



HAL
open science

Déterminants professionnels des troubles musculo-squelettiques de l'épaule : intérêt de la prise en compte des facteurs organisationnels

Julie Bodin

► **To cite this version:**

Julie Bodin. Déterminants professionnels des troubles musculo-squelettiques de l'épaule : intérêt de la prise en compte des facteurs organisationnels. Médecine humaine et pathologie. Université d'Angers, 2017. Français. NNT : 2017ANGE0086 . tel-02613226

HAL Id: tel-02613226

<https://theses.hal.science/tel-02613226>

Submitted on 19 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Thèse de Doctorat

Julie BODIN

*Mémoire 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 : *Irset - Inserm UMR 1085 - Equipe d'Epidémiologie en santé au travail et ergonomie (Ester)*

Soutenue le *14 septembre 2017*

Déterminants professionnels des troubles musculo-squelettiques de l'épaule : intérêt de la prise en compte des facteurs organisationnels

JURY

Rapporteurs :	Annette LECLERC , Directrice de recherche, Inserm Alain GARRIGOU , Professeur des Universités, Université de Bordeaux
Examineurs :	Susan STOCK , Professeure agrégée de clinique, Université de Montréal Mathieu DETCHESSAHAR , Professeur des Universités, Université de Nantes
Directeur de Thèse :	Yves ROQUELAURE , Professeur des universités - Praticien hospitalier, Université d'Angers
Co-directeur de Thèse :	Ronan GARLANTEZEC , Maître de conférences - Praticien hospitalier, Université de Rennes 1

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) Julie Bodin
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **28/08/2017**



REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

Je remercie particulièrement les membres du jury pour leur intérêt et le temps qu'ils ont accordé à ce travail.

Au Pr Yves Roquelaure, merci de m'avoir fait l'honneur de diriger ma thèse, de m'avoir accueillie au sein du laboratoire, de m'avoir fait bénéficier de ton expertise et pour la confiance accordée depuis toutes ces années.

Au Dr Ronan Garlantézec, merci d'avoir co-encadré ma thèse. Merci pour tes conseils toujours pertinents et constructifs ainsi que pour ta disponibilité.

Au Pr Alain Garrigou et à Annette Leclerc, merci d'avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse.

A Pr Susan Stock et au Pr Mathieu Detchessahar, merci d'avoir accepté d'être examinateurs de cette thèse.

A Jean-François Viel et Nathalie Costet, merci pour votre précieuse aide méthodologique et le temps que vous avez accordé à mes travaux de recherche. Sans vous et Ronan, les deuxième et troisième articles de cette thèse n'auraient pas été possibles.

A Alexis Desctaha et Sandrine Caroly, merci d'avoir contribué à certains des travaux de cette thèse.

A Natacha Fouquet, merci pour ton soutien, ton aide précieuse tout au long de cette thèse et bien sûr pour ta relecture méticuleuse.

A Chloé Gervès-Pinquié, merci également pour ton soutien et ton enthousiasme, qui étaient les bienvenus à la fin de cette thèse, et merci également pour ta relecture.

A Valérie Fierens, merci pour tes encouragements et d'avoir organisé tous les aspects logistiques.

A l'ensemble des membres d'Ester.

A ma famille et mes amis, pour leur soutien et encouragements tout au long de ces quatre années.

A Arnaud, merci pour ton soutien, tes encouragements et ta patience qui m'ont permis de mener cette thèse jusqu'à la fin.

RÉSUMÉ

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) sont une des questions les plus préoccupantes en santé au travail. Ils témoignent de l'intensification des conditions de travail qui affecte un nombre croissant de travailleurs. L'objectif de cette thèse était d'étudier les relations complexes entre les facteurs professionnels, notamment organisationnels, et les TMS de l'épaule.

Trois populations salariées ont été étudiées : la cohorte Cosali et deux entreprises automobile et pharmaceutique. L'étude des caractéristiques organisationnelles des situations de travail par classifications ascendantes hiérarchiques des variables et des individus de la cohorte Cosali a identifié une classe d'organisation de type taylorien. Chez ces salariés, les douleurs et TMS de l'épaule étaient plus fréquents.

Des modèles à équations structurelles ont montré que les facteurs organisationnels étaient des déterminants distaux des TMS en influençant l'exposition aux facteurs psychosociaux et physiques, alors que l'exposition aux facteurs physiques influençait à son tour les douleurs de l'épaule. L'application de la méthodologie aux deux populations des entreprises automobile et pharmaceutique a confirmé la pertinence du modèle issu de Cosali.

En conclusion, les facteurs organisationnels sont des déterminants clés de la survenue des TMS de l'épaule en influençant en cascade les conditions d'exposition aux facteurs psychosociaux et physiques auxquels les travailleurs doivent faire face. Ces connaissances épidémiologiques originales améliorent la compréhension de la chaîne de déterminants des TMS et contribueront au ciblage des interventions de prévention sur les déterminants professionnels modifiables.

mots-clés : Troubles musculo-squelettiques, syndrome de la coiffe des rotateurs, douleurs de l'épaule, expositions professionnelles, facteurs organisationnels, classification ascendante hiérarchique, modèle à équations structurelles.

ABSTRACT

Musculoskeletal disorders (MSDs) represent one of the most worrying issues in occupational health. They bear witness to the intensification of working conditions which affects an increasing number of workers. The aim of this thesis was to study the complex relationships between occupational factors and shoulder disorders, with attention paid to organizational factors.

Three working populations were studied: the Cosali cohort, one automobile company and one pharmaceutical company.

The study of the organizational characteristics of work situations by ascendant hierarchical clustering of variables and individuals of the Cosali cohort identified a Taylorist form of work organization. Among these employees, shoulder disorders were more frequent.

Structural equation modeling has shown that organizational factors are distal determinants of MSDs by influencing exposure to psychosocial and physical factors, while exposure to physical factors in turn influences shoulder pain. The application of the methodology to the two populations of automotive and pharmaceutical companies confirmed the relevance of the Cosali model.

In conclusion, organizational factors are key determinants of the onset of shoulder disorders by cascading the conditions of exposure to the psychosocial and physical factors that workers face. This original epidemiological knowledge improves understanding of the chain of determinants of MSDs and will contribute to the targeting of prevention interventions on modifiable occupational determinants.

keywords: Musculoskeletal disorders, rotator cuff syndrome, shoulder pain, occupational exposures, organizational factors, ascendant hierarchical clustering, structural equation model.

Table des matières

TRAVAUX REALISES AU COURS DE LA THESE	1
1. Travaux dans le cadre de la thèse	1
1.1. Articles	1
1.1.1. Articles acceptés	1
1.1.2. Article en préparation	1
1.2. Communications	1
1.2.1. Communications avec actes	1
1.2.2. Communications sans actes	1
1.3. Organisation de séminaire	2
2. Autres travaux	2
2.1. Articles	2
2.1.1. Articles soumis	2
2.1.2. Articles acceptés	2
2.2. Parties d'ouvrage	3
2.3. Communications (premier auteur)	4
2.3.1. Communications avec actes	4
CONTEXTE	5
1. Troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs	5
2. TMS et douleurs de l'épaule	6
2.1. Eléments anatomiques et biomécaniques	6
2.2. Syndrome de la coiffe des rotateurs	9
2.3. Prévalence et incidence	11
2.3.1. Données du système de réparation	11
2.3.2. Enquêtes épidémiologiques	13
a) TMS de l'épaule	13
b) Syndromes douloureux non spécifiques de l'épaule	14
2.4. Professions et secteurs d'activité	19
3. Un phénomène épidémique lié à l'intensification du travail ?	19
3.1. Définitions des facteurs organisationnels et des facteurs psychosociaux	19
3.2. L'évolution des modèles d'organisation du travail	23
3.2.1. Le taylorisme	23
3.2.2. Le fordisme	23
3.2.3. Le <i>lean management</i>	24
3.2.4. Les nouvelles formes d'organisation	25
3.3. L'évolution des expositions professionnelles	26
3.3.1. L'évolution des expositions aux contraintes organisationnelles	27
3.3.2. L'évolution des expositions aux contraintes psychosociales	28
3.3.3. L'évolution des expositions aux contraintes physiques	29
4. Facteurs de risque de TMS et de douleurs de l'épaule	30
4.1. Littérature biomédicale	30
4.2. Littérature épidémiologique	31
4.2.1. Facteurs personnels associés aux douleurs et aux TMS de l'épaule	34
a) Caractéristiques personnelles et comportements de santé	34
b) Caractéristiques médicales	37
c) Traits de personnalité	37
4.2.2. Facteurs professionnels associés aux douleurs et aux TMS de l'épaule	39
a) Facteurs organisationnels	39
Revue de la littérature	39
Articles originaux	42
b) Facteurs psychosociaux	45
c) Contraintes physiques	48
d) Synthèse	50
5. Modèles conceptuels de TMS	51

5.1.	Revue de la littérature	51
5.2.	Synthèse.....	60
5.3.	Modèles à équations structurelles	61
6.	La région des Pays de la Loire	61
OBJECTIFS ET HYPOTHESES		64
MATERIEL ET METHODES		68
1.	Populations d'étude	68
1.1.	La cohorte des salariés ligériens : Cosali	68
1.1.1.	Phase d'inclusion (2002-2005)	68
	a) Constitution de l'échantillon	68
	b) Recueil des données médicales	70
	c) Recueil des données d'exposition	70
	d) Représentativité de l'échantillon par rapport à la région des Pays de la Loire	71
1.1.2.	Phase de suivi (2007-2010)	73
	a) Mise en place du suivi.....	73
	b) Recueil des données médicales	74
	c) Recueil des données d'exposition	74
	d) Taux de réponse	74
	Auto-questionnaire	74
	Examen clinique	75
1.2.	Cas d'entreprise.....	76
1.2.1.	Industrie automobile	76
1.2.2.	Industrie pharmaceutique	76
2.	Facteurs professionnels	77
3.	Douleurs de l'épaule et SCR.....	79
4.	Méthodes statistiques	80
4.1.	Classification de variables	80
4.1.1.	Variable synthétique de la classe C_k	80
4.1.2.	Homogénéité	80
4.1.3.	Algorithme de classification ascendante hiérarchique	81
4.1.4.	Choix du nombre de classes	81
4.2.	Classification des individus.....	82
4.3.	Modèles à équations structurelles	84
4.3.1.	Concepts généraux	84
4.3.2.	Représentations graphiques	84
4.3.3.	Spécification du modèle	85
4.3.4.	Identification du modèle	85
4.3.5.	Estimation du modèle	85
4.3.6.	Evaluation du modèle	85
	a) Indices absolus d'ajustement	86
	b) Indices incrémentaux d'ajustement.....	86
4.3.7.	Modification éventuelle du modèle	87
4.3.8.	Modèle final.....	87
FORMES D'ORGANISATION DU TRAVAIL DANS LES PAYS DE LA LOIRE ET ASSOCIATIONS AVEC LES DOULEURS DE L'EPAULE ET LE SCR.....		88
Article 1. Forms of work organization and their associations with shoulder disorders: results from a French working population.....		88
ASSOCIATIONS ENTRE DES FACTEURS PROFESSIONNELS ET LES DOULEURS DE L'EPAULE : UNE APPROCHE PAR MODELE A EQUATIONS STRUCTURELLES		104
Article 2. Risk factors for shoulder pain in French workers: A Structural Equation Model.		104
VALIDATION DU MODELE CONCEPTUEL DE FACTEURS DE RISQUE DE DOULEURS DE L'EPAULE DANS TROIS POPULATIONS SALARIEES FRANÇAISES		137

Article 3. Validation of a conceptual model of shoulder pain risk factors in three independent French male working populations.....	137
DISCUSSION	163
1. Synthèse des résultats	163
1.1. Formes d'organisation du travail dans les Pays de la Loire et associations avec les douleurs de l'épaule et le SCR.....	163
1.2. Associations entre des facteurs professionnels et les douleurs de l'épaule dans trois populations salariées : une approche par modèle à équations structurelles.....	164
2. Forces et limites	166
2.1. Champ de l'enquête	166
2.2. Taux de participation.....	166
2.3. Expositions professionnelles.....	167
2.3.1. Facteurs organisationnels	167
2.3.2. Facteurs psychosociaux	168
2.3.3. Contraintes physiques	169
2.4. Événements de santé	170
2.5. Analyses statistiques	170
2.5.1. Classification de variables	170
2.5.2. Modèles à équations structurelles	171
3. Perspectives	172
3.1. Amélioration de la modélisation des facteurs de risque de TMS.....	172
3.2. Amélioration des interventions de prévention des TMS.....	173
3.3. Elaboration de nouveaux questionnaires.....	173
3.3.1. Facteurs organisationnels	173
3.3.2. Marges de manœuvre.....	174
3.4. Exploration de nouveaux indicateurs.....	174
4. Conclusion	176
BIBLIOGRAPHIE.....	177
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	192
TABLE DES TABLEAUX.....	193
LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS	195
GLOSSAIRE	197
ANNEXES.....	199
Annexe 1 : Protocole d'examen clinique pour le diagnostic d'un syndrome de la coiffe des rotateurs (consensus européen Saltza).....	200
Annexe 2 : Questionnaire <i>Job Content Questionnaire</i> de Karasek.....	206
Annexe 3 : Synthèse des facteurs associés aux douleurs de l'épaule et au SCR dans l'enquête Cosali	208
Annexe 4 : Relation entre stress et TMS selon Aptel et Cnockaert 2002	209
Annexe 5 : Auto-questionnaire d'inclusion de l'enquête Cosali	210
Annexe 6 : Présence de symptômes musculo-squelettiques et facteurs professionnels dans différentes enquêtes nationales et internationales	228
Annexe 7 : Extrait du recensement des questions relatives aux facteurs organisationnels et psychosociaux dans de grandes enquêtes (travail en cours)	230

Travaux réalisés au cours de la thèse

1. Travaux dans le cadre de la thèse

1.1. Articles

1.1.1. Articles acceptés

- [Bodin J](#), Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Viel JF, Roquelaure Y. Risk factors for shoulder pain in a cohort of French workers: A Structural Equation Model. Am J Epidemiol. 2017 Jun 9. doi: 10.1093/aje/kwx218. [Epub ahead of print]
- [Bodin J](#), Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Fouquet N, Caroly S, Roquelaure Y. Forms of work organization and their associations with shoulder disorders: results from a French working population. Applied Ergonomics. 2017;59(Part A):1-10.

1.1.2. Article en préparation

- [Bodin J](#), Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Viel JF, Roquelaure Y. Validation of a conceptual model of shoulder pain risk factors in three independent French male working populations.

1.2. Communications

1.2.1. Communications avec actes

- [Bodin J](#), Garlantézec R, Viel JF, Costet N, Fouquet N, Roquelaure Y. Etude des facteurs professionnels associés aux douleurs de l'épaule dans un échantillon de salariés. VIIe Congrès International d'Épidémiologie - ADEL - EPITER, 7-9 septembre 2016, Rennes. Poster.
- [Bodin J](#), Garlantézec R, Costet N, Caroly S, Descatha A, Roquelaure Y. Patterns de caractéristiques d'organisation du travail chez les salariés des Pays de la Loire. 50^{ème} Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF), 23-25 septembre 2015, Paris. Oral.
- [Bodin J](#), Garlantézec R, Costet N, Caroly S, Descatha A, Roquelaure Y. Formes d'organisation du travail et associations avec les douleurs de l'épaule et le syndrome de la coiffe des rotateurs. 16^{ème} colloque de l'Aderest, 16-17 avril 2015, Lyon. In Arch Mal Prof Environ. 2015;76(4):404. Poster.

1.2.2. Communications sans actes

- [Bodin J](#), Garlantézec R, Viel JF, Costet N, Descatha A, Fouquet N, Roquelaure Y. Associations between psychosocial and biomechanical factors and shoulder pain: a Structural Equation Model. PREMUS 2016, 20-23 juin 2016, Toronto, Canada. Oral.
- [Bodin J](#), Garlantézec R, Viel JF, Costet N, Descatha A, Fouquet N, Roquelaure Y. Associations between psychosocial and biomechanical factors and shoulder pain: A Structural Equation Model. 4th Day of the Young Researchers of Irset, 8 décembre 2015, Rennes. Poster.

- [Bodin J](#), Garlantezec R, Caroly S, Descatha A, Roquelaure Y. Work organization characteristics and MSD: the French Pays de la Loire study. 31th International congress of occupational health (ICOH 2015), 31 mai-5 juin 2015, Séoul, Corée du Sud. Oral.

1.3. Organisation de séminaire

- Co-organisation du séminaire « Troubles musculo-squelettiques et organisation du travail » le 14 octobre 2015 à Angers.

2. Autres travaux

2.1. Articles

2.1.1. Articles soumis

- Nguyen THY, Bertin M, [Bodin J](#), Bonvallot N, Léonard M, Roquelaure Y. Co-exposures to Intense Physical Constraints and Chemical Neurotoxic Agents among French Male Blue-Collar Workers. Soumis à International Archives of Occupational and Environmental Health le 12 juin 2017.
- Roquelaure Y, Fouquet N, Chazelle E, Descatha A, Evanoff B, [Bodin J](#), Petit A. Theoretical impact of workplace-based primary prevention of carpal tunnel syndrome in a French region: a pilot study. Soumis à Occup Environ Med le 27 mai 2017.
- Nguyen THY, Bertin M, [Bodin J](#), Fouquet N, Bonvallot N, Roquelaure Y. Multiple Exposures and Co-exposures to Occupational Hazards among Agricultural Workers: A Systematic Review of Observational Studies. Soumis à Saf Health Work le 17 mai 2017.

2.1.2. Articles acceptés

- [Bodin J](#), Ha C, Petit A, Descatha A, Thomas T, Goldberg M, Leclerc A, Roquelaure Y. Natural course of rotator cuff syndrome in a French working population. Am J Ind Med. 2014;57(6):683-94.
- Roquelaure Y, Chazelle E, Gautier L, Plaine J, Descatha A, Evanoff B, [Bodin J](#), Fouquet N, Catherine B. Time trends in incidence and prevalence of carpal tunnel syndrome over eight years according to multiple data sources: Pays de la Loire study. Scand J Work Environ Health. 2017;43(1):75-85.
- Bègue C, Fouquet N, [Bodin J](#), Ramond-Roquin A, Huez JF, Bouton C, Roquelaure Y. Evolution of psychosocial factors at work in a French region. Occup Med (Lond). 2015 Sep 25. pii: kqv147.
- Zare M, [Bodin J](#), Cercier E, Brunet R, Roquelaure Y. Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. Int J Ind Ergon. 2015; 50:34-42.
- Caron J, Ronzi Y, [Bodin J](#), Richard I, Bontoux L, Roquelaure Y, Petit A. Interest of the Ergo-Kit® for the clinical practice of the occupational physician. A study of 149 patients recruited in a rehabilitation program. Ann Phys Rehabil Med. 2015; 58(5):289-97.

- Mediouni Z, [Bodin J](#), Dale AM, Herquelot E, Carton M, Leclerc A, Fouquet N, Dumontier C, Roquelaure Y, Evanoff BA, Descatha A. Carpal tunnel syndrome and computer exposure at work in two large complementary cohorts. *BMJ Open*. 2015 Sep 9;5(9):e008156.
- Ramond-Roquin A, [Bodin J](#), Serazin C, Parot-Schinkel E, Ha C, Richard I, Petit Le Manach A, Fouquet N, Roquelaure Y. Biomechanical constraints remain major risk factors for low back pain. Results from a prospective cohort study in French male employees. *Spine J*. 2015 Apr 1;15(4):559-69.
- Herquelot E, [Bodin J](#), Petit A, Ha C, Leclerc A, Goldberg M, Zins M, Roquelaure Y, Descatha A. Incidence of Chronic and Other Knee Pain in Relation to Occupational Risk Factors in a Large Working Population. *Ann Occup Hyg*. 2015;59(6):797-811
- Fouquet N, [Bodin J](#), Descatha A, Petit A, Ramond A, Ha C, Roquelaure Y. Prevalence of thoracic spine pain in a surveillance network. *Occup Med (Lond)*. 2015;65(2):122-5.
- Petit A, Ha C, [Bodin J](#), Rigouin P, Descatha A, Brunet R, et al. Risk factors for carpal tunnel syndrome related to the work organization : A prospective surveillance study in a large working population. *Appl Ergon*. 2015;47:1-10.
- Herquelot E, [Bodin J](#), Petit A, Ha C, Leclerc A, Goldberg M, Zins M, Roquelaure Y, Descatha A. Long-term persistence of knee pain and occupational exposure in two large prospective cohorts of workers. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15(1):411.
- Roquelaure Y, [Bodin J](#), Ha C, Le Marec F, Fouquet N, Ramond-Roquin A, Goldberg M, Descatha A, Petit A, Imbernon E. Incidence and risk factors for thoracic spine pain in the working population : The French Pays de la Loire study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2014;66(11):1695-702.
- Petit A, Ha C, [Bodin J](#), Parot-Schinkel E, Ramond A, Leclerc A, Imbernon E, Roquelaure Y. Personal, Biomechanical, Organizational and Psychosocial Risk Factors for Neck Disorders in a Working Population. *J Occup Health*. 2014;56(2):134-40.
- Rigouin P, Ha C, [Bodin J](#), Le Manac'h AP, Descatha A, Goldberg M, Roquelaure Y. Organizational and psychosocial risk factors for carpal tunnel syndrome: a Transversal study of French workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2014;87(2):147-54.
- Herquelot E, Guéguen A, Roquelaure Y, [Bodin J](#), Sérazin C, Ha C, Leclerc A, Goldberg M, Zins M, Descatha A. Work-related risk factors for incidence of lateral epicondylitis in a large working population. *Scand J Work Environ Health*. 2013;39(6):578-88.
- Cercier E, Fouquet N, [Bodin J](#), Chazelle E, Geoffroy-Perez B, Brunet R, Roquelaure Y. Prévalence des symptômes musculo-squelettiques du membre supérieur chez les travailleurs de l'agriculture en France en 2010 : résultats de la phase pilote de Coset-MSA. *Bull Epidémiol Hebd*. 2015;(8):134-41.

2.2. Parties d'ouvrage

- Descatha A, Despréaux T, Roquelaure Y, Petit A, Fouquet N, [Bodin J](#), Aublet-Cuvelier A. Activité professionnelle, obésité et douleurs musculo-squelettiques : épidémiologie. 43èmes entretiens montpelliérains de médecine physique et de réadaptation, 6 mars 2015, Montpellier. In Fouquet B,

- Descatha A, Roulet A, Hérisson C. Pathologies professionnelles et surpoids. Collection Pathologies professionnelles et médecine de réadaptation, Sauramps Médical, 2015, p 47-54.
- Desprésaux T, Aublet-Cuvelier A, Roquelaure Y, Petit A, Fouquet N, Bodin J, Descatha A. Obésité et troubles musculo-squelettiques - aspects biomécaniques et métaboliques. 43èmes entretiens montpelliérains de médecine physique et de réadaptation, 6 mars 2015, Montpellier. In Fouquet B, Descatha A, Roulet A, Hérisson C. Pathologies professionnelles et surpoids. Collection Pathologies professionnelles et médecine de réadaptation, Sauramps Médical, 2015, p 55-60.
 - Zare M, Croq M, Bodin J, Cercier E, Roquelaure Y. What Is The Feelings of Operators about Physical And Psychosocial Ergonomic Risks? A Case Study in SCANIA Production Angers. 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, 19-23 Juillet 2014, Cracovie (Pologne). In Jang R, Ahram T. Advances in Physical Ergonomics and Human Factors Part II, AHFE Conference, 2014.

2.3. Communications (premier auteur)

2.3.1. Communications avec actes

- Bodin J, Garlantézec R, Descatha A, Ha C, Roquelaure Y. Quality of life of workers suffering from shoulder pain. 24nd International Conference on Epidemiology in Occupational Health (EPICOH), 24-27 juin 2014, Chicago, Etats-Unis. In Occup Environ Med. 2014 Jun;71 Suppl 1:A83.

Contexte

1. Troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs

Les troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs (TMS-MS) regroupent un ensemble d'affections douloureuses liées à l'hypersollicitation des tissus situés au voisinage des articulations (muscles, tendons, nerfs, vaisseaux, cartilages) qui se traduisent principalement par des douleurs et une gêne fonctionnelle plus ou moins importante pour effectuer les tâches quotidiennes et professionnelles. L'évolution de la douleur est variable d'un individu à l'autre et en fonction des localisations concernées, la douleur peut varier de quelques jours à plusieurs mois voire années (Roquelaure 2015). Il est admis que les TMS-MS sont provoqués ou aggravés par le travail (Armstrong et al. 1993; Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail 2007). Ils sont une source importante de difficulté dans le travail lorsque la situation de travail est contraignante sans qu'il soit possible de mettre en œuvre de stratégies individuelles ou collectives de compensation (processus de travail rigide ou instable, collectif de travail peu soutenant, etc.). Les formes chroniques de TMS-MS peuvent compromettre l'aptitude au poste de travail et conduire à des difficultés de maintien en emploi, voire à un risque de rupture de la carrière professionnelle.

Il existe différentes dénominations dans la littérature internationale pour décrire ces troubles : lésions attribuables au travail répétitif (LATR), upper-limb syndrome, cumulative trauma disorders (CTD), repetitive strain injuries (RSI), occupational cervicobrachial disease (OCD), occupational overuse syndrome (OOS), work-related musculoskeletal disorder (WMSD) (Simoneau et al. 2001; Sluiter et al. 2001). En France, l'utilisation de l'acronyme TMS s'impose et est utilisé par le Ministère du Travail (Ministère du travail).

Les principales affections cliniquement caractérisées sont (Roquelaure 2015) :

- à l'épaule, les atteintes des tendons de la coiffe des rotateurs de l'épaule (tendinopathies de la coiffe des rotateurs de l'épaule),
- au poignet, le syndrome du canal carpien (SCC) correspondant à la compression dans le canal carpien du nerf médian impliqué dans la préhension et la dextérité et les tendinopathies des muscles extenseurs/fléchisseurs des doigts,
- au coude, les atteintes des tendons de la face externe du coude (tendinopathies des muscles épicondyliens latéraux) assurant les préhensions en force et le syndrome de compression du nerf ulnaire au coude,
- dans le bas du dos, les lombo-radiculalgies (douleurs lombaires avec irradiations dans les membres inférieurs ou algies radiculaires prédominantes) dues à une hernie discale.

Un groupe d'experts européens, constitué à la demande de l'organisation suédoise Saltsa par l'équipe du Coronel Institute de l'Université d'Amsterdam, a élaboré un protocole de diagnostic des TMS-MS (Sluiter et al. 2001).

Douze TMS spécifiques des membres supérieurs et un syndrome général correspondant aux TMS non spécifiques sans localisation précise ont été retenus (Tableau 1).

Tableau 1 : TMS en fonction de la localisation des symptômes des membres supérieurs retenus par le consensus européen Saltsa pour la surveillance des TMS liés au travail

Région(s) concernée(s)	Cou	Epaule et haut du bras	Coude	Avant-bras	Poignet et main
Diagnostic(s) à rechercher					
TMS spécifiques					
Cervicalgies avec douleurs à distance	X				
Syndrome de la coiffe des rotateurs		X			
Epicondylite et épitrochléite			X		
Compression du nerf cubital dans la gouttière épitrochléo-olécrânienne			X	X	X
Compression du nerf radial dans l'arcade de Fröhse (tunnel radial)			X		
Tendinopathie des fléchisseurs / extenseurs des doigts				X	X
Ténosynovite de De Quervain				X	X
Syndrome du canal carpien					X
Compression du nerf cubital dans la loge de Guyon					X
Syndrome de Raynaud					X
Neuropathies périphériques, provoquées par l'exposition aux vibrations de la main et du bras					X
Arthrose du coude, du poignet et des doigts			X	X	X
TMS non spécifiques	X	X	X	X	X

TMS : Troubles musculo-squelettiques.

