ceux où les employés n'étaient pas totalement opérationnels. Ces jours de travail réduits risquent d'avoir une incidence entre autres sur le nombre de produits défectueux en production (taux de rebuts croissant).

→ Même en l'absence de modèles de calcul exacts, l'effet positif coûts/utilité des investissements dans des actions de promotion de la santé, telles que l'ergonomie est très largement prouvé dans la littérature.

2.2 RISQUES LIES A L'ABSENCE D' ACTIONS A VISÉE ERGONOMIQUE

Dans les analyses des risques concernant les jours d'arrêts maladie sont pris en compte tous les coûts découlant directement de l'absence d'un employé. En fonction de la minutie desdits modèles de calcul, il faut considérer de surcroît un grand nombre de facteurs de risques financiers supplémentaires. À cet effet, ces coûts indirects peuvent être proportionnellement beaucoup plus élevés. Il est probable qu'ils ne soient pas pris en considération dans les analyses coûts/utilité, du fait de leur caractère particulièrement spéculatif. Mais la pondération des coûts et de l'utilité est incorrecte si ces critères restent inconsiderés dans le calcul.

Car à l'instar de l'iceberg (cf. Figure 2), la plus grande partie des coûts se trouve sous la surface [9]. Quelques-uns de ces facteurs de risque indirects cités dans la littérature sont listés et explicités ci-dessous :

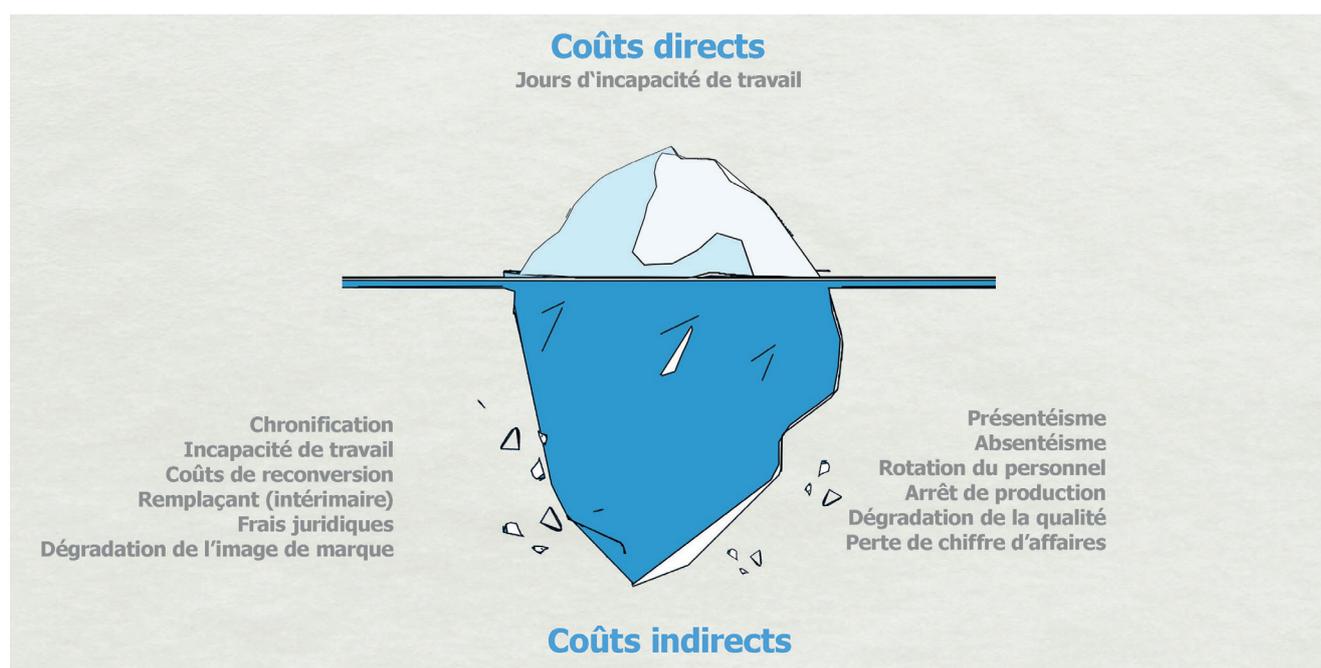


Figure 2 La plus grande partie des coûts indirects est souvent négligée dans les analyses coûts/utilité

L'absentéisme

Les absences pour maladie génèrent des coûts élevés, dus non seulement au maintien du salaire de l'employé malade, mais également au paiement d'un intérimaire ou d'heures supplémentaires pour prendre en charge son travail [9].

Les troubles musculosquelettiques sont les pathologies les plus génératrices de jours d'absence (jour ABS) en Allemagne, en Autriche et en Suisse [1,2,3 cit. 4].

En particulier les douleurs dorsales, pouvant être dues entre autres à de mauvaises postures au poste de travail comptent parmi les troubles physiques les plus répandus dans la population [10, 11].

Le présentéisme

Les employés qui viennent travailler alors qu'ils sont malades sont moins performants en matière de productivité et de qualité. On estime que les pertes financières du fait du présentéisme sont nettement plus élevées que les pertes dues aux périodes d'absence [12, 13]. La dégradation des performances et de la satisfaction des employés malades risque en outre de déteindre sur leurs collègues et sur leur motivation au travail [9].

