

Exposome et santé publique

De la recherche à l'expertise

Rencontre scientifique

Mardi 30 novembre 2021 • Maison de la RATP - Paris 12^e

Etude de l'impact de la co-exposition aux agents chimiques neurotoxiques et aux facteurs de risque physiques de troubles musculo-squelettiques sur la survenue de syndrome du canal carpien chez les travailleurs

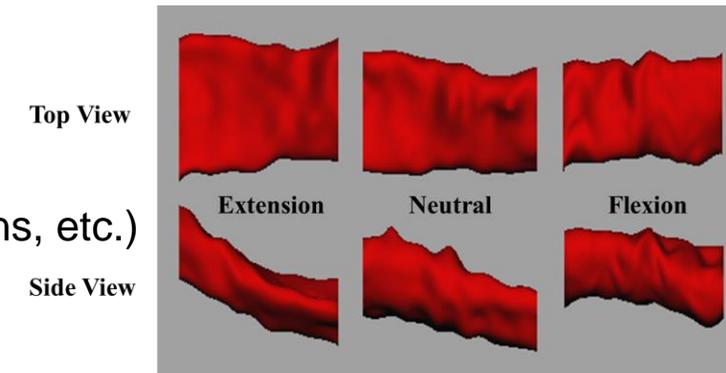
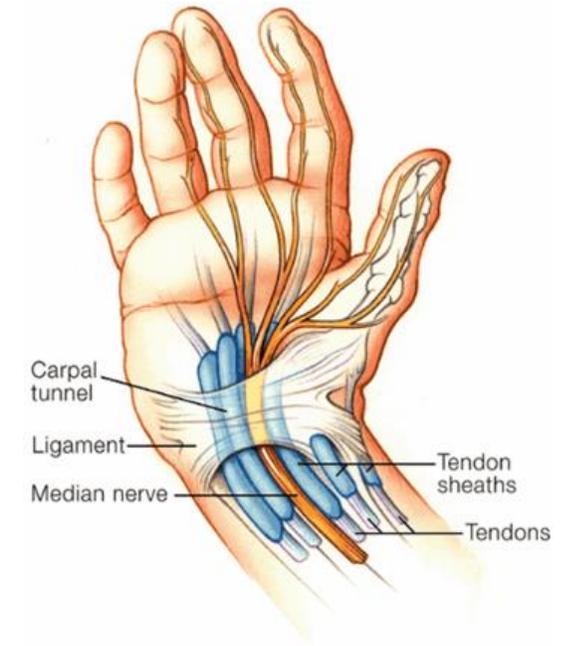
Julie Bodin et Yves Roquelaure

Univ Angers, Univ Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, SFR ICAT, F-49000 Angers, France

Contexte (1)

Syndrome du canal carpien (SCC)

- **1^{ère} cause de neuropathie périphérique** (nerf médian au poignet)
 - Incidence : 1,4 (h) – 2,5 (f) / 1000 (cas chirurgicaux)
 - 24 % des maladies professionnelles (T57C_RGSS, 39C_RASS)
- **Affection liée au travail multifactorielle**
 - **Facteurs individuels :**
 - Age avancé, sexe féminin, anthropométrie poignet, terrain génétique
 - IMC élevé, **diabète**, polyarthrite rhumatoïde, etc.
 - **Facteurs professionnels :**
 - **Biomécaniques** (travail en force, mouvements répétitifs, postures forcées, vibrations, etc.)
 - Psychosociaux et organisationnels



Mogk & Keir, ASB 2003

Contexte (2)

Physiopathologie du syndrome du canal carpien

1 Augmentation de la pression intra-canalairre :

- Perturbations de la microcirculation neurale, ischémie, démyélinisation segmentaire (*Padua et al, 2016*)
→ **composante biomécanique périphérique**

2 Double crush syndrome : fragilisation du nerf médian

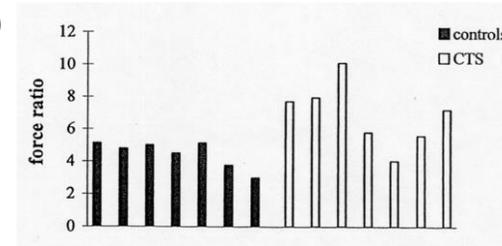
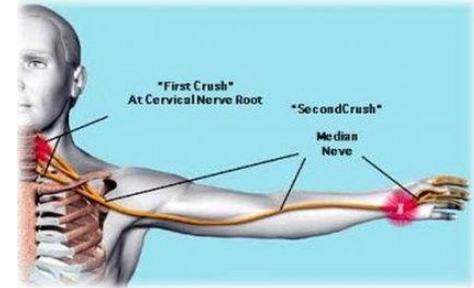
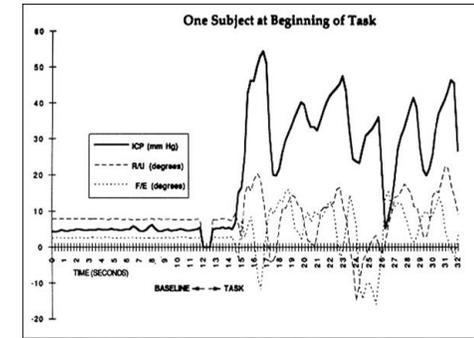
- Compression mécanique proximale : syndrome du défilé thoraco-brachial (*Upton & Mc Comas, 1973*)
- Neuropathie périphérique (« double crush syndrome revisité ») (*Rota et al, 2016*) :
 - Diabète, éthanol, etc.
 - **Agents chimiques neurotoxiques** : classification (*Dib et al, 2021*), prévalence dans SUMER (*Bertin et al, 2020*)

→ **composante neurologique périphérique** (« double crush syndrome chimique ») ?

3 Mécanismes sensori-moteurs centraux

- Cortex sensori-moteur (A4-S1) : neuroplasticité secondaire aux anomalies sensori-motrices périphériques (*Maeda et al, 2014*)
- Encéphalopathie toxique (solvants neurotoxiques) (*Berr et al, 2019; van Valen et al, 2009*)