Source : Sluiter et al. 2001

Dans la suite de cette thèse, seuls les TMS de l'épaule ont été étudiés.

2. TMS et douleurs de l'épaule

2.1. Eléments anatomiques et biomécaniques

La ceinture scapulaire est constituée d'un ensemble de structures osseuses et d'articulations actionnées par des muscles qui mobilisent et stabilisent le membre supérieur dans tous les plans de l'espace afin de permettre l'organisation de l'activité gestuelle selon des programmes posturo-cinétiques complexes. C'est pourquoi le terme « complexe de l'épaule » est souvent employé pour désigner l'articulation de l'épaule. Ce complexe comprend cinq articulations :

- l'articulation gléno-humérale (articulation de l'organisme ayant la plus grande amplitude),
- l'articulation scapulo-thoracique,
- l'articulation acromio-claviculaire,
- l'articulation sterno-claviculaire,
- l'articulation sous-deltaïdienne.

La coiffe des rotateurs (Figure 1) est un élément musculaire stabilisateur dynamique de l'articulation gléno-humérale, comprenant quatre muscles : le subscapulaire (sous-scapulaire), le supra-épineux (sus-épineux), l'infra-épineux (sous-épineux) et le petit rond (Haute Autorité de Santé 2008).

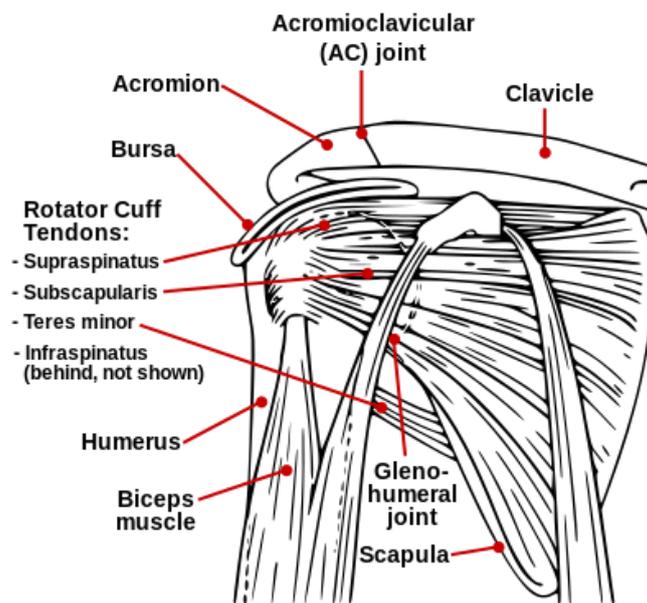


Figure 1 : Anatomie de la coiffe des rotateurs (Source : <https://simple.wikipedia.org/wiki/Shoulder>)

Éléments biomécaniques (Source : Roquelaure 2003)

« Les caractéristiques biomécaniques de la ceinture scapulaire expliquent la fréquence des atteintes musculo-squelettiques de l'épaule : (i) moyen d'union entre le membre supérieur et le thorax, elle subit des contraintes statiques liées aux mouvements du bras et aux réactions posturales pouvant être à l'origine d'un surmenage musculo-tendineux; (ii) articulation très mobile, elle peut être le siège de conflits musculo-tendineux ou de syndromes canaux en cas d'hypersollicitation.

Surcharge musculo-squelettique à prédominance statique

Le surmenage des tendons de la coiffe des rotateurs peut survenir sans conflit mécanique lorsque des contraintes excessives sont appliquées de manière répétée et surtout prolongée. Ceci s'explique sur le plan biomécanique par les propriétés viscoélastiques du système musculo-tendineux de la coiffe des rotateurs et de l'augmentation de la pression intramusculaire lors des contractions des muscles de la région scapulaire. La durée d'application des contraintes biomécaniques et l'absence de temps de récupération (c'est-à-dire de pause ou de changement de tâche) jouent alors un rôle très important.

La biomécanique de la ceinture scapulaire démontre l'importance de l'angle de fonction du bras sur l'épaule (angle d'abduction¹/flexion antérieure) lors de l'activité professionnelle. En effet, le moment des forces du complexe articulaire de l'épaule croît avec l'angle d'abduction (ou d'élévation ou flexion antérieure) de l'articulation gléno-humérale lorsque le bras s'écarte du corps pour atteindre des valeurs considérables au voisinage de l'horizontale. L'équilibre biomécanique implique des ajustements posturaux expliquant que tout mouvement du bras nécessite l'activation des muscles contrôlant la ceinture scapulaire, notamment le trapèze et la coiffe des rotateurs qui stabilise l'articulation gléno-humérale. Ainsi, il a été montré expérimentalement que l'écartement du bras par rapport à la position verticale augmente considérablement la charge mécanique du trapèze supérieur et des muscles de la coiffe des rotateurs. L'hypersollicitation des tendons de la coiffe des rotateurs est significative au-delà de 60°, voire 45°, et maximale entre 60 et 120° d'abduction.

Surcharge musculo-squelettique à prédominance dynamique

L'abduction du bras peut être à l'origine d'un conflit mécanique extrinsèque entre d'une part le muscle supra-épineux et le tendon supra-épineux (le plus souvent) et, d'autre part, la face inférieure de l'articulation acromio-claviculaire et le bord antérieur de l'acromion et du ligament caraco-acromial lorsque les gestes professionnels élèvent le bras au voisinage ou au-dessus de l'horizontale. Dans de nombreuses tâches professionnelles, l'abduction de l'épaule est associée à une rotation interne pour placer la main dans la zone optimale de préhension et manipuler les objets et outils avec précision. Ce phénomène mécanique peut être exacerbé lorsqu'il existe une voûte acromio-coracoïdienne agressive. »

¹ L'abduction est définie par la norme NF EN 1005-1 comme « un mouvement qui écarte un membre du plan médian ».

2.2. Syndrome de la coiffe des rotateurs

Les affections mécaniques de l'épaule se traduisent le plus souvent par une épaule douloureuse avec une impotence fonctionnelle variable suivant l'atteinte. Plus particulièrement, les lésions de l'épaule sont classées dans la rubrique M75 de la classification internationale des maladies (CIM-10) qui identifie les sous-catégories suivantes (Ministère des affaires sociales et de la santé 2015) :

- M75.0 Capsulite rétractile de l'épaule (comprend l'épaule bloquée et la périarthrite de l'épaule),
- M75.1 Syndrome de la coiffe des rotateurs (comprend la rupture (complète ou incomplète) du susépineux ou de la coiffe des rotateurs et le syndrome susépineux),
- M75.2 Tendinite du biceps,
- M75.3 Tendinite calcifiante de l'épaule (comprend la bursite calcifiante de l'épaule),
- M75.4 Syndrome d'accrochage de l'épaule,
- M75.5 Bursite de l'épaule,
- M75.8 Autres lésions de l'épaule,
- M75.9 Lésion de l'épaule, sans précision.

Le syndrome de la coiffe des rotateurs (SCR) est le principal TMS de l'épaule, il représente 65 à 85 % des affections mécaniques de l'épaule (Speed 2006; Whittle et Buchbinder 2015). La revue de la littérature de Van Eerd et al. a montré que la catégorie « syndrome de la coiffe des rotateurs » était la plus citée dans la littérature pour classer les TMS de l'épaule (Van Eerd et al. 2003). Cependant, différentes terminologies sont assimilables au SCR : rotator cuff syndrome, rotator cuff tendinitis, rotator cuff tendinopathy, supraspinatus tendinitis, infraspinatus tendinitis, humeral tendinitis (supraspinatus), shoulder tendinitis, shoulder impingement syndrome (SIS), subacromial impingement syndrome (SAIS), subacromial bursitis, rotator cuff tendonitis et rotator cuff tendonopathy (Van Eerd et al. 2003; Hopman et al. 2013; Whittle et Buchbinder 2015).

Sur le plan physiopathologique, le concept de conflit sous acromial a été développé par Neer en 1972 (Neer 1983). A la suite de Neer, les travaux rhumatologiques et orthopédiques ont affiné le concept de tendinopathie de la coiffe des rotateurs (Nizard et Noël 2000). Ce terme a remplacé celui de tendinite car la phase inflammatoire dans la pathologie du tendon est très limitée. L'accent est maintenant mis sur le vieillissement du tendon vers trente ans et son remaniement (causes intrinsèques) et sur la sur-utilisation ou les frottements du tendon sur les saillies osseuses (causes extrinsèques) (Figure 2). Selon la Haute autorité de santé (HAS), la pathologie de la coiffe des rotateurs « sous-tend une lésion de type dégénératif ou traumatique localisée à l'un des tendons de la coiffe des rotateurs, ses annexes (bourse synoviale) mais aussi la partie proximale du tendon du chef long du muscle biceps brachial » (Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé 2001). La rupture tendineuse de la coiffe des rotateurs est définie comme une solution de continuité d'un ou plusieurs tendons de la coiffe des rotateurs. Elle survient le plus souvent dans le cadre de l'évolution d'une tendinopathie chronique (Haute Autorité de Santé 2008). Des tests dynamiques (par exemple, signes de Neer, Hawkins et Yocum) explorant le conflit

sous-acromial en rotation interne ont été décrits et sont encore couramment utilisés (Silva et al. 2008; Cleland et al. 2012).

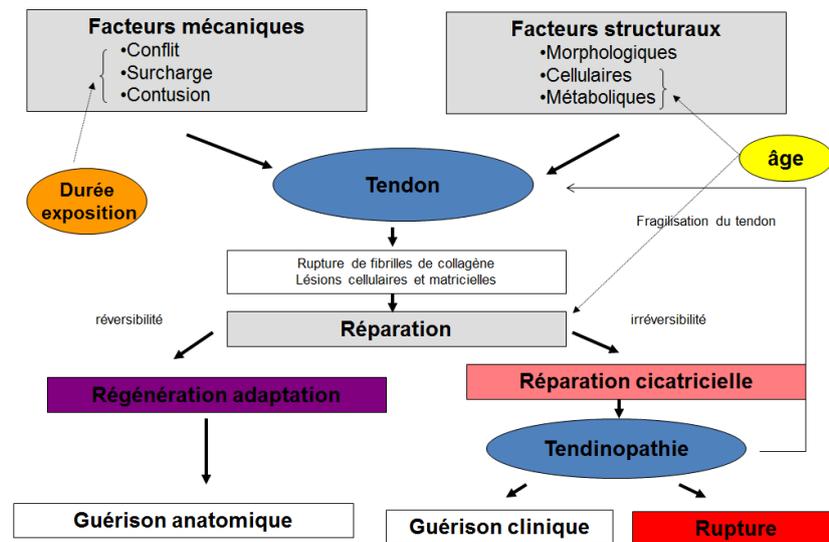


Figure 2 : Physiopathologie des tendinopathies mécaniques (Source : Roquelaure, d'après (Bard 2003))

Selon le Groupe Rhumatologique français de l'Épaule (GREP), le SCR regroupe les tendinopathies (calcifiantes et non calcifiantes) et les ruptures (partielles, qui touchent essentiellement le supra-épineux (74 %), et transfixiantes ou communicantes) (Nizard et Noël 2000).

Le groupe de consensus européen Saltsa, évoqué précédemment, a retenu comme TMS de l'épaule le SCR (Sluiter et al. 2001). Le protocole propose un arbre diagnostique présentant les symptômes, les signes physiques ou fonctionnels, et les critères de décours temporel (Annexe 1). La sévérité du SCR est évaluée selon trois niveaux cliniques :

- latent, s'il existe des symptômes (douleur intermittente de l'épaule, sans paresthésie, accentuée par l'abduction active de l'épaule, pour se gratter le dos par exemple) mais pas de critères temporels,
- symptomatique, s'il existe des symptômes (présents actuellement, ou au moins quatre jours au cours des sept derniers jours, ou au moins quatre jours pendant au moins une semaine au cours des 12 derniers mois) mais pas de signes cliniques à l'examen (plainte et décours temporel),
- avéré, s'il existe des symptômes présents actuellement ou au moins quatre jours au cours des sept derniers jours et des signes positifs à l'examen.

Les manœuvres cliniques réalisées lors de l'examen clinique pour le diagnostic du SCR sont (Annexe 1) :

- l'abduction, la rotation interne et la rotation externe,
- la flexion contrariée du coude (*palm up test*),
- l'élévation active de l'épaule.

2.3. Prévalence et incidence

2.3.1. Données du système de réparation

Les TMS de l'épaule sont une cause majeure de morbidité au travail. En France, ils peuvent être reconnus comme maladies professionnelles (MP) au titre du tableau 57 (paragraphe A) des MP du Régime général de sécurité sociale (RGSS) et du tableau 39 (paragraphe A) des MP du Régime agricole. Ils n'ont cessé d'augmenter entre les années 1990 et 2011 (Ministère du travail 2015). Suite à la modification du paragraphe A du tableau 57 du RGSS par le décret n° 2011-1315 du 17 octobre 2011 (Tableau 2) (Thomas et al. 2013), le nombre de TMS de l'épaule reconnus en MP a diminué sur deux années consécutives (-13,5 % en 2012 et -8,9 % en 2013, Figure 3) mais augmente depuis 2014 (+4,9 % en 2014 et +3,0 % en 2015) (Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels - Mission Statistiques 2008; Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels 2013, 2014, 2016).

Tableau 2 : Tableau 57 – Paragraphe A du Régime général de la sécurité sociale : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail - Epaule

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Tableau 57A modifié par le décret n°91-877 du 3 septembre 1991		
Epaule douloureuse simple (tendinopathie de la coiffe des rotateurs)	7 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés ou forcés de l'épaule
Epaule enraidie succédant à une épaule douloureuse simple rebelle	90 jours	Travaux comportant habituellement des mouvements répétés ou forcés de l'épaule
Tableau 57A modifié par le décret n° 2011-1315 du 17 octobre 2011		
Tendinopathie aiguë non rompue non calcifiante avec ou sans enthésopathie de la coiffe des rotateurs	30 jours	Travaux comportant des mouvements ou le maintien de l'épaule sans soutien en abduction** avec un angle supérieur ou égal à 60° pendant au moins 3h30 par jour en cumulé.
Tendinopathie chronique non rompue non calcifiante avec ou sans enthésopathie de la coiffe des rotateurs objectivée par IRM*	6 mois sous réserve d'une durée d'exposition de 6 mois)	Travaux comportant des mouvements ou le maintien de l'épaule sans soutien en abduction** : - avec un angle supérieur ou égal à 60° pendant au moins deux heures par jour en cumulé ou - avec un angle supérieur ou égal à 90° pendant au moins une heure par jour en cumulé
Rupture partielle ou transfixiante de la coiffe des rotateurs objectivée par IRM*	1 an (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an)	Travaux comportant des mouvements ou le maintien de l'épaule sans soutien en abduction (**): - avec un angle supérieur ou égal à 60° pendant au moins deux heures par jour en cumulé ou - avec un angle supérieur ou égal à 90° pendant au moins une heure par jour en cumulé

*Ou un arthroscanner en cas de contre-indication à l'IRM.

**Les mouvements en abduction correspondent aux mouvements entraînant un décollement des bras par rapport au corps.

En 2015, les TMS de l'épaule indemnisés au titre du tableau 57 du RGSS représentaient 26 % de l'ensemble des MP (Figure 3), avec 13 445 syndromes reconnus. Ils étaient ainsi la deuxième MP reconnue derrière les TMS du poignet (17 039 syndromes, soit 33 % de l'ensemble des MP). Néanmoins, la durée moyenne d'arrêt de travail est plus longue pour les salariés avec un TMS de l'épaule reconnu en MP : 300 jours vs 159 pour le poignet, 204 pour le coude et 95 jours pour le genou (Delépine 2009).

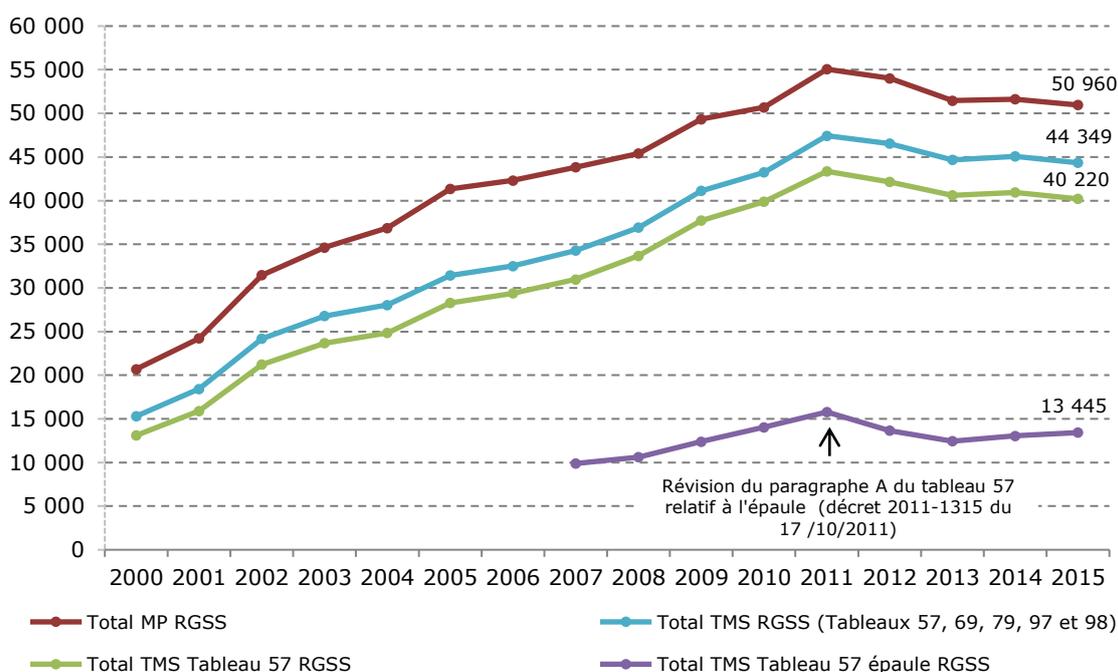


Figure 3 : Evolution du nombre de maladies professionnelles (MP) reconnues entre 2000 et 2015 (nombre de syndromes) – Régime général de sécurité sociale (RGSS)

Tableau 57 : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail ; Tableau 69 : Affections provoquées par les vibrations et chocs transmis par certaines machines-outils, outils et objets et par les chocs itératifs du talon de la main sur des éléments fixes ; Tableau 79 : Lésions chroniques du ménisque à caractère dégénératif ; Tableau 97 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier ; Tableau 98 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes

De plus, bien que les TMS de l'épaule ne soient que la deuxième MP reconnue, il a été montré que le coût direct (indemnités journalières, consultations médicales, aménagements de poste, temps de gestion des dossiers, etc.) d'un TMS de l'épaule était supérieur à celui d'un syndrome du canal carpien (SCC, qui est le principal TMS du poignet reconnu) : 80 000 euros contre 11 000 euros (Aptel et al. 2011). A ces coûts directs, s'ajoutent les coûts indirects (absentéisme, baisse de la productivité, baisse de la qualité de la production, etc.) qui sont estimés à au moins trois à cinq fois le coût direct (Assurance maladie - Risques professionnels Rhône-Alpes 2012).

Cependant, un biais de sous-déclaration des MP a été montré, pouvant être dû à un manque d'informations des salariés ou un refus de ces salariés de déclarer une MP, par peur de perdre leur emploi ou de voir leur salaire diminuer par exemple. Ce biais peut aussi provenir de la complexité des démarches médico-administratives ou d'un manque de connaissances des médecins traitants (Brière et al. 2015). A partir du programme des maladies à caractère professionnel (MCP) de Santé publique France, la sous-déclaration des TMS de l'épaule a été estimée à 69 % (fourchette de variation : 63-74 %) (Rivière et al. 2014).

2.3.2. Enquêtes épidémiologiques

a) TMS de l'épaule

Plusieurs enquêtes épidémiologiques permettent d'estimer le taux de prévalence des TMS de l'épaule en population générale et en population active. Cependant, les critères diagnostiques peuvent différer selon les études (Linaker et Walker-Bone 2015).

L'étude en population générale d'un large échantillon d'anglais (Walker-Bone et al. 2004) apporte des données précises sur la prévalence des TMS de l'épaule (protocole d'examen clinique de Southampton). Un SCR avait été diagnostiqué chez 5 % des hommes et 6 % des femmes (Tableau 3).

Tableau 3 : Prévalence des TMS de l'épaule diagnostiqués dans la population générale de Southampton (Royaume-Uni) âgée de 25 à 64 ans

	Hommes (n=2 696)		Femmes (n=3 342)	
	n	%	n	%
Capsulite rétractile	137	8,2	201	10,1
Syndrome de la coiffe des rotateurs	76	4,5	121	6,1
Tendinite bicipitale	11	0,7	14	0,7
Bursite sous acromiale	17	0,8	20	1,3
Dysfonction de l'articulation acromio-claviculaire	13	1,0	25	1,0
Au moins un de ces troubles	148	9,7	217	10,9
TMS non spécifique de l'épaule	32	2,1	50	2,5

Source : Walker-Bone et al. 2004

Des études en population active ont montré que les taux de prévalences des TMS de l'épaule variaient entre 1 et 10 % selon les populations étudiées (Tableau 4) (Frost et al. 2002; Roquelaure et al. 2002; Svendsen et al. 2004; Miranda et al. 2005; Silverstein et al. 2006; Roquelaure et al. 2011; Littlewood et al. 2013).

Tableau 4 : Prévalence des TMS de l'épaule diagnostiqués en population active

Référence	Enquête	Population	N	Diagnostic	Prévalence (%)
Frost et al. 2002	Prim	Actifs exposés au travail répétitif - Danemark	1 964	Tendinite de l'épaule	2
		Actifs non exposés au travail répétitif - Danemark	793		1
Roquelaure et al. 2002	-	Ouvriers d'une industrie de la chaussure - France : Pays de la Loire	253 en 1996 191 en 1997	SCR	8 10
Svendsen et al. 2004	-	Machinistes - Danemark	529	Tendinite du muscle supra-épineux	2
		Mécaniciens - Danemark	599		1
		Peintres en bâtiment - Danemark	758		4
Miranda et al. 2005	Health 2000 survey	Actifs - Finlande	3 831	SCR chronique	2
Silverstein et al. 2006	-	Actifs industrie manufacturière et santé - Etats-Unis	698	SCR non traumatique	Droit : 8 Gauche : 5
Roquelaure et al. 2011	Cosali	Salariés - France : Pays de la Loire	3 710	SCR	7

Cosali : Cohorte des salariés ligériens ; Prim : Project on research and intervention in monotonous work ; SCR : Syndrome de la coiffe des rotateurs.

Une étude sur l'état de santé des salariés d'une industrie de la chaussure localisée dans les Pays de la Loire rapportait une incidence du SCR de 6 % entre 1996 et 1997 (Roquelaure et al. 2002). Dans la cohorte Cosali, mise en œuvre par la Direction santé travail (DST) de Santé publique France en 2002 dans les Pays de la Loire, des médecins du travail avaient diagnostiqué un SCR au suivi (2007-2010) chez 6 % des hommes et 7 % des femmes indemnes de SCR à l'inclusion (2002-2005) (Bodin et al. 2012b). L'examen clinique était standardisé selon le protocole Saltsa (Sluiter et al. 2001). Une enquête menée auprès de salariés finlandais a montré que 9 % des hommes et 6 % des femmes indemnes de TMS de l'épaule avaient un TMS de l'épaule 20 ans plus tard (Miranda et al. 2008). Enfin, dans l'enquête de Silverstein et al., menée auprès d'actifs des secteurs de l'industrie manufacturière et de la santé à Washington, l'incidence annuelle du SCR était de 3 % pour l'épaule gauche et de 5 % pour l'épaule droite (Silverstein et al. 2006).

b) Syndromes douloureux non spécifiques de l'épaule

Dans la majorité des études épidémiologiques, les syndromes douloureux non spécifiques de l'épaule sont recueillis au moyen d'un questionnaire de type Nordique (Kuorinka et al. 1987) qui permet de renseigner des problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement, en illustrant les différentes zones anatomiques par un mannequin (Figure 4). Cependant, les prévalences renseignées dans les études peuvent différer selon la période de référence (vie entière, 12 derniers mois, six derniers mois, etc.) et la durée prise en compte (au moins un jour, plus d'un mois, plus de trois mois, etc.) (Palmer et al. 2012; Linaker et Walker-Bone 2015).

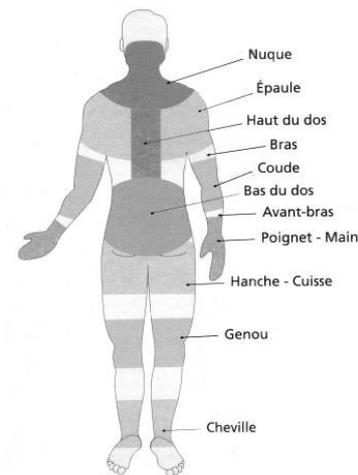


Figure 4 : Exemple de mannequin utilisé dans les études épidémiologiques pour recueillir les problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement (Source : Cosali, Cohorte des salariés ligériens)

En outre, le regroupement des zones anatomiques « nuque » et « épaule » peut être retrouvé dans la littérature concernant les TMS non spécifiques. Ceci s'explique par la difficulté à différencier les myalgies cervicales des myalgies scapulaires à l'aide d'un questionnaire (Ohlsson et al. 1994). De plus, certaines douleurs de l'épaule peuvent être dues à des douleurs projetées, généralement du rachis cervical (névralgie cervico-brachiale par exemple). Ceci souligne la pertinence de l'examen clinique afin de diagnostiquer les affections périarticulaires spécifiques de l'épaule, tel que le SCR.

Les données épidémiologiques disponibles souffrent ainsi d'une grande variabilité du fait de cette hétérogénéité dans les données recueillies mais aussi de l'hétérogénéité des populations étudiées.

En population générale, le taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule² au cours de l'année écoulée varie selon les études entre 7 et 47 % (Luime et al. 2004).

Le Tableau 5 présente les taux de prévalences des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule et des symptômes musculo-squelettiques de la nuque et de l'épaule en population active rapportés dans des enquêtes françaises et internationales.

L'étude de Silverstein et al., menée auprès de salariés américains, montre un taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule au cours des 12 derniers mois de 16 % pour l'épaule droite et de 24 % pour l'épaule gauche (Silverstein et al. 2006) tandis que l'enquête Cosali, menée auprès de salariés ligériens (Roquelaure et al. 2006), et l'enquête Coset-MSA, menée auprès d'actifs français de la Mutualité sociale agricole (MSA) (Cercier et al. 2015), montrent des taux de prévalence plus élevés : respectivement 34 % et 37 % chez les hommes et 40 % et 44 % chez les femmes.