Les pertes de production

En fonction de l'organisation d'une entreprise, un taux élevé d'absence pour maladie risque de générer des arrêts de production. Ils s'expliquent par la diminution du personnel ou le manque d'expérience des nouveaux travailleurs qui remplacent les effectifs malades. Le taux de production baisse et le taux de défauts augmente [9].

Par ailleurs, des postes de travail non ergonomiques risquent de provoquer fatigue et perte de concentration, qui ne sont pas sans conséquence sur la qualité des produits. D'autres coûts peuvent résider dans les frais de retour, voir même dans la dégradation de l'image de marque de l'entreprise [14].

La chronicisation de pathologies

Les troubles musculosquelettiques dus à de mauvaises postures prolongées risquent de se manifester dans le temps, voire de se chroniciser [15]. De telles pathologies à développement lent requièrent en règle générale un processus de guérison de plus longue haleine que les pathologies à processus de développement rapide. À titre d'exemple, le nombre des jours d'arrêt pour des maladies professionnelles qui ne sont pas des accidents de travail est estimé comme étant de 1,6 à 2,2 fois plus élevé [16]. Ainsi, des coûts supplémentaires risquent d'être générés par des reconversions et des réadaptations professionnelles [9].

La rotation du personnel

De mauvaises conditions de travail engendrent une rotation plus élevée du personnel. Les procédures d'embauche du personnel sont fastidieuses et coûteuses. Par ailleurs, les nouveaux employés doivent être initiés et ne sont donc pas aptes à atteindre directement la productivité de collaborateurs expérimentés [9, 17].

→ Les calculs coûts/utilité qui ne tiennent compte que des coûts directs ne représentent que la « pointe de l'iceberg ».

3 LES POTENTIELS ERGONOMIQUES DES TABLES DE TRAVAIL RÉGLABLES EN HAUTEUR

On trouve dans la littérature des indicateurs permettant d'évaluer l'efficacité d'actions à visée ergonomique. Les tables de travail réglables en hauteur y sont évaluées à environ 40 % et se situent entre les aides au levage, qui suppriment totalement les contraintes par charges lourdes (environ 70 %) et les rotations d'emploi (environ 15 %) [8, 18].

Les potentiels majeurs des tables de travail réglables en hauteur sont listés ci-dessous et étayés par des indicateurs et résultats tirés de la littérature.

3.1 LES POTENTIELS ÉCONOMIQUES DIRECTS

Augmenter la productivité / la qualité des produits

Plusieurs études tendent à prouver que la mise en place de postes de travail debout/assis permet d'augmenter la productivité ou la qualité du travail [19–21]. Car hormis l'environnement professionnel poste bureautique, il existe de nombreux exemples de cas en production pour lesquels la mise en place de tables de travail réglables en hauteur s'est traduite par le même effet positif [8, 21]. Aucun effet négatif sur la productivité n'a été observé suite à la mise en place d'un poste de travail debout/assis [22–24].



Figure 3 L'ergonomie peut augmenter la productivité et la qualité des produits

Réduire les jours d'incapacité de travail

Des facteurs de risque pour les pathologies musculosquelettiques résident dans les répétitions excessives, les postures désagréables et défavorables, ainsi que dans le soulèvement de charges élevées [27]. Des tables de travail réglables en hauteur peuvent être mises en place pour éviter des postures défavorables. Ainsi, des exemples en production ou postes bureautiques ont permis, à l'aide de tables de travail réglables en hauteur de réduire de 42 - 50 % le nombre des arrêts maladies dus à des pathologies musculosquelettiques [25, 26].

Des résultats d'études prouvent même que la mise en place de postes de travail debout/assis réduisent nettement les douleurs des employés de bureau atteints de maux de dos chroniques [27].

→ Comme le démontrent de nombreuses études, la citation de H.W. Hendricks « Good Ergonomics is Good Economics » [28]

3.2 LES POTENTIELS ÉCONOMIQUES INDIRECTS

Les effets positifs d'une optimisation ergonomique par la mise en place de tables de travail réglables en hauteur sont multiples, font quelquefois preuve d'une influence réciproque et concernent aussi bien l'employé que l'employeur. De nombreuses tables de travail réglables en hauteur permettent non seulement de s'adapter à la stature de l'individu, mais également de permuter entre les positions de travail debout et assis). (poste de travail debout/assis).

Réduire les temps de position assise

De nombreuses études actuelles démontrent que la durée quotidienne de position assise exerce une influence sur la santé et se traduit entre autres par des pathologies musculo-squelettiques, des maladies cardio-vasculaires ou un risque accru de diabète de type 2 ou de cancers [29, 30]. Ces connaissances ont donné naissance entre autres au slogan « Sitzen ist das neue Rauchen » (en quelque sorte : « s’asseoir est aussi néfaste que fumer ») qui est utilisé dans l’intervalle comme titre d’ouvrages [31], pour des guides en matière de

santé ou pour des slogans publicitaires de programmes de santé édités par les caisses d’assurance maladie.

La mise en place de postes de travail debout/assis permet de réduire les temps de position assise et encourage la variation des postures [32, 33].

La figure 4 présente des syndromes susceptibles d’être provoqués par des positions assises prolongées.