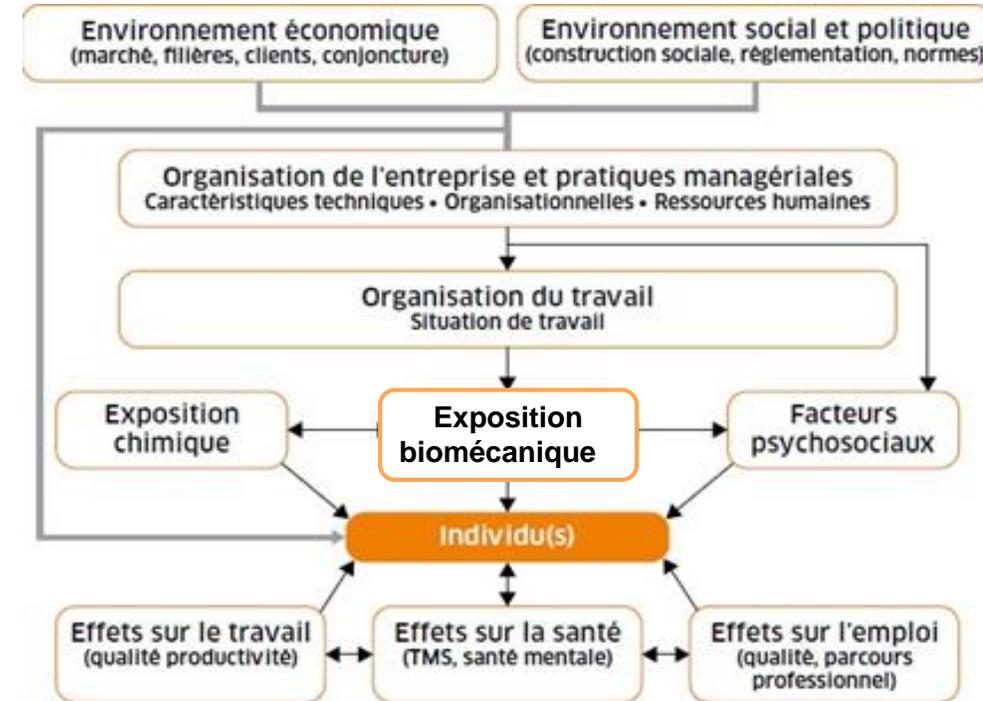
→ **composante neurologique centrale** (altération habiletés sensori-motrices – efficacité mécanique du geste) ?



Contexte (3)

Modèle conceptuel intégré des expositions professionnelles et des effets sur la santé au travail

- Dans un grand nombre de situations de travail : expositions multiples
 1. n agents chimiques (**multi-exposition chimique**)
 2. n facteurs biomécaniques (**multi-exposition biomécanique**)
 3. Combinaison de facteurs chimiques et biomécaniques (**co-exposition chimique et biomécanique**)
 4. n facteurs psychosociaux, organisationnels, biologiques (non étudiés dans ce projet)
- Chaîne de déterminants de l'environnement à la situation de travail
- Intégration des expositions au niveau individuel(s)



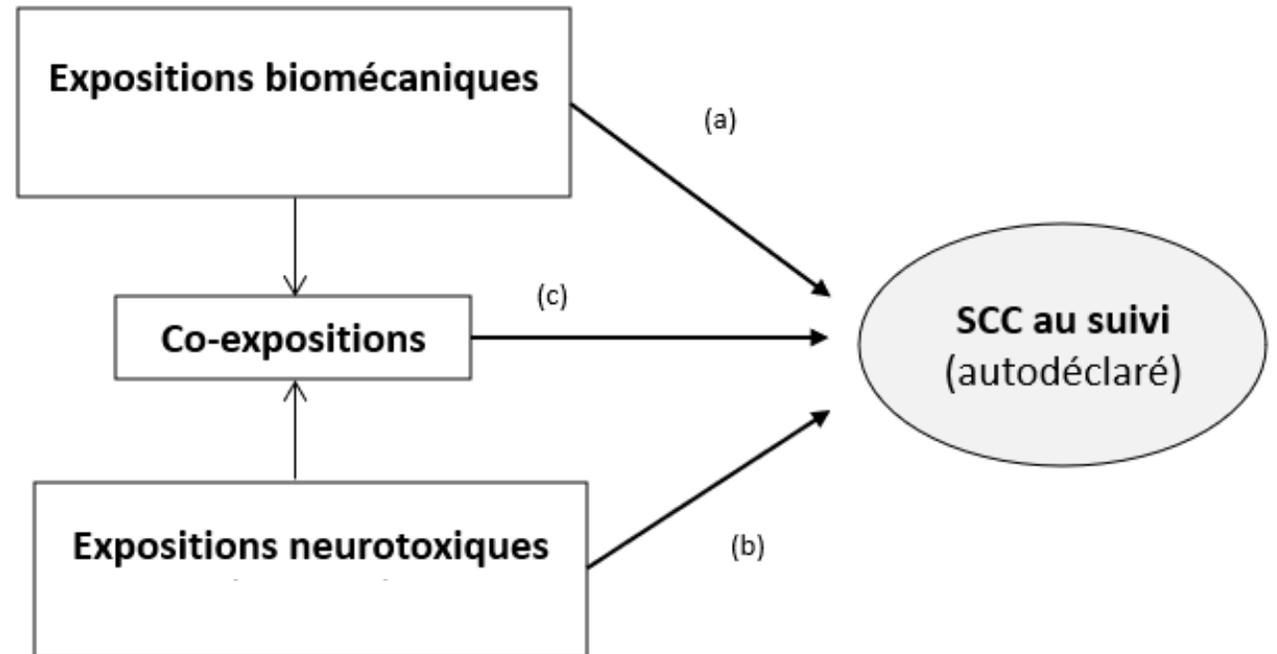
Roquelaure (2018)

Objectifs

- Décrire la **co-exposition** aux facteurs de risque biomécaniques de SCC et aux agents chimiques neurotoxiques chez les travailleurs
- Etudier l'impact de cette co-exposition sur la survenue du **SCC**

Hypothèses :

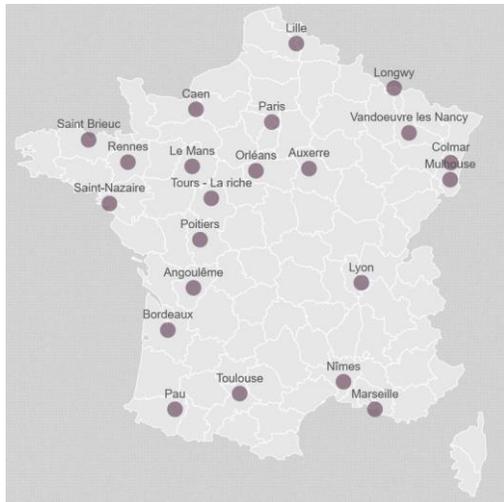
- 1 effets cumulatifs des expositions biomécaniques sur le risque de SCC
- 2 effet potentialisateur des effets biomécaniques par les expositions répétées aux agents chimiques neurotoxiques
- 3 Absence d'effets directs des agents chimiques sur le risque de SCC



Méthodes

Cohorte Constances

- Cohorte de 200 000 volontaires
- Tirage au sort
- 18 à 69 ans
- Régime général de la sécurité sociale
- 22 centres d'examen de santé (CES)



2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 ...

