

Effet de la co-exposition aux bruit-solvants sur la pression artérielle : à propos d'une enquête médicale et environnementale dans une entreprise de fabrication de produits composites

Effect of co-exposure to noise-solvents on blood pressure: medical and environmental survey in a composite product manufacturing company

Takwa BEN ATTIA¹, Noura GANNOUNI¹, Fodha MHAMDI¹,
Asma ELJ², IMEN MAGROUN¹, Abada MHAMDI¹

¹Université Tunis ElManar – Faculté de Médecine de Tunis – UR17ES13.
15, Rue Djebel Lakhdar La Rabta - 1007 Tunis – Tunisie

²Caisse Nationale d'Assurance Maladie - Tunisie

.....
Date de réception:29/5/2022. Date d'acceptation: 06/07/2022. Date de publication:15/ 7/2022

Résumé

La co-exposition chronique au bruit et aux solvants organiques en milieu professionnel constitue une menace réelle pour la santé des salariés. L'objectif de cette étude était de décrire les variations de la tension artérielle chez des travailleurs exposés au bruit et aux solvants organiques au sein d'une entreprise de fabrication de produits composites pour le domaine sportif en Tunisie. Une étude épidémiologique transversale descriptive associée à une étude environnementale a été menée. Les résultats ont montré que 29% des salariés étaient exposés au bruit et 39% co-exposés au bruit et aux solvants organiques. Une élévation des pressions artérielles systolique moyenne (123,1 vs 107,39 mmHg, $p=0,001$) et diastolique moyenne (73,44 vs 67,82 mmHg, $p=0,019$) chez les salariés co-exposés a été notée. Les données de cette étude et d'autres études scientifiques permettent de soulever la question de l'adéquation des mesures de prévention chez les salariés exposés à la fois au bruit et aux solvants organiques et sur le seuil préconisé à partir duquel les effets de la co-exposition se font ressentir.

Mots Clés : Bruit, solvant, pression artérielle, co-exposition.

Abstract

Chronic co-exposure to noise and organic solvents in the workplace constitutes a real threat to the health of employees. The objective of this study was to describe the variations of blood pressure in workers exposed to noise and organic solvents in a company manufacturing composite products for the sports field in Tunisia. A

descriptive cross-sectional epidemiological study associated with an environmental study was conducted. The results showed that 29% of employees were exposed to noise and 39% co-exposed to noise and organic solvents. An increase in mean systolic (123.1 vs 107.39 mmHg, $p=0.001$) and mean diastolic (73.44 vs 67.82 mmHg, $p=0.019$) arterial pressures in co-exposed employees was noted. The data from this study and other scientific studies raise the question of the adequacy of preventive measures for employees exposed to both noise and organic solvents and the recommended threshold from which the effects of co -exposure are felt.

Keywords: Noise; solvent; blood pressure; co-exposure

1. Introduction :

La lutte contre le bruit figure aujourd'hui parmi les préoccupations majeures des professionnels de santé publique. Il existe de nombreuses réglementations relatives au bruit, notamment dans le monde du travail où l'environnement sonore ne doit pas dépasser 85 dB(A) pendant 8 heures de travail. L'exposition au bruit est généralement considérée comme le principal risque de perte auditive professionnelle. Les effets combinés sur le système auditif du bruit et de plusieurs produits chimiques, dont les solvants organiques ont été bien étudiés alors que les effets non auditifs sont encore limités. Plusieurs études cliniques ont mis en évidence que l'exposition chronique aux bruits est un facteur déterminant dans l'apparition de l'hypertension (Capozzella et al., 2015 ; Lee et al., 2009). En milieu professionnel, le bruit n'est pas le seul danger pour les salariés, car les produits chimiques et en particulier les solvants organiques peuvent également exercer des effets néfastes sur la santé des employés.