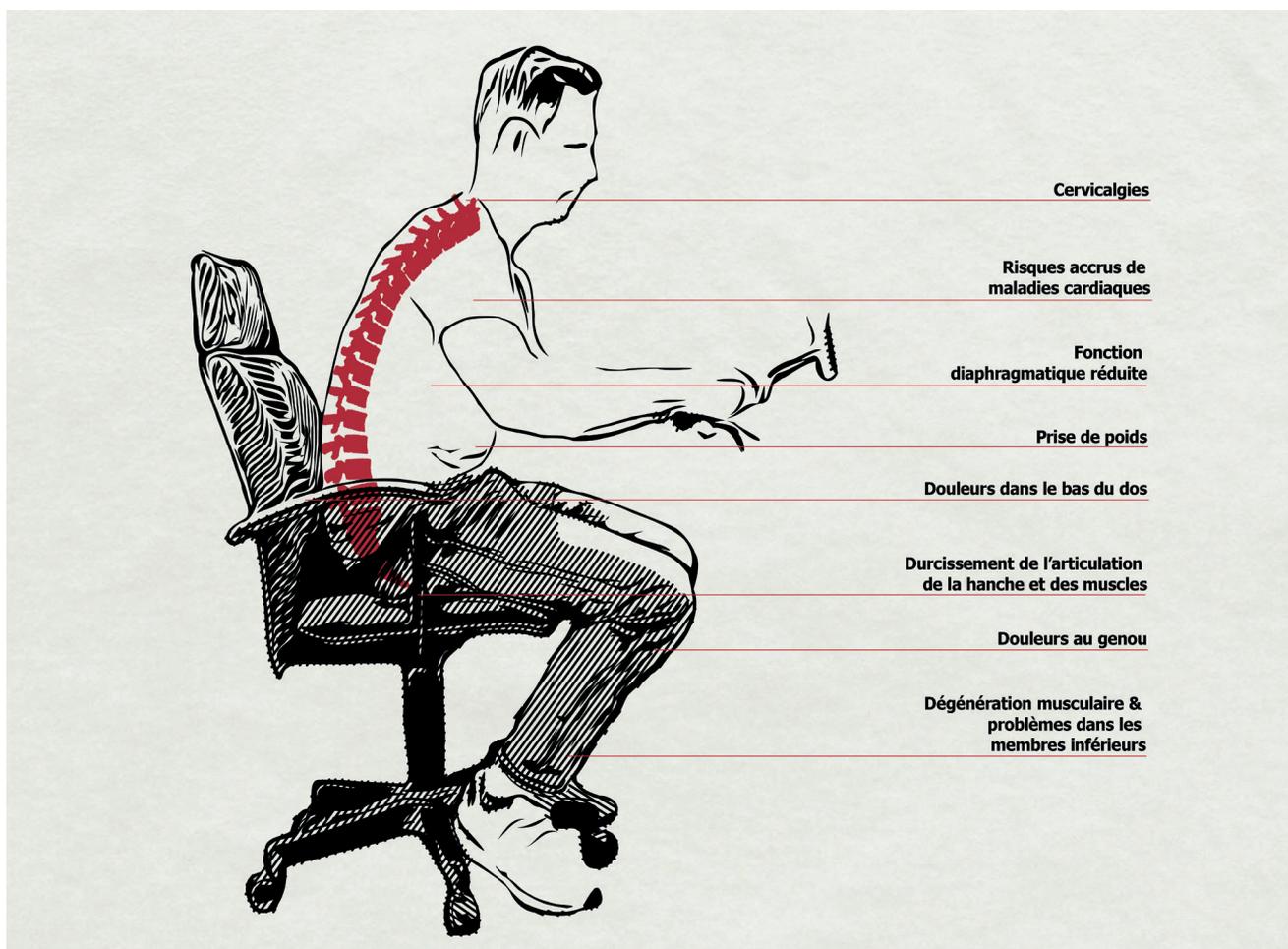


Figure 4 Des positions assises prolongées risquent de provoquer différents syndromes (cf. [31])

Éviter les défauts posturaux

Les tables de travail réglables en hauteur sont aptes à s'adapter à la stature individuelle de l'individu, aussi bien en position debout qu'en position assise, de sorte à éviter les postures défavorables. La posture droite qu'elles permettent d'adopter se caractérise en termes d'économie, de consommation d'énergie et d'efficacité [34].

Bien que selon les connaissances actuelles, il n'existe pas de position assise optimale [35], une position affaissée, provoquant une importante flexion de la colonne lombaire est considérée comme un facteur de risque générant des maux du dos [36]. Un poste de travail debout/assis permet de réduire des schémas posturaux défavorables et statiques [23, 33].

Augmenter les dépenses caloriques

Au regard de l'intérêt croissant accordé à la condition physique et à la santé, que laissent supposer les pronostics en matière de propagation des trackers ou appli de promotion de la condition physique [46, 47], un facteur intéressant, notamment pour les employés de bureau peut résider en ce que la dépense calorique est plus élevée pour le poste de travail debout qu'en position assise [48–50]. Plusieurs études ont démontré que la dépense calorique est augmentée de 5-8 % par rapport à un poste de travail assis [48, 49].