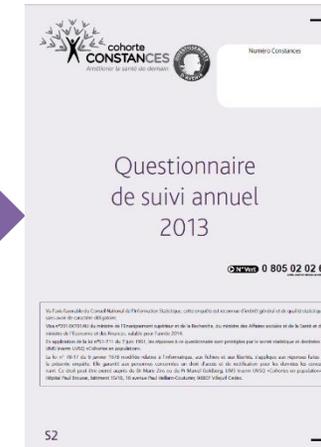
Inclusion

- Questionnaires

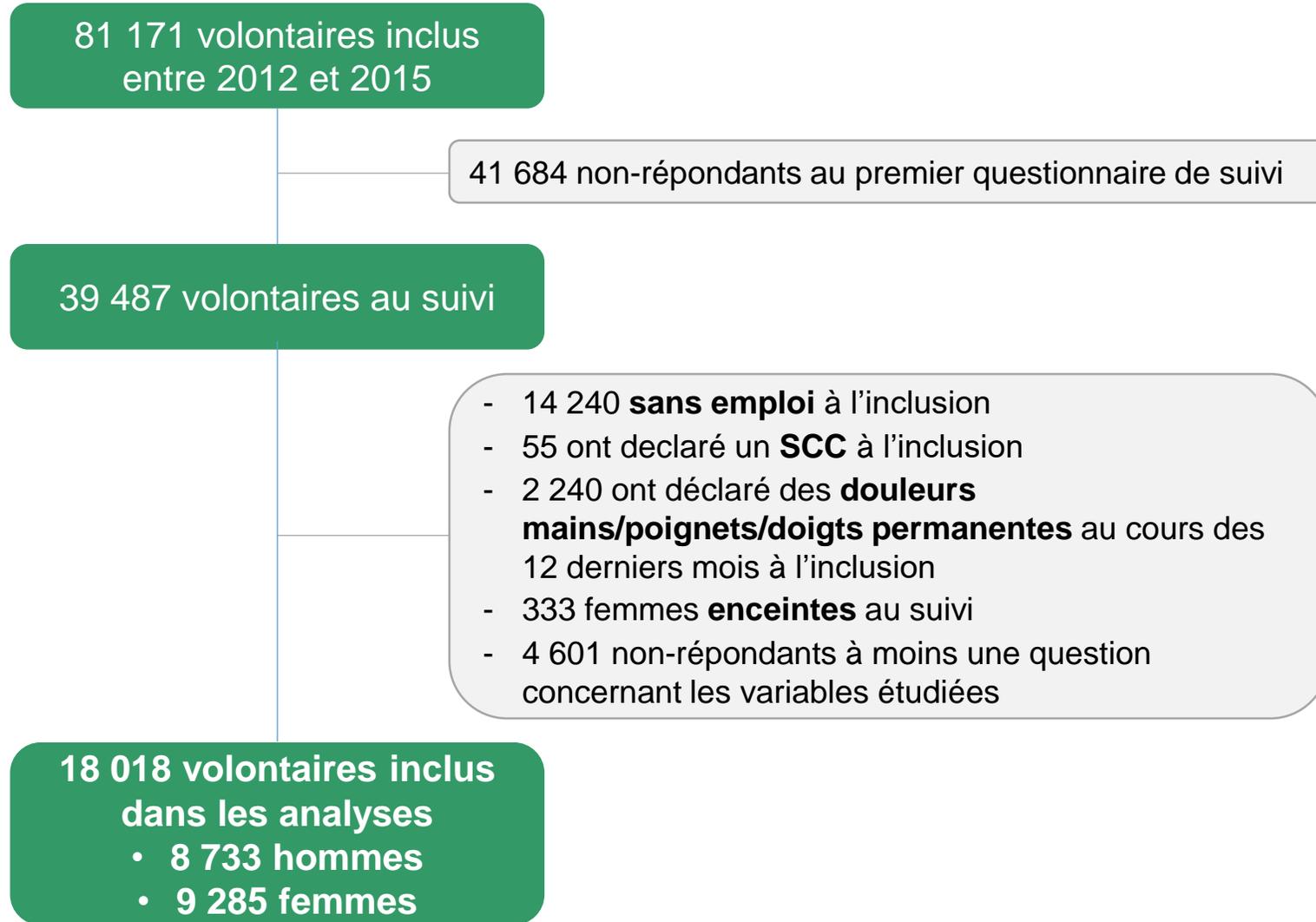


Suivi « actif »

- 1^{er} auto-questionnaire annuel



Méthodes



Méthodes

5 contraintes biomécaniques

- Répéter les mêmes actions plus de 2 à 4 fois par minute (> 4h/jour)
- Outils vibrants ou main(s) sur des machines vibrantes (≥ 2 h/jour)
- Tordre le poignet (≥ 2 h/jour)
- Utilisation de la pince pouce-index (> 4h/jour)
- Intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg ≥ 12)

45. Au cours d'une journée typique de travail, utilisez-vous :

	Jamais ou presque jamais	Rarement (moins de 2 heures par jour)	Souvent (2 à 4 heures par jour)	Toujours ou presque
a/ Des outils vibrants ou devez-vous poser la(les) main(s) sur des machines vibrantes?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

42. Comment évaluez-vous l'intensité des efforts physiques de votre travail au cours d'une journée typique de travail ?

Pour cette question, présentez l'échelle ci-dessous au consultant.

Cochez le chiffre correspondant à votre choix sur l'échelle de 6 à 20 ci-dessous, qui va de « pas d'effort du tout » à « épuisant » :

- 6 pas d'effort du tout
- 7 extrêmement léger
- 8
- 9 très léger
- 10
- 11 léger
- 12
- 13 un peu dur
- 14
- 15 dur
- 16
- 17 très dur
- 18
- 19 extrêmement dur
- 20 épuisant

Classification des neurotoxiques (Dib et al, 2020)

6 expositions chimiques neurotoxiques

- Pesticides
- Trichloréthylène
- White spirit
- Diluant cellulosique
- Peintures/vernis
- Encres/teintures

17. Solvants, diluants, dégraissants (excepté savons) ou désinfectants (pour nettoyer du matériel, vos mains) de type :

a/ Essence ₁ Oui ₂ Non ₃ Ne sait pas
 → Si oui, de quelle année à quelle année de A A A A A à A A A A A
 de A A A A A à A A A A A de A A A A A à A A A A A

b/ Trichloréthylène ₁ Oui ₂ Non ₃ Ne sait pas
 → Si oui, de quelle année à quelle année de A A A A A à A A A A A
 de A A A A A à A A A A A de A A A A A à A A A A A

c/ White spirit ₁ Oui ₂ Non ₃ Ne sait pas
 → Si oui, de quelle année à quelle année de A A A A A à A A A A A
 de A A A A A à A A A A A de A A A A A à A A A A A

d/ Diluant cellulosique ₁ Oui ₂ Non ₃ Ne sait pas
 → Si oui, de quelle année à quelle année de A A A A A à A A A A A
 de A A A A A à A A A A A de A A A A A à A A A A A

Proposal for a neurotoxic classification for chemicals at work

Shiraz Dib^a, Thi-Hai-Yen Nguyen^b, Julie Bodin^b, Mélanie Bertin^b, Alexis Descatha^{c,d}, Yves Roquelaure^c, and Nathalie Bonvallot^a

^aInserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Rennes, Rennes, France; ^bInserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Angers, Univ Rennes, Angers, France; ^cInserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Angers, CHU Angers, Univ Rennes, Angers, France; ^dInserm UMS 011, Population Based Epidemiological cohorts Unit, University Versailles St-Quentin, Versailles, France

ABSTRACT

Many neurotoxic chemicals are used in the workplace but there is currently no database dedicated to neurotoxicity. We aimed to develop a classification method for neurotoxicity based on a weight-of-evidence approach, similar to the IARC classification for carcinogenicity. Human and animal lines of evidence were collected from recent toxicological profiles and a literature search and were combined into six groups from neurotoxic to potentially not neurotoxic. The method was tested on 26 chemicals, mixtures or group of products used in the workplace in France: 31% were considered neurotoxic, 31% probably and 11% possibly neurotoxic, and 27% not classifiable because of insufficient data. This operational method suggests that many chemicals used in the workplace are neurotoxic and that questionnaires used to collect data on occupational chemical exposure should propose items with more targeted compounds that have common chemical or toxic properties to improve risk assessment.