Ces substances chimiques présentent des caractéristiques qui justifient leurs utilisations très répandues dans les milieux industriels. De plus, il n'existe à l'heure actuelle aucune mesure de prévention que ce soit dans le monde professionnel ou dans le monde extraprofessionnel pour protéger les personnes contre les effets combinés du bruit et des substances toxiques. Certaines études ont justifié que les preuves des effets combinés des solvants, des vibrations, des métaux lourds, du CO, du tabagisme, des produits chimiques, du vieillissement, de la chaleur et du travail posté étaient respectivement plus fortes que pour d'autres facteurs (Golmohammadi et Darvishi, 2019). La perte auditive, l'hypertension, les performances réduites et les contraintes cardiovasculaires sont les facteurs de risque les plus importants des effets combinés dus à l'exposition simultanée au bruit et à d'autres substances. Par conséquent, dans les programmes de préservation des personnes exposées au bruit, les facteurs aggravants ses effets doivent également être pris en compte, puisqu'un effet dommageable additif se trouve lié à la coexposition au bruit et aux solvants organiques (Sliwinska-Kowalska et al., 2004).

Notre étude vise à décrire les variations de la tension artérielle chez des travailleurs exposés au bruit et aux solvants organiques au sein d'une entreprise de fabrication de produits composites pour le domaine sportif en Tunisie.

2. Méthodologie :

2.1 Conception et sujets de l'étude.

Notre étude a consisté à la réalisation d'une enquête épidémiologique descriptive transversale exhaustive dans une entreprise de fabrication des produits composites pour le domaine sportif en Tunisie. Elle emploie un effectif total de 60 travailleurs (hommes et femmes). Le choix de cette entreprise a été justifié par la présence de deux nuisances : les produits chimiques et le bruit provenant de différentes machines.

Nous avons inclus les salariés avec une ancienneté professionnelle supérieure à un an, les salariés exposés au bruit et co-exposés au bruit et aux solvants au poste actuel, et ceux non exposés ni au bruit ni aux solvants (témoins).

Les travailleurs ayant un travail posté, ou un travail de nuit et ceux ayant un diagnostic d'hypertension artérielle ou bien des pathologies cardiovasculaires ont été exclus de cette étude.

Après l'application des critères d'inclusion et d'exclusion nous avons retenu trois groupes :

- Un groupe composé de 21 salariés exposés au bruit seulement.
- Un groupe composé de 29 salariés co-exposés au bruit et aux solvants organiques.
- Un groupe témoin composé de 23 salariés non exposés aux nuisances physiques et chimiques (bruit et solvants organiques).

Le questionnaire a été administré par le médecin de travail de l'entreprise à tous les salariés et indépendamment de leur poste de travail ou de leurs antécédents pathologiques après consentement préalable. Le questionnaire a comporté les parties suivantes :

- Caractéristiques socioprofessionnelles du salarié comportent l'âge, le genre, le niveau scolaire, le poste de travail, l'ancienneté professionnelle au poste, situation familiale et nombre d'enfants, habitudes, organisation et horaires de travail, l'activité physique extraprofessionnelle, les habitudes alimentaires, exposition aux solvants organiques (oui ou non), type de solvants.
- Les antécédents pathologiques recherchés étaient le diabète, l'obésité, la dyslipidémie, l'hypertension artérielle non suivie.
- L'examen clinique a comporté le calcul de l'indice de masse corporelle selon la formule suivante (OMS, 2010) :

$$\text{IMC (Kg/m}^2\text{)} = \text{(Poids /Taille}^2\text{)}.$$

- La mesure de la pression artérielle systolique et diastolique (PAS et PAD) a été effectuée en position assise par la méthode d'auscultation à l'aide d'un tensiomètre standard. La mesure a été prise pour chaque sujet assis sur une chaise après au moins 5 min de repos. Les chiffres tensionnels supérieurs à 140 mm Hg et 90 mm Hg étaient considérés élevés pour la pression artérielle systolique et la pression artérielle diastolique

respectivement. Nous avons évité les mesures dans les 30 minutes après un repas ou une activité physique intense ou fumer une cigarette (Denolle et al., 2019).

- Toute la population d'étude a bénéficié d'une glycémie capillaire à l'aide d'un lecteur de glycémie de marque « Accu-Chek Performa® ». Le test a été pratiqué après quatre à cinq heures de la dernière prise alimentaire.