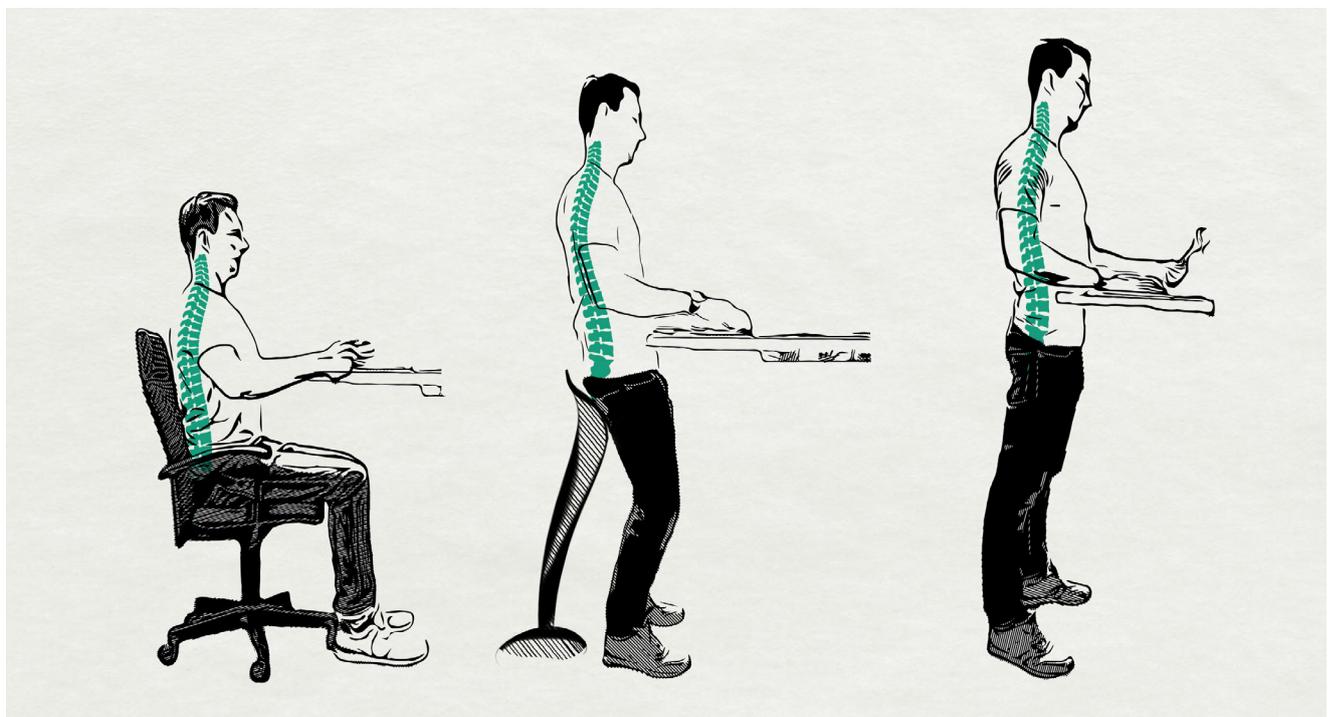


Figure 5 Les tables de travail réglables en hauteur permettent un travail polyvalent, adapté à la stature

Éviter les inconforts

Une conception ergonomique du poste de travail qui favorise un changement de posture (par exemple des postes de travail debout/assis) réduit les inconforts musculaires. Plusieurs études ont démontré ce phénomène, aussi bien pour les postes bureautiques que dans les milieux industriels [24, 26, 37–39]. Ainsi, un inconfort musculaire le plus faible possible peut être considéré comme étant un facteur d'influence déterminant pour le bien-être subjectif des employés.

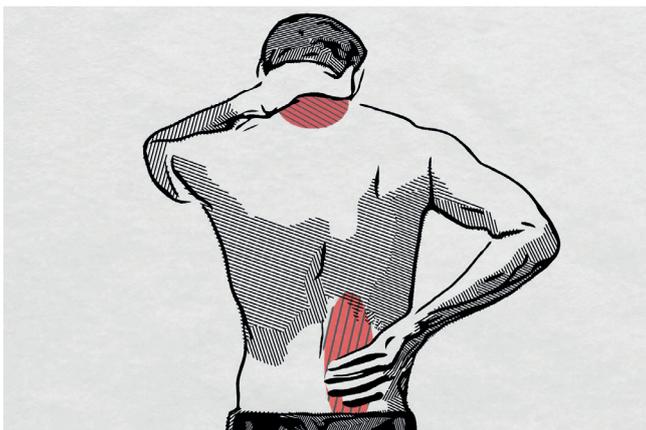


Figure 6 Une conception ergonomique des postes de travail diminue l'inconfort musculaire et favorise le bien-être subjectif

Réduire les tensions musculaires

Une hauteur défavorable des tables de travail risque d'avoir des répercussions négatives sur l'appareil musculosquelettique. Ainsi, un poste de travail réglé trop bas provoque une inclinaison vers l'avant du torse et de la nuque, ce qui a pour effet d'augmenter les tensions musculaires dans ces zones [40]. Si de telles positions sont maintenues sur de longues périodes, des tensions et durcissements musculaires risquent de se produire dans la zone dorsale, scapulaire et cervicale. Ce qui peut engendrer à long terme des pathologies musculaires ou des céphalées de tension [41].

Une conception ergonomique des postes de travail est apte à réduire les tensions musculaires dans la zone dorsale, scapulaire et cervicale. Ce fait a été prouvé par différentes études, aussi bien pour des postes bureautiques [42, 43], qu'à l'école [44] ou en production [45].

Prévenir la fatigue

La fatigue s'accompagne d'une baisse de la vigilance et de l'attention et elle constitue ainsi un facteur de risques pour des erreurs ou des accidents [51, 52]. Des études en laboratoire ou des études de terrain ont montré que la mise en place de tables réglables en hauteur permettant de travailler aussi bien en position assise que debout pallie la sensation de fatigue au poste de travail bureautique [20, 53].