ARTICLE HISTORY

Received 28 November 2020
 Accepted 8 December 2020

KEYWORDS

Chemicals exposures;
 neurological disorders; workers

Table 5. Comparison of our neurotoxic classification with the Simonsen classification, CNESST list of neurotoxic compounds for common chemicals, and Mundy's list of neurotoxic compounds (R for rodent, P for primate and H for human).

Compounds	This classification (2019)	Simonsen classification (1994)	CNESST list of neurotoxic compounds (2012)	Mundy et al. identification (2015)
Acetone	2A: probably neurotoxic	–	Neurotoxic	–
Acrylamide	1: neurotoxic	–	Neurotoxic	Neurotoxic (R)
Aluminium	1: neurotoxic	1: neurotoxic	–	Neurotoxic (H)
Ammonia	3A: not classifiable but possible trend	–	–	–
Benzene	2B: possibly neurotoxic	–	Neurotoxic	Neurotoxic (R)
Dichloromethane	1: neurotoxic	–	Neurotoxic	–
Ethanol	1: neurotoxic	–	–	Neurotoxic (H)
Formaldehyde	2B: possibly neurotoxic	3: not classifiable	–	–
n-hexane	1: neurotoxic	1: neurotoxic	Neurotoxic	–
Methanol	1: neurotoxic	–	Neurotoxic	Neurotoxic (P)
Styrene	2A: probably neurotoxic	–	Neurotoxic	–
Organophosphorus	1: neurotoxic	–	–	Neurotoxic (several substances) (H)
Tetrachloroethylene	2A: probably neurotoxic	–	Neurotoxic	–
Tetrahydrofuran	2A: probably neurotoxic	2B: possibly neurotoxic	–	–
Toluene	1: neurotoxic	–	Neurotoxic	Neurotoxic (R)
Trichloroethylene	2A: probably neurotoxic	1: neurotoxic	Neurotoxic	Neurotoxic (R)

Méthodes

SCC incident au suivi

- SCC déclaré au premier suivi
- Chez les volontaires n'ayant pas déclaré de symptômes de la main/poignet/doigts permanents ou de SCC à l'inclusion

Variables d'ajustement

- Personnels : âge, problème médical (arthrite et /ou diabète), indice de masse corporelle (Maigreur, Corpulence normale/Surpoids/Obésité), consommation d'alcool
- Professionnels : Ratio Efforts/Récompenses (Siegrist)

Méthodes

Analyses statistiques

Association entre le SCC et la co-exposition biomécanique-neurotoxique

- Univarié : Tests d'indépendance du khi2
- Multivarié : Régression logistique binaire

Résultats

- **Co-exposition : données cohorte Constances**

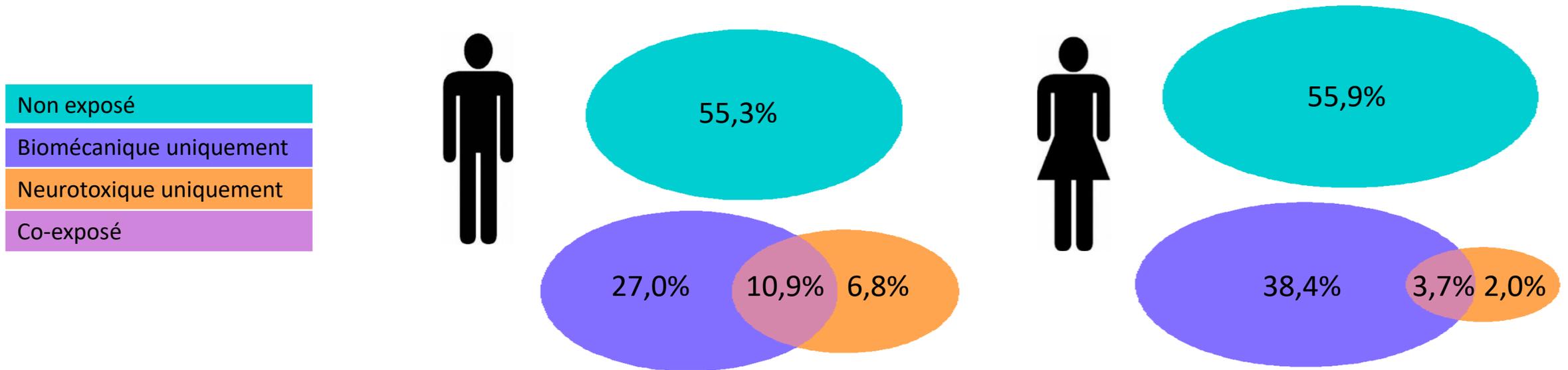


Figure : Prévalence de la co-exposition aux agents chimiques neurotoxiques et aux contraintes biomécaniques à l'inclusion chez les hommes et les femmes de la cohorte Constances occupant un emploi à l'inclusion

Résultats

- Co-exposition : données comparées avec SUMER 2010

Co-exposition de type biomécanique et neurotoxique

Cohorte Constances				Sumer 2010			
Hommes (N=8 733)		Femmes (N=9 285)		Hommes (N=24 970)		Femmes (N=18 293)	
n _{brut}	% _{brut}	n _{brut}	% _{brut}	n _{brut}	% _{pondéré}	n _{brut}	% _{pondéré}
952	10,9	345	3,7	1216	4,9	179	0,9

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Carpal tunnel syndrome and exposure to work-related biomechanical stressors and chemicals: Findings from the Constances cohort

Yves Roquelaure¹, Ronan Garlantézec², Vincent Rousseau¹, Alexis Descatha^{1,3}, Bradley Evanoff⁴, Stefano Mattioli⁵, Marcel Goldberg⁵, Marie Zins³, Julie Bodin^{1*}

¹ Univ Angers, CHU Angers, Univ Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Angers, France, ² Univ Rennes, CHU Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Rennes, France, ³ INSERM UMS 011, Population Based Epidemiological cohorts Unit and Paris Descartes University, Paris, France, ⁴ Division of General Medical Sciences, Washington University School of Medicine, St. Louis, Missouri, United States of America, ⁵ Department of Medical and Surgical Sciences, Occupational Medicine, University of Bologna, Bologna, Italy

* julie.bodin@univ-angers.fr



OPEN ACCESS

Received: 27 May 2019 | Revised: 20 August 2019 | Accepted: 16 September 2019
DOI: 10.1002/1348-9585.12090

BRIEF REPORT

Journal of Occupational Health WILEY

Occupational co-exposure to biomechanical factors and neurotoxic chemicals in a representative sample of French employees

Mélanie Bertin¹ | Thi-Hai-Yen Nguyen^{1,2} | Nathalie Bonvalot³ | Julie Bodin¹ | Yves Roquelaure⁴