Les taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques chroniques de l'épaule (plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois) étaient de :

- 9 % chez les hommes et 12 % chez les femmes salariés ligériens âgés de 20 à 59 ans inclus dans l'enquête Cosali (Roquelaure et al. 2006),
- 10 % chez les hommes et 19 % chez les femmes actifs du secteur agricole âgés de 18 à 65 ans inclus dans l'enquête Coset-MSA (Cercier et al. 2015),
- 16 % chez les hommes et 21 % chez les femmes actifs français âgés de 30 à 69 ans inclus dans l'enquête Constances (Carton et al. 2016).

Chez des salariés français de toutes professions et secteurs d'activité, le taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule au cours des six derniers mois varie de 8 % à 10 % chez les hommes et de 15 % à 18 % chez les femmes (Cassou et al. 2002), alors que dans un échantillon de salariés français exposés aux gestes répétitifs, il est de 41 % et 24 % respectivement chez les exposés aux gestes répétitifs et chez les non exposés (Anact et al. 1996).

Le taux de prévalence au cours des 7 derniers jours varie de 8 à 63 % selon les professions considérées (Roquelaure et al. 2006; Cercier et al. 2015; Leroyer 2016; Nordander et al. 2016).

² Les termes « symptômes musculo-squelettiques » et « douleurs de l'épaule » seront employés alternativement dans cette thèse.

Tableau 5 : Taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule en population active

Référence	Enquête	Population	N	Localisation	Période	Prévalence (%)
Anact et al. 1996	Inserm-Anact- INRS-Inspection médicale du travail, Dares, CCMSA	Salariés exposés aux gestes répétitifs - France : Lorraine, Pays de la Loire, Rhône-Alpes, Centre, Basse-Normandie et Ile-de-France	Exposés : 1412 <i>Assemblage : 494</i> <i>Confection-Chaussure : 258</i> <i>Agro-alimentaire : 450</i> <i>Caissières : 210</i> Non-exposés : 343	Epaule	6 derniers mois	41 41 28 43 55 24
Cassou et al. 2002	Estev	Salariés - France : Bretagne, Dauphiné, Ile-de-France, Nord, Pays de la Loire, Val de Loire et La Réunion	En 1990 : 21 378 En 1995 : 18 695	Nuque/Epaule	6 derniers mois	H : 8 / F : 15 H : 10 / F : 18
Roquelaure et al. 2006	Cosali	Salariés - France : Pays de la Loire	2 685	Epaule	12 derniers mois Plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois Quotidiens au cours des 12 derniers mois 7 derniers jours	H : 34 / F : 40 H : 9 / F : 12 H : 4 / F : 5 H : 16 / F : 21
Silverstein et al. 2006	-	Actifs de l'industrie manufacturière et de la santé - Etats-Unis	698	Epaule	12 derniers mois	Droit : 24 / Gauche : 16
Cercier et al. 2015	Coset-MSA	Actifs de l'agriculture - France : Bouches- du-Rhône, Finistère, Pas-de-Calais, Pyrénées-Atlantiques, Saône-et-Loire	1 130	Epaule	12 derniers mois Plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois Quotidiens au cours des 12 derniers mois 7 derniers jours	H : 37 / F : 44 H : 10 / F : 19 H : 6 / F : 11 H : 17 / F : 25
Carton et al. 2016	Constances	Actifs - France	19 216	Epaule	Plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois	H : 16 / F : 21
Leroyer 2016	Evrest	Salariés - France	25 744	Epaule	7 derniers jours	H : 8 / F : 12
Nordander et al. 2016	16 études transversales	Actifs <u>Travail de bureau</u> Contrôleurs aériens : H 97 / F 90 Opérateurs de saisie : 106		Epaule	7 derniers jours	H : 16 / F : 31 F : 36

Travailleurs de l'information : 146	F : 28
Travailleurs sur écran partiel : H 121 / F 186	H : 17 / F : 25
Employés de bureau : 33	F : 24
<u>Travail industriel</u>	
Traitement du poisson : H 116/206	H : 19 / F : 46
Travaux de montage exigeant de la force : H 67 / F 90	H : 16 / F : 48
Moulage par injection, caoutchouc : H 37 / F 83	H : 35 / F : 51
Production stratifiée : F 87	F : 47
Assemblage léger, thermdurcissable : F 32	F : 44
Découpage de viande : H 90	H : 21
Fabrication de parquets : F 151	F : 46
Transformation de la volaille : F 59	F : 63
Mélange de caoutchouc : H 77	H : 18
Travail industriel varié : F 35	F : 29
<u>Autre travail</u>	
Concierges : H 156	H : 17
Nettoyeurs : F 111 et 135	F : 38 et 45
Travail en crèche : F 115	F : 23
Dentistes : H 56 / F 33 et 65	H : 16 / F : 30 et 32
Hygiénistes : F 51	F : 47
Coiffeurs : F 78 /166	F : 55 et 28
Travailleurs agricole (traite, etc.) : F 162	F : 20

H : Hommes ; F : Femmes ; Constances : Cohorte des consultants des CES ; Cosali : Cohorte des salariés ligériens ; Coset-MSA : Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail- Mutualité sociale agricole ; Estev : Enquête santé travail et vieillissement ; Evrest : Evolutions et relations en santé au travail.

Des taux d'incidence de douleurs de l'épaule compris entre 7 % et 43 % ont été rapportés dans des études longitudinales (suivi de un à sept ans, Tableau 6) chez des actifs français (Cassou et al. 2002; Leclerc et al. 2004; Bodin et al. 2012c), américains (Silverstein et al. 2006), finnois (Miranda et al. 2001), des nouveaux embauchés (Harkness et al. 2003), des salariés l'industrie et des services (Andersen et al. 2003), des personnels soignants (Smedley et al. 2003; Luime et al. 2005; Sadeghian et al. 2013) et des employés de bureau (Sadeghian et al. 2013). Ces taux varient en fonction de la période de référence considérée (sept derniers jours, dernier mois, trois derniers mois, six derniers mois, etc.).

Tableau 6 : Taux d'incidence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule en population active

Référence	Enquête	Population	N*	Localisation	Période	Incidence (%)
Miranda et al. 2001	-	Actifs forestiers - Finlande	2 094	Epaule	Plus de 8 jours au cours des 12 derniers mois	<i>Suivi à 1 an</i> : 14
Cassou et al. 2002	Estev	Salariés - France : Bretagne, Dauphiné, Ile-de-France, Nord, Pays de la Loire, Val de Loire et La Réunion	H : 9 028 F : 6 100	Nuque/Epaule	6 derniers mois	<i>Suivi à 5 ans</i> : H : 7 F : 13
Andersen et al. 2003	-	Salariés l'industrie et des services - Danemark	<i>Suivi 1996-97</i> : 1 964 <i>Suivi 1998</i> : 1 538 <i>Suivi 1999</i> : 1 011	Nuque/Epaule	3 derniers mois	<i>Inclusion 1994-95</i> <i>Suivi 1996-97</i> : 14 <i>Suivi 1998</i> : 15 <i>Suivi 1999</i> : 14
Harkness et al. 2003	-	Nouveaux embauchés - Angleterre	<i>Suivi à 1 an</i> : 638 <i>Suivi à 2 ans</i> : 476	Epaule	Dernier mois	<i>Suivi à 1 an</i> : 15 <i>Suivi à 2 ans</i> : 15
Smedley et al. 2003	-	Infirmiers hospitaliers - Angleterre	587	Nuque/Epaule	Non précisé	<i>Suivi à 13 mois</i> : 34
Leclerc et al. 2004	Inserm-Anact-INRS-Inspection médicale du travail, Dares, CCMSA	Salariés exposés aux gestes répétitifs France : Lorraine, Pays de la Loire, Rhône-Alpes, Centre, Basse-Normandie et Ile-de-France	H : 112 F : 214	Epaule	6 derniers mois	<i>Inclusion 1993-94</i> <i>Suivi 1996-97</i> : H : 29 F : 21
Luime et al. 2005	-	Personnels soignants (hôpitaux et maisons de retraite) - Pays-Bas	<i>Suivi à 1 an</i> : 229 <i>Suivi à 2 ans</i> : 235	Epaule	12 derniers mois	<i>Suivi à 1 an</i> : 16 <i>Suivi à 2 ans</i> : 18
Silverstein et al. 2006	-	Actifs de l'industrie manufacturière et de la santé - Etats-Unis	Droit : 334 Gauche : 371	Epaule	12 derniers mois	<i>Suivi à 1 an</i> Droit : 12 Gauche : 12
Bodin et al. 2012c	Cosali	Salariés - France : Pays de la Loire	H : 946 F : 709	Epaule	7 derniers jours	<i>Inclusion 2002-05</i> <i>Suivi 2007-09</i> : H : 11 F : 20
Sadeghian et al. 2013	Cupid	Infirmiers et employés de bureau - Iran	Infirmiers : 150 Employés de bureau : 95	Nuque/Epaule	Dernier mois	<i>Suivi à 1 an</i> Infirmiers : 25 Employés de bureau : 43

*Individus sans douleur à l'inclusion ou au temps de suivi précédent.

H : Hommes ; F : Femmes ; Cosali : Cohorte des salariés ligériens ; Cupid : Cultural and Psychosocial Influences on Disability ; Estev : Enquête santé travail et vieillissement.

2.4. Professions et secteurs d'activité

Les secteurs d'activité les plus touchés par les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de l'épaule sont le commerce de détail (hypermarchés et supermarchés), l'industrie agro-alimentaire, la construction et les activités hospitalières (Roquelaure et al. 2005; van Rijn et al. 2010; Hopman et al. 2013; Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels - Mission Statistiques 2016; Nordander et al. 2016; van der Molen et al. 2017).

Parmi les professions les plus touchées, on retrouve les caissiers, les travailleurs de la transformation du poisson et de la viande, les charpentiers, les soudeurs, les couturiers, les coiffeurs, les assistants maternels et les personnels soignants (Niedhammer et al. 1998; Kaergaard et Andersen 2000; Bongers 2001; Smedley et al. 2003; Luime et al. 2004; Roquelaure et al. 2005; van Rijn et al. 2010; Hopman et al. 2013; Nordander et al. 2016; van der Molen et al. 2017).

3. Un phénomène épidémique lié à l'intensification du travail ?

L'augmentation des TMS de l'épaule depuis les années 1980 suit l'instauration de nouveaux modèles d'organisation du travail (Thébaud-Mony et al. 2015). Cela laisse suggérer une relation de cause à effet entre les transformations des conditions de travail et l'évolution des TMS de l'épaule.

3.1. Définitions des facteurs organisationnels et des facteurs psychosociaux

Avant de présenter l'évolution des expositions professionnelles depuis les années 1980, il apparaît nécessaire de définir les facteurs organisationnels et les facteurs psychosociaux. En effet, dans la littérature épidémiologique, la frontière est « floue » entre ces deux notions. La notion de « facteurs organisationnels » (*work organization* en anglais) est peu utilisée au profit de l'utilisation du terme « facteurs psychosociaux » (*psychosocial factors* en anglais).

Plusieurs définitions des facteurs organisationnels et des facteurs psychosociaux au travail ont été recensées dans la littérature internationale et nationale (Tableau 7).

Tableau 7 : Définitions des facteurs organisationnels et des facteurs psychosociaux

Auteurs (année) Pays	Facteurs organisationnels	Facteurs psychosociaux au travail
Hagberg et Kuorinka (1995) Suède, Etats-Unis, Canada, Finlande	« Facteur relatif à l'organisation du travail, qui porte sur la manière dont le travail est structuré, surveillé et exécuté dans une entreprise. L'organisation du travail comprend les caractéristiques institutionnelles du travail telles la nature de l'organigramme, l'identité du patron, le pouvoir, l'autorité, les responsabilités le mode d'exécution du travail, la nature des tâches, y compris des caractéristiques comme la charge de travail et le contenu des tâches. Il s'agit de la nature objective du processus de travail. Les facteurs d'organisation du travail sont considérés comme les aspects objectifs de la manière dont le travail est organisé, surveillé et exécuté.»	« Aspects subjectifs du travail tels qu'ils sont perçus par les travailleurs et les cadres. Ils ont souvent les mêmes noms que les facteurs d'organisation du travail, mais leur différence tient au fait qu'ils comportent une valeur sentimentale pour l'individu. Par exemple, la nature de la surveillance du travail peut avoir des effets psychosociaux positifs ou négatifs (stress émotif), tandis que les aspects d'organisation du travail ne décrivent que la manière dont la surveillance est accomplie et ne comportent aucune valeur sentimentale. Les facteurs psychosociaux constituent les perceptions subjectives des facteurs organisationnels.»
Carayon et Smith (2000) Etats-Unis	« It is an objective characteristic of the work environment, and depends on many factors, including management style, type of product or service, characteristics of the workforce, level and type of technology, and market conditions. »	
Simoneau et al. (2001) Canada	«facteurs liés à l'organisation du travail, c'est-à-dire à tout ce qui détermine dans quelles conditions et selon quelles modalités sera exécuté le travail.»	
Randall et al. (2002) Royaume-Uni		« worker evaluations of work design and management (psychosocial factors) »
European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (2011) Europe	« Work organisation is a broad concept that refers to the choices made within organisations regarding different issues such as the structure of the production process, the relationship between staff and production departments, the responsibilities at different hierarchical levels and the design of individual jobs. »	
St-Vincent et al. (2011) Canada	<p>Organisation du travail Horaires, rémunérations et types de contrat Composition des équipes et rotation Distribution des affectations Assignation temporaire et gestion des absences Etc.</p> <p>Organisation de la production de biens ou de services Philosophie de production : production allégée, juste-à-temps, qualité totale, etc. Type de processus : artisanal, chaîne, cellules, etc. Diversité des produits fabriqués, des services offerts Missions, technologie, procédés, processus de circulation de l'information Choix des matières premières, types de demandes (clients) Opérations reliées en amont et en aval Soutien aux activités de production : maintenance, qualité, technologies de l'information Etc.</p> <p>Organisation de la formation Dispositif de la formation : choix des formateurs, matériel, temps alloué, etc. Conditions d'apprentissage Etc.</p> <p>Environnement physique Espaces de travail : disposition, délimitations des zones pour différents usages et usagers : aires pour</p>	

	<p>la circulation des équipements (chariots, pont-roulant, fauteuil roulant, civières) et véhicules (chariots élévateurs)</p> <p>Les espaces communs (salles de repos, vestiaires)</p> <p>Ambiances physiques : ambiance sonore, visuelle et thermique, qualité de l'air, agresseurs physiques, chimiques et biologiques</p> <p>Dispositif technique</p> <p>Aménagement et dimensionnements des postes de travail</p> <p>Caractéristiques des machines, des outils, des équipements et des matières</p> <p>Moyens de protection individuels</p> <p>Etc.</p>	
Inserm (2011) France		« Ces facteurs recouvrent les contraintes psychologiques, sociales et relationnelles dérivées de l'organisation du travail, jusqu'à englober toutes les expositions professionnelles, qui ne relèvent pas d'agents physico-chimiques. »
Ministère du travail, de l'emploi et de la santé (2011) France		« les risques psychosociaux seront définis comme les risques pour la santé mentale, physique et sociale, engendrés par les conditions d'emploi et les facteurs organisationnels et relationnels susceptibles d'interagir avec le fonctionnement mental»
Chouanière et Niedhammer (2011) France	<p>« les facteurs organisationnels qui sont les conditions objectives de travail factuelles et identifiables dans la documentation de l'entreprise</p> <p>...</p> <p>Ils peuvent être regroupés en quatre grandes catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le contenu du travail : activités monotones ou répétitives, activités exigeant de traiter un très grand nombre d'informations, exposition permanente à la clientèle, confrontation à la mort ou la souffrance, activité impliquant une responsabilité sur la vie d'autrui, etc.; • l'organisation du travail ou la gestion des ressources humaines : changements organisationnels fréquents, horaires de travail incompatibles avec la vie sociale et familiale, temps de travail prolongé, interruption fréquente dans le déroulement du travail, flux tendu, inexistance ou caractère aléatoire des plans de carrière, sous ou surqualification des agents, mauvaise ou absence de définition des postes de travail, etc.; • la qualité des relations de travail: isolement social ou physique, management peu participatif, faible communication dans l'entreprise, absence d'évaluation du travail ou évaluation inadaptée, etc. ; • l'environnement physique: bruit, mauvaise conception des lieux de travail, open space, etc.; » 	« les contraintes qui correspondent à la perception subjective des conditions de travail (souvent dénommées «facteurs psychosociaux») »

Les définitions sont présentées dans leur langue d'origine.

Selon le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), l'organisation du travail peut être envisagée selon trois niveaux (NORA Organization of Work Team Members 2002) (Figure 5) : le contexte externe, le contexte organisationnel et le contexte du travail, chaque niveau étant dépendant du niveau supérieur. Par exemple, des pressions économiques mondiales (« contexte externe ») peuvent mener à une restructuration ou à une réduction des effectifs (« contexte organisationnel »), qui peuvent à leur tour accroître la charge de travail et réduire la sécurité d'emploi des travailleurs (« contexte du travail »).

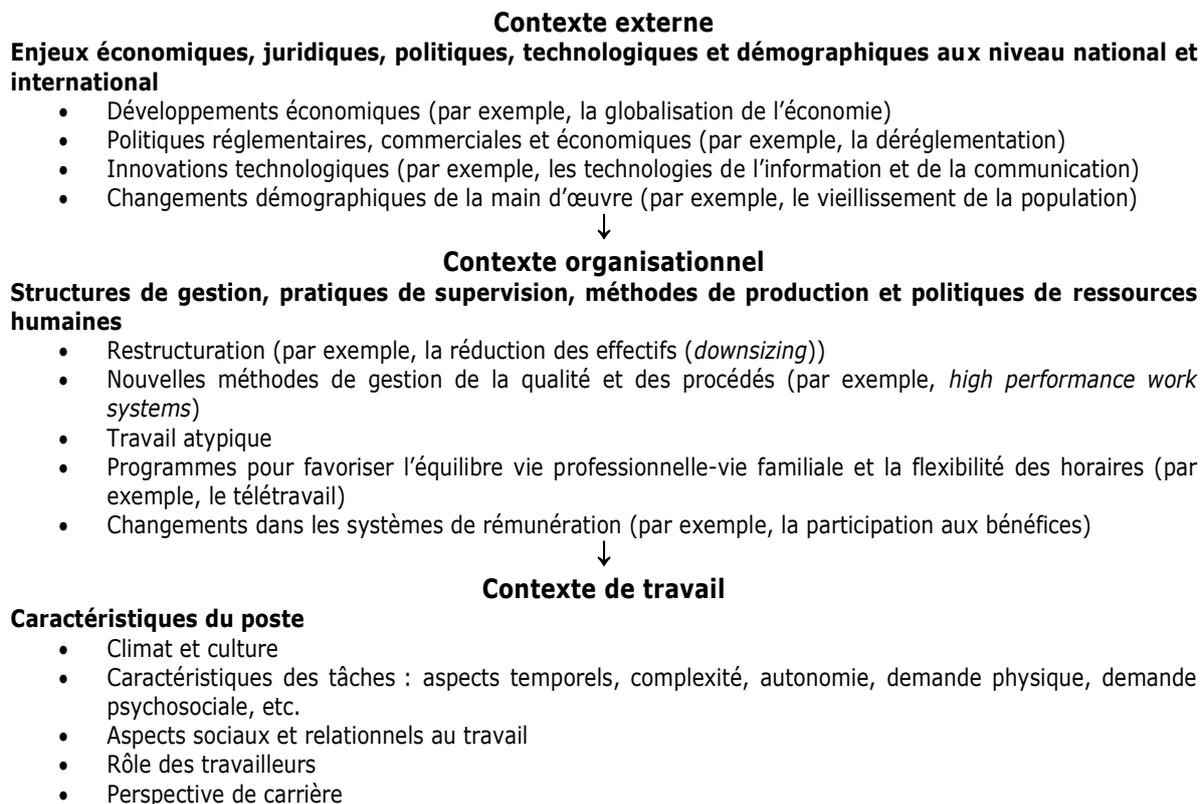


Figure 5 : Organisation du travail selon le NIOSH (NORA Organization of Work Team Members 2002; Stock et al. 2013)

En résumé, les facteurs organisationnels peuvent être définis comme un aspect objectif de la manière dont le travail est organisé alors que les facteurs psychosociaux au travail peuvent être définis comme les perceptions qu'ont les salariés de l'organisation du travail.

Les facteurs organisationnels sont souvent repérables dans la documentation de l'entreprise. Il s'agit de facteurs « structurels » sur lesquels les travailleurs ne peuvent pas agir et qui dépendent de l'entreprise. On peut citer le travail à la chaîne, le type d'horaires (fixes, alternants), le mode de rémunération (à la pièce par exemple) ou le travail en équipes postées.

3.2. L'évolution des modèles d'organisation du travail

Plusieurs modèles d'organisation du travail sont apparus depuis le début du 20^{ème} siècle (Coutrot 1998; Bressol 2004; Gollac 2006; Dayan et al. 2008; Askenazy et Caroli 2010). Une présentation synthétique de trois modèles d'organisation du travail est proposée ci-dessous : le taylorisme, le fordisme et le *lean management* ainsi qu'une brève présentation de nouvelles formes d'organisation apparues à partir des années 2000.

3.2.1. Le taylorisme

Le taylorisme, ou organisation scientifique du travail (OST), est né au début du 20^{ème} siècle à l'initiative de Frederick Winslow Taylor (1856-1915) et repose sur trois concepts :

- une division horizontale du travail c'est-à-dire une parcellisation des tâches, chaque ouvrier se spécialise dans une tâche dans le but d'améliorer la productivité,
- une division verticale du travail qui consiste à séparer le travail d'exécution (ouvriers) du travail de conception (direction),
- le salaire au rendement.

3.2.2. Le fordisme

Henri Ford (1863-1947), dans les années 1910, a repris les principes du taylorisme pour l'adapter à son industrie automobile. Le Fordisme est basé sur une production standardisée. Ford a introduit les chaînes de montage permettant d'éliminer les déplacements des ouvriers et ainsi les temps d'arrêt de la production. Cela a eu pour conséquence d'augmenter la productivité de l'entreprise. La standardisation était extrême, il ne proposait qu'un seul modèle : la Ford T noire. Le temps de production a été réduit de 12,5 à 1,3 heures (Blanchet 2016). Afin de faire face au turn-over important des ouvriers, dû notamment à la monotonie du travail, il a augmenté les salaires (rendue possible grâce aux gains de productivité), ce qui a eu pour conséquence d'augmenter le pouvoir d'achat des ouvriers. De ce fait, ceux-ci pouvaient acheter les voitures qu'ils produisaient et plus généralement des biens de consommation (Bressol 2004).

A la fin des années 1960, le taylorisme et le fordisme ont été largement critiqués en raison de leur rigidité. En effet, ils ne permettaient pas d'être suffisamment réactifs pour s'adapter aux demandes des clients de plus en plus diversifiées. De plus, les conditions de travail des ouvriers se dégradèrent : ils étaient exposés à des gestes répétitifs et monotones, aux rythmes imposés par la cadence des machines, etc. Cette dégradation des conditions de travail n'était pas compensée par les salaires élevés des ouvriers. Ils réclamaient plus d'autonomie et un enrichissement de leur travail et les entreprises étaient confrontées à un absentéisme entraînant une baisse de la productivité (Bressol 2004). Plusieurs modèles d'organisation du travail sont apparus comme des alternatives aux modèles tayloristes et fordien avec l'idée d'apporter une plus grande autonomie aux salariés en échange d'une modération salariale permettant une relance des profits, de l'accumulation du capital et de l'emploi (Coutrot 2015) : le « toyotisme », le « modèle sociotechnique suédois » (dont l'« uddevalisme » créé dans l'usine Volvo), le modèle allemand de « production diversifiée de qualité » et le modèle italien de « spécialisation flexible » en

sont des exemples (Bressol 2004; Coutrot 1998; Landsbergis et al. 1999; Bozdogan 2010; Brännmark et Håkansson 2012; Koukoulaki 2014; Demetrescoux 2015; Durand 1991).

3.2.3. Le lean management

Le toyotisme, ou Toyota Production System (TPS) en anglais, a été créé dans les années 1950 par Taiichi Ono (1912-1990), ingénieur chez Toyota au Japon. Le terme *lean* (littéralement « maigre », « allégé ») a été utilisé pour la première fois par Krafcik, un chercheur du MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 1988 afin de qualifier le système de production de Toyota et d'autres industries automobiles japonaises (Bozdogan 2010). Le *lean* est un système de production en juste-à-temps (JAT) consistant à produire la quantité juste nécessaire et reposant sur l'élimination des gaspillages (Bressol 2004; Coutrot 1998; Landsbergis et al. 1999; Bozdogan 2010; Brännmark et Håkansson 2012; Koukoulaki 2014; Demetrescoux 2015; Lux et al. 2013). Quelques outils et principes du *lean* sont énumérés ci-dessous (Lux et al. 2013) :

- le travail en équipe autonomes,
- les cercles de qualité : « groupes de salariés appelés à faire des propositions pour améliorer l'organisation du travail » (Askenazy 2004),
- le *SMED* (Single Minute Exchange of Die) : permet de réduire le temps de changement d'outils entre deux séries de production,
- le *kanban* (« étiquette » en japonais) : « système de management de la production par reconstitution d'un stock dans lequel le client est venu prélever son besoin. Par un système de cartes de prélèvement ou de fabrication, on s'assure de ne produire que ce dont le client a besoin, dans une logique de flux tiré » (Lux et al. 2013),
- le *kaisen* : « philosophie d'amélioration continue destinée à supprimer les « gaspillages » et simplifier les processus » (Lux et al. 2013),
- l'*andon* : outil visuel qui permet de signaler un dysfonctionnement,
- les 5S : vise à organiser, ranger et nettoyer les postes de travail et leur environnement. Les 5S sont les initiales de cinq mots japonais : *Seiri* qui signifie « ôter l'inutile », *Seiton* qui signifie « ranger », *Seiso* qui signifie « décrasser pour détecter les anomalies », *Seiketsu* qui signifie « rendre évident » et *Shitsuke* qui signifie « enraciner les bonnes pratiques »,
- la *VSM* (Value Stream Mapping) qui est un outil permettant de visualiser les étapes du flux de production d'un produit ou d'une famille de produits dans son intégralité et qui sert à identifier les étapes à améliorer dans le but d'éliminer les actions sans valeur ajoutée (*muda*).

Depuis sa mise en œuvre dans des industries automobiles, le *lean* s'est étendu, à partir des années 1980, à l'ensemble du secteur industriel. Les entreprises américaines et européennes se sont inspirées des principes du *lean*, selon des modalités variables (Bressol 2004; Askenazy et Caroli 2010; Brännmark et Håkansson 2012; Koukoulaki 2014). Ainsi des « pratiques innovantes » sont apparues dans les entreprises telles que la polyvalence, le travail en équipes autonomes, le juste-à-temps, etc. Selon Askénazy, ces pratiques innovantes en se combinant aux technologies de l'information et de la communication (TIC) forment le « productivisme réactif », le principe étant d'enrichir le travail et de le rendre plus motivant en accordant plus d'autonomie aux travailleurs (Askenazy

2004). Des travaux d'économie ont montré que le « productivisme réactif » améliore les performances des entreprises (Askenazy et Caroli 2003; Askenazy 2004).