2.2 Etude des niveaux sonores

Dans notre étude, les mesures du bruit ont été effectuées par une équipe composée d'un hygiéniste et d'un ergonome. Une visite du lieu a été organisée pendant l'horaire de travail de l'entreprise, les mesures ont été effectuées entre 10h00 et 12h00, tout en assurant un fonctionnement normal des machines.

Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un sonomètre intégrateur de précision ; classe 1, de marque Bruel & Kjaer; type 2238 avec filtre octave de la même marque. Les niveaux sonores équivalents moyens (Leq) et le niveau maximum au niveau de chaque source de bruit ont été enregistrés dans les différentes gammes de fréquences comprises entre 31,5 Hz et 8000 Hz.

2.3 Description des solvants organiques utilisés

La consultation des fiches de données de sécurité des produits manipulés nous a permis de préciser la composition des substances chimiques utilisées et leurs quantités dans les postes exposants aux solvants organiques.

2.4 Etude comparative

Cette étude a été menée pour décrire les effets de l'exposition des salariés aux nuisances d'ordre physique « le bruit » et chimiques « les solvants ».

Nous avons comparé les données épidémiologiques et socioprofessionnelles :

- Des salariés témoins et ceux exposés au bruit seul.
- Des salariés témoins et ceux co-exposés aux bruit et solvants.

2.5 Analyse statistique

Toutes les données ont été saisies sur Excel 2010. Nous avons effectué une analyse statistique afin d'obtenir des moyennes, des déviations standards pour les variables quantitatives continues et des fréquences et des pourcentages pour les variables qualitatives. Le programme SPSS version 21.0 a été utilisé pour la comparaison des moyennes arithmétiques des PAD et des PAS. La valeur de signification du test était fixée à 0,05.

3. Résultats

3.1 Etude sonométrique :

Dans notre étude, on a déterminé le niveau équivalent moyen (Leq) et le niveau maximum au niveau de chaque source de bruit. Les

résultats sont regroupés dans le tableau I.

Tableau I : Mesure des ambiances sonores

Lieu de mesure dans l'atelier	Leq (dB(A))	Niveau max (dB(A))
Cabine Machine	92	110
Ponçage noyaux	94	125
Machine de presse de coupe	81	97
Presse moulage	70	95
Chaufreir chauts kit	99	155
Table ponçage	95	102
Réparation chaut kit	98	101
Machine scotch brith	97	111
Machine à vernis	96	105
Sableuse	97	105
Scie bandelex	98	111

Les niveaux sonores moyens enregistrés au niveau de machine de presse, de coupe et presse moulage ont été situés entre 70 et 81 dB(A). Pour les autres machines, les niveaux sonores moyens enregistrés variaient entre 92 et 99 dB(A). Ces niveaux étaient supérieurs à la norme (signalons que la valeur d'alerte est de 85 dB(A) et celle de danger est égale à 90 dB(A)).

3.2 Description des solvants utilisés :

Les produits chimiques utilisés étaient essentiellement des résines de type époxydique et isocyanates organiques avec des solvants organiques aliphatiques, polycycliques et aromatiques (Tableau II). Ces composés étaient utilisés à des quantités variables selon le poste de travail.

Tableau II : Composition et quantités des produits utilisés

Produits utilisés	Composition	Quantité par an
Résine époxy	Bisphéno-A-épichlorhydrine Résines époxydiques	24 Tonnes
Diluant	Toluène, Xylène, acétone, méthyléthylcétone, méthylisobutylcétone, éthylbenzène, éthanol, isopropanol	1 tonne
Vernis	Solvant naphtaaromatique léger, Acétate de 2-éthoxy-1- méthyléthyle, 4-méthylpentan-2- one, acétate d'éthyle, homopolymère d'isophorone diisocyanate, xylène, acétate de 2- méthoxy-1-méthyléthyle, isosyanate de tosyle, diisocyanate de mtolylidène,	500 kg
Durcisseur	Diisocyanate d'isophorone, xylène, acétate de 2-méthoxy-1 méthyléthyle	300 kg

3.3 Caractéristiques sociodémographiques :

Le tableau III résume les caractéristiques sociodémographiques

des populations étudiées.