Exposome et santé publique

a RATP - Paris 12^e



Résultats

- **Co-exposition et SCC incidents**

Non exposé
Biomécanique uniquement
Neurotoxique uniquement
Co-exposé

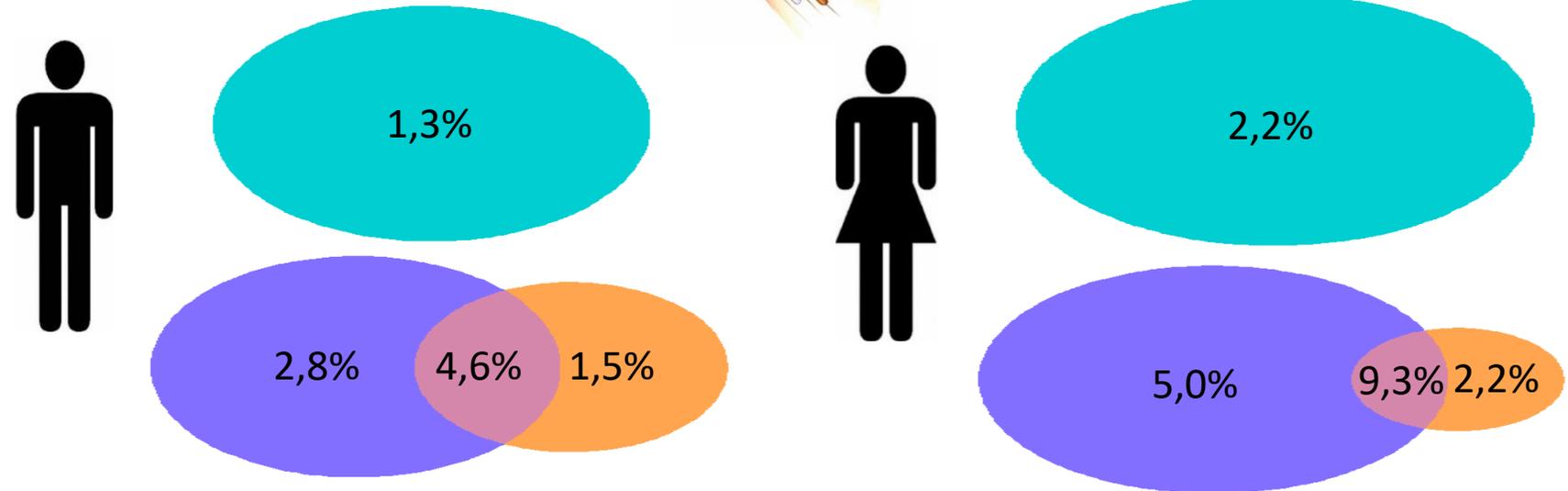
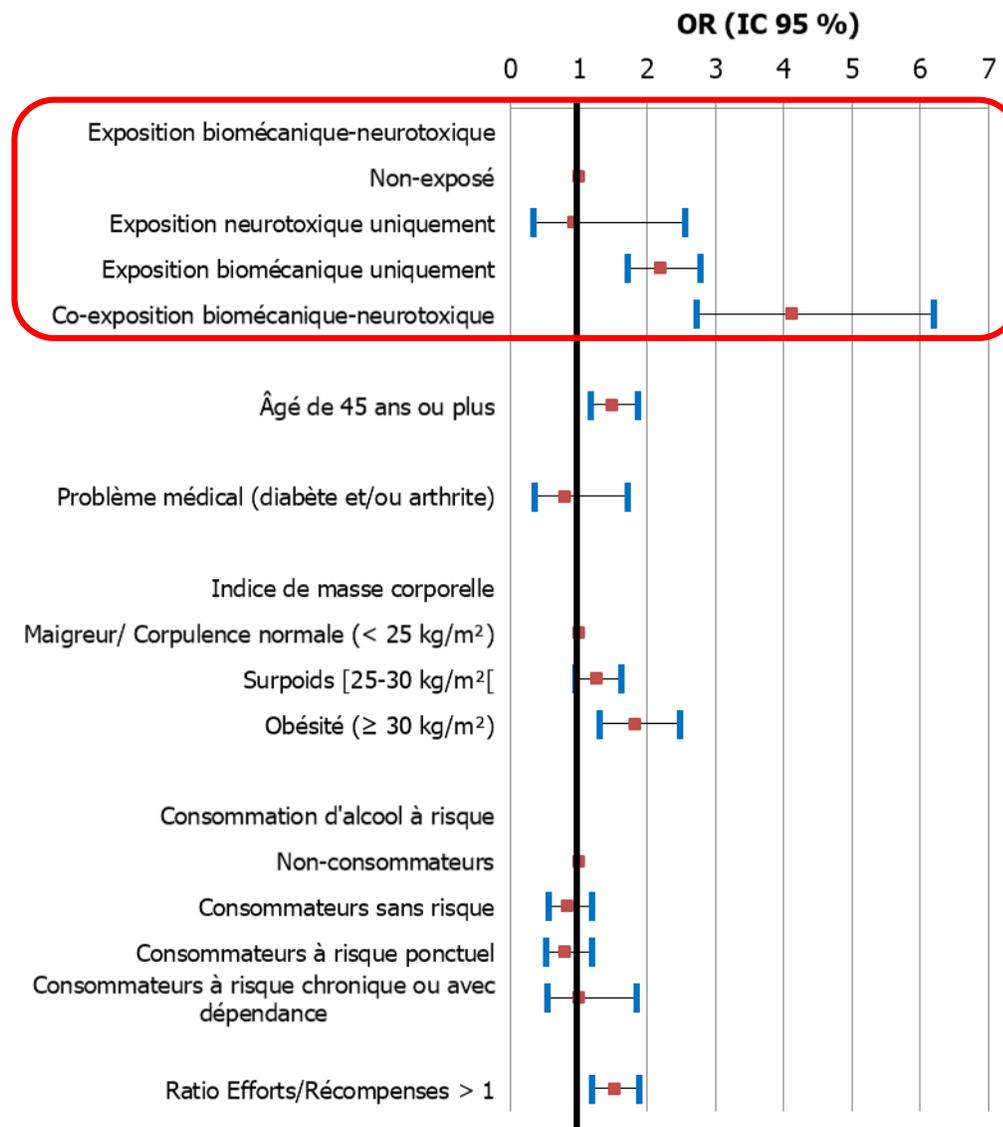
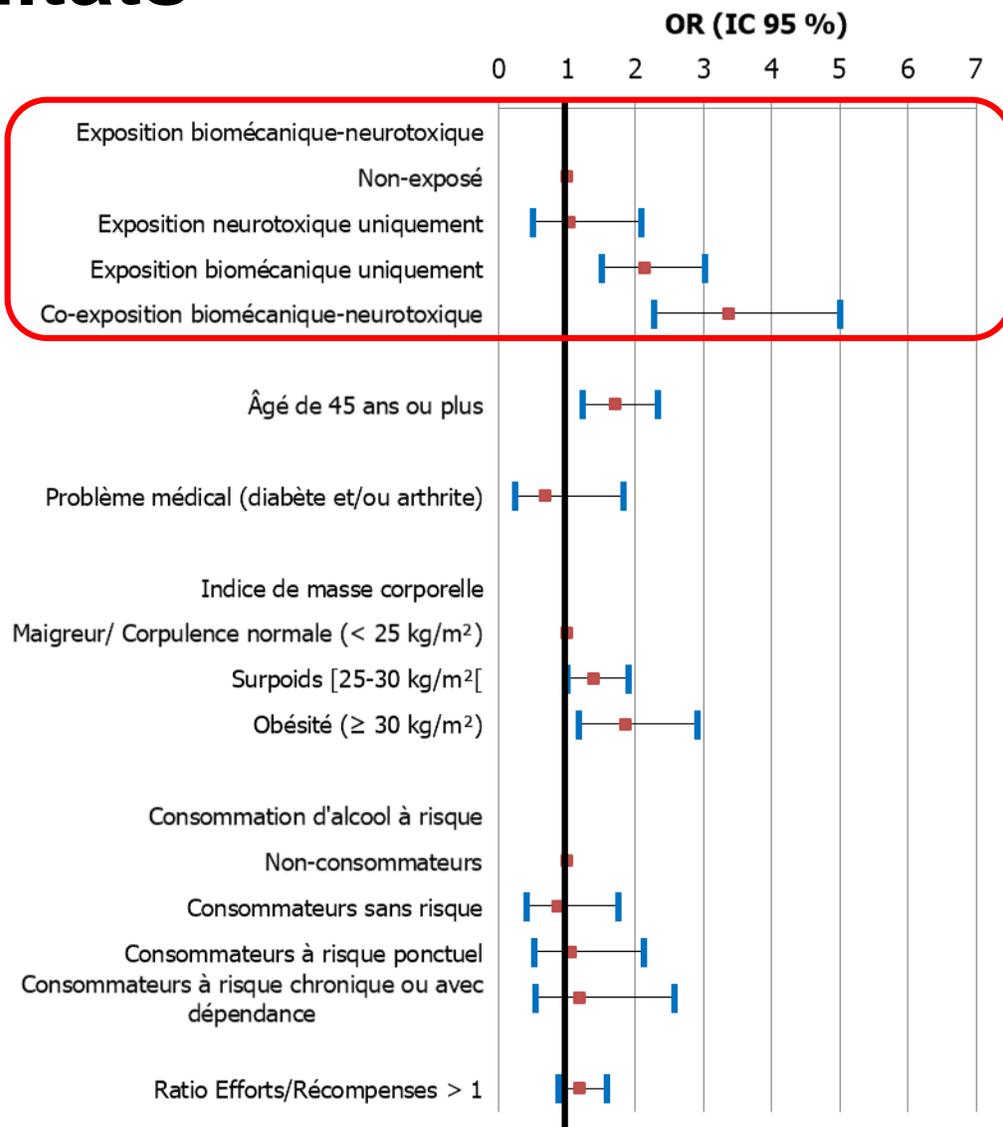
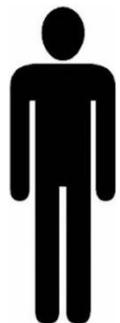