A partir des années 2000, le *lean service*, le *lean office* et le *lean santé* sont apparus dans le secteur tertiaire (activités administratives, banque, hôpital, etc.) (Frantin 2012; Anact 2013; Demetrescoux 2015).

Cependant, plusieurs principes du taylorisme et du fordisme restent présents dans certaines entreprises. L'étude de Valeyre et al. réalisée à partir des données de l'enquête européenne sur les conditions de travail de 2005 a mis en évidence la coexistence de quatre formes d'organisation du travail (Valeyre et al. 2009) :

- les **organisations tayloriennes** (17 % de l'échantillon français vs 20 % de l'échantillon européen) : faible autonomie dans le travail, faible contenu cognitif, faible autocontrôle de la qualité, normes de qualité précises, travail en équipe, tâches répétitives et monotones et contraintes de rythme de travail importantes,
- les **organisations en lean production** (24 % vs 26 %) : peu d'autonomie dans le travail, situations d'apprentissage et de résolution de problèmes imprévus, autocontrôle de la qualité du travail, respect de normes de qualité précises, travail en équipe, rotation des tâches et contraintes de rythme de travail importantes,
- les **organisations apprenantes** (48 % vs 38 %) : forte autonomie dans le travail, situations d'apprentissage et de résolution de problèmes imprévus, tâches complexes, autocontrôle de la qualité du travail, travail en équipe, tâches non monotones et non répétitives et peu de contraintes de rythme,
- les **organisations de structure simple** (11 % vs 16 %) : peu d'autonomie dans le travail, faible contenu cognitif, faible fréquence de la gestion de la qualité, du travail en équipe, de la rotation des tâches, tâches peu répétitives et monotones et peu de contraintes de rythme.

3.2.4. Les nouvelles formes d'organisation

Récemment, Grosjean et al. ont décrit de nouvelles formes d'organisation parmi lesquelles la « sociocratie », l'« holocratie », l'« entreprise libérée » et le « modèle *Teal Organization* » (Grosjean et al. 2016). D'une manière générale, ces modèles suppriment la structure hiérarchique pyramidale et accordent plus d'autonomie aux salariés.

En France, ces modèles se sont développés depuis 2012 avec la parution de l'ouvrage « Liberté et Cie - Quand la liberté des salariés fait le bonheur des entreprises » d'Isaac Getz et Brian M. Carney (Anact 2015). Dans les Pays de la Loire, par exemple, les entreprises Chrono Flex, spécialiste du flexible hydraulique, et IMA technologies, centre d'appels téléphoniques, ont adopté ces principes depuis respectivement 2011 et 2012.

3.3. L'évolution des expositions professionnelles

Les enquêtes *Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels (Sumer)* et *Conditions de travail* de la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) permettent d'évaluer les changements des expositions professionnelles au cours du temps. Le recueil des données de l'enquête *Sumer* repose sur l'expertise des médecins du travail et fait référence à la dernière semaine travaillée alors que celui de l'enquête *Conditions de travail* repose sur la perception qu'ont les individus de leur travail actuel.

Les enquêtes Sumer (Arnaudo et al. 2012)

Les enquêtes *Sumer* dressent une cartographie des expositions des salariés français aux principaux risques professionnels. Elles sont gérées conjointement par la Direction générale du travail et la Dares. A partir de 2003, la Direction générale de l'administration et de la fonction publique (DGAFP) a également participé au financement de l'enquête, dans le cadre d'un élargissement aux trois versants de la fonction publique. Cette enquête repose sur le volontariat des médecins du travail qui administrent un questionnaire détaillé sur les expositions professionnelles au cours de la dernière semaine travaillée : les contraintes organisationnelles et relationnelles, les risques physiques, les risques biologiques et les risques chimiques. Pour le relevé des contraintes organisationnelles et relationnelles, le médecin interroge le salarié. Pour le relevé des expositions physiques, chimiques et biologiques, le médecin-enquêteur s'appuie à la fois sur les déclarations du salarié lors de la visite médicale et sur son expertise. De plus, le salarié remplit, dans la salle d'attente, un auto-questionnaire portant sur son vécu du travail et sur les facteurs de risques psychosociaux au travail. En 1994, l'enquête couvrait l'ensemble des salariés surveillés par la médecine du travail du régime général et de la MSA. En 2003, le champ de l'enquête a été étendu à la fonction publique hospitalière, EDF-GDF, La Poste, la SNCF et Air France. Les salariés de la RATP, les gens de mer, les agents des collectivités territoriales et, à titre expérimental, 40 % des agents de la Fonction publique d'Etat ont été intégrés à l'enquête Sumer 2010, l'exception majeure concernant les enseignants de l'éducation nationale ainsi que les ministères sociaux et celui de la justice.

Les enquêtes Conditions de travail (Algava et al. 2014)

Les enquêtes *Conditions de travail* sont gérées par la Dares depuis 1978. Elles sont renouvelées tous les sept ans : 1984, 1991, 1998, 2005 et 2013. En 1978 et 1984, l'enquête s'intéressait aux salariés. Depuis 1991, elle concerne tous les actifs occupés, salariés ou non. Ces enquêtes sont effectuées à domicile sur un échantillon représentatif de la population de 15 ans ou plus exerçant un emploi. En 2013, l'enquête a été étendue à quatre départements d'Outre-mer. Les réponses se réfèrent aux conditions de travail telles qu'elles sont perçues par les enquêtés. Les questions posées ne renvoient ni à des mesures objectives, ni à des questions d'opinion sur le travail, mais à une description concrète du travail, de son organisation et de ses conditions, selon divers angles : les marges de manœuvre, la coopération, les rythmes de travail, les efforts physiques ou les risques encourus.

3.3.1. L'évolution des expositions aux contraintes organisationnelles³

Les enquêtes *Sumer* et *Conditions de travail* ont montré que la proportion de salariés français exposés au rythme de travail imposé par au moins trois contraintes organisationnelles (listés dans le Tableau 8) a augmenté depuis les années 1980 pour atteindre environ 35 % dans les années 2010. Les hommes (41 %, enquête *Conditions de travail*), les travailleurs de l'industrie (46 %, enquête *Sumer*) et les ouvriers qualifiés et non qualifiés (respectivement 41 % et 37 % d'après l'enquête *Sumer* et 54 % et 46 % d'après l'enquête *Conditions de travail*) sont les plus exposés (Arnaudo et al. 2012; Algava et al. 2014).

Tableau 8 : Evolution des contraintes organisationnelles dans les enquêtes *Sumer* et *Conditions de travail* (%)

Rythme de travail imposé par...	Sumer			Conditions de travail					
	1994	2003	2010	1978	1984	1991	1998	2005	2013
Subir au moins 3 contraintes de rythme de travail	28*	34*	36*		6**	21**	31**	32**	35**
Le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce				3	3	4	6	7	8
La cadence automatique d'une machine				6	4	6	7	7	7
D'autres contraintes techniques				7	7	11	16	16	17
Une dépendance immédiate vis-à-vis des collègues	26	28	26	13	11	23	27	27	30
Des normes de production ou des délais à respecter en une journée au plus	38	43	41	21	19	38	43	42	46
Une demande extérieure				34	39	57	65	65	69
Une demande extérieure obligeant à une réponse immédiate	50	55	57		28	46	54	53	58
Les contrôles ou surveillances permanents exercés par la hiérarchie	28	25	27		17	23	29	30	31
Un contrôle ou un suivi informatisé	15	27	30					25	35

*Parmi : le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce et/ou la cadence automatique d'une machine, d'autres contraintes techniques, la dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues, des normes de production ou des délais à respecter en une journée au plus, une demande extérieure obligeant à une réponse immédiate, les contrôles ou surveillances permanents exercés par la hiérarchie, un contrôle ou un suivi informatisé.

**Parmi : le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce, la cadence automatique d'une machine, d'autres contraintes techniques, la dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues, des normes de production ou des délais à respecter en une journée, une demande extérieure, les contrôles ou surveillances permanents exercés par la hiérarchie.

Champ *Sumer* : salariés de France métropolitaine du champ 1994 (hors fonction publique)

Champ *Conditions de travail* : salariés de France métropolitaine

Sources : Arnaudo et al. 2012 et Algava et al. 2014

La proportion de salariés exposés au déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce a doublé depuis 1978 pour atteindre 8 % d'exposés en 2013. La proportion de salariés exposés à la cadence automatique d'une machine a peu varié selon les différentes vagues de l'enquête *Conditions de travail*. Ces contraintes dites « industrielles » sont une caractéristique de l'organisation du travail où les travailleurs ont peu ou pas de liberté pour influencer leur rythme de travail, leur durée de travail et n'ont pas la possibilité de prendre de pauses quand ils le souhaitent (Smith et Carayon 1996).

L'enquête *Conditions de travail* met en évidence une augmentation de la proportion de salariés dont le rythme de travail est imposé par une dépendance immédiate vis-à-vis des collègues : 13 % en 1978 vs 30 % en 2013.

³ Le terme « contraintes organisationnelles » est le terme utilisé dans les enquêtes *Sumer* et est repris dans cette partie.

La proportion de salariés devant respecter des normes de production ou des délais en une journée au plus a augmenté entre les premières enquêtes et les plus récentes. Cependant, alors que les enquêtes *Sumer* montrent une diminution de cette contrainte entre 2003 et 2010 (respectivement 43 % et 41 %), les enquêtes *Conditions de travail* montrent une augmentation entre 2005 et 2013 (respectivement 42 % et 46 %).

Le rythme de travail imposé par une demande extérieure obligeant à une réponse immédiate s'est considérablement accru entre les années 1980 et les années 1990 (28 % en 1984 vs 54 % en 1998, enquête *Conditions de travail*). Il atteint 57 % en 2010 dans l'enquête *Sumer* et 58 % en 2013 dans l'enquête *Conditions de travail*. Cette contrainte dite « marchande », qui concernait principalement le secteur tertiaire en 1994 (61 %, enquête *Sumer*), s'est étendue aux secteurs de l'industrie et de la construction en 2010 (respectivement 36 % en 1994 vs 49 % en 2010 et 29 % vs 43 %).

Les contrôles ou surveillances permanents exercés par la hiérarchie ont augmenté entre les années 1980 et les années 1990 et sont depuis relativement stables : 27 % en 2010 dans l'enquête *Sumer* et 31 % en 2013 dans l'enquête *Conditions de travail*. A l'inverse, les contrôles ou suivis informatisés se sont intensifiés : de 15 % à 30 % entre 1994 et 2010 dans l'enquête *Sumer* et de 25 % à 35 % entre 2005 et 2013 dans l'enquête *Conditions de travail*. Cela concerne l'ensemble des secteurs d'activité, à l'exception de l'agriculture (de 16 % à 34 % entre 1994 et 2010 dans l'industrie, de 4 % à 11 % dans la construction et de 16 % à 32 % dans le tertiaire, enquête *Sumer*).

Ces deux enquêtes mettent en évidence une intensification du travail caractérisée à la fois par l'augmentation des contraintes industrielles (déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce, cadence automatique d'une machine et normes de production ou des délais à respecter en une journée au plus) et des contraintes marchandes (demande extérieure obligeant à une réponse immédiate) (Volkoff et Gollac 1996). Dans les années 1980, les contraintes industrielles concernaient principalement le secteur industriel et les contraintes marchandes le secteur tertiaire. Actuellement, on observe une « hybridation des contraintes » avec de plus en plus d'ouvriers non qualifiés exposés à des contraintes marchandes du fait de l'agilité croissante des organisations industrielles et d'employés de commerce exposés à des contraintes industrielles du fait de la rationalisation des activités de services. En 1984, 3 % des ouvriers non qualifiés étaient exposés au cumul de ces deux contraintes contre 27 % en 2013 (respectivement 3 % et 39 % chez les employés de commerce) (Gollac 2006; Algava et al. 2014).

3.3.2. L'évolution des expositions aux contraintes psychosociales

Les expositions aux contraintes psychosociales dans les enquêtes *Sumer* ont été mesurées à l'aide du *Job Content Questionnaire* de Karasek (Annexe 2 et Karasek et al. 1998).

Entre 2003 et 2010 (Arnaudo et al. 2012), le score de latitude décisionnelle a diminué pour toutes les catégories socioprofessionnelles à l'exception des ouvriers (qualifiés et non qualifiés) alors que le score de demande psychologique a augmenté pour toutes les catégories socioprofessionnelles engendrant par conséquent une augmentation du nombre de salariés en situation de *job strain* (combinaison d'une forte demande psychologique

et d'une faible latitude décisionnelle). Les scores de soutien social de la hiérarchie et des collègues ont peu varié durant cette période. De plus, il a été observé une augmentation des comportements hostiles (16 % en 2003 vs 22 % en 2010) pour toutes les catégories socioprofessionnelles et secteurs d'activité, à l'exception du secteur de l'agriculture.

L'exposition aux facteurs psychosociaux n'est pas indépendante de l'exposition aux contraintes de rythme ou aux contraintes physiques. Ainsi, il a notamment été montré à partir des données de l'enquête *Sumer 2010* que les salariés exposés à au moins trois contraintes de rythme et ceux exposés à des contraintes physiques (manutention manuelle de charges, contraintes posturales et articulaires, vibrations et conduite) étaient davantage soumis au risque de *job strain* (Memmi et al. 2016) tel que défini par le *Job Content Questionnaire* de Karasek.

Dans les enquêtes *Conditions de travail* (Algava et al. 2014), un score de soutien social a été calculée à partir de six variables : aide du (des) supérieur(s) hiérarchique(s) en cas de travail délicat, aide des collègues en cas de travail délicat, possibilité de coopérer pour effectuer son travail correctement, suffisamment de collègues/collaborateurs pour effectuer son travail correctement, absence de situations de tensions avec le ou les supérieurs hiérarchiques et absence de situations de tensions avec les collègues (score variant de 0 à 6). La proportion de salariés avec un score supérieur ou égal à 5 (fort soutien social) a augmenté entre 1998 et 2013 : 47 % en 1998, 53 % en 2005 et 54 % en 2013. Cependant les situations de tensions avec les collègues ont légèrement augmenté : 21 % en 1998 vs 23 % en 2013.

3.3.3. L'évolution des expositions aux contraintes physiques

D'après les données des enquêtes *Sumer* (Arnaudo et al. 2012), la proportion de salariés exposés à au moins une contrainte physique a diminué entre 1994 et 2003 (46 % vs 40 %) puis est resté stable entre 2003 et 2010 (Tableau 9). Elle a cependant augmenté pour les employés administratifs entre 2003 et 2010 pour revenir à son niveau de 1994 (16 % en 1994, 11 % en 2003 et 16 % en 2010). L'exposition aux contraintes posturales (position à genou, maintien de bras en l'air, posture accroupie, en torsion, etc.) a légèrement diminué depuis 1994 (23 % vs 21 % en 2003 et 2010), excepté pour les employés de commerce et de services (25 % en 1994, 27 % en 2003 et 29 % en 2010) et les ouvriers non qualifiés (35 % en 1994, 38 % en 2003 et 40 % en 2010).

D'après les données des enquêtes *Conditions de travail* (Algava et al. 2014), l'exposition à au moins trois contraintes physiques a augmenté entre 1984 et 1998 et est depuis restée stable. Néanmoins, elle a augmenté chez les ouvriers qualifiés et non qualifiés entre 2005 et 2013 (respectivement 57 % en 2005 vs 63 % en 2013 et 61 % vs 65 %).

Tableau 9 : Evolution des contraintes physiques dans les enquêtes *Sumer* et *Conditions de travail* (%)

Rythme de travail imposé par...	Sumer			Conditions de travail				
	1994	2003	2010	1984	1991	1998	2005	2013
Au moins une contrainte physique intense*	46	40	40					
Au moins trois contraintes physiques intenses**				12	25	34	33	34
Manutention manuelle de charges 20 heures ou plus par semaine	7	7	6					
Position debout ou piétinement 20 heures ou plus par semaine	28	27	24					
Autres contraintes posturales (position à genou, maintien de bras en l'air, posture accroupie, en torsion, etc.) 2 heures ou plus par semaine	23	21	21					

*Parmi : position debout ou piétinement 20 h ou plus par semaine, manutention manuelle de charges 20 h ou plus par semaine, gestes répétitifs 10 h ou plus par semaine, vibrations transmises aux membres supérieurs 10 h ou plus par semaine, contraintes posturales 2 h ou plus par semaine (à genou, bras en l'air, accroupi ou en torsion).

** Parmi : rester longtemps debout, rester longtemps dans une posture pénible, effectuer des déplacements à pied longs ou fréquents, devoir porter ou déplacer des charges lourdes, subir des secousses ou des vibrations.

Champ *Sumer* : salariés de France métropolitaine du champ 1994 (hors fonction publique)

Champ *Conditions de travail* : salariés de France métropolitaine

Sources : Arnaudo et al. 2012 et Algava et al. 2014

4. Facteurs de risque de TMS et de douleurs de l'épaule

Un consensus sur le caractère multifactoriel des TMS a été admis par la communauté scientifique. Les TMS peuvent être qualifiés de « maladies liées à la profession » selon la dénomination de l'OMS (*work-related diseases*), c'est-à-dire que « la nature, le milieu et les conditions de travail entrent pour une part importante dans l'étiologie des maladies multifactorielles, mais n'en représentent cependant que l'un des nombreux facteurs » (Diseases et Organization 1985).

4.1. Littérature biomédicale

Il existe une abondante littérature biomédicale sur la tendinopathie de la coiffe des rotateurs (van der Heijden 1999; Beaudreuil et al. 2010; Seitz et al. 2011; Whittle et Buchbinder 2015). D'une manière schématique, il en ressort que la conception physiopathologique actuelle du SCR communément admise est une conception multifactorielle associant des facteurs intrinsèques et extrinsèques (Tableau 10) (Bard 2003; Hopman et al. 2013).

Tableau 10 : Facteurs intrinsèques et extrinsèques prédisposant aux lésions tendineuses d'hyperutilisation

Facteurs intrinsèques	Facteurs extrinsèques
Troubles morphologiques et statiques	Erreur de technique (sport)
Déséquilibre tendino-musculaire	Erreur d'entraînement (progression trop rapide, intensité trop forte)
Déséquilibre musculaire, insuffisance musculaire	Environnement (humidité, température, etc.)
Hyperlaxité ligamentaire (génétique), hypermobilité articulaire (primitive ou acquise)	
Rétractions myotendineuses, raideurs articulaires	
Surcharge pondérale	
Sexe féminin	
Age, condition physique	

Source : Bard 2003

L'abduction du bras peut être à l'origine d'un conflit mécanique extrinsèque entre d'une part le muscle supra-épineux et le tendon supra-épineux (le plus souvent) et, d'autre part, la face inférieure de l'articulation acromioclaviculaire et le bord antérieur de l'acromion et du ligament coraco-acromial lorsque les bras s'élèvent au voisinage ou au-dessus de l'horizontale (Figure 1) (Roquelaure 2003).

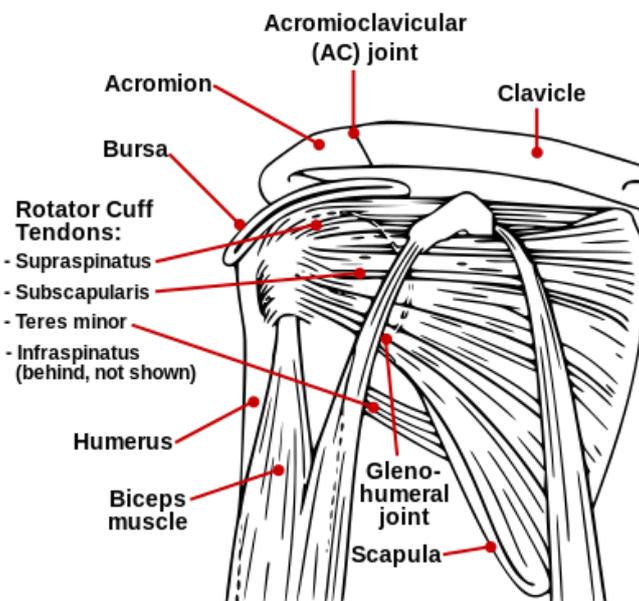


Figure 1 (duplicata) : Anatomie de la coiffe des rotateurs (Source : <https://simple.wikipedia.org/wiki/Shoulder>)

Le surmenage des tendons de la coiffe des rotateurs peut survenir sans conflit mécanique extrinsèque lorsque des contraintes excessives sont appliquées de manière répétée et surtout prolongée. Ceci s'explique sur le plan biomécanique par les propriétés viscoélastiques du système musculo-tendineux de la coiffe des rotateurs et l'augmentation de la pression intramusculaire lors des contractions des muscles de la région scapulaire. La durée d'application des contraintes biomécaniques et l'absence de temps de récupération jouent alors un rôle très important (Roquelaure 2003).

4.2. Littérature épidémiologique

Cette partie présente une synthèse des conclusions de :

- 12 revues de la littérature se basant sur des études épidémiologiques ayant étudié les facteurs personnels et professionnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule (Bernard 1997; van der Windt et al. 2000; Malchaire et al. 2001; Sluiter et al. 2001; Bongers et al. 2002; Kuijpers et al. 2004; Larsson et al. 2007; Viikari-Juntura et al. 2008; da Costa et Vieira 2010; van Rijn et al. 2010; Mayer et al. 2012; Kraatz et al. 2013),
- une méta-analyse ayant étudié les facteurs physiques et psychosociaux au travail associés aux TMS de l'épaule (van der Molen et al. 2017),
- deux méta-analyses ayant étudié les facteurs psychosociaux au travail associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule (Hauke et al. 2011; Lang et al. 2012).

Le niveau de preuve reporté dans les tableaux 12 à 17 (++, + et +/0) est issu des conclusions des articles retenus (Tableau 11).

Pour deux revues de la littérature (Malchaire et al. 2001; Bongers et al. 2002), il a été fait le choix de classer le niveau de preuve comme :

- fort (++) si au moins 75 % des études incluses montraient une association positive entre le facteur étudié et l'événement de santé étudié,
- modéré (+) si entre 50 et 74 % des études incluses montraient une association positive entre le facteur étudié et l'événement de santé étudié,
- faible (+/0) ou insuffisant si moins de 50 % des études incluses montraient une association positive entre le facteur étudié et l'événement de santé étudié.

Pour les deux méta-analyses ayant étudié les facteurs psychosociaux au travail (Hauke et al. 2011; Lang et al. 2012), il a été fait le choix de classer le niveau de preuve comme :

- fort (++) si la mesure de l'association était supérieure ou égale à 2 et si elle était significative au seuil de 5 %,
- modéré (+) si la mesure de l'association était comprise entre 1 et 2 et si elle était significative au seuil de 5 %,
- faible (+/0) si la mesure de l'association était non significative au seuil de 5 %.

Tableau 11 : Revues de la littérature et méta-analyses ayant étudié les facteurs personnels et professionnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule et définitions des niveaux de preuve utilisés

	Etude des facteurs				Définitions des niveaux de preuve utilisés		
	Personnels	Professionnels organisationnels	Professionnels psychosociaux	Professionnels physiques	Fort (++)	Modéré (+)	Faible ou insuffisant (+/0)
Bernard 1997 (RL)				X	<i>Strong evidence</i>	<i>Evidence</i>	<i>Insufficient evidence</i>
van der Windt et al. 2000 (RL)			X	X	<i>Consistent findings</i>	-	<i>Not consistent</i>
Malchaire et al. 2001 (RL)	X	X	X	X	≥ 75 % des études ont montré des associations significatives	Entre 50 et 75 % des études ont montré des associations significatives	<50 % des études ont montré des associations significatives
Sluiter et al. 2001 (RL)		X	X	X	<i>Evidence</i> (croix dans un tableau synthétique)	-	-
Bongers et al. 2002 (RL)		X	X		≥ 75 % des études ont montré des associations significatives	Entre 50 et 75 % des études ont montré des associations significatives	<50 % des études ont montré des associations significatives
Kuijpers et al. 2004 (RL)*	X		X		<i>Strong evidence</i>	<i>Weak evidence</i>	<i>Inconclusive evidence</i>
Larsson et al. 2007 (RL)	X		X	X	<i>Strong evidence</i>	<i>Some evidence</i>	<i>Insufficient evidence</i>
Viikari-Juntura et al. 2008 (RL)	X				<i>Consistent association</i>	<i>Some association</i>	
da Costa et Vieira 2010 (RL)	X		X	X	<i>Strong evidence</i>	<i>Reasonable evidence</i>	<i>Insufficient evidence</i>
van Rijn et al. 2010 (RL)			X	X	<i>Associated</i>	-	<i>Not associated</i>
Hauke et al. 2011 (MA)			X		Mesure de l'association ≥ 2 et significative au seuil de 5 %	1 ≤ Mesure de l'association < 2 et significative au seuil de 5 %	Mesure de l'association non significative au seuil de 5 %
Lang et al. 2012 (MA)			X		Mesure de l'association ≥ 2 et significative au seuil de 5 %	1 ≤ Mesure de l'association < 2 et significative au seuil de 5 %	Mesure de l'association non significative au seuil de 5 %
Mayer et al. 2012 (RL)				X	<i>Strong evidence</i>	<i>Moderate evidence</i>	<i>Insufficient evidence</i>
Kraatz et al. 2013 (RL)			X		<i>Strong evidence</i>	<i>Reasonable evidence</i>	<i>Insufficient evidence</i>
van der Molen et al. 2017 (MA)			X	X		<i>Moderate evidence</i>	<i>Low / Very low evidence</i>

MA : Méta-analyse ; RL : Revue de la littérature.

En italique, tel qu'indiqué dans l'étude.

*Seules les conclusions des études menées en population active sont rapportées dans cette thèse.

Il existe peu de données épidémiologiques sur les facteurs organisationnels (Tableau 11) régulièrement cités dans la littérature ergonomique (Bourgeois 2006; St-Vincent et al. 2011) : philosophie de production (production allégée, juste-à-temps, qualité totale, etc.), dispositif de formation, modalités de rotation, espaces de discussion, etc. Ainsi, une revue de la littérature a été réalisée pour cette catégorie de facteurs, des associations avec les TMS des membres et du rachis ont été recherchées.

4.2.1. Facteurs personnels associés aux douleurs et aux TMS de l'épaule

a) Caractéristiques personnelles et comportements de santé

Deux revues de la littérature (Malchaire et al. 2001; Larsson et al. 2007) ont montré que les femmes déclaraient plus souvent des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule et avaient plus souvent des TMS de l'épaule diagnostiqués que les hommes (Tableau 12). Des différences physiologiques de nature musculaire et hormonale peuvent expliquer ce résultat (Kim et al. 2009; Messing et al. 2009; Côté 2012). Des différences liées à la division du travail selon le genre interviennent également : les femmes sont plus souvent exposées que les hommes à des facteurs de risque de symptômes musculo-squelettiques et de TMS de l'épaule, par exemple la répétitivité des tâches et la faible latitude décisionnelle (Leclerc et Franchi 1996; Arnaudo et al. 2013). Enfin, elles sont plus exposées aux activités domestiques que les hommes.