Tableau III : Caractéristiques sociodémographiques

Caractéristiques	Témoin (n= 23)	Exposé au bruit (n=21)	Co-exposé (Bruit- Solvant) (n=29)
Homme	2	12	18
Femme	21	9	11
Age (ans)	37 ±7,6	40 ± 9,3	40 ± 8,2
Ancienneté (ans)	11 ± 7,2	12 ± 6,8	14 ± 6,5
Café (Oui %)	61	90	83
Tabac (Oui %)	4	33	21
Alcool (Oui %)	0	14	10
Sport (Oui %)	0	19	31
IMC (Kg/m ²)	27,50	24,42	26,08
GAD (g/L)	1,07 ± 0,23	1,24 ± 0,35	1,36 ± 0,43
Antécédent pathologique familiale HTA (Oui %)	65	43	66

3.4 Valeurs Moyennes de pression artérielle

La valeur moyenne de la PAS et la PAD au repos étaient respectivement de 116.91 mm Hg (90-180) et 69,69 mm Hg (60-90).

Tableau IV : Valeurs Moyennes de pressions artérielles (PAS)

Pression artérielle systolique (PAS)					
Groupes	Moyenne (mmHg)	Valeur- P	Différence de Moyenne (mmHg)	IC95%	Valeur-P ajustée
Témoin (n=23)	107,39 ± 13,42	—	0	—	—
Exposé au bruit (n=21)	118,80 ± 8,48	<0.05	11,41	3,15- 19,686	0,008
Co-exposé (n=29)	123,10 ± 8,56	<0.05	15,71	6,441- 24,983	0,001

Tableau V : Valeurs Moyennes de pressions artérielles (PAD)

Pression artérielle diastolique (PAD)					
Groups	Moyenne (mmHg)	Valeur- P	Différence de Moyenne (mmHg)	IC95%	Valeur-P ajustée
Témoin (n=23)	67,82 ± 11,76	—	0	—	—
Exposé au bruit (n=21)	70 ± 15,32	<0.05	2,174	-2,966 -7,341	0,398
Co-exposé (n=29)	73,44 ± 19,74	<0.05	5,622	0,966- 10,278	0,019

Les tableaux IV et V montrent la comparaison des moyennes des PAS et PAD chez les trois groupes. Le groupe témoin avait une PAS moyenne égale à 107,39 ± 13,42 mm Hg et une PAD moyenne égale à 67,82 ± 11,76 mm Hg.

Le groupe des salariés exposés au bruit avait une PAS moyenne égale à 118,80 ± 8,48 mm Hg (p=0,008) avec une élévation

de la PAS de 11,41 mmHg chez les salariés exposés au bruit par rapport aux témoins et une PAD moyenne égale à $70 \pm 15,32$ mmHg avec une valeur de $p = 0,398$, statistiquement non significative.

Le groupe des salariés co-exposés au bruit et aux solvants organiques avait une PAS moyenne égale à $123,10 \pm 8,56$ mmHg ($p=0,001$) et une PAD moyenne égale à $73,44 \pm 19,74$ mm Hg ($p=0,019$), avec une élévation de la PAS de 15,71 mmHg et de la PAD de 5,62 mm Hg dans le groupe co-exposé par rapport aux témoins.

4. Discussion :

La vie moderne est caractérisée par une explosion urbaine et un développement de tous les secteurs économiques, notamment le secteur industriel où les salariés sont exposés à différents types de nuisances. Dans notre étude, les salariés étaient exposés de manière différente soit à des nuisances physiques (le bruit seul) ou associées à des nuisances de nature chimique (solvants organiques) ou non exposé aux deux nuisances.