Figure : Incidence du SCC selon le groupe d'exposition aux agents chimiques neurotoxiques et aux contraintes biomécaniques à l'inclusion chez les hommes et les femmes de la cohorte Constances occupant un emploi à l'inclusion

→ **Incidence du SCC plus élevée chez les co-exposés aux contraintes biomécaniques et aux agents chimiques neurotoxiques** (p-value < 0,001 chez les hommes et chez les femmes)

Résultats



Discussion (1)

- **Importance de la co-exposition aux contraintes biomécaniques et aux agents chimiques neurotoxiques en milieu agricole et en milieu général**
- **Incidences du SCC** de même ordre de grandeur que dans la cohorte Cosali en Pays de la Loire (*Petit et al, 2015*)
- **Modèles de risque cohérents avec la littérature**
 - Facteurs personnels : effet âge, obésité (*Shiri et al, 2015*)
 - Facteurs biomécaniques : mouvements répétitifs et/ou en force, vibrations transmises à la main (*Kozak et al, 2015*)
 - Facteurs psychosociaux : déséquilibre efforts / récompenses (femmes) (*Koch et al, 2015*)
- **Première étude prospective en faveur d'une association entre la co-exposition biomécanique et chimique neurotoxique et l'existence d'un SCC déclaré au sein d'une grande cohorte**
 - Ajustement sur les principaux facteurs de risque de SCC
 - Risque de SCC triplé chez les hommes et quadruplé chez les femmes co-exposés
 - Risque doublé en cas d'exposition uniquement aux facteurs biomécaniques

Discussion (2)

- **Peu de données épidémiologiques** sont disponibles sur l'impact de l'exposition chimique sur le risque de SCC malgré leur neurotoxicité potentielle
 - Etude cas – témoins non concluante (Nordstrom et al, 1997)
 - Etude descriptive chez des agriculteurs israéliens exposés aux pesticides organo-phosphorés (Ophir et al, 2014)
 - Etude à partir des données du pilote Coset-MSA de Santé publique France (Roquelaure et al, 2020)
- **Etude conforte l'hypothèse des effets potentialisant de l'exposition aux produits chimiques potentiellement neurotoxiques sur le risque de SCC chez les travailleurs exposés des tâches répétitives et/ou en force**
 - Exposition à des produits chimiques peut être un marqueur d'une forte exposition aux expositions biomécaniques
 - Proportion d'ouvriers était plus élevé chez les co-exposés
 - Ouvriers étaient plus exposés aux produits chimiques et aux contraintes biomécaniques plus intenses que les cols blancs
 - Cependant, les modèles de risque étaient similaires lorsque la population étudiée était limité aux employés de faible grades et aux ouvriers

Conclusion

- **Intérêt de l'approche intégrée des expositions professionnelles et de l'utilisation des grandes bases de données épidémiologiques pour évaluer les risques sanitaires**
- **Etude prospective montrant un risque accru de SCC en cas de co-exposition à des facteurs biomécaniques et à des agents chimiques neurotoxiques**
- **Néanmoins, des études restent nécessaires pour confirmer ce résultat en utilisant des définitions plus objectives des cas de SCC et de l'exposition aux produits chimiques ...**
- **... avant de tirer des conclusions sur les effets synergiques entre l'hypersollicitation biomécanique du poignet et l'altération neurotoxique du nerf médian au carpe**