Les conclusions concernant l'âge des travailleurs sont contrastées selon les revues de la littérature, une a montré des associations fortes (Kuijpers et al. 2004) et deux autres des conclusions insuffisantes (Malchaire et al. 2001; da Costa et Vieira 2010). L'étude de Kuijpers et al. a montré qu'un âge situé entre 45 et 54 ans était associé à un mauvais pronostic de TMS de l'épaule. Les travailleurs âgés sont particulièrement touchés par les TMS de l'épaule en raison de l'accroissement avec l'âge de maladies associées telles que le diabète (Hsu et Sheu 2016) et de phénomènes dégénératifs des tissus mous périarticulaires qui favorisent la survenue des TMS. L'effet du vieillissement est difficile à différencier de celui du cumul des expositions professionnelles et extra-professionnelles au fil des années de travail, il a été montré que les salariés les plus âgés étaient à peine moins exposés aux contraintes physiques et au *job strain* (combinaison d'une forte demande psychologique et d'une faible latitude décisionnelle) dans leur travail que les plus jeunes (Brière et al. 2015). La revue de la littérature de Malchaire et al. a montré des associations significatives dans seulement 14 des 36 études prises en compte, soit 39 % des études. L'absence d'effet de l'âge avancé sur les TMS de l'épaule dans certaines études pourrait être due à des phénomènes d'apprentissage mais aussi à des phénomènes de sélection sur la santé (effet du travailleur sain ou *healthy worker effect*) (Bouyer 2009; Molinié et al. 2012).

Dans la revue de la littérature de Malchaire et al., les résultats concernant la taille et le poids sont insuffisants pour conclure à une association entre ces deux facteurs et les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de la nuque et de l'épaule (Malchaire et al. 2001) : 27 % des études ont montré une association significative pour la taille et 15 % pour le poids. L'étude de Viikari-Juntura et al. a montré un niveau de preuve modéré pour les

facteurs liés au poids (les quatre études s'intéressant aux TMS de l'épaule avaient étudié l'indice de masse corporelle (IMC)) (Viikari-Juntura et al. 2008).

Le niveau d'études a été étudié dans deux études de la revue de la littérature de Malchaire et al. (Malchaire et al. 2001) et une seule a montré une association significative chez des opérateurs et des charpentiers (Tola et al. 1988) : avoir un niveau d'études élevé était associé à une plus faible prévalence de symptômes de la nuque et de l'épaule (association brute). L'association était non significative chez les employés de bureau. La qualité des données est faible pour conclure à une association entre le niveau d'étude et les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de l'épaule.

En ce qui concerne le tabagisme, la consommation d'alcool et la pratique d'activités sportives, le niveau de preuve est également insuffisant pour conclure à des associations avec les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de l'épaule (Malchaire et al. 2001; Kuijpers et al. 2004; Viikari-Juntura et al. 2008). Cependant, des données cliniques soulignent le rôle de ces comportements de santé dans la survenue de SCR (Haute Autorité de Santé 2008; Hopman et al. 2013). En outre, une étude épidémiologique récente a montré une association statistiquement significative entre l'intervention chirurgicale pour syndrome du conflit sous-acromial et le tabagisme quel que soit le genre (Dalbøge et al. 2017). Aucune association n'a été mise en évidence pour la pratique d'activités sportives (Dalbøge et al. 2017).

Tableau 12 : Synthèse des caractéristiques personnelles et des comportements de santé associées aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensées dans des revues de la littérature

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	Genre	Age	Taille	Poids	Surpoids/Obésité	Niveau d'éducation	Consommation tabagique	Consommation d'alcool	Sport
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1985-1999	+	+/0 (36)	+/0 (15)	+/0 (13)		+	+/0 (15)	+/0 (2)	+/0 (3)
Kuijpers et al. 2004	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule et de la nuque	2000-2002		++ (2)							+/0 (3)
Larsson et al. 2007	Revue systématique	Revue de la littérature	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	2000-2006 (10 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)	++								
Viikari-Juntura et al. 2008	Revue systématique	Transversal, longitudinal, cas-témoins et interventionnel	SMS de l'épaule	1993-2005					+* (9)		+/0 (8)		+/0 (8)
			TMS de l'épaule	1993-2005					+		+/0 (3)		+/0 (2)
da Costa et Vieira 2010	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule	2001-2004		+/0 (1)						+/0 (1)	

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/0 : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée.

*Poids et IMC ont été regroupés dans la catégorie "weight-related factors".

b) Caractéristiques médicales

L'état général de santé a été étudié dans cinq études de la revue de la littérature de Malchaire et al. et trois ont mises en évidence une association significative entre cette variable et les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de la nuque et de l'épaule (Malchaire et al. 2001) (Tableau 13).

La revue systématique de Viikari-Juntura et al. a montré une forte association entre le diabète et les TMS de l'épaule (Viikari-Juntura et al. 2008), ce qui est en accord avec les données cliniques (Hopman et al. 2013; Hsu et Sheu 2016).

Les résultats concernant les autres variables (nombre de visites médicales, antécédents médicaux, antécédents d'accidents des membres supérieurs, antécédents de TMS, maladies chroniques, facteurs hormonaux et fréquence cardiaque) sont insuffisants pour conclure à une association (Malchaire et al. 2001; Kuijpers et al. 2004).

c) Traits de personnalité⁴

La revue de la littérature de Malchaire et al. a montré que la personnalité de type A⁵ et le neuroticisme⁶ étaient associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de la nuque et de l'épaule (Tableau 14) (Malchaire et al. 2001).

⁴ Ensemble des traits physiques et moraux par lesquels une personne est différente des autres ; aspect par lequel quelqu'un affirme une originalité plus ou moins accusée (définition du Larousse).

⁵ Conduite caractérisée par une hyperactivité, un sentiment d'urgence, un énervement facile, ou un hyperinvestissement professionnel.

⁶ Comprend les traits tels que : anxieux, déprimé, culpabilisé, tendu, timide, irrationnel, émotionnel, manque d'estime de soi, humeur changeante (Cottraux et Blackburn 2006).

Tableau 13 : Synthèse des facteurs médicaux associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS recensés dans des revues de la littérature

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	Etat de santé général	Nombre de visites médicales	Antécédents médicaux	Antécédents d'accidents des membres supérieurs	Antécédents de TMS	Maladies chroniques	Facteurs hormonaux	Fréquence cardiaque	Diabète
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1985-1999	+	+/0 (3)	+/0 (3)	+/0 (2)		+/0 (5)	+/0 (1)	+/0 (3)	
Kuijpers et al. 2004	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule	2002					+/0 (1)				
Viikari-Juntura et al. 2008	Revue systématique	Transversal, longitudinal, cas-témoins et intervention	SMS de l'épaule TMS de l'épaule	2005 1999-2005									+/0 (1) ++ (3)

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/0 : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée.

Tableau 14 : Synthèse des facteurs relatifs aux traits de personnalité associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	Type A	Névrotique
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1991-1997	+	+
					(5)	(3)

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/0 : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée.

4.2.2. Facteurs professionnels associés aux douleurs et aux TMS de l'épaule

a) Facteurs organisationnels

Revue de la littérature

La revue de la littérature de Malchaire et al. a répertorié plusieurs facteurs organisationnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule (Tableau 15) (Malchaire et al. 2001). Le niveau de preuve est faible (moins de 50 % des études incluses ont montré une association significative) pour l'ensemble des facteurs organisationnels étudiés. Selon l'étude de Sluiter et al., il existe un fort niveau de preuve pour le faible de temps de récupération (Sluiter et al. 2001).

Tableau 15 : Synthèse des facteurs organisationnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	Heures supplémentaires	Polyvalence	Nombre de cycles/heure	Cadence de mouvement	Nombre de pauses/ Faible opportunités de pauses	Faible temps de récupération
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1986-1999	+/0 (5)	+/0 (5)	+/0 (4)	+/0 (5)	+/0 (9)	
Sluiter et al. 2001	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule	1994-2000 (17 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)						++
Bongers et al. 2002	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule, de la nuque et du bras	1994-1995					+/0 (7)	

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/- : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée.

Cependant, les trois revues de la littérature ont inclus des articles datant des années 1980 et 1990 et depuis plusieurs études épidémiologiques ont étudié les associations entre des facteurs organisationnels et les symptômes musculo-squelettiques et les TMS des membres et du rachis, bien que leur nombre soit faible en comparaison de celles ayant étudié les facteurs psychosociaux et physiques. Dans la suite de cette partie, des revues de la littérature et des articles originaux traitant des associations entre d'une part, le *lean* et les facteurs organisationnels et, d'autre part, les symptômes musculo-squelettiques et les TMS des membres et du rachis sont présentés.

Trois revues de la littérature (Landsbergis et al. 1999; Brännmark et Håkansson 2012; Koukoulaki 2014) ont étudié les associations entre d'une part, le ***lean production*** et, d'autre part, les **facteurs de risque de TMS et les TMS**. Les études de Landsbergis et al. (Landsbergis et al. 1999) et Koukoulaki (Koukoulaki 2014) montrent des résultats proches. L'étude de Landsbergis et al., datant de 1999, conclut que dans l'industrie automobile, le *lean production* conduit à une intensification du rythme de travail et des demandes, tandis que la latitude décisionnelle reste faible pour les salariés. De plus, l'intensification du travail conduit à une augmentation des taux de TMS. Dans les autres secteurs étudiés (industrie manufacturière autre qu'automobile, télécommunications et santé), les résultats ne sont pas suffisamment concordants pour conclure à un effet du *lean* sur la santé. En 2014, Koukoulaki a montré que le *lean production*, particulièrement dans l'industrie automobile, avait un effet négatif sur la santé musculo-squelettique et mentale et sur leurs facteurs de risque, les résultats les plus négatifs étant trouvés pour les études des années 1990. Il a fait l'hypothèse que l'implémentation du *lean* était plus rigide à cette époque, notamment avec le travail en juste-à-temps qui créait une augmentation du rythme de travail et un manque de temps de récupération. Le « *lean rigide* » est néfaste pour la santé car il diminue, voire supprime, les marges de manœuvre des salariés et intensifie le travail. Les études dans les autres industries manufacturières montraient une augmentation des facteurs de risque de TMS mais pas une augmentation de la fréquence des TMS. En 2012, Brännmark et Hakansson ont réalisé une revue de la littérature sur les industries manufacturières ayant adopté le *lean* (Brännmark et Håkansson 2012). Leur première constatation était que la qualité et le design des études incluses étaient très variables et que la description de l'implémentation du *lean* était insuffisante pour permettre de conclure à une association entre le *lean* et les TMS. Cependant, les auteurs montrent une tendance à une augmentation du risque de TMS si le *lean* n'est pas accompagné d'une intervention ergonomique. De plus, les auteurs constatent une intensification du travail, une augmentation du rythme de travail, de la charge de travail et du stress quand le *lean* est implantée dans les entreprises. Dans les entreprises suédoises, les résultats montrent des résultats plus positifs concernant les facteurs de risque de TMS.

En 2011, Westgaard et Winkel ont étudié les effets de la **rationalisation de la production de biens et de services et de plusieurs mesures organisationnelles (réduction des effectifs, restructuration de l'entreprise, mise en place de pratiques *lean*, les systèmes de travail à haute performance (HPWS), production parallèle vs production en série, niveau de mécanisation)** sur la **santé musculo-squelettique et mentale** (Westgaard et Winkel 2011). Sur les 162 études incluses, 93 montraient des associations négatives (57 %), 30 des associations positives (19 %) et 39 des associations mitigées ou non

significatives (24 %). Les associations sont plus souvent négatives dans le secteur de la santé (73 %). Les systèmes de travail à haute performance (HPWS) semblent avoir des résultats plus positifs (6 études sur 10) que les autres mesures organisationnelles étudiées.

Leider et al. ont mis en évidence des conclusions contradictoires concernant l'effet de la **rotation des postes** sur les **symptômes musculo-squelettiques des membres et du rachis** (Leider et al. 2015).

Articles originaux

Etudes transversales

L'enquête menée en collaboration entre l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (Anact), l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), le ministère du travail et des affaires sociales, l'Inspection médicale du travail, la Dares et la Caisse centrale de la mutualité sociale agricole (CCMSA) est une des études pionnières dans l'étude du lien entre l'organisation du travail et les TMS (Anact et al. 1996; Leclerc et al. 1998). Quatre groupes de salariés fortement exposés aux TMS étaient étudiés : l'assemblage et le montage (n=494), l'agro-alimentaire (n=450), la confection et la fabrication de chaussures (n=258) et les caissières de supermarché ou d'hypermarché (n=210, exclusivement des femmes). Un groupe de référence, peu ou pas exposé aux gestes répétitifs, avait également été inclus (n=343). En étudiant l'ensemble de l'échantillon, la **dépendance organisationnelle** (choix du moment des pauses, interruption hors pauses possible, cadence imposée par une machine, possibilité de faire varier la quantité et le rythme de travail), renseignée par les salariés, était associée aux **douleurs de l'épaule**, cependant l'association n'était pas significative au seuil de 5 % (OR=1,2 [0,98-1,6], p=0,07). L'association était non significative pour le **SCC** et **l'épicondylite**. En étudiant un sous-échantillon d'exposés, la **dépendance organisationnelle** n'était pas associée aux **douleurs de l'épaule**. Les variables « **contraintes extérieures à l'entreprise** », « **juste à temps (ou flux tendu)** » et la « **durée de cycle** », renseignés par les médecins, n'étaient pas associés aux **douleurs de l'épaule et à l'épicondylite**. Mais un niveau élevé de **contraintes extérieures à l'entreprise** était associé au **SCC** (OR=1,5 [1,0-2,2]).

Huang et al. ont réalisé une analyse factorielle puis ont étudié les associations entre les facteurs obtenus et les symptômes du membre supérieur (Huang et al. 2003). Ils ont montré, chez des militaires (marines) américains (n=289), qu'une **forte pression temporelle** (ne pas se permettre de se détendre, pression constante pour continuer à travailler et sentiment d'urgence) était associée aux **symptômes musculo-squelettiques du membre supérieur** (OR=3,1 [1,4-6,9]) et aux **lombalgies** (OR=3,0 [1,4-6,5]).

A partir des données de l'enquête européenne sur les conditions de travail de 2000, Valeyre et al. ont identifié quatre formes d'organisation du travail (analyse des correspondances multiples et classification ascendante hiérarchique) : les organisations tayloriennes, les organisations en *lean production*, les organisations apprenantes et les organisations de structure simple (définies p 25) (Valeyre 2006). Par rapport aux salariés des organisations **tayloriennes**, la probabilité de déclarer des **douleurs musculaires dans les épaules ou le cou**, des **douleurs**

musculaires dans les membres supérieurs et des **maux de dos**⁷ était plus faible pour les salariés des organisations **apprenantes** et de **structure simple**, après ajustement sur le secteur d'activité, la taille des établissements, le groupe socioprofessionnel, le pays, le type de contrat de travail, le genre, l'âge et l'ancienneté. Cependant, aucune différence statistiquement significative était constatée entre les salariés des **organisations en lean production** et les salariés des **organisations tayloriennes**.

L'étude de Wang et al. a été réalisée auprès de 520 couturiers de 13 entreprises de l'habillement de Los Angeles (Wang et al. 2007). Des régressions logistiques ont montré que les **douleurs de la nuque et de l'épaule** étaient associées à des **ratios élevés de temps de travail - temps de repos**⁸ (OR=1,9 [1,1-3,4] pour 9,2-11,6 vs <9,2). A l'inverse, les couturiers qui **travaillaient sur plus de trois machines au cours du dernier mois** déclaraient moins de douleurs de la nuque et de l'épaule en comparaison à ceux qui ne travaillaient que sur une machine (OR=0,1 [0,0-0,9]) et chez les couturiers des **grandes entreprises, être payé au rendement** était associé à moins de douleurs (OR=0,5 [0,3-1,0] vs être payé à l'heure).

L'étude multi-niveau de Marklund et al. a étudié l'association entre plusieurs caractéristiques organisationnelles des postes de travail (flexibilité fonctionnelle, adaptation à la clientèle, responsabilité individuelle, responsabilité collective, contrôle des performances, systèmes de contrôle programmables et manque de ressources) et plusieurs pathologies, dont les TMS (Marklund et al. 2008). Quatre-vingt-dix unités de travail de tous secteurs d'activités (environ 4 300 travailleurs) avaient été sélectionnées. Les deux niveaux de recueil des données étaient le salarié et le responsable de l'unité de travail. Les données individuelles étaient recueillies au moyen de questionnaires auprès des salariés et les caractéristiques organisationnelles au moyen d'entretiens auprès des responsables. Les analyses ont montré qu'un **niveau élevé de contrôle des performances** était associé aux **TMS**, cependant l'association était non significative après ajustement sur l'âge et le sexe.

L'étude de Widanarko et al., réalisée auprès de 3 003 travailleurs néo-zélandais, n'a pas montré d'association statistiquement significative entre d'une part, le fait de **travailler avec des délais courts** et, d'autre part, les **symptômes de la nuque et des épaules**, les **symptômes des bras et des coudes** et les **symptômes des poignets** (Widanarko et al. 2014).

L'étude de Bao et al., réalisée auprès de 1 824 salariés de 25 entreprises américaines, a montré une association statistiquement significative entre le **SCC** et la **polyvalence** (OR=1,2 [1,0-1,5]) et entre l'**épicondylite latérale**

⁷ Les variables étaient construites en combinant deux variables : « Votre travail affecte-il ou non votre santé ? » et « Si oui, en quoi affecte-il votre santé :

- douleurs musculaires dans les épaules et le cou
- douleurs musculaires dans les membres supérieurs
- maux de dos
- ...»

⁸ Temps de travail divisé par temps de récupération (période de repos et de repas) en minutes par jour

et le fait d'**effectuer des heures supplémentaires** (OR=0,5 [0,3-0,8]), après ajustement sur l'âge, le sexe et l'IMC. **Avoir un deuxième emploi, un rythme de travail imposé par une machine et être payé au rendement** n'étaient associés ni au **SCC**, ni à l'**épicondylite latérale et médiale** (Bao et al. 2016a).

Etudes longitudinales

Fairris et Brenner ont utilisé les données d'une enquête incluant des informations sur le **nombre de TMS** et sur les **pratiques organisationnelles (cercles de qualité, travail en équipe, démarche qualité, polyvalence, changements des compétences)** recueillies auprès de plusieurs entreprises américaines. Les auteurs ont conclu que les pratiques organisationnelles n'étaient pas associées à l'augmentation du nombre de TMS observée entre les années 1980 et les années 1990 (Fairris et Brenner 2001).

A partir des données longitudinales de l'enquête Orsosa (ORganisation des SOins et SAnTé des soignants), Lamy et al. ont montré que les caractéristiques organisationnelles, recueillies au niveau de l'unité de travail, n'avaient pas d'effet direct sur l'incidence des douleurs de l'épaule (Lamy et al. 2014). Cependant, l'**adéquation des effectifs** avait un effet sur les facteurs psychosociaux (questionnaire du déséquilibre « efforts/récompenses » de Siegrist) et physiques, et ces derniers avaient un impact sur les **douleurs de l'épaule**. Il y aurait donc un effet indirect des caractéristiques organisationnelles sur les douleurs de l'épaule médié par les contraintes physiques et psychosociales.

Etudes cas-témoins

Dans l'étude cas-témoin de Roquelaure et al., réalisée auprès de 130 travailleurs français de trois industries manufacturières (65 cas et 65 témoins), il a été montré que les **tâches élémentaires de moins de 10 secondes** (OR=8,8 [1,8-44,4]), les **changements d'activité inférieures à 15 % du temps de la journée de travail** (OR=6,0 [1,8-20,2]), l'**absence de polyvalence** (OR=6,3 [2,1-19,3]) et l'**approvisionnement manuel du poste** (OR=5,0 [2,2-21,2]) étaient associés au **SCC**, après ajustement sur l'âge, le sexe, le nombre d'enfants (supérieur à 3) et la force (Roquelaure et al. 1997).

Dans l'étude cas-témoin de Warren et al., réalisée auprès de 845 travailleurs américains (292 cas et 553 témoins), les facteurs organisationnels et psychosociaux étaient étudiés en un seul groupe de variables (Warren et al. 2000). L'étude a montré que les **symptômes de l'épaule/bras/nuque** étaient associés au **fort soutien organisationnel** (sécurité de l'emploi, management qui se soucie du travailleur et être suffisamment informé des développements de l'entreprise) (OR=0,8 [0,6-1,04], p=0,092) et au fait de **travailler intensément** (OR=1,3 [0,98-1,8], p=0,063), les associations étaient significatives au seuil de 10 %.

Enfin, l'étude cas-témoins de Liu, réalisée auprès de 3 947 travailleurs chinois (1 938 cas et 2 009 témoins), a montré que les **TMS (membres supérieurs et inférieurs et rachis)** étaient associés au (Liu et al. 2015) :

- **travail saisonnier** (OR=0,8 [0,6-0,96]),
- **temps de repos suffisant** (OR=0,4 [0,4-0,5]),
- **manque d'effectifs** (OR=1,3 [1,1-1,5]),
- **changement d'équipe fréquent** (OR=1,5 [1,3-1,7]).

b) Facteurs psychosociaux

En raison du nombre élevé de facteurs psychosociaux étudiés, seuls les facteurs ayant été cités dans plusieurs revues de la littérature sont présentés dans le Tableau 16. Les trois dimensions issues du *Job Content Questionnaire* de Karasek (Karasek et al. 1998) sont les variables qui ont été le plus étudiées (*high job demand, low job control, low decision authority, low skill discretion, low social support, lack of support from colleagues, lack of support from superiors* et *high job strain*).

Pour les dimensions du *Job Content Questionnaire*, le niveau de preuve est modéré à fort dans les revues systématiques et méta-analyses récentes ayant étudié les symptômes musculo-squelettiques et les TMS de l'épaule (Hauke et al. 2011; Lang et al. 2012; Kraatz et al. 2013) alors qu'il est faible dans la méta-analyse de van der Molen et al. ayant étudié uniquement les TMS de l'épaule (van der Molen et al. 2017). Les conclusions de ces quatre études sont issues d'études longitudinales ou cas-témoins.

Le niveau de preuve pour la satisfaction au travail, la monotonie et la sécurité de d'emploi est insuffisant pour conclure.

Tableau 16 : Synthèse des facteurs psychosociaux associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature et méta-analyses

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	High quantitative demand	Overload at work	High job demand	Low job control	Low decision authority	Low skill discretion	Low social support	Lack of support from colleagues	Lack of support from superiors	High job strain	Low job satisfaction	Low job security
Van Der Windt et al. 2000	Revue systématique	Transversal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule	1986-1998			+/0 (14)	+/0 (11)			+/0 (12)				+/0 (12)	
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1986-1999				+/0 (11)			+/0 (10)	+/0 (14)	+/0 (12)		+/0 (9)	+/0 (5)
Sluiter et al. 2001	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule	1994-2000 (17 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)			++				++					
Bongers et al. 2002	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule, de la nuque et du bras	1987-1999	+ (12)			+			+/0 (12)				+/0 (2)	
Kuijpers et al. 2004	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule et de la nuque	2001-2002			+/0 (1)	+/0 (1)								
Larsson et al. 2007	Revue systématique		SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	2000-2006 (10 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)	+			+/0				+/0	+/0			
Van Rijn et al. 2010	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	TMS de l'épaule	2004-2008			++ (2)	+/0 (1)			+/0 (1)				+/0 (1)	++ (1)

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/- : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée. Les facteurs psychosociaux sont présentés dans la langue des revues de la littérature.

Tableau 16 (suite) : Synthèse des facteurs psychosociaux associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature et méta-analyses

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	High quantitative demand	Overload at work	High job demand	Low job control	Low decision authority	Low skill discretion	Low social support	Lack of support from colleagues	Lack of support from superiors	High job strain	Low job satisfaction	Low job security
Hauke et al. 2011	Méta-analyse	Longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	2000-2009 (26 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)			+/0	+	+	+/0	+			+		+/0
Lang et al. 2012	Méta-analyse	Longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1995-2009 (29 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)			+	+			+	+/0	+	+		
Kraatz et al. 2013	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule et de la nuque	2001-2009		+/0 (1)	++ (9)	++ (4)	+/0 (2)	+/0 (2)	++ (6)			++ (4)		+/0 (1)
Van der Molen et al. 2017	Méta-analyse	Longitudinal et cas-témoins	TMS de l'épaule	2012-2013			+/0 (3)	+/0 (1)			+/0 (3)					+/0 (1)

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/- : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée. Les facteurs psychosociaux sont présentés dans la langue des revues de la littérature.

c) Contraintes physiques

Les revues de la littérature les plus récentes (van Rijn et al. 2010; Mayer et al. 2012), dont une inclut exclusivement des études longitudinales, montrent un niveau de preuve fort pour le travail répétitif, les vibrations, le travail en force, les postures contraignantes pour les bras, principalement le travail avec les bras au-dessus des épaules, et un niveau de preuve modéré pour la combinaison de l'ensemble de ces facteurs (Tableau 17). Cependant, la méta-analyse de van der Molen et al. montre un niveau de preuve modéré pour l'abduction des bras et la charge de l'épaule et un niveau de preuve faible pour le travail répétitif, les vibrations et le travail en force (van der Molen et al. 2017).

Tableau 17 : Synthèse des contraintes physiques associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature

Auteur (année)	Type d'étude	Design des études incluses	Pathologie étudiée	Période des études incluses	Travail répétitif	Vibration	Travail physique/en force	Travail avec les bras en l'air ou postures contraignantes des bras	Charge à l'épaule	Combinaison de facteurs
Bernard 1997	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1976-1997	+ (9)	+/0 (3)	+/0 (6)	+		
Van Der Windt et al. 2000	Revue systématique	Transversal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule	1986-1998	++ (8)	++ (6)	+/0 (14)			
Malchaire et al. 2001	Revue systématique	Transversal et longitudinal	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	1986-1999	+ (11)	+/0 (5)	+/0 (15)			
Sluiter et al. 2001	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	SMS et TMS de l'épaule	1994-2000 (17 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)	++			++		++
Larsson et al. 2007	Revue systématique	Revue de la littérature	SMS et TMS de l'épaule et de la nuque	2000-2006 (10 pour l'ensemble des facteurs étudiés dans l'étude)	++	+/0	++			++
Da Costa et al. 2010	Revue systématique	Longitudinal	SMS de l'épaule	2001-2004	+/0 (1)		+			
Van Rijn et al. 2010	Revue systématique	Transversal, longitudinal et cas-témoins	TMS de l'épaule	1993-2008	++ (2)	++ (2)	++ (3)	++ (5)		+
Mayer et al. 2012	Revue systématique	Longitudinal	SMS et TMS de l'épaule	1997-2008	++ (4)	++ (3)	++ (4)	++ (4)		
Van der Molen et al. 2017	Méta-analyse	Longitudinal et cas-témoins	TMS de l'épaule	2006-2014	+/0 (3)	+/0 (4)	+/0 (5)	+	+	

SMS : Symptômes musculo-squelettiques.

Entre parenthèses, le nombre d'études incluses. ++ : Fort niveau de preuve. + : Niveau de preuve modéré. +/0 : Niveau de preuve faible ou insuffisant. Si la case est vide, l'association n'a pas été étudiée.

d) Synthèse

La majorité des études épidémiologiques s'est intéressée aux contraintes physiques et depuis la fin des années 1990 aux facteurs psychosociaux. Ainsi, les données épidémiologiques actuellement disponibles sont insuffisantes pour déterminer quels facteurs organisationnels sont associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule et aux TMS des membres supérieurs plus généralement. De plus, il apparaît que peu d'études ont recueilli des données sur l'organisation du travail à un niveau supérieur à celui du salarié tel que le supérieur hiérarchique direct ou le directeur de l'entreprise (Anact et al. 1996; Leclerc et al. 1998; Fairris et Brenner 2001; Marklund et al. 2008; Lamy et al. 2014). Plusieurs auteurs encouragent l'étude approfondie des facteurs organisationnels afin d'orienter les politiques de prévention en milieu du travail (MacDonald et al. 2008; Linaker et Walker-Bone 2015).