Les études portant sur les effets de la co-exposition au bruit et aux solvants organiques en milieu de travail sur la pression artérielle sont très limitées. Dans notre étude, la comparaison de la moyenne de la PAS et de la PAD des travailleurs co-exposés par rapport aux témoins a noté une différence significative ($p=0,001$ et $p=0,019$ respectivement) sans atteindre des chiffres pathologiques (> 140 mmHg dans le groupe co-exposé).

Ces résultats concordent avec la conclusion de l'étude épidémiologique menée en milieu industriel sur 471 travailleurs dans une usine de fabrication de voitures d'Attarchi et al. (2013). Dans cette étude, les auteurs ont conclu à l'existence d'un effet de synergie entre la co-exposition au bruit et aux solvants et la prévalence de l'hypertension artérielle.

L'étude de Chang et al. (2009), a porté sur 59 travailleurs dans une entreprise de fabrication de cuir synthétique. Les auteurs ont constaté que les travailleurs co-exposés au bruit, au N,N-diméthylformamide (DMF) et au toluène étaient considérablement à risque plus élevé d'hypertension artérielle comparativement au groupe témoin. Ces auteurs ont conclu qu'il n'y avait pas d'effets interactifs entre la co-exposition pendant 24 heures au bruit, DMF et le toluène et la prévalence de chiffres tensionnels élevés chez les travailleurs. Ces résultats peuvent être dus à une trop faible période d'exposition pour provoquer une élévation de la pression artérielle.

Dans notre étude, l'ancienneté professionnelle dépassait 10 ans chez les trois groupes étudiés. Le niveau de bruit dans l'atelier était supérieur à 92 dB(A), et qui dépassait la limite normative de 85 dB(A). Le niveau moyen de la PAS était de $118,80 \pm 8,48$ mmHg significativement plus élevé dans le groupe exposé au bruit par rapport au groupe témoin ($107,39 \pm 13,42$) avec un $p=0,008$. La différence entre la PAD n'était pas statistiquement significative ($p=0,398$).

En plus des difficultés auditives, l'exposition au bruit a été

particulièrement associée aux maladies cardiovasculaires telles que l'artériosclérose, les maladies coronariennes (Dzhambov et al, 2018 ; Bolm-Audorff et al, 2020 ; Eriksson et al, 2018) et en particulier l'hypertension artérielle qui était plus fréquent chez les travailleurs exposés au bruit (Li et al, 2019 ; Tomei et al, 2010).

Plusieurs études ont montré que l'exposition indépendante au bruit ou aux solvants organiques était associée à des effets cardiovasculaires (Powazka et al, 2002 ; Rizi et zadeh, 2013 ; de Souza et al. 2015 ; Chang et al, 2009). Des études épidémiologiques et expérimentales avec une exposition conjointe au bruit (un agent neurotoxique) et à des solvants (un agent ototoxique) ont été aussi analysées (Mhamdi et al, 2022 ; Volpin et al, 2006). Ces études ont montré qu'avec des niveaux d'expositions élevés, responsables de plusieurs lésions tissulaires, l'interaction entre les effets du bruit et des solvants pourrait se produire alors que les connaissances actuelles ne permettent pas de conclure à de faibles niveaux d'exposition.

La co-exposition bruit-solvants au milieu de travail est en relation avec des lésions professionnelles, devenue un problème de santé publique dans les années récentes. Les mesures de prévention classiques en cas de co-exposition bruit et agents chimiques doivent être mises en place. Elles permettent de supprimer ou limiter les risques des poly-expositions bruit et substances chimiques.

En se basant sur les connaissances disponibles actuelles, on ne sait pas aujourd'hui définir de seuil d'exposition en dessous duquel cette co-exposition n'a pas d'effets. Il est cependant recommandé de réduire les niveaux d'exposition aux niveaux les plus bas techniquement possibles, que cela soit pour le bruit ou pour les substances chimiques.

5. Conclusion :

La co-exposition chronique au bruit et aux solvants en milieu professionnel constitue une menace réelle pour la santé des salariés. Les résultats de cette étude suggèrent une variation de la PAS et de la PAD chez les salariés exposés au bruit et ceux co-exposés au bruit et aux solvants. Cette différence était statistiquement significative avec une élévation de la PAS et de la PAD entre les groupes.