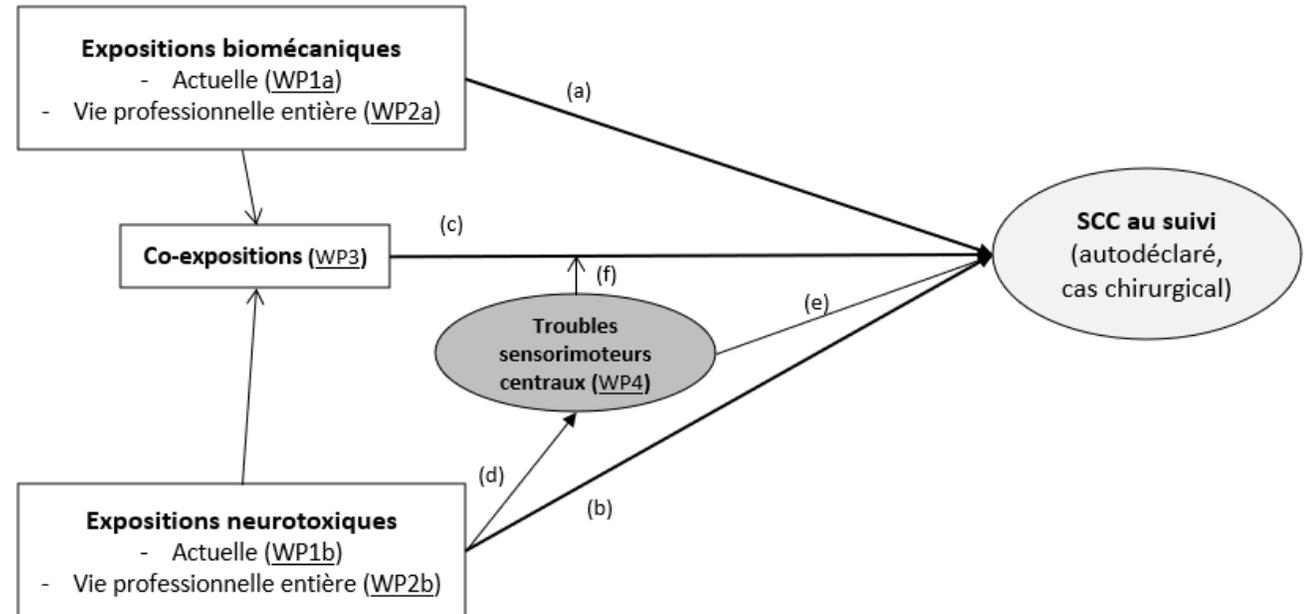
Suites du projet :

Poly-EXPO-TMS (ANSES-21-EST-030)

1 Analyses sur les **cas auto-déclarés** et les **cas opérés** de SCC (SNDS) dans Constances

2 Reconstitution des **expositions professionnelles pour l'ensemble de la carrière professionnelle** à partir des calendriers professionnels par l'utilisation de **matrices emplois-expositions (MEE)**

3 Recherche d'un effet indirect via des **troubles sensorimoteurs centraux** (tests cognitifs chez les 45 ans et plus)



Merci pour votre attention

ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL & OCCUPATIONAL HEALTH
Taylor & Francis Group



Proposal for a neurotoxic classification for chemicals at work

Shiraz Dib¹, Thi-Hai-Yen Nguyen¹, Julie Bodin¹, Mélanie Bertin¹, Alexis Descatha^{1,2}, Yves Roquelaure¹, and Nathalie Bonvallot¹

¹Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Rennes, Rennes, France; ²Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Angers, Angers, France; ³Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Univ Angers, CHU Angers, Univ Rennes, Angers, France; ⁴Inserm UMS 011, Population Based Epidemiological cohorts Unit, University Versailles St-Quentin, Versailles, France

ABSTRACT

Many neurotoxic chemicals are used in the workplace but there is currently no database dedicated to neurotoxicity. We aimed to develop a classification method for neurotoxicity based on a weight-of-evidence approach, similar to the IARC classification for carcinogenicity. Human and animal lines of evidence were collected from recent toxicological profiles and a literature search and were combined into six groups from neurotoxic to potentially not neurotoxic. The method was tested on 26 chemicals, mixtures or group of products used in the workplace in France: 31% were considered neurotoxic, 31% probably and 11% possibly neurotoxic, and 27% not classifiable because of insufficient data. This operational method suggests that many chemicals used in the workplace are neurotoxic and that questionnaires used to collect data on occupational chemical exposure should propose items with more targeted compounds that have common chemical or toxic properties to improve risk assessment.

ARTICLE HISTORY

Received 28 November 2020
Accepted 8 December 2020

KEYWORDS

Chemicals exposure;
neurological disorders; workers

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Carpal tunnel syndrome and exposure to work-related biomechanical stressors and chemicals: Findings from the Constances cohort

Yves Roquelaure¹, Ronan Garlandtézec², Vincent Rousseau¹, Alexis Descatha^{1,3}, Bradley Evanoff⁴, Stefano Mattioli⁵, Marcel Goldberg⁶, Marie Zins⁷, Julie Bodin¹

¹ Univ Angers, CHU Angers, Univ Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Angers, France, ² Univ Rennes, CHU Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, Rennes, France, ³ INSERM UMS 011, Population Based Epidemiological cohorts Unit and Paris Descartes University, Paris, France, ⁴ Division of General Medical Sciences, Washington University School of Medicine, St. Louis, Missouri, United States of America, ⁵ Department of Medical and Surgical Sciences, Occupational Medicine, University of Bologna, Bologna, Italy

* julie.bodin@univ-angers.fr



Exposome
et santé publique



Review Article

Multiple Exposures and Coexposures to Occupational Hazards Among Agricultural Workers: A Systematic Review of Observational Studies

Thi-Hai-Yen Nguyen^{1,2}, Mélanie Bertin^{1,3}, Julie Bodin¹, Natacha Fouquet^{1,3}, Nathalie Bonvallot⁴, Yves Roquelaure¹

¹ Univ Angers, Univ Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, F-49000 Angers, France
² Faculty of Pharmacy, University of Medicine and Pharmacy, Ho Chi Minh City, Viet Nam
³ The French National Public Health Agency, Direction of Occupational Health, Saint-Maurice, France
⁴ Univ Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de recherche en santé, environnement et travail) - UMR_S 1085, F-35000 Rennes, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 17 May 2017
Received in revised form 15 February 2018
Accepted 10 April 2018
Available online 17 April 2018

Keywords:
Agricultural workers
Coexposures
Multiple exposures
Occupational hazards

ABSTRACT

Background: Workers may be exposed to various types of occupational hazards at the same time, potentially increasing the risk of adverse health outcomes. The aim of this review was to analyze the effects of multiple occupational exposures and coexposures to chemical, biomechanical, and physical hazards on adverse health outcomes among agricultural workers.

Methods: Articles published in English between 1990 and 2015 were identified using five popular databases and two complementary sources. The quality of the included publications was assessed using the methodology developed by the Effective Public Health Practice Project assessment tool for quantitative studies.

Results: Fifteen articles were included in the review. Multiple chemical exposures were significantly associated with an increased risk of respiratory diseases, cancer, and DNA and cytogenetic damage. Multiple physical exposures seemed to increase the risk of hearing loss, whereas coexposures to physical and biomechanical hazards were associated with an increased risk of musculoskeletal disorders among agricultural workers.

Conclusion: Few studies have explored the impact of multiple occupational exposures on the health of agricultural workers. A very limited number of studies have investigated the effect of coexposures among biomechanical, physical, and chemical hazards on occupational health, which indicates a need for further research in this area.

© 2018 Occupational Safety and Health Research Institute. Published by Elsevier Korea LLC. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Original Article

Carpal Tunnel Syndrome Among Male French Farmers and Agricultural Workers: Is It Only Associated With Physical Exposure?