Les dimensions du *Job Content Questionnaire* apparaissent modérément à fortement associés aux symptômes musculo-squelettiques de l'épaule. Les résultats concernant la satisfaction au travail, la monotonie et la sécurité de d'emploi semblent insuffisants pour conclure à une association. Une méta-analyse récente, se focalisant uniquement sur les TMS de l'épaule, a montré un niveau de preuve faible pour l'ensemble des facteurs psychosociaux étudiés. Ces conclusions sont issues uniquement d'études longitudinales ou cas-témoins. Ainsi le rôle des facteurs psychosociaux est démontré dans la littérature épidémiologique uniquement pour les symptômes musculo-squelettiques de l'épaule.

Le rôle de la répétitivité, du travail en force, de la vibration et des postures des bras est démontré dans la littérature.

Quel que soit l'exposition professionnelle (organisationnelle, psychosociale ou physique), la durée, la fréquence et l'intensité de l'exposition vont déterminer la gravité des TMS-MS.

En résumé, la littérature montre l'origine multifactorielle des TMS de l'épaule mais il apparaît nécessaire de mieux étudier les interrelations entre les facteurs professionnels organisationnels, psychosociaux et physiques et les TMS de l'épaule afin de mieux cibler les interventions de prévention.

5. Modèles conceptuels de TMS

5.1. Revue de la littérature

Les premiers modèles conceptuels de TMS étaient des modèles biomédicaux qui reposent principalement sur les acquis de la neurobiologie et de la biomécanique des tissus mous (Armstrong et al. 1993; Hagberg et al. 1995; Kumar 2001). Selon ces modèles, les TMS sont consécutifs à une sollicitation biomécanique, c'est-à-dire que sans sollicitation biomécanique, il n'y a pas de TMS (Aptel et Vézina 2008). Cependant, ces modèles se sont avérés insuffisants pour expliquer le risque de TMS dans de nombreuses situations de travail, par exemple celles exigeant une charge physique de travail modérée ou faible (employés de bureau, etc.). Les facteurs psychosociaux ont été ensuite intégrés dans le cadre d'un modèle biopsychosocial. Ce modèle, développé par Engel, propose une conceptualisation de la maladie en intégrant des aspects psychologiques et sociaux. Enfin, les facteurs organisationnels ont été considérés. Alors que le modèle biomédical porte sur des facteurs de risque d'incidence des TMS, le modèle biopsychosocial porte principalement sur les facteurs de chronicité de TMS.

Comme l'a montré la partie précédente, les facteurs organisationnels sont peu étudiés dans la littérature épidémiologique, ainsi cette partie s'intéressa particulièrement à ces facteurs. Les modèles présentés sont basés sur des données biomédicales, biomécaniques, épidémiologiques et ergonomiques. Neuf modèles conceptuels expliquant les mécanismes de survenue des TMS ont été retenus, ils font tous apparaître la notion de facteurs organisationnels : « variables de nature organisationnelle », « work organization », « organizational factors » et « organisation du travail ». Pour faciliter la comparaison entre les modèles, un code couleur a été utilisé : vert pour les facteurs organisationnels, violet pour les facteurs psychosociaux, bleu pour les facteurs physiques et rouge pour les TMS.

Le modèle proposé par **Hagberg et al.** comprend quatre catégories de facteurs (Figure 6) : les caractéristiques du milieu de travail, les facteurs de risque généraux, la physiopathologie et les résultantes (Hagberg et al. 1995). Les facteurs externes n'ont pas été inclus par les auteurs bien qu'ils soient importants selon eux. Ce modèle suppose que tous les éléments sont liés entre eux et créent des réactions en chaîne, cela suppose qu'agir sur un élément a des effets sur d'autres éléments. Les caractéristiques du milieu de travail (supervision, rotation des tâches, etc.) sont les facteurs qui constituent l'objet principal de l'ergonome. Les facteurs de risque généraux (charge statique, charge musculo-squelettique, etc.) sont les facteurs considérés comme étant associés aux TMS et ils génèrent directement des phénomènes physiopathologiques. Les facteurs organisationnels et psychosociaux sont regroupés en une seule ellipse, les auteurs précisent que l'organisation du travail a des effets par exemple sur la charge mécanique, mais aussi sur les mécanismes du stress.

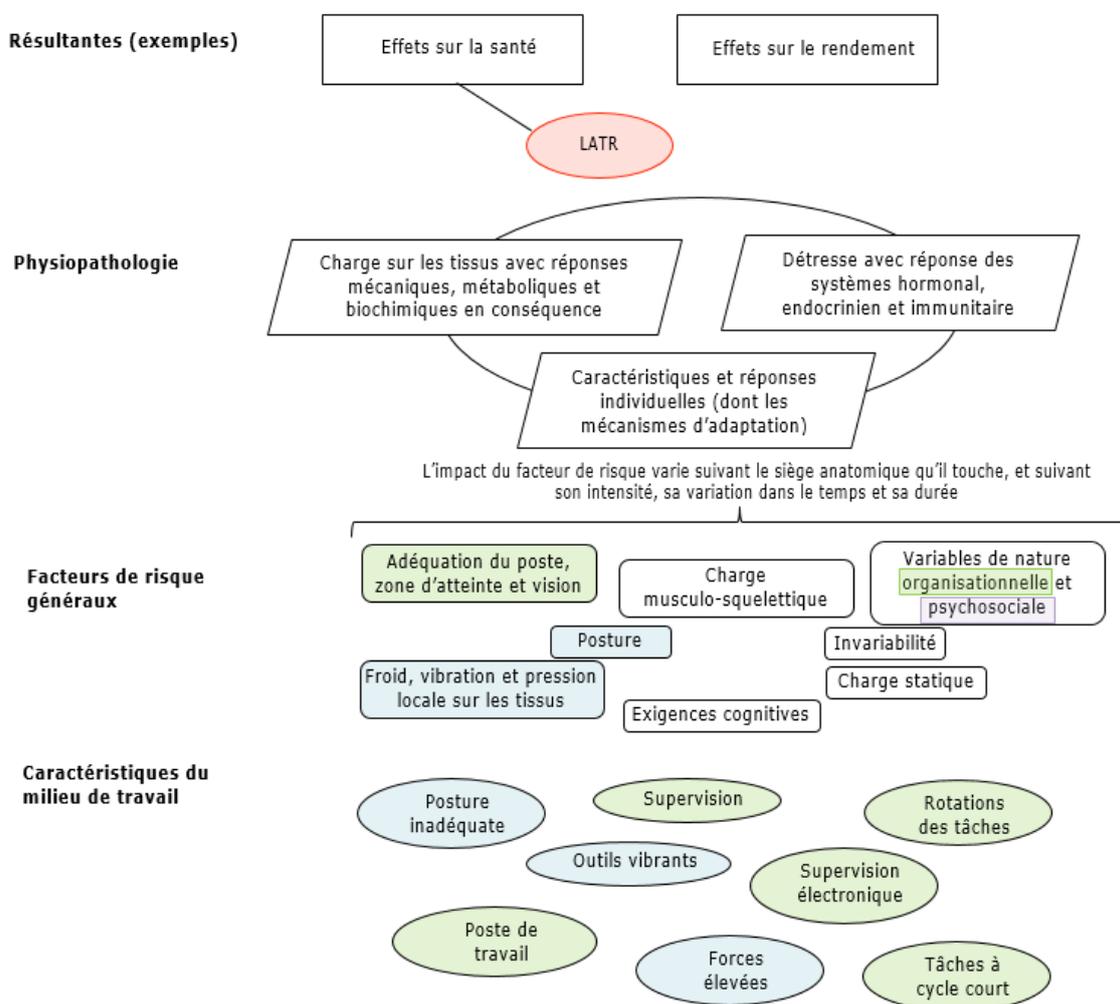


Figure 6 : Reproduction du modèle de Hagberg et al. 1995

LATR : Lésions attribuables au travail répétitif.

Sauter et Swanson ont proposé un modèle applicable aux employés de bureaux (Figure 7) (Sauter et Swanson 1996). Ce modèle fait l'hypothèse que la technologie (les TIC, technologies de l'information et de la communication) a un effet direct sur l'organisation du travail et les exigences physiques. Ce modèle suggère que l'organisation du travail a d'une part un effet direct sur les exigences physiques et la « charge psychologique » (*psychological strain*) et, d'autre part, un effet indirect sur la « charge biomécanique » (*biomechanical strain*) via les exigences physiques et la charge psychologique. L'effet de la charge biomécanique sur les TMS serait médié par une composante cognitive (rectangle gris). Ce modèle suggère aussi que la charge psychosociale modérerait la relation entre la charge biomécanique et l'apparition de symptômes (flèche fine). Enfin, il y aurait un effet rétroactif des TMS sur la charge psychologique et l'organisation du travail.

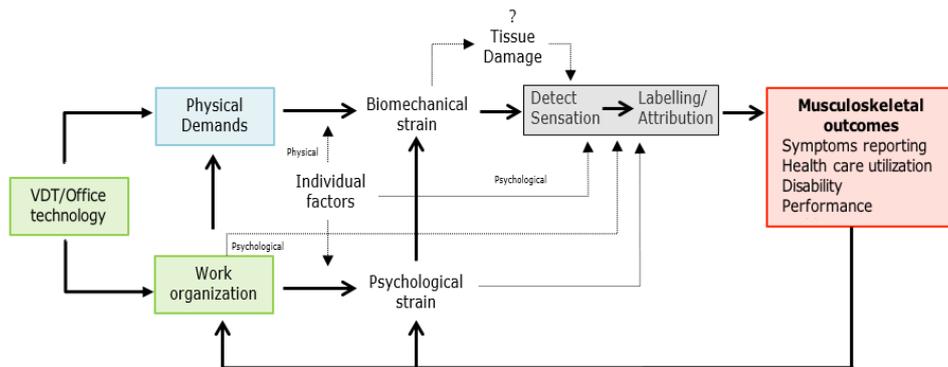


Figure 7 : Reproduction du modèle de Sauter et Swanson 1996

Dans le modèle proposé par **Carayon et al.**, l'organisation du travail définit l'exposition aux facteurs de risque physiques et psychosociaux (Figure 8) (Carayon et al. 1999). Ces derniers peuvent mener à des réactions de stress, qui si elles sont prolongées, peuvent générer des TMS. Le stress est donc un médiateur dans la relation entre les facteurs professionnels et les TMS. Le modèle émet aussi l'hypothèse d'un effet direct des facteurs de risque physiques sur les événements de santé indépendamment des réactions de stress. De plus, les caractéristiques individuelles peuvent influencer les trois éléments de ce modèle et modérer les relations entre ces trois éléments. Enfin, des boucles de rétroactions montrent que les TMS peuvent influencer l'organisation du travail et les réactions de stress.

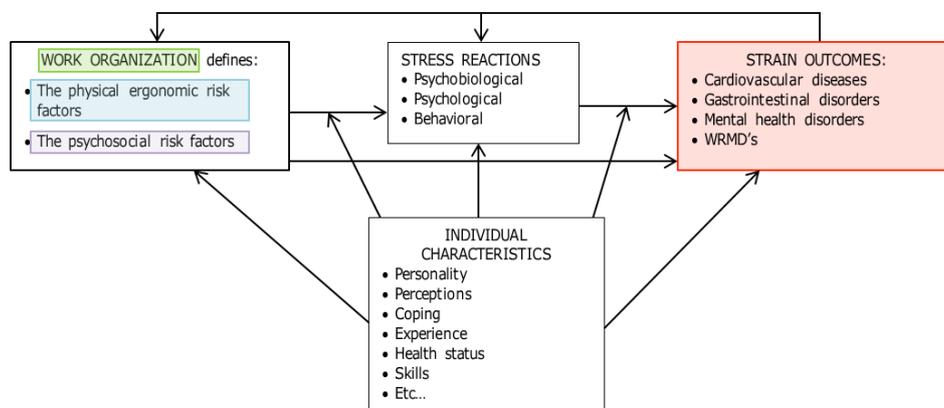


Figure 8 : Reproduction du modèle de Carayon et al. 1999

Le modèle proposé par un consensus d'experts réunis par le **National research council (NRC)** inclut des interrelations entre le lieu de travail et l'individu (Figure 9) (National research council 2001). Dans le niveau « lieu de travail », les facteurs organisationnels interagissent avec les charges externes et le contexte social et ces trois éléments agissent directement sur la charge biomécanique et les événements indésirables tels que la douleur et le handicap, du niveau « individu ». Au niveau « individu », la charge biomécanique, les tolérances internes (solicitation mécanique et fatigue) et les événements indésirables (douleur et incapacité) interagissent entre eux. Enfin, les facteurs personnels exercent un effet sur la charge biomécanique, les tolérances internes et les événements indésirables.

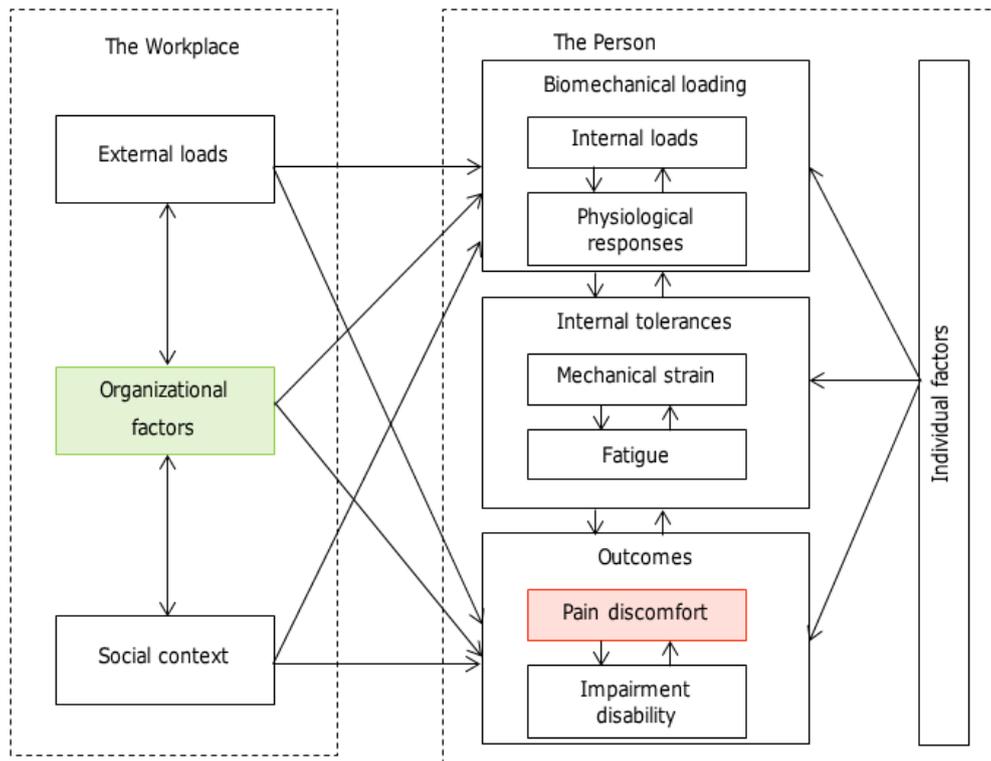


Figure 9 : Reproduction du modèle du National Research Council 2001

Le modèle de **Bellemare et al.** montre que les facteurs de risque de TMS (postures, effort, répétitivité, facteurs psychosociaux, etc.) peuvent être engendrés par des déterminants techniques, organisationnels et humains (Figure 10) (Bellemare et al. 2002). Les auteurs donnent l'exemple d'un opérateur contraint de tenir une posture pénible (facteur de risque), cette posture peut être due « à l'aménagement inadéquat de son poste de travail (déterminant technique), amplifié par les contraintes de temps (déterminant organisationnel). »

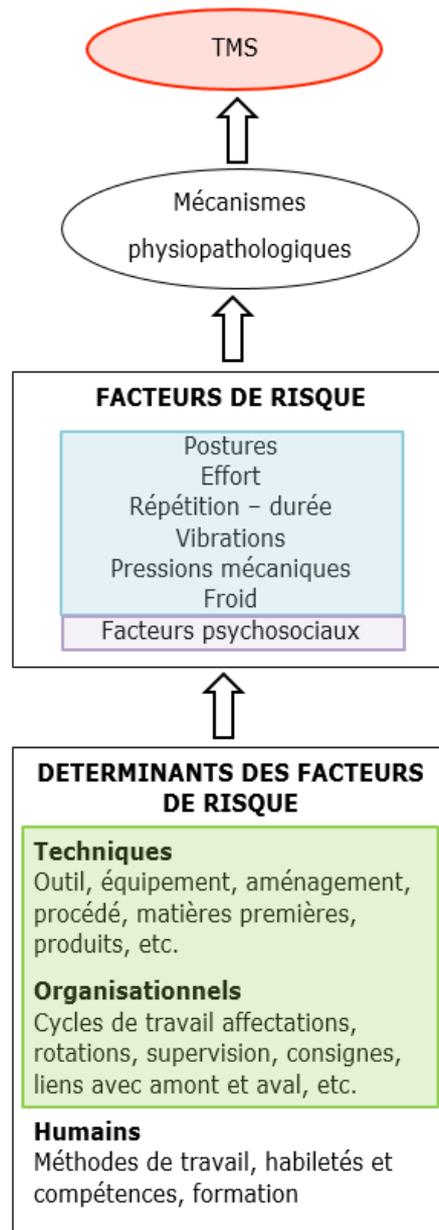


Figure 10 : Reproduction du modèle de Bellemare et al. 2002

A partir de plusieurs modèles conceptuels présentés dans sa revue de la littérature, **Karsh** a proposé son propre modèle (Figure 11) en incluant le contexte social, l'organisation du travail, l'environnement de travail, les exigences psychologiques, les exigences physiques, les facteurs personnels, la « charge » psychologique, la « charge » physique, les changements psychologiques, la « détection » des symptômes, la « labellisation » des symptômes (le fait de mettre un nom sur les symptômes) et les TMS (Karsh 2006). Dans ce modèle, l'organisation du travail détermine directement les facteurs de risque physiques ③ et psychosociaux ④ et ces derniers interagissent entre eux ⑦. Le contexte social et culturel détermine l'organisation du travail, comme proposé par le modèle du NIOSH ① (Figure 5 p 22).

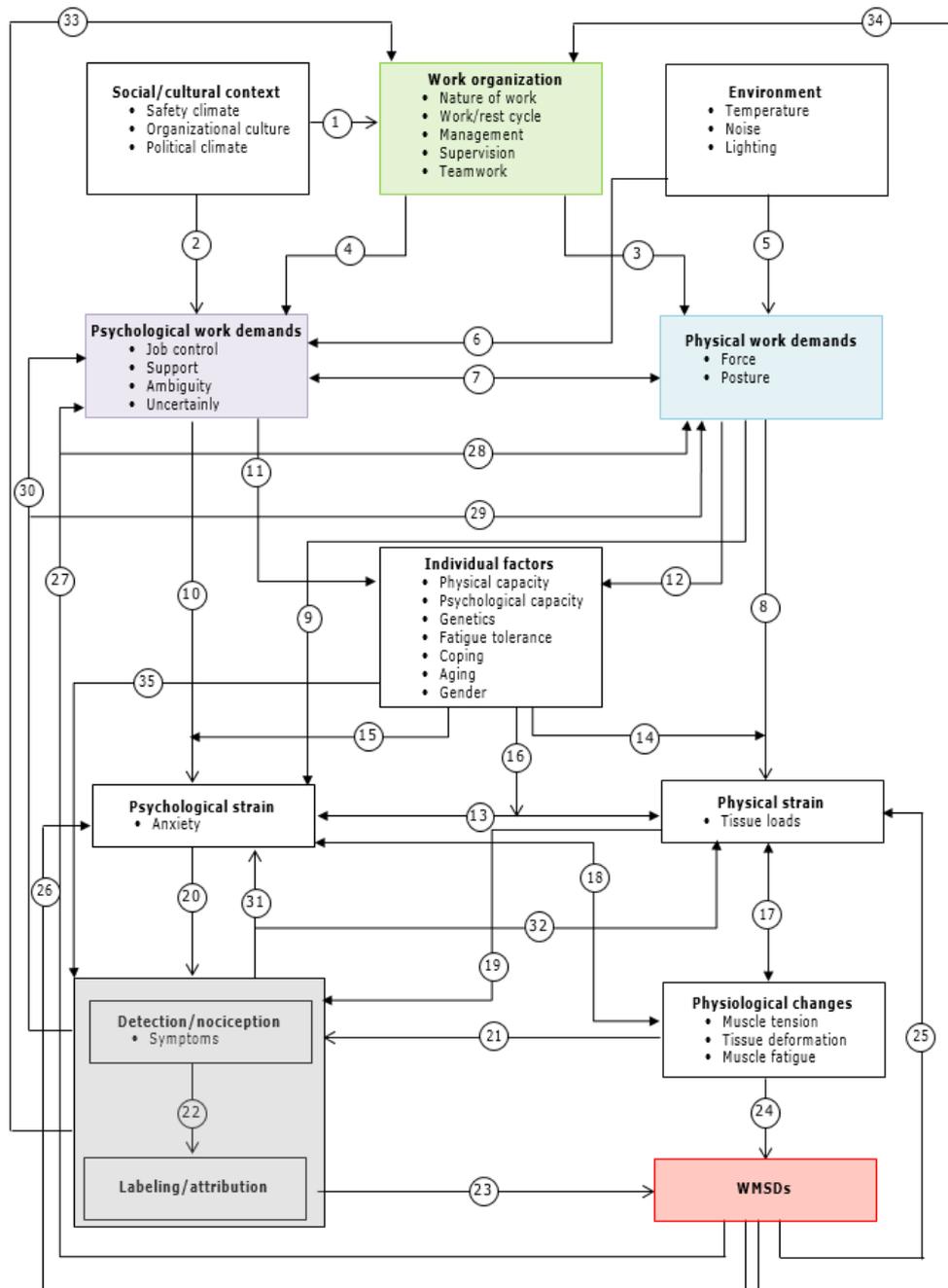


Figure 11 : Reproduction du modèle de Karsh, 2006

Les numéros, 1 à 34, représentent les relations expliquées par l'auteur dans l'article

MacDonald et al. ont proposé un modèle centré sur l'organisation du travail (Figure 12) (MacDonald et al. 2008). Celui-ci suppose que l'organisation du travail détermine les risques professionnels (chimiques, biologiques, ergonomiques et psychosociaux, flèche A) et ces derniers ont un effet sur la santé (flèche B). L'organisation du travail agirait directement sur la santé du travailleur (flèche C). Les auteurs donnent l'exemple de liens entre le travail avec des horaires longs ou irréguliers et l'infarctus du myocarde ou le diabète, mais cette association serait médiée par des comportements de santé (tabac, alcool, etc.). Cette relation (flèche C) apparaît donc comme indirecte. Le modèle suppose également que l'organisation du travail peut modifier la relation entre les risques professionnels et la santé, en altérant la sensibilité ou la capacité de récupération du travailleur (flèche D).

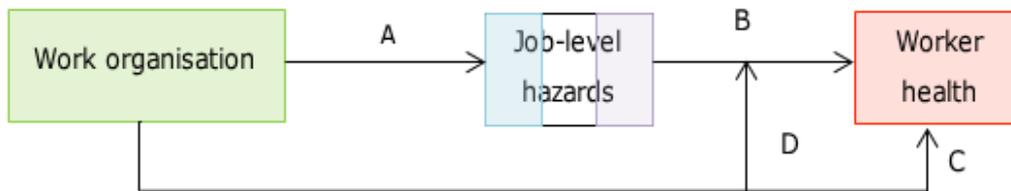


Figure 12 : Reproduction du modèle de MacDonald et al. 2008

Dans le modèle proposé par **Punnett et al.** (Figure 13), les facteurs organisationnels (défini comme des facteurs en amont), auraient un effet sur les facteurs physiques et psychosociaux et ces derniers pourraient déterminer certains comportements de santé (tabac, sport, etc.) (Punnett et al. 2009). En effet, il existe une littérature grandissante pour démontrer cette relation, par exemple, il est cité des associations entre les faibles récompenses au travail et la consommation de tabac ou d'alcool. Des relations directes et indirectes (via les comportements de santé) entre les facteurs professionnels et les TMS sont supposées dans ce modèle.

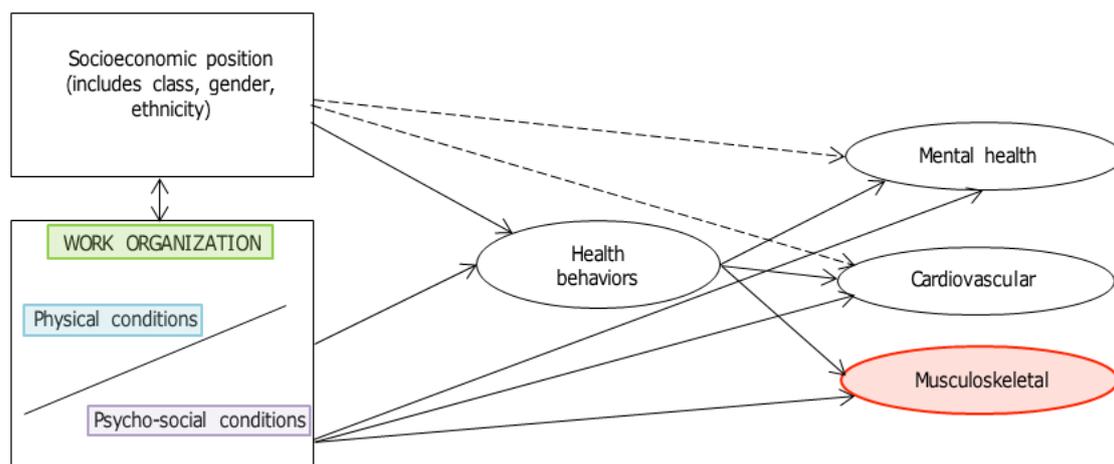


Figure 13 : Reproduction du modèle de Punnett et al. 2009

Le modèle proposé par **Franchi** (Figure 14) liste plusieurs déterminants susceptibles d'être observés dans une situation de travail à risque de TMS (Aptel et al. 2000), les facteurs psychosociaux et biomécaniques sont des facteurs de risque proximaux de TMS qui interagissent entre eux. Ces facteurs proximaux sont déterminés par des facteurs distaux qui sont l'organisation de la production, la dépendance organisationnelle, la conception d'équipement, l'implantation, la maintenance, l'organisation du travail, la gestuelle (consignes, procédures), la conception des produits, types de matériaux, l'évolution de carrière, la gestion des compétences, l'ambiance de travail, l'outillage, le mode de management, etc.