6. Références

1. Attarchi M, Golabadi M, Labbafinejad Y, Mohammadi S. (2013) Combine effects of exposure to occupational noise and mixed organic solvents on blood pressure in car manufacturing company workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 56, 243-251.
2. Bolm-Audorff U, Hegewald J, Pretzsch A, Freiberg A, Nienhaus A, Seidler A. (2020) Occupational Noise and Hypertension Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 17, 6281.
3. Capozzella A, Samperi I, De Sio I, Tomei G, Casale V, Sacco, C, Suppi A, Giubilati R, Tomei F, Rosati M V. (2015) Noise and cardiovascular effects in workers of the sanitary fixtures industry. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 218,163-168.
4. Chang T Y, Wang V S, Lin S Y, Yen H Y, Lai J S, Liu C S. (2009) Co-Exposure to Noise, N, N-Dimethylformamide, and Toluene on 24-Hour

- Ambulatory Blood Pressure in Synthetic Leather Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7, 14-22.
5. Chang T Y, Wanq V S, Hwang B F, Yen H Y, Lai J S, Liu C S, Lin S Y. (2009) Effects of co-exposure to noise and mixture of organic solvents on blood pressure. *Journal of Occupational Health*, 51, 332-339.
 6. Denolle T, et al. (2019). Recommandations sur la mesure de la pression artérielle. Consensus d'experts de la Société française d'hypertension artérielle, filiale de la Société française de cardiologie. *Presse Med*. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2019.09.060>
 7. De Souza TCF, Périssé ARS, Moura M. (2015) Noise exposure and hypertension: investigation of a silent relationship. *BMC Public Health*, 15, 328-337.
 8. Dzhambov A M, Dimitrova D D. (2018) Residential road traffic noise as a risk factor for hypertension in adults: Systematic review and meta-analysis of analytic studies published in the period 2011–2017[J]. *Environ Pollut*, 240, 306–318.
 9. Eriksson HP, Andersson E, Schiöler L, et al. (2018) Longitudinal study of occupational noise exposure and joint effects with job strain and risk for coronary heart disease and stroke in Swedish men. *BMJ Open*, 8, 1-7.
 10. Golmohammadi R, Darvishi E. (2019). The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors - a systematic review. *Noise Health*, 21, 125-141.
 11. Lee J H, Kang W, Yaang S R, Choy N, Lee C R. (2009) Cohort Study for the Effect of Chronic Noise Exposure on Blood Pressure Among Male Workers in Busan, Korea. *American Journal of Industrial Medicine*, 52, 509–517
 12. Li X, Dong Q, Wang B et al. (2019). The Influence of Occupational Noise Exposure on Cardiovascular and Hearing Conditions among Industrial Workers. *Scientific Reports*, 9, 11524.
 13. Mhamdi F, Gannouni N, Ben Attia T, Mhamdi A. (2022) Biomonitoring of co-exposure to mixture of organic solvents and noise on hearing among industry workers. *Journal of Prevention and Ergonomics*, 16, 59-68.
 14. Organisation Mondiale de la Santé (2010). <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations#>
 15. Powazka E, Pawlas K, Zahorska-Markiewicz B, Zejda J E.(2002). A cross-sectional study of occupational noise exposure and blood Pressure. *Noise and Health*, 5, 15-22.
 16. Rizi H A Y., Hassanzadeh A. (2013) Noise exposure as a risk factor of cardiovascular diseases in workers. *Journal of Education and Health Promotion*, 2, 1-4.
 17. Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytko E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Wesolowski W, Pawlaczyk-Luszczynska M, Bak M, Gajda-Szadkowska A (2004). Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers. *J Occup Environ Med*, 46, 30-38.
 18. Tomei G, Fioravanti M, Cerratti D et al. (2010) Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis. *Sci Total Environ*, 408, 681–689.
 19. Volpin A, Saia B. (2006). Interactions between solvents and noise: state of the art. *G Ital Med Lav Ergon*, 28, 20-24.