Yves Roquelaure¹, Sylvaine Jégo¹, Béatrice Geoffroy-Perez², Emilie Chazelle², Alexis Descatha³, Bradley Evanoff⁴, Ronan Garlandtézec⁵, Julie Bodin¹

¹ Univ Angers, CHU Angers, Univ Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de Recherche en Santé, Environnement et Travail) - UMR_S 1085, F-49000, Angers, France
² Santé Publique France, French National Public Health Agency, Direction of Occupational Health, F-94415, Saint-Maurice, France
³ INSERM UMS 011, Population Based Epidemiological Cohorts Unit and University Versailles St-Quentin, F-78203, Versailles, France
⁴ Washington University School of Medicine, Division of General Medical Sciences, St. Louis, MO, 63130, USA
⁵ Univ Rennes, CHU Rennes, Inserm, EHESP, Inret (Institut de Recherche en Santé, Environnement et Travail) - UMR_S 1085, F-35000, Rennes, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 18 July 2018
Received in revised form 2 December 2019
Accepted 10 December 2019
Available online 17 December 2019

Keywords:
Carpal tunnel syndrome
Chemicals
Co-exposure
Multiple exposure
Physical risk factors

ABSTRACT

Background: Exploratory study to investigate whether co-exposure to physical wrist stressors and chemicals is associated with carpal tunnel syndrome (CTS) in French male farmers and agricultural workers.

Methods: Cross-sectional study of 711 men aged 30–65 years and working as either farmers or agricultural workers in 2009–2010 within a cohort covered by the French Agricultural Workers' and Farmers' Mutual Benefit Fund. CTS and exposure to physical wrist stressors and chemicals were assessed using a self-administered questionnaire. Associations between CTS and personal/medical factors, exposure to physical wrist stressors, exposure to chemicals, and co-exposure to physical wrist stressors and chemicals (OR = 3.3 [0.8–14.3], $p = 0.044$) in comparison with the no-exposure group.

Result: Forty-four men (5.6% [95% confidence interval (CI) 4.0–7.7]) reported that they had suffered from unilateral/bilateral CTS during the last 12 months. CTS was associated with age, current smoking [odds ratio (OR) = 2.1 (1.4–4.5)], and exposure to physical wrist stressors [OR = 2.6 (1.1–5.0)]. An association was found between CTS and co-exposure to physical wrist stressors and chemicals (OR = 3.3 [0.8–14.3], $p = 0.044$) in comparison with the no-exposure group.

Conclusion: This exploratory study shows an association of CTS with exposure to biomechanical wrist stressors in male farmers and agricultural workers and suggests an association of CTS with co-exposure to physical wrist stressors and chemicals. Owing to the limitations of the study, this result must be confirmed by a prospective study with objective assessments of the outcome and exposure before drawing conclusions on the possible synergistic effects of biomechanical stressors and chemicals on the impairment of the median nerve.

© 2019 Occupational Safety and Health Research Institute. Published by Elsevier Korea LLC. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Received: 27 May 2019 | Revised: 20 August 2019 | Accepted: 16 September 2019
DOI: 10.1002/1348-9555.13090

BRIEF REPORT

Journal of Occupational Health | WILEY

Occupational co-exposure to biomechanical factors and neurotoxic chemicals in a representative sample of French employees

Mélanie Bertin¹ | Thi-Hai-Yen Nguyen^{1,2} | Nathalie Bonvallot³ | Julie Bodin¹ | Yves Roquelaure⁴

UNIVERSITÉ BRETAGNE LOIRE
Thèse de Doctorat
Thi-Hai-Yen NGUYEN
Mémorial présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Angers sous le sceau de l'Université Bretagne Loire
École doctorale: Biologie-Santé (ED 502)
Discipline: Santé publique
Unité de recherche: Inret - Inserm U1085 - Equipe Ester (Epidémiologie en Santé au Travail et Ergonomie)
Soutenu le 7 Juillet 2017
Thèse N°: 131242
Multiple exposures and co-exposures to chemical neurotoxic agents and intense physical constraints among male blue-collar workers in the agriculture, manufacturing, and construction sectors in France
JURY
Rapporteurs: Jean-François GEHANNI, Professeur, Université de Rouen, France; Michel DRUET-CABANAC, Professeur, Université de Lorraine, France
Examinateurs: Joel Eyer, Professeur, INSERM, Angers, France; Hai LE, Professeur, Université de médecine et de pharmacie d'Ho Chi Minh-Ville, Vietnam
Invité: Olivier DUVAL, Professeur, Université Angers, France
Directeur de thèse: Yves ROQUELAURE, Professeur, Université d'Angers, France
Co-directeur de thèse: Sébastien FAURE, Professeur, Université d'Angers, France

M

- Paris 12^e



Liste des publications scientifiques

Dib S, Nguyen T-H-Y, Bodin J, Bertin M, Descatha A, Roquelaure Y, et al. Proposal for a neurotoxic classification for chemicals at work. Arch Environ Occup Health. 2021;1-13.

Roquelaure Y, Jégo S, Geoffroy-Perez B, Chazelle E, Descatha A, Evanoff B, et al. Carpal Tunnel Syndrome Among Male French Farmers and Agricultural Workers: Is It Only Associated With Physical Exposure? Safety and Health at Work. 2020;11(1):33-40.

Roquelaure Y, Garlandézec R, Rousseau V, Descatha A, Evanoff B, Mattioli S, et al. Carpal tunnel syndrome and exposure to work-related biomechanical stressors and chemicals: Findings from the Constances cohort. PLoS ONE. 2020;15(6):e0235051.

Bertin M, Nguyen T-H-Y, Bonvallot N, Bodin J, Roquelaure Y. Occupational co-exposure to biomechanical factors and neurotoxic chemicals in a representative sample of French employees. J Occup Health. 2020;62(1):e12090.

Nguyen T-H-Y, Bertin M, Bodin J, Fouquet N, Bonvallot N, Roquelaure Y. Multiple Exposures and Coexposures to Occupational Hazards Among Agricultural Workers: A Systematic Review of Observational Studies. Saf Health Work. 2018;9(3):239-48.

Participation à des manifestations scientifiques

Bodin J, Jégo S, Descatha A, Evanoff B, Garlandézec R, Petit A, Chazelle E, Geoffroy-Perez B, Roquelaure Y. Syndrome du canal carpien dans le secteur agricole : est-ce uniquement lié à l'exposition biomécanique ? 35ème congrès national de médecine et santé au travail, 5-8 juin 2018, Marseille.

Bodin J, Jégo S, Descatha A, Evanoff B, Garlandézec R, Petit A, Chazelle E, Geoffroy-Perez B, Roquelaure Y. Syndrome du canal carpien dans le secteur agricole : est-ce uniquement lié à l'exposition biomécanique ? Journée de la SFR ICAT 4208, 29 mai 2018, Angers.

Bodin J, Pascal X, Garlandézec R, Descatha A, Fouquet N, Roquelaure Y. Association entre la co- exposition à des agents neurotoxiques et à des contraintes biomécaniques et le syndrome du canal carpien. 10 ans du PNR-EST, 14 novembre 2016, Paris.

Pascal X, Bodin J, Fouquet N, Garlandézec R, Roquelaure Y. Associations between self-reported CTS and the co-exposure to neurotoxic chemicals and physical constraints for male agriculture workers in France in 2010. PREMUS 2016, 20-23 juin 2016, Toronto, Canada.