Figure 7 Contrairement à un poste de travail à position uniquement assise, une table de travail à position debout/assise favorise l'activité et pallie la sensation de fatigue.

Augmenter la satisfaction des collaborateurs

La satisfaction des collaborateurs est particulièrement significative, car elle est propre à influencer leur motivation et leur performance [54]. Cet effet a été mis en exergue avec la mise en place de tables de travail réglables en hauteur dans les bureaux [55] et en production [56]. Un exemple très clair dans le domaine de la production a démontré que la satisfaction a été augmentée de 41 % suite à une optimisation ergonomique du poste de travail [56].

Souligner les attraits de l'entreprise

Dans le contexte d'une concurrence de plus en plus accrue pour attirer un personnel qualifié (la dénommée « War for Talent »), les attraits d'une entreprise constituent un facteur décisif pour attirer et fidéliser des collaborateurs [57]. Des experts [58, 59] et des entreprises [57] sont persuadés qu'une promotion professionnelle de la santé au sein de l'entreprise, comme par exemple une conception ergonomique des postes de travail contribue à affirmer l'attrait de l'entreprise.

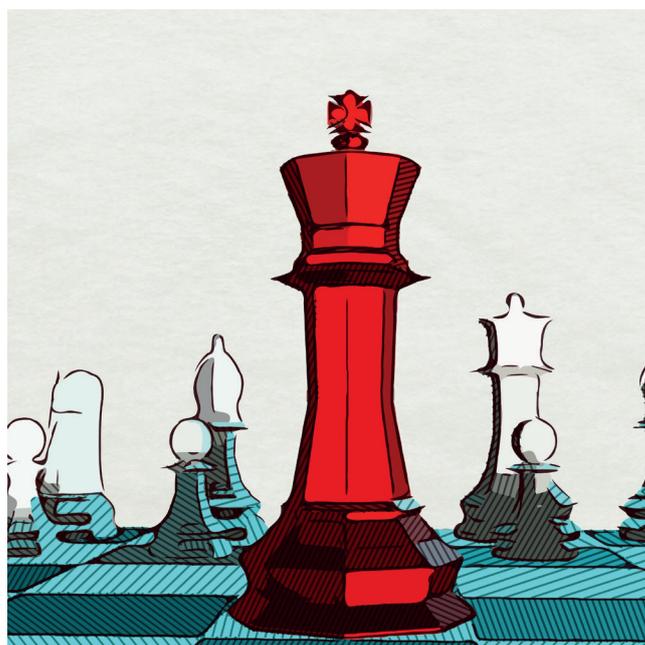


Figure 8 Dans le contexte d'une concurrence accrue pour attirer un personnel qualifié, la promotion de la santé au sein de l'entreprise peut être un facteur décisif.



4 SYNTHÈSE

La littérature nous livre de nombreuses preuves des multiples bénéfices inhérents à la mise en œuvre d'actions à visée ergonomique. Mais il est souvent difficile d'intégrer ces critères dans des analyses coûts/utilité.

Même si les recherches n'ont pas été aptes à mettre à disposition des modèles de calcul préconçus, l'état des études démontre de manière prévisible que des employés en bonne santé font preuve d'une satisfaction et d'une efficacité accrues.

Dans l'esprit de la promotion de la santé des employés et pour faciliter l'argumentation en faveur d'investissements ergonomiques, ce travail synoptique est prévu pour aider à identifier les critères déterminants pour l'entreprise aptes à démontrer l'utilité des investissements ergonomiques.

Les investissements dans ce domaine payent d'autant plus rapidement que les risques de l'absence d'actions favorisant la santé sont considérés dans leur globalité.

En synthèse, les bénéfices d'une promotion de la santé au sein de l'entreprise et d'un poste de travail ergonomique peuvent également s'articuler en avantages pour les employés et les employeurs (cf. Tableau 2).

L'employé	L'employeur
L'assurance de la performance de l'ensemble des employés	Une réduction des consultations médicales
L'augmentation de la motivation par renforcement de l'identification avec l'entreprise	Une amélioration des conditions sanitaires au sein de l'entreprise
L'abaissement des coûts, du fait de la diminution des arrêts maladie et des arrêts de production	Une réduction des contraintes
L'augmentation de la productivité et de la qualité	Une amélioration de la qualité de vie
La valorisation de l'image de marque de l'entreprise	Une préservation/ une augmentation de la propre performance
Le renforcement de la compétitivité	Une augmentation de la satisfaction au travail et une amélioration du climat au sein de l'entreprise
Des employés plus résilients, même sous l'effet de charges supplémentaires dues à des fluctuations du carnet de commandes	Une co-conception du poste de travail et des cycles de travail
Des postes de travaux plus polyvalents pour des employés de différentes statures	Les dépenses caloriques