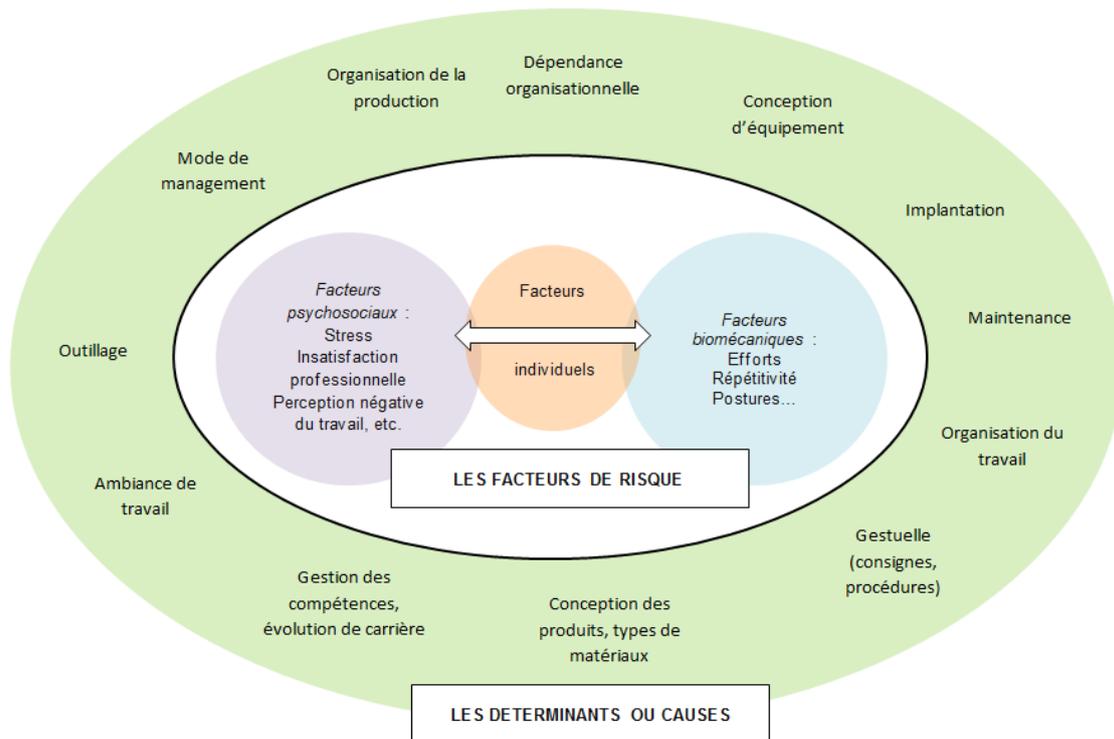


Figure 14 : Reproduction du modèle organisationnel des situations génératrices de TMS (Aptel et al. 2000), d'après Franchi, 1997

Le modèle proposé par **Stock et al.** (Figure 15) est un modèle capitalisant les acquis des études épidémiologiques et ergonomiques sur les TMS (Stock et al. 2013). Il détaille plus précisément que les modèles présentés précédemment l'environnement organisationnel : organisation du travail, organisation de la production, organisation de la formation, organisation de la santé au travail, dispositif technique, culture de l'entreprise et structures et hiérarchies. Dans ce modèle, l'environnement organisationnel a un effet sur les contraintes physiques. Les auteurs citent plusieurs exemples pour expliquer cette relation : des changements dans l'organisation du travail (horaires, rémunération, gestion des absences), dans la production de biens/services (processus à la chaîne), dans l'organisation de la formation (durée de la formation et du statut d'apprenti) et des dispositifs techniques (aménagement des postes et moyens de protection) peuvent avoir un impact sur la charge physique du travail. L'environnement organisationnel a également un effet sur les facteurs psychosociaux au travail. Ces derniers influenceraient l'astreinte psychologique qui elle-même influencerait la détresse psychologique. La détresse psychologique est donc un médiateur dans la relation entre les facteurs psychosociaux et les TMS. De plus, les exigences quantitatives et temporelles, la latitude au travail, le soutien social au travail et les contraintes relationnelles ont des effets sur les contraintes physiques. Les contraintes physiques et l'astreinte psychologique peuvent entraîner des sollicitations des muscles et des tendons et ainsi engendrer des TMS. La relation entre les TMS et la détresse psychologique est supposée bidirectionnelle. Enfin, le modèle intègre les facteurs personnels (FP) dans plusieurs relations pouvant représenter des facteurs de susceptibilité individuelle ou des ressources pour faire face aux contraintes professionnelles.

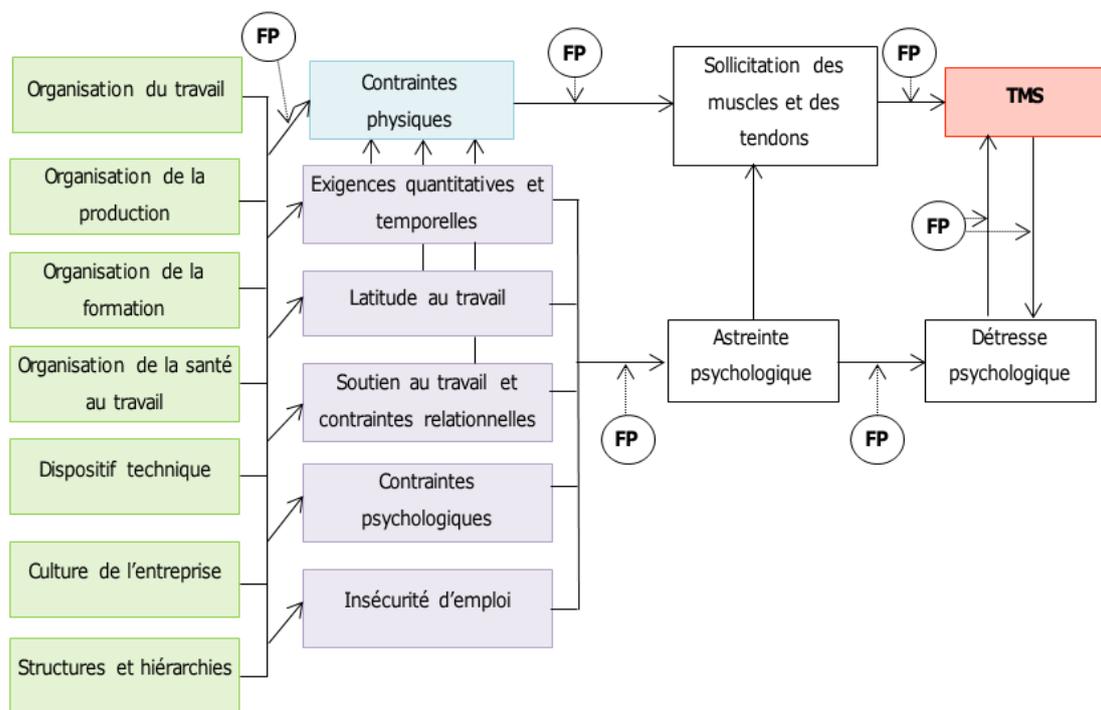


Figure 15 : Reproduction du modèle de Stock et al. 2013

FP : facteurs personnels

Le modèle proposé par **Roquelaure** (Figure 16) reprend les différents niveaux d'organisation du travail défini par le NIOSH (Figure 5 p 22) : le contexte externe (*economic environment* et *social and politic environments*), le contexte organisationnel (*organization & management practices*) et le contexte du travail (*work organization*) (Roquelaure 2015, 2016, 2017a). Ce modèle met en avant l'impact des choix sociétaux et politiques sur le risque de TMS-MS dans les entreprises. Selon ce modèle, l'organisation du travail et les pratiques managériales déterminent les conditions de réalisation du travail et ainsi les expositions biomécaniques et psychosociales auxquelles doivent s'adapter les travailleurs. Il intègre les facteurs personnels pouvant représenter des facteurs de susceptibilité ou des ressources dont disposent les individus pour faire face aux contraintes des situations de travail. Le stress favorise la survenue de TMS en perturbant l'activation musculaire, il stimule les mécanismes de l'inflammation et de la douleur, diminue les capacités de réparation tissulaire et favorise la chronicité des douleurs.

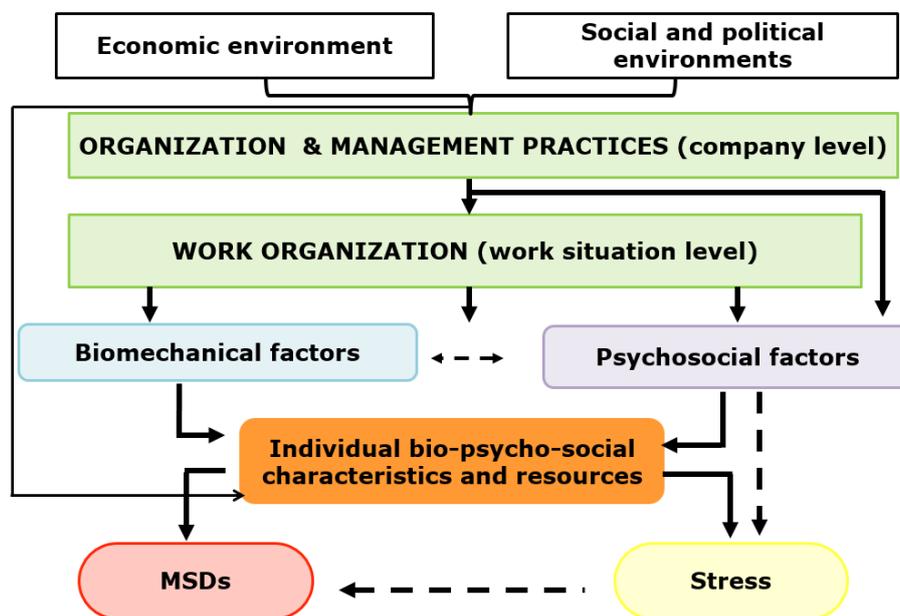


Figure 16 : Reproduction du modèle de Roquelaure 2016

5.2. Synthèse

A partir de l'ensemble de ces modèles, il semble exister un consensus international sur un modèle biopsychosocial des TMS-MS dans lequel les TMS-MS seraient directement ou indirectement influencés par des facteurs personnels et professionnels organisationnels, psychosociaux et physiques. Les facteurs organisationnels jouent un rôle dans la survenue de TMS-MS en déterminant les conditions d'exposition aux facteurs professionnels psychosociaux et physiques.

5.3. Modèles à équations structurelles

Les modèles à équations structurelles (SEM) sont des techniques d'analyse de données multivariées développés dans les années 1970 dans le domaine des sciences sociales et humaines (MacCallum et Austin 2000; Beran et Violato 2010; Dumas et al. 2014). L'objectif est de confirmer un modèle conceptuel dans lequel des hypothèses sur les relations directes et indirectes entre variables sont émises. Ils reposent sur une approche confirmatoire où un modèle conceptuel (diagramme de chemin) est construit *a priori* conformément aux connaissances scientifiques disponibles.

Ces modèles sont des extensions des régressions multivariées pour lesquelles plusieurs relations peuvent être testées simultanément, avec des relations directes et indirectes. Ces modèles s'avèrent donc pertinents dans l'étude des relations complexes, telles qu'évoquées précédemment, entre les facteurs professionnels et les TMS de l'épaule. La méthodologie sera explicitée dans la partie « Méthodes statistiques ».

6. La région des Pays de la Loire

Les trois études de cette thèse ont analysé des données recueillies entre 2002 et 2005 auprès de salariés des Pays de la Loire (la cohorte Cosali). Ainsi, il apparaît nécessaire de présenter les caractéristiques de la région à cette époque.

Au 1^{er} janvier 2005, la région des Pays de la Loire comptait 3,4 millions d'habitants, ce qui la plaçait au 5^{ème} rang des régions françaises les plus peuplées⁹. Parmi ces habitants, 1,4 million occupaient un emploi (1,3 million de salariés et 0,1 million de non-salariés), ce qui représentait 5,6 % de l'emploi national (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005).

Parmi les emplois salariés, la région se caractérisait par l'importance des secteurs agricole et industriel par rapport à la France métropolitaine (respectivement 2 % vs 1 % et 22 % vs 17 %), au détriment du commerce et des services (69 % vs 76 %, Tableau 18).

⁹ La loi n° 2015-29 du 16 janvier 2015 relative à la délimitation des régions, aux élections régionales et départementales et modifiant le calendrier électoral n'a pas modifié le territoire des Pays de la Loire. Les anciennes régions ont été considérées dans cette partie.

Tableau 18 : Répartition des secteurs d'activité selon la nomenclature économique de synthèse (NES) des salariés dans les Pays de la Loire et en France métropolitaine au 31 décembre 2004

	Pays de la Loire		France		% Région/ Métropole
	n	%	n	%	
Agriculture	30 651	2,4	336 934	1,5	9,1
EA Agriculture, sylviculture, pêche	30 651	2,4	336 934	1,5	9,1
Industrie	275 546	21,9	3 865 204	17,2	7,1
EB Industries agricoles et alimentaires	57 996	4,6	572 121	2,5	10,1
EC Industrie des biens de consommation	47 329	3,8	631 527	2,8	7,5
ED Industrie automobile	14 605	1,2	294 375	1,3	5,0
EE Industries des biens d'équipement	64 500	5,1	773 550	3,4	8,3
EF Industries des biens intermédiaires	80 793	6,4	1 358 416	6,0	5,9
EG Energie	10 323	0,8	235 215	1,0	4,4
Construction	85 748	6,8	1 299 154	5,8	6,6
EH Construction	85 748	6,8	1 299 154	5,8	6,6
Commerce et services	866 422	68,9	16 967 418	75,5	5,1
EJ Commerce	163 893	13,0	3 020 538	13,4	5,4
EK Transports	49 490	3,9	1 068 653	4,8	4,6
EL Activités financières	34 548	2,7	712 939	3,2	4,8
EM Activités immobilières	10 580	0,8	270 322	1,2	3,9
EN Services aux entreprises	161 319	12,8	3 211 402	14,3	5,0
EP Services aux particuliers	95 928	7,6	1 912 976	8,5	5,0
EQ Éducation, santé, action sociale	216 889	17,2	3 983 445	17,7	5,4
ER Administration	133 775	10,6	2 787 143	12,4	4,8
Total	1 258 367	100,0	22 468 710	100,0	5,6

Source : Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005.

La région se plaçait à la troisième position des régions industrielles françaises, derrière l'Île-de-France et la région Rhône-Alpes. Les industries les plus représentées étaient :

- les industries agroalimentaires (21 % des emplois industriels) avec la transformation de la viande et du lait en majorité. Par exemple, les grands groupes agroalimentaires suivants sont présents sur le territoire ligérien : Lactalis, LDC, Charal, Fleury Michon, Bigard et Pasquier.
- les industries des équipements mécaniques (13 %) : Renault Class, Manitou, etc.
- les industries de la métallurgie et de transformation des métaux (9 %) : Dirickx industries, etc.
- les industries de la chimie, du caoutchouc et des plastiques (9 %) : Wirquin Plastiques, Raccords et plastiques Nicoll, etc.
- les industries des équipements du foyer (7 %) : Atlantic Industrie, etc.
- la construction navale, aéronautique et ferroviaire (5 %) : STX Europe, Airbus, Bénéteau-Jeanneau, etc.
- les industries de l'habillement et du cuir (5 %, au 1^{er} rang des régions françaises) : Chaussures Eram, Longchamps, etc.
- les industries automobiles (5 %) : Michelin, Valéo, etc.

Bien que les Pays de la Loire ne soit pas une grande région forestière, elle était, en 2005, la première région française pour l'industrie de l'ameublement et la deuxième pour le travail du bois (Collobert 2008).

Cependant, les effectifs de salariés ont diminué dans l'industrie entre 2002 et 2004, alors qu'ils ont augmenté dans la construction, les services et le commerce (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2003, 2005).

Concernant les catégories socioprofessionnelles, les données de la population active occupée (salariée et non-salariée, données non disponibles pour la population salariée uniquement) ont été comparées entre les Pays de la Loire et la France métropolitaine en fonction des données du recensement de 1999. En 2000, 90 % des emplois ligériens étaient des emplois salariés (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2002). Les données concernant les exploitants agricoles et les artisans, commerçants et chefs d'entreprise ont été exclus des comparaisons car aucun exploitant agricole et seulement 16 artisans, commerçants et chefs d'entreprise ont été inclus dans la phase d'inclusion de Cosali. En 1999, les Pays de la Loire se caractérisaient par un pourcentage élevé d'ouvriers par rapport à la France métropolitaine, en effet, ils représentaient 36 % des actifs occupés contre 30 % au niveau national (Tableau 19) (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005). Plus précisément, la région comptait un nombre important d'ouvriers qualifiés et non qualifiés de type industriel. Un dossier de l'Insee sur les forces et faiblesses caractérisant l'économie des Pays de la Loire fait état d'une rémunération et d'une qualification inférieure des ouvriers industriels de la région par rapport à la France métropolitaine, avec un risque d'adaptation moindre face aux mutations techniques (Chevalier et al. 2009). Les cadres et professions intellectuelles supérieures étaient moins représentés dans la région par rapport au niveau national : 10 % vs 13 % (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005).

Tableau 19 : Répartition des catégories socioprofessionnelles des actifs (salariés et non-salariés) dans les Pays de la Loire et en France métropolitaine en 1999

	Pays de la Loire		France métropolitaine		% Région/ Métropole
	n	%	n	%	
Cadres et professions intellectuelles supérieures	124 325	9,6	3 205 551	13,1	3,9
Professions intermédiaires	293 278	22,8	5 875 514	24,1	5,0
Employés	410 236	31,8	8 058 313	33,1	5,1
Ouvriers	461 560	35,8	7 234 335	29,7	6,4
Total	1 289 399	100,0	24 373 713	100,0	5,3

Source : Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005.

Objectifs et hypothèses

A partir des données de Cosali (réseau de surveillance des TMS en population salariée dans les Pays de la Loire), l'équipe d'Epidémiologie en santé au travail et ergonomie (Ester) a étudié, dans de précédentes analyses, les associations entre des facteurs professionnels et les douleurs de l'épaule et le SCR (prévalence et incidence) (Roquelaure et al. 2011; Bodin et al. 2012a, 2012b, 2012c). Il a été montré que le poids des contraintes physiques était prédominant par rapport aux facteurs psychosociaux (Annexe 3). Trois facteurs organisationnels (rythme de travail imposé par la cadence automatique d'une machine, contrat précaire et travailler avec des collègues en situation précaire) étaient associés aux douleurs de l'épaule et au SCR, mais ils différaient selon l'événement de santé étudiée (douleurs de l'épaule ou SCR). De plus, les analyses par régression logistique ne prenaient pas en compte la chaîne des déterminants des TMS telle que présentée dans la partie 5 du contexte de cette thèse.

L'objectif principal de cette thèse était de déterminer les facteurs professionnels associés aux douleurs de l'épaule et au SCR. Trois études, présentées sous forme de trois articles, ont été menées pour répondre à cet objectif, avec une attention particulière portée aux facteurs organisationnels.

Dans la première étude, des profils de salariés inclus dans l'étude Cosali ont été créés en fonction de leurs expositions aux facteurs organisationnels et psychosociaux (article 1). Le taux de prévalence de douleurs de l'épaule et de SCR a ensuite été comparé entre les différents profils de salariés identifiés.

L'objectif de la deuxième étude était d'étudier les relations distales et proximales entre les facteurs organisationnels, psychosociaux, physiques, le stress perçu et les douleurs à l'épaule. Pour répondre à cet objectif, le modèle conceptuel présenté dans la Figure 17 a été testé chez les salariés de l'enquête Cosali (article 2). Ce modèle a été construit en fonction de la revue de la littérature des modèles conceptuels présentée dans la partie 5 du contexte, du niveau de preuves biomédicale et épidémiologique (Tableau 20) et des acquis des interventions ergonomiques (Bellemare et al. 2002; Caroly et al. 2008; St-Vincent et al. 2011).

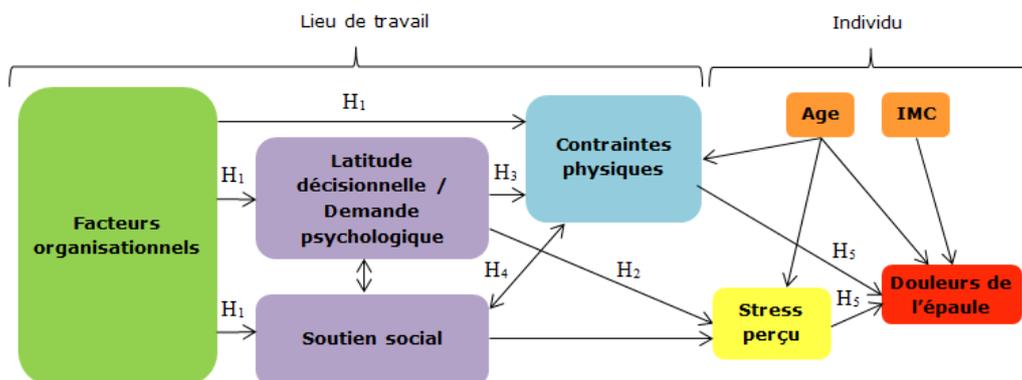


Figure 17 : Modèle conceptuel de survenue de douleurs de l'épaule

H : hypothèse ; IMC : indice de masse corporelle ; latitude décisionnelle, demande psychologique et soutien social : dimensions du Job Content Questionnaire de Karasek

Tableau 20 : Preuves biomédicales et épidémiologiques des cinq hypothèses du modèle conceptuel testé

	Preuves biomédicales	Preuves épidémiologiques
Hypothèse 1 Facteurs organisationnels → Contraintes physiques et psychosociaux		(Bao et al. 2016b)
Hypothèse 2 Facteurs psychosociaux → Niveau de stress perçu		(Larsman et al. 2006; Kjellberg et Wadman 2007; Edimansyah et al. 2008; Larsman et al. 2011, 2013)
Hypothèse 3 Latitudo décisionnelle et demande psychologique → Contraintes physiques		(Park et al. 2010; Thiese et al. 2015)
Hypothèse 4 Soutien social ↔ Contraintes physiques		(Thiese et al. 2015) mais association « soutien social → Contraintes physiques » étudiée
Hypothèse 5 Contraintes physiques → Douleurs de l'épaule	(Hagberg et Kuorinka 1995; Kumar 2001; Bard 2003; Roquelaure 2003)	(Larsson et al. 2007; van Rijn et al. 2010; Mayer et al. 2012)*
Stress → Douleurs de l'épaule	(Aptel et Cnockaert 2002; Lundberg 2002; Lundberg et al. 2002; Eijkelhof et al. 2013; Brunet et al. 2015)	(Miranda et al. 2001; Larsman et al. 2006; Kjellberg et Wadman 2007; Elfering et al. 2008; Widanarko et al. 2014; Thiese et al. 2015)

*Le niveau de preuve étant avéré, seules des revues systématiques de la littérature sont présentés ici.

Cinq hypothèses ont été testées :

- **Hypothèse 1 : L'exposition à des facteurs organisationnels a un effet sur les facteurs physiques et psychosociaux.**
 - Les facteurs organisationnels peuvent influencer les contraintes physiques. Par exemple, un poste de travail mal agencé conduira le salarié à adopter des postures contraignantes ; un travail à la chaîne avec un rythme imposé par une machine ne permettant pas au travailleur de prendre des pauses au moment souhaité contribuera à augmenter le ressenti négatif des contraintes physiques.
 - Les facteurs organisationnels peuvent aussi interagir avec les facteurs psychosociaux. Par exemple une cadence de travail élevée pourra diminuer les marges de manœuvres dont disposent les salariés et le soutien social des collègues.
- **Hypothèse 2 : L'exposition à des facteurs psychosociaux¹⁰ influence le niveau de stress perçu.**
 - L'Organisation internationale du travail (OIT) définit le stress comme « la réponse physique et émotionnelle nocive causée par un déséquilibre entre les exigences perçues et les capacités et ressources perçues des individus pour faire face à ces exigences » (International Labour Office et Labour Administration 2016). Selon Lundberg, le modèle « demande – autonomie au travail » développé par Karasek est le modèle le plus connu pour étudier le stress professionnel (Lundberg

¹⁰ Pour les hypothèses 2, 3 et 4, les dimensions du *Job Content Questionnaire* ont été prises en compte car c'est l'unique questionnaire disponible dans l'enquête Cosali pour mesurer les facteurs psychosociaux au travail.

2002). Un fort soutien social est supposé protéger le salarié du stress et une forte demande psychologique est supposée l'augmenter. Une forte autonomie décisionnelle peut protéger du stress mais peut aussi en générer si le salarié a trop d'autonomie et n'arrive pas à faire face aux exigences demandées par son travail.

- **Hypothèse 3 : La latitude décisionnelle et la demande psychologique ont un effet sur les contraintes physiques¹⁰.**
 - Les salariés avec une faible latitude décisionnelle peuvent être limités dans leur façon d'organiser leur charge de travail, ce qui peut entraîner une exposition physique plus élevée. La réciproque (l'exposition aux contraintes physiques a un effet sur la latitude décisionnelle) n'a pas été jugée pertinente (Stock et al. 2013).
 - Les salariés avec une forte demande psychologique (ne pas disposer du temps nécessaire pour exécuter le travail, devoir travailler très vite, intensément, etc.) peuvent être plus intensément exposés aux contraintes physiques que ceux ayant une faible demande psychologique.
- **Hypothèse 4 : Le soutien social et les contraintes physiques sont associés¹⁰.**
 - La relation entre le soutien social et les contraintes physiques est supposée bidirectionnelle : les salariés exposés à des contraintes physiques peuvent avoir un fort soutien social de la hiérarchie et des collègues pour faire face à ces contraintes : un fort soutien social pourrait accroître la coopération entre les collègues et avec la hiérarchie pendant la manipulation manuelle de charges par exemple. Réciproquement, les salariés ayant un faible soutien social de la hiérarchie et des collègues pourraient être plus exposés à des contraintes physiques.
- **Hypothèse 5 : L'exposition aux contraintes physiques et le niveau de stress perçu augmentent le risque de douleurs de l'épaule.**
 - Des arguments biomécaniques peuvent expliquer la relation entre l'exposition aux contraintes physiques et les douleurs de l'épaule. L'abduction du bras peut être à l'origine d'un conflit mécanique extrinsèque entre d'une part le muscle supra-épineux et le tendon supra-épineux (le plus souvent) et, d'autre part, la face inférieure de l'articulation acromio-claviculaire et le bord antérieur de l'acromion et du ligament coraco-acromial lorsque les gestes professionnels élèvent le bras au voisinage ou au-dessus de l'horizontale (Roquelaure 2003).
 - Des arguments physiologiques peuvent expliquer la relation entre l'exposition au stress et les douleurs de l'épaule (Annexe 4). Le stress active le système nerveux végétatif ce qui déclenche la sécrétion de catécholamines et peut ainsi augmenter le risque de douleurs de l'épaule. Le stress active aussi le système nerveux central ce qui accroît le tonus musculaire et augmente la « charge biomécanique » des muscles et des tendons ce qui contribue à augmenter le risque de douleurs de l'épaule. Enfin, le stress en activant le système nerveux central active la production/libération de cytokines qui favorisent l'inflammation des tendons (Aptel et Cnockaert 2002). Il a été démontré expérimentalement une augmentation de l'activité musculaire du cou/épaule en raison de l'exposition à des facteurs de stress professionnels (Eijkelhof et al. 2013).

De plus, il a été postulé dans le modèle conceptuel (Figure 17) que les facteurs psychosociaux étaient corrélés entre eux, que l'âge influençait les douleurs de l'épaule, les contraintes physiques et le niveau de stress perçu, et que l'IMC influençait les douleurs de l'épaule.