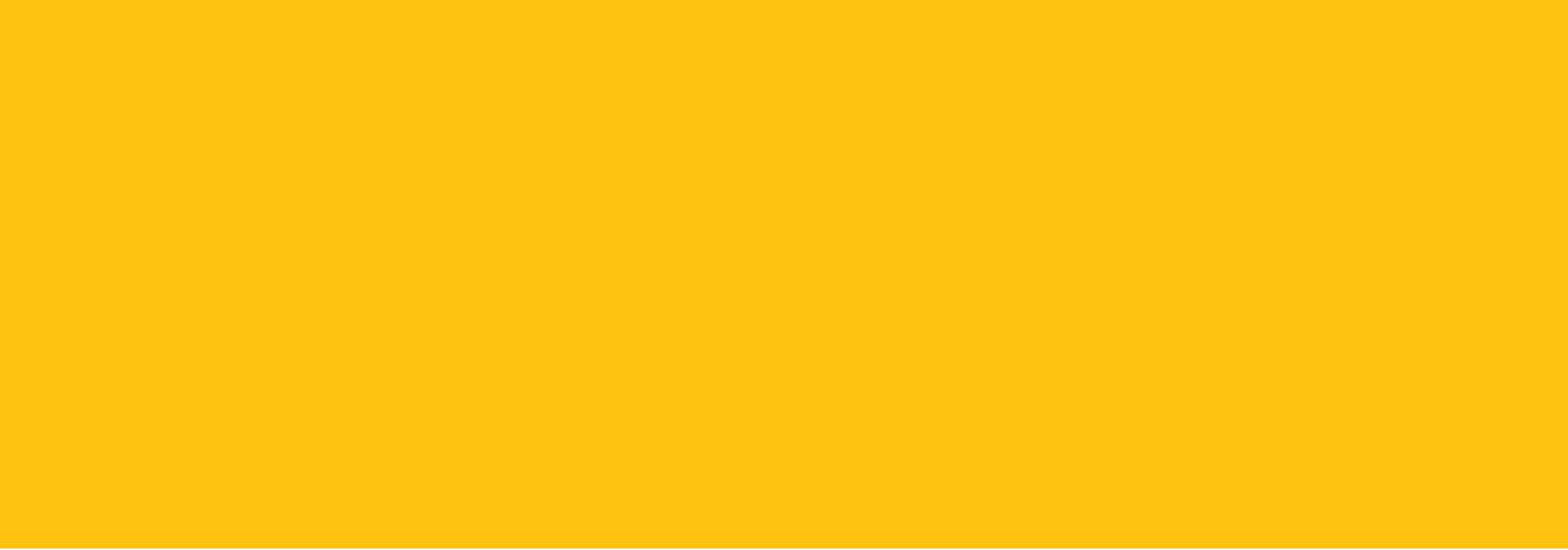
Tableau 2 Les bénéfices d'une promotion de la santé au sein de l'entreprise pour les employés et les employeurs

5 LES LIMITATIONS

Même si la littérature relate un effet incontestablement positif du rapport coûts/utilité, son affirmation générale est limitée du fait d'un défaut de comparabilité d'un grand nombre d'études différentes et de leur conception. Par ailleurs, les études en provenance des USA incluent encore et toujours les frais en dommages et intérêts dans le calcul des coûts/de l'utilité. Au regard de la différence des systèmes juridiques, ils ne sont pas directement transmissibles sur les pays européens.

Les études ne différencient pas toujours les programmes concernant purement l'ergonomie des autres programmes relevant de la santé. Ainsi, il n'est pas possible de différencier dans tous les cas les effets des actions visant purement à soulager l'appareil locomoteur des actions en prévention du diabète ou des cancers, par exemple.

Il faut prendre en compte par ailleurs un possible effet de distorsion dans les données disponibles, car il va de soi que la publication des études présentant des effets positifs ou significatifs est préconisée (« publication bias »). Ce qui signifie que la tendance est à la publication d'un plus grand nombre d'études étayant l'effet positif d'une action que d'études sans effet.



7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Pharmig, "Verteilung der Arbeitsunfähigkeitstage in Österreich nach Krankheitsgruppen in den Jahren 2012 bis 2017," in Statista.
- [2] DAK-Gesundheit, "DAK-Gesundheitsreport 2018," Hamburg, 2018. [Online]
- [3] T. Läubli and C. Müller, "Arbeitsbedingungen und Erkrankungen des Bewegungsapparates: Geschätzte Fallzahlen und Kosten für die Schweiz," *Die Volkswirtschaft*, vol. 2009, no. 11, pp. 22–25,
- [4] M. Graf et al., 4. Europäische Erhebung über die Arbeitsbedingungen 2005: Ausgewählte Ergebnisse aus Schweizer Perspektive: SECO, 2007.
- [5] BKK Dachverband, "Gesundheit in Bewegung: Schwerpunkt Muskel- und Skeletterkrankungen," Berlin, 2013.
- [6] T. Bellinger, "The Economics of Ergonomics," Haworth, 2009. [Online]
- [7] I. Kramer and W. Bödeker, "Return on Investment im Kontext der betrieblichen Gesundheitsförderung und Prävention," (de),
- [8] R. W. Goggins, P. Spielholz, and G. L. Nothstein, "Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: implications for predictive cost-benefit analysis," (eng), *Journal of safety research*, vol. 39, no. 3, pp. 339–344, 2008.
- [9] C. Berlin and C. Adams, *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance*: Ubiquity Press, 2017.
- [10] A. Strom, Ed., *Anteile der zehn wichtigsten Krankheitsarten an den Arbeitsunfähigkeitstagen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2015: Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten*, 2017.
- [11] Bundesamt für Statistik BFS, *Schweizerische Gesundheitsbefragung 2012: Übersicht. Gesundheit*. Neuchâtel, 2013.
- [12] D. Iverson, K. L. Lewis, P. Caputi, and S. Knospe, "The cumulative impact and associated costs of multiple health conditions on employee productivity," (eng), *Journal of occupational and environmental medicine*, vol. 52, no. 12, pp. 1206–1211, 2010.
- [13] G. Johns, "Presenteeism in the workplace: A review and research agenda," *J. Organiz. Behav.*, vol. 31, no. 4, pp. 519–542, 2010.
- [14] A.-C. Falck, R. Örtengren, and D. Högberg, "The impact of poor assembly ergonomics on product quality: A cost–benefit analysis in car manufacturing," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 20, no. 1, pp. 24–41, 2010.
- [15] E. Grandjean and W. Hünting, "Ergonomics of posture—Review of various problems of standing and sitting posture," *Appl Ergon*, vol. 8, no. 3, pp. 135–140, 1977.
- [16] European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion Unit B3, *Socio-economic costs of accidents at work and work-related ill health*. Luxemburg, 2011.
- [17] Goetzel, Ozminkowski, Baase, Billotti, "Estimating the Return-on-Investment From Changes in Employee Health Risks on The Dow Chemical Company's Health Care Costs,"
- [18] M. Oxenburgh, *Increasing productivity and profit through health and safety*. North Ryde:

- CCH Australia, 1994.
- [19] A. Hedge and E. J. Ray, "Effects of an Electronic Height-Adjustable Worksurface on Computer Worker Musculoskeletal Discomfort and Productivity," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 48, no. 8, pp. 1091–1095, 2004.
- [20] T. Hasegawa, K. Inoue, O. Tsutsue, and M. Kumashiro, "Effects of a sit-stand schedule on a light repetitive task," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 28, no. 3-4, pp. 219–224, 2001.
- [21] S. Spilling, J. Eitrheim, and A. Aarås, "Cost-benefit analysis of work environment; investment at STK's telephone plant at Kongsvinger," *The ergonomics of working postures*, pp. 380–397, 1986.
- [22] J. Y. Chau et al., "More standing and just as productive: Effects of a sit-stand desk intervention on call center workers' sitting, standing, and productivity at work in the Opt to Stand pilot study," *Preventive medicine reports*, vol. 3, pp. 68–74, 2016.
- [23] T. Karakolis, J. Barrett, and J. P. Callaghan, "A comparison of trunk biomechanics, musculoskeletal discomfort and productivity during simulated sit-stand office work," *Ergonomics*, vol. 59, no. 10, pp. 1275–1287, 2016.
- [24] T. Karakolis and J. P. Callaghan, "The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity: a review," (eng), *Appl Ergon*, vol. 45, no. 3, pp. 799–806, 2014.
- [25] S. Spilling, J. Eitrheim, and A. Aarås, "Cost-benefit analysis of work environment; investment at STK's telephone plant at Kongsvinger," *The ergonomics of working postures*, pp. 380–397, 1986.
- [26] H. L. Nerhood and S. W. Thompson, "Adjustable Sit-Stand Workstations in the Office," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 38, no. 10, pp. 668–672, 1994.
- [27] G. T. Ognibene, W. Torres, R. von Eyben, and K. C. Horst, "Impact of a sit-stand workstation on chronic low back pain: results of a randomized trial," *Journal of occupational and environmental medicine*, vol. 58, no. 3, pp. 287–293, 2016.
- [28] H. W. Hendricks, "Good Ergonomics Is Good Economics," Reprinted with adaptations from *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting.*, 1996.
- [29] J. Y. Chau et al., "Sedentary behaviour and risk of mortality from all-causes and cardiometabolic diseases in adults: evidence from the HUNT3 population cohort," (eng), *Br J Sports Med*, vol. 49, no. 11, pp. 737–742, 2015.
- [30] A. Biswas et al., "Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis," *Ann. Intern. Med.*, vol. 162, no. 2, pp. 123–132, 2015.
- [31] K. Starrett, J. Starrett, and G. Cordoza, *Sitzen ist das neue Rauchen: Das Trainingsprogramm, um Haltungsschäden vorzubeugen und unsere natürliche Mobilität zurückzugewinnen*, 1st ed. München: riva, 2016.

- [32] L. Straker, R. A. Abbott, M. Heiden, S. E. Mathiassen, and A. Toomingas, "Sit-stand desks in call centres: associations of use and ergonomics awareness with sedentary behavior," (eng), *Appl Ergon*, vol. 44, no. 4, pp. 517–522, 2013.
- [33] D. F. Barbieri, D. Srinivasan, S. E. Mathiassen, and A. B. Oliveira, "Variation in upper extremity, neck and trunk postures when performing computer work at a sit-stand station," (eng), *Appl Ergon*, vol. 75, pp. 120–128, 2019.
- [34] S. Klein-Vogelbach, *Funktionelle Bewegungslehre: Bewegung lehren und lernen*, 5th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000.
- [35] K. O'Sullivan, P. O'Sullivan, L. O'Sullivan, and W. Dankaerts, "What do physiotherapists consider to be the best sitting spinal posture?," (eng), *Manual therapy*, vol. 17, no. 5, pp. 432–437
- [36] L. Womersley and S. May, "Sitting posture of subjects with postural backache," (eng), *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, vol. 29, no. 3, pp. 213–218, 2006.
- [37] B. Husemann, C. Y. von Mach, D. Borsotto, K. I. Zepf, and J. Scharnbacher, "Comparisons of musculoskeletal complaints and data entry between a sitting and a sit-stand workstation paradigm," (eng), *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 51, no. 3, pp. 310–320, 2009.
- [38] S. Agarwal, C. Steinmaus, and C. Harris-Adamson, "Sit-stand workstations and impact on low back discomfort: a systematic review and meta-analysis," (eng), *Ergonomics*, vol. 61, no. 4, pp. 538–552, 2018.
- [39] K. G. Davis and S. E. Kotowski, "Postural Variability," *Hum Factors*, vol. 56, no. 7, pp. 1249–1261, 2014.
- [40] D. Zennaro, T. Läubli, D. Krebs, H. Krueger, and A. Klipstein, "Trapezius muscle motor unit activity in symptomatic participants during finger tapping using properly and improperly adjusted desks," *Hum Factors*, vol. 46, no. 2, pp. 252–266, 2004.
- [41] A. Nagasawa, T. Sakakibara, and A. Takahashi, "Roentgenographic findings of the cervical spine in tension-type headache," (eng), *Headache*, vol. 33, no. 2, pp. 90–95, 1993.
- [42] M. Hassaine, A. Hamaoui, and P.-G. Zanone, "Effect of table top slope and height on body posture and muscular activity pattern," (eng), *Ann Phys Rehabil Med*, vol. 58, no. 2, pp. 86–91, 2015.
- [43] E. Dowler, B. Kappes, A. Fenaughty, and G. Pemberton, "Effects of neutral posture on muscle tension during computer use," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 7, no. 1, pp. 61–78, 2001.
- [44] R. Koskelo, K. Vuorikari, and O. Hänninen, "Sitting and standing postures are corrected by adjustable furniture with lowered muscle tension in high-school students," (eng), *Ergonomics*, vol. 50, no. 10, pp. 1643–1656, 2007.
- [45] T. Huoviala, "Turning the tables: design change eases sewing strains in Work Health Safety," Institute of Occupational Health, Finland, pp. 17–18, 1984.
- [46] Morder Intelligence, *Smart Wearable Market - Growth, Trends, and Forecast (2019 - 2024)*.

- [47] Markets and Markets, *Wearable Fitness Technology Market: Wearable Fitness Technology Market by Product, Category, Component - Global Forecast to 2022*, 2016.
- [48] P. B. Júdice, M. T. Hamilton, L. B. Sardinha, T. W. Zderic, and A. M. Silva, "What is the metabolic and energy cost of sitting, standing and sit/stand transitions?," (eng), *Europ. J. Appl. Physiol.*, vol. 116, no. 2, pp. 263–273, 2016.
- [49] B. B. Gibbs, R. J. Kowalsky, S. J. Perdomo, M. Grier, and J. M. Jakicic, "Energy expenditure of deskwork when sitting, standing or alternating positions," (eng), *Occupational medicine (Oxford, England)*, vol. 67, no. 2, pp. 121–127, 2017.
- [50] A. A. Thorp et al., "Alternating Sitting and Standing Increases the Workplace Energy Expenditure of Overweight Adults," (eng), *Journal of physical activity & health*, vol. 13, no. 1, pp. 24–29, 2016.
- [51] J. Bell and N. Healey, *The Causes of Major Hazard Incidents and How to Improve Risk Control and Health and Safety Management: A Review of the Existing Literature*. Health & Safety Laboratory/2006/117.
- [52] Internationale Atomenergie-Organisation, *Developing safety culture in nuclear activities: Practical suggestions to assist progress*. Vienna, 1998.
- [53] N. Dutta, G. A. Koeppe, S. D. Stovitz, J. A. Levine, and M. A. Pereira, "Using sit-stand workstations to decrease sedentary time in office workers: a randomized crossover trial," (eng), *International journal of environmental research and public health*, vol. 11, no. 7, pp. 6653–6665, 2014.
- [54] S. P. Robbins and T. A. Judge, *Organizational behavior*, 17th ed. Boston: Pearson, 2017.
- [55] N. Nevala and D.-S. Choi, "Ergonomic comparison of a sit-stand workstation with a traditional workstation in visual display unit work," *The Ergonomics Open Journal*, vol. 6, no. 1, 2013.
- [56] A. A. Shikdar and M. A. Al-Hadhrami, "Operator performance and satisfaction in an ergonomically designed assembly workstation," *The Journal of Engineering Research [TJER]*, vol. 2, no. 1, pp. 69–76, 2005.
- [57] Booz & Company, *Vorteil Vorsorge: Die Rolle der betrieblichen Gesundheitsvorsorge für die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland*. Accessed on: Sep. 04 2015.
- [58] H. W. Hendrick, "Determining the cost–benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success," *Appl Ergon*, vol. 34, no. 5, pp. 419–427, 2003.
- [59] H. W. Hendrick, "Applying ergonomics to systems: some documented "lessons learned"," *Appl Ergon*, vol. 39, no. 4, pp. 418–426, 2008.

MENTIONS LÉGALES

Pour nous contacter:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Département Biomechatronische Systeme
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de

Urban Daub
Téléphone: +49 711 970 – 3645
urban.daub@ipa.fraunhofer.de

Auteurs: Urban Daub, Alexander Ackermann, Verena Kopp

Octobre 2019
DOI: 10.24406/ipa-n-559153

Sous licence CC-BY-NC 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de>

Étude élaborée à la demande de la société Ergoswiss AG