Enfin, l'objectif de la troisième étude était de tester la robustesse des résultats obtenus dans la deuxième partie en comparant les résultats chez les hommes du secteur industriel inclus dans Cosali aux hommes inclus dans deux études épidémiologiques menées dans des entreprises françaises appartenant à des groupes internationaux du secteur industriel : l'une dans l'industrie automobile et l'autre dans l'industrie pharmaceutique (article 3). L'objectif était de vérifier l'applicabilité du modèle à des cas d'entreprise dans une perspective d'aide à la prévention.

Matériel et méthodes

1. Populations d'étude

Les données issues de la cohorte Cosali ont été analysées pour répondre aux objectifs des trois études de cette thèse. De plus, dans le cadre de la troisième étude, les analyses ont également porté sur les données de deux enquêtes mises en œuvre, pour l'une, dans une industrie automobile et, pour l'autre, dans une industrie pharmaceutique.

1.1. La cohorte des salariés ligériens : Cosali

A l'initiative de la Direction Santé Travail (DST) de Santé publique France, un réseau pilote de surveillance épidémiologique des TMS a été mis en place dans la région des Pays de la Loire en 2002, en collaboration avec l'Université d'Angers (Roquelaure et al. 2001b; Ha et Roquelaure 2007; Ha et al. 2009). La région des Pays de la Loire avait été choisie en raison de l'expertise acquise par les médecins du travail de la région, l'inspection médicale du travail et le CHU d'Angers sur l'épidémiologie des TMS (Roquelaure et al. 2001b). Ce réseau pilote comportait trois volets :

- la surveillance en population générale de pathologies traceuses des TMS : le SCC pour le membre supérieur et la hernie discale opérée pour le rachis,
- la surveillance en population salariée des principaux TMS et de l'exposition aux facteurs de risque,
- l'enregistrement systématique des signalements des maladies à caractère professionnel (MCP).

Les données utilisées dans cette thèse proviennent du deuxième volet, baptisé Cosali pour COhorte des SALariés Ligériens (Roquelaure et al. 2005; Ha et Roquelaure 2007).

1.1.1. Phase d'inclusion (2002-2005)

a) Constitution de l'échantillon

La surveillance épidémiologique des TMS en population salariée était basée sur la constitution d'un réseau sentinelle de médecins du travail volontaires. Quarante-trois médecins du travail de la région des Pays de la Loire (18 %) ont accepté de participer à ce réseau : 30 médecins travaillaient en Loire-Atlantique, 19 en Maine-et-Loire, 8 en Mayenne, 13 en Sarthe et 13 en Vendée. La majorité des médecins (67, soit 81 %) travaillaient dans des services inter-entreprises de médecine du travail (Tableau 21).

Les médecins du travail volontaires ont inclus aléatoirement leurs salariés à l'occasion de la visite médicale périodique. Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- être un salarié suivi par un des 83 médecins du travail volontaires des Pays de la Loire,
- être âgé de 20 à 59 ans,
- travailler dans une entreprise privée ou publique, localisée dans les Pays de la Loire (le siège social pouvant être situé hors des Pays de la Loire),

- quel que soit le type de leur contrat de travail : CDI ou CDD, intérimaire, contrat aidé (CES, emploi jeune, etc.), fonctionnaire, etc.,
- souffrir ou non de TMS des membres et du rachis,
- bénéficier ou non d'une reconnaissance en maladie professionnelle,
- donner son accord pour participer au réseau de surveillance épidémiologique.

Au total, 3 710 salariés ont été inclus entre 2002 et 2005 (Tableau 21). Ils travaillaient dans plus de 1 500 entreprises, comme par exemple le CHU d'Angers, Fleury Michon, France Télécom et Les Mutuelles du Mans Assurances (MMA).

Tableau 21 : Répartition des médecins du travail et des salariés inclus dans Cosali (2002-2005)

	Département	Nombre de médecins du travail		Nombre de salariés	
		n	%	n	%
Fonction publique d'Etat/territoriale		4	4,8	184	5,0
Direction départementale de l'équipement (DDE)*	Loire-Atlantique	1	1,2	62	1,7
Ministère de l'Économie et des Finances (Minefi)	Loire-Atlantique/Sarthe	2	2,4	62	1,7
Mairie d'Angers	Maine-et-Loire	1	1,2	60	1,6
Fonction publique hospitalière		5	6,0	73	2,0
CH Le Mans	Sarthe	1	1,2	27	0,7
CHR Laval	Mayenne	1	1,2	5	0,1
CHU Angers	Maine-et-Loire	1	1,2	32	0,9
CHU Nantes	Loire-Atlantique	2	2,4	9	0,2
Mutualité sociale agricole	Maine-et-Loire	2	2,4	94	2,5
Services autonomes		6	7,2	254	6,8
ACI Renault	Sarthe	1	1,2	30	0,8
CNP Assurances	Maine-et-Loire	1	1,2	17	0,5
Fleury Michon	Vendée	1	1,2	38	1,0
France Télécom	Maine-et-Loire	1	1,2	81	2,2
Les Mutuelles du Mans Assurances (MMA)	Sarthe	2	2,4	88	2,4
Services inter-entreprises		67	80,7	3 105	83,7
AHSTSV (Association Hygiène et Santé au Travail du Sud Vendée)	Vendée	1	1,2	39	1,1
GIST (Groupement Interprofessionnel de Santé au Travail)	Loire-Atlantique	1	1,2	17	0,5
SATM (Santé au Travail en Mayenne)	Mayenne	7	8,4	370	10,0
Service de santé au travail de Saint-Nazaire	Loire-Atlantique	1	1,2	37	1,0
SISTRY (Service Interentreprises de Santé au Travail de la Région Yonnais)	Vendée	4	4,8	114	3,1
SMIA (Service Médical Interentreprises de l'Anjou)	Maine-et-Loire	9	10,8	491	13,2
SMIE (Service Médical Inter-Entreprises)	Loire-Atlantique	4	4,8	204	5,5
SMIEC (Service Médical Interentreprises du Choletais)**	Maine-et-Loire	3	3,6	120	3,2
SMINOV (Service Médical Inter-entreprises de santé au travail du Nord-Ouest Vendéen)	Vendée	5	6,0	281	7,6
SMIS (Service Médical Interentreprises du Saumurois)**	Maine-et-Loire	1	1,2	60	1,6
SSTCL (Service Santé au Travail Côte de Lumière)	Vendée	2	2,4	108	2,9
SSTRN (Service de Santé au Travail de la Région Nantaise)	Loire-Atlantique	20	24,1	785	21,2
ST72 (Santé au Travail 72)	Sarthe	8	9,6	479	12,9
Total		83	100,0	3 710	100,0

*La Direction départementale de l'équipement (DDE) et la direction départementale de l'agriculture et de la forêt (DDAF) ont fusionné le 1/1/2010 pour former la Direction départementale des Territoires (DDT).

**Depuis le 30/06/2016, le SMIEC (Cholet) et le SMIS (Saumur) ont fusionné pour devenir le STCS (Santé Travail Cholet Saumur).

Un auto-questionnaire, élaboré en 2001 (Annexe 5), était remis au salarié dans la salle d'attente du médecin du travail, la durée de remplissage était de 30 à 45 minutes. Ensuite, le salarié était vu par son médecin du travail. En plus, de l'examen clinique habituel, le médecin réalisait un examen standardisé pour le diagnostic des TMS.

b) Recueil des données médicales

Les problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement au niveau de dix zones anatomiques, dont l'épaule (Figure 4 p 14), étaient recueillies à partir d'un questionnaire de type Nordique (Kuorinka et al. 1987; Descatha et al. 2007). Celui-ci permettait de renseigner :

- l'existence de problèmes au cours des 12 derniers mois ainsi que leurs durées cumulées,
- l'existence de problèmes au cours des sept derniers jours,
- l'intensité des problèmes au moment du remplissage de l'auto-questionnaire (échelle visuelle analogique).

Puis, les réponses des salariés étaient passées en revue avec leur médecin du travail durant la visite médicale périodique. En présence de symptômes, le médecin réalisait un examen standardisé d'une durée de 2 à 15 minutes. Cet examen appliquait la démarche diagnostique standardisée du groupe de consensus européen Saltsa pour la surveillance épidémiologique des TMS (Sluiter et al. 2001). Tous les médecins avaient participé en amont à une session de formation théorique et pratique. La sévérité du SCR était évaluée selon trois niveaux :

- latent, s'il existait des symptômes (douleur intermittente de l'épaule, sans paresthésie, accentuée par l'abduction active de l'épaule, pour se gratter le dos par exemple) mais pas de critères temporels,
- symptomatique, s'il existait des symptômes (présents actuellement, ou au moins quatre jours au cours des sept derniers jours, ou au moins quatre jours pendant au moins une semaine au cours des 12 derniers mois) mais pas de signes cliniques à l'examen (plainte et décours temporel),
- avéré, s'il existait des symptômes présents actuellement ou au moins quatre jours au cours des sept derniers jours et des signes positifs à l'examen.

Les manœuvres cliniques réalisées lors de l'examen clinique pour le diagnostic d'un SCR étaient (Annexe 1) :

- l'abduction, rotation interne et rotation externe,
- la flexion contrariée du coude,
- l'élévation active de l'épaule.

c) Recueil des données d'exposition

A l'exception des caractéristiques médicales (diabète, rhumatisme inflammatoire, antécédents médicaux, etc.) qui étaient recueillies par le médecin du travail lors de l'examen clinique, les données d'exposition étaient recueillies par auto-questionnaire.

Les caractéristiques personnelles recueillies par auto-questionnaire étaient le sexe, l'année de naissance, le poids et la taille.

Les questions relatives aux conditions de travail étaient inspirées de la méthode OREGÉ (Outil de Repérage et d'Évaluation des Gestes) de l'INRS (INRS 2000), du consensus européen Saltsa (Sluiter et al. 2001) et d'enquêtes en lien avec les TMS ou non : les enquêtes antérieures menées en Pays de la Loire (Roquelaure et al. 1997, 2001a), l'enquête de l'Anact-Inserm (Anact et al. 1996; Leclerc et al. 1998, 2004), les enquêtes de la Dares (les enquêtes *Sumer* et *Conditions de travail*) (Dares 2015) et l'enquête Estev (Cassou et al. 2002).

Les facteurs organisationnels n'étaient pas issus de questionnaires validés, ils étaient extraits de plusieurs enquêtes françaises (Anact et al. 1996; Roquelaure et al. 1997; Leclerc et al. 1998; INRS 2000; Roquelaure et al. 2001a; Cassou et al. 2002; Dares 2015), telles que l'enquête Sumer de la Dares (Arnaudo et al. 2012).

Les facteurs psychosociaux étaient mesurées à l'aide du *Job Content Questionnaire* de Karasek à 26 questions validé en français (Karasek et al. 1998; Niedhammer et al. 2006). Ce questionnaire comporte trois dimensions (Annexe 2) : la demande psychologique, la latitude décisionnelle (autonomie décisionnelle et utilisation des compétences) et le soutien social (hiérarchie et des collègues).

Les principales contraintes physiques recueillies étaient le travail répétitif, les vibrations, les postures et la force. Ces facteurs étaient évalués à l'aide des critères du consensus Saltsa (Sluiter et al. 2001) et l'intensité des efforts physiques ressentis était mesurée à l'aide de l'échelle RPE (*Rating of perceived exertion*) de Borg (Borg et al. 1987).

d) Représentativité de l'échantillon par rapport à la région des Pays de la Loire

Une sous-représentation des femmes était observée dans Cosali par rapport à la population salariée des Pays de la Loire : 42 % dans Cosali vs 47 % dans la région des Pays de la Loire. En revanche, la structure d'âge dans Cosali était assez proche de la population active occupée de la région âgée de 20 à 59 ans (Roquelaure et al. 2005; Sérazin 2011).

Le pourcentage de salariés de Cosali en CDD était inférieur à celui de la population salariée de la région (4 % vs 10 %), par contre la proportion de CDI était supérieure à celle de la région (75 % vs 67 %), et le pourcentage d'intérimaires était double (5 % vs 3 %).

Concernant la catégorie socioprofessionnelle, la représentativité de la cohorte Cosali a été étudiée en la comparant à la population active occupée des Pays de la Loire hors agriculteurs, qui n'étaient pas représentés dans Cosali, et hors artisans, commerçants et chefs d'entreprises, qui n'étaient qu'au nombre de 16 (0,4 % vs 7 %). La population salariée n'était pas disponible pour cette comparaison. Les ouvriers étaient sur-représentés dans Cosali par rapport aux actifs occupés des Pays de la Loire (Tableau 22). Plus particulièrement, il s'agissait des ouvriers de type industriel, qu'ils soient qualifiés ou non, et des ouvriers qualifiés de la manutention, du magasinage et du transport. Une sur-représentation des employés administratifs d'entreprise, des techniciens et des

contremaîtres était aussi observée. A l'inverse, une sous-représentation des employés civils et agents de service de la fonction publique et des personnels de services directs aux particuliers était observée.

Tableau 22 : Répartition des salariés inclus dans Cosali (2002-2005) et des actifs occupés de la région des Pays de la Loire en 1999, par professions et catégories socioprofessionnelles (PCS)

	Cosali		Région des Pays de la Loire*	
	n	%	n	%
3 - Cadres et professions intellectuelles supérieures	288	7,8	117 012	10,3
31 - Professions libérales	5	0,1	14 845	1,3
33 - Cadres de la fonction publique	41	1,1	15 128	1,3
34 - Professeurs, professions scientifiques	10	0,3	30 937	2,7
35 - Professions de l'information, des arts et des spectacles	16	0,4	6 326	0,6
37 - Cadres administratifs et commerciaux d'entreprise	122	3,3	26 025	2,3
38 - Ingénieurs et cadres techniques d'entreprise	94	2,5	23 751	2,1
4 - Professions Intermédiaires	829	22,5	268 039	23,6
42 - Professeurs des écoles, instituteurs et assimilés	24	0,7	47 345	4,2
43 - Professions intermédiaires de la santé et du travail social	124	3,4	47 860	4,2
44 - Clergé, religieux	0	0,0	1 279	0,1
45 - Professions intermédiaires administratives de la fonction publique	85	2,3	19 927	1,8
46 - Professions intermédiaires administratives et commerciales des entreprises	211	5,7	77 180	6,8
47 - Techniciens	241	6,5	47 379	4,2
48 - Contremaîtres, agents de maîtrise	142	3,8	27 069	2,4
5 - Employés	986	26,7	348 761	30,7
52 - Employés civils et agents de service de la fonction publique	262	7,1	119 610	10,5
53 - Policiers et militaires	37	1,0	15 242	1,3
54 - Employés administratifs d'entreprise	376	10,2	88 843	7,8
55 - Employés de commerce	185	5,0	45 479	4,0
56 - Personnels des services directs aux particuliers	126	3,4	79 587	7,0
6 - Ouvriers	1 586	43,0	403 195	35,4
62 - Ouvriers qualifiés de type industriel	408	11,1	100 347	8,8
63 - Ouvriers qualifiés de type artisanal	271	7,3	78 209	6,9
64 - Chauffeurs	119	3,2	34 708	3,1
65 - Ouvriers qualifiés de la manutention, du magasinage et du transport	145	3,9	17 505	1,5
67 - Ouvriers non qualifiés de type industriel	479	13,0	100 858	8,9
68 - Ouvriers non qualifiés de type artisanal	110	3,0	47 400	4,2
69 - Ouvriers agricoles	54	1,5	24 168	2,1

*Source : Données Insee, Recensement 1999 : population active occupée (tous âges confondus) dont la catégorie socioprofessionnelle et le secteur d'activité étaient connus et hors agriculteurs exploitants et artisans, commerçants et chefs d'entreprise (N=1 137 007).

Trois secteurs d'activité étaient sur-représentés (industries agricoles et alimentaires, industries des biens intermédiaires et services aux entreprises) et le secteur de l'éducation, santé, action sociale était sous-représenté (Tableau 23).

Tableau 23 : Répartition des salariés inclus dans Cosali (2002-2005) et des salariés occupés de la région des Pays de la Loire en 1999, par secteur d'activité

	Cosali		Région des Pays de la Loire*	
	n	%	n	%
EA - Agriculture, sylviculture, pêche	71	1,9	29 203	2,6
EB - Industries agricoles et alimentaires	306	8,3	49 450	4,4
EC - Industrie des biens de consommation	217	5,9	59 777	5,4
ED - Industrie automobile	65	1,8	14 454	1,3
EE - Industries des biens d'équipement	201	5,4	58 104	5,2
EF - Industries des biens intermédiaires	421	11,4	74 990	6,7
EG - Energie	12	0,3	9 745	0,9
EH - Construction	214	5,8	67 953	6,1
EJ - Commerce	533	14,4	135 286	12,1
EK - Transports	102	2,8	40 313	3,6
EL - Activités financières	153	4,1	30 504	2,7
EM - Activités immobilières	23	0,6	8 092	0,7
EN - Services aux entreprises	552	14,9	122 731	11,0
EP - Services aux particuliers	143	3,9	61 415	5,5
EQ - Éducation, santé, action sociale	346	9,3	232 901	20,9
ER - Administration	348	9,4	119 481	10,7

*Source : Données Insee, Recensement 1999 : population salariée (tous âges confondus) dont la catégorie socioprofessionnelle et le secteur d'activité étaient connus (N=1 114 399).

1.1.2. Phase de suivi (2007-2010)

a) Mise en place du suivi

Entre 2007 et 2010, le suivi des salariés initialement inclus a été mis en place. L'objectif principal était de décrire le devenir médical et professionnel des salariés. Le suivi a été effectué par auto-questionnaire et par examen clinique (Figure 18).

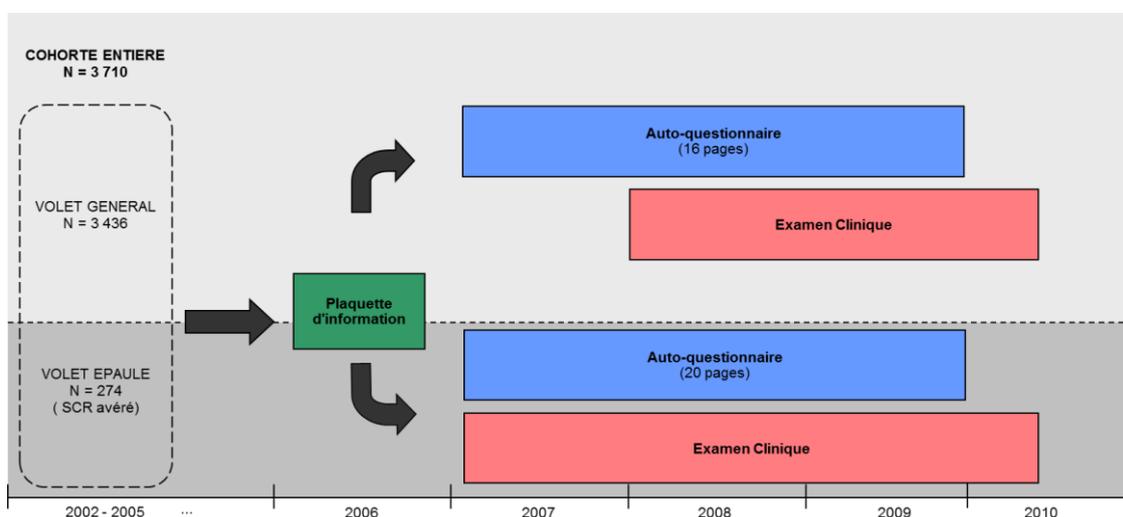


Figure 18 : Schéma d'organisation de la cohorte Cosali

L'étude n'avait initialement pas été conçue pour un suivi des salariés. Un travail important d'actualisation des adresses de ceux-ci a donc été nécessaire auprès de leur médecin du travail, puis auprès de La Poste. En 2007, un auto-questionnaire postal a été envoyé à l'ensemble des individus initialement inclus pour lesquels une adresse

postale était disponible. En cas de non réponse, deux relances postales étaient envoyées en mai/juin puis septembre 2007. Enfin, en 2008 et 2009, les médecins du travail étaient sollicités pour distribuer l'auto-questionnaire aux salariés n'ayant pas répondu.

De plus, un examen clinique standardisé conforme au consensus Saltsa était réalisé par le médecin du travail à partir de 2007 chez les salariés souffrant d'un SCR à l'inclusion et entre 2008 et 2010 chez les autres salariés.

Aucun autre recueil des données n'est programmé.

b) Recueil des données médicales

Les données médicales recueillies étaient identiques à celles de la phase d'inclusion :

- questionnaire de type Nordique (Kuorinka et al. 1987; Descatha et al. 2007) pour le recueil des problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement au niveau de dix zones anatomiques, dont l'épaule,
- examen clinique standardisé selon les recommandations du groupe de consensus européen Saltsa (Sluiter et al. 2001) pour le diagnostic de six TMS-MS dont le SCR.

c) Recueil des données d'exposition

L'auto-questionnaire comportait les mêmes items que celui de la phase d'inclusion pour les conditions de travail au moment du remplissage de l'auto-questionnaire.

d) Taux de réponse

Auto-questionnaire

Un total de 2 332 auto-questionnaires a été recueilli soit un taux de retour global de 63 %. Parmi eux, 2 049 exerçaient une activité professionnelle (88 %). Quatre-vingt-dix-sept pourcent des auto-questionnaires ont été reçus en 2007 (soit 2 259 auto-questionnaires), 2 % en 2008 et 1 % en 2009.

Les taux de réponse à l'auto-questionnaire de suivi ont été comparés selon les caractéristiques des individus à l'inclusion, quelle que soit la raison de leur non-participation (Tableau 24). Les femmes avaient significativement plus souvent participé au suivi que les hommes (66 % vs 61 %, $p=0,002$).

Quel que soit le sexe, le taux de réponse augmentait avec l'âge jusqu'à 54 ans et avec l'ancienneté dans l'emploi qu'ils occupaient en 2002-2005 (Tableau 24). De plus, les salariés au statut d'emploi précaire avaient moins souvent participé au suivi. Aucune différence statistiquement significative n'a été observée selon le secteur d'activité.

Chez les hommes, les employés, les ouvriers et ceux qui ne déclaraient pas de douleurs de l'épaule au cours des 12 derniers mois et au cours des 7 derniers jours avaient moins souvent participé au suivi.

Tableau 24 : Taux de réponse à l'auto-questionnaire de suivi en 2007-2009 chez les 2 161 hommes et les 1 549 femmes inclus en 2002-2005 dans l'étude Cosali (caractéristiques à l'inclusion)

	Hommes		Femmes	
	%	P*	%	P*
Age		<0,001		<0,001
Moins de 30 ans	46,8		52,6	
30-34 ans	56,2		65,2	
35-39 ans	64,1		67,7	
40-44 ans	65,6		68,9	
45-49 ans	69,6		74,0	
50-54 ans	72,2		73,6	
55 ans ou plus	62,9		67,0	
Ancienneté dans l'emploi		<0,001		0,008
Moins d'un an	46,3		56,8	
1 à 2 ans	59,9		61,9	
3 à 10 ans	59,2		66,9	
Plus de 10 ans	67,2		69,3	
Type de contrat de travail		<0,001		0,008
CDI ou fonctionnaire	63,2		67,1	
Précaire (CDD, Intérim...)	41,1		57,4	
Catégorie socioprofessionnelle		0,001		0,436
Cadres et professions intellectuelles supérieures	68,6		65,4	
Professions Intermédiaires	65,7		68,5	
Employés	56,1		64,0	
Ouvriers	58,3		67,6	
Secteur d'activité		0,732		0,633
Agriculture	68,3		63,3	
Industrie	59,9		67,0	
Construction	61,4		76,0	
Commerce et services	61,0		65,1	
Douleurs de l'épaule au cours des 12 derniers mois		0,002		0,338
Non	58,4		64,9	
Oui	65,4		67,3	
Douleurs de l'épaule au cours des 7 derniers jours		<0,001		0,304
Non	59,1		65,2	
Oui	68,9		68,2	

*Test du Khi2.

Examen clinique

Un total de 1 611 salariés a bénéficié d'un examen clinique entre 2007 et 2010. Le taux de retour atteignait 43 % sur l'ensemble des salariés et 65 % si l'on ne considérait que les salariés dont le médecin du travail était connu de l'équipe de recherche lors du suivi (Sérazin et al. 2014).

La période de suivi de la cohorte Cosali a coïncidé avec une crise économique qui a touché la région en 2008 et en 2009, où l'emploi salarié a reculé de plus de 3 % et l'intérim de 34 %. Un quart des salariés a ainsi été perdu de vue pour diverses raisons : activité dans une autre entreprise, inactivité, perte d'emploi, départ du médecin du travail, etc. De plus, 848 salariés, pour lesquels le médecin du travail était connu, n'ont pas pu bénéficier d'un examen clinique de suivi, parce qu'ils n'ont pas été convoqués par leur médecin pour une visite médicale périodique entre le moment où les investigateurs ont informé ce dernier de l'étude et la fin du suivi (Sérazin et al. 2014).

1.2. Cas d'entreprise

1.2.1. Industrie automobile

En 2001, une industrie automobile a mis en place un groupe de travail dans le cadre d'une démarche de prévention des TMS. L'étude comprenait une première phase d'observation des postes de travail suivie d'une enquête épidémiologique et d'une deuxième phase ayant pour but la mise en place de mesures préventives en fonction des résultats de l'enquête épidémiologique.

Le questionnaire de l'enquête épidémiologique était dérivé de celui de l'enquête Cosali. Il comportait néanmoins des questions spécifiques à l'activité de l'entreprise, comme par exemple l'utilisation de matériel de manutention non motorisé (diable, transpalette, roll, brouette, caddie, etc.) ou l'utilisation d'outils vibrants tels que des visseuses Focus, des visseuses pneumatiques, de l'outillage pneumatique « à choc » ou des clés dynamométriques.

L'ensemble des salariés présents au moins un des cinq jours de recueil des données en février 2002 étaient invités à participer à l'enquête. Ils remplissaient les questionnaires après leur travail et étaient payés en heures supplémentaires. Sur 473 salariés que comptait l'entreprise au moment de l'enquête, 424 questionnaires étaient exploitables (90 %). Les 49 questionnaires manquants correspondaient aux absents et aux questionnaires non remplis ou inexploitable.

1.2.2. Industrie pharmaceutique

Une industrie pharmaceutique confrontée à un nombre croissant de TMS des membres et du rachis dans différents secteurs de l'entreprise a mené une enquête épidémiologique en 2009. L'objectif était de réaliser un état des lieux de la prévalence des symptômes musculo-squelettiques et des facteurs de risque de TMS afin de dépister les postes de travail à risque et d'engager une stratégie de prévention et de maintien en emploi des salariés souffrant de symptômes musculo-squelettiques.

Le questionnaire était également dérivé de celui de l'enquête Cosali et comprenait des questions spécifiques à l'activité de l'entreprise, comme par exemple l'utilisation d'une hotte aspirante ou d'une pipette électrique.

Le questionnaire a été distribué à l'ensemble des salariés présents sur le site les jours de l'enquête. En raison du nombre important d'intérimaires dans l'entreprise, il lui a été difficile de communiquer à l'équipe Ester le nombre exact de salariés au moment de l'enquête. Sur environ 1 500 salariés, 1 282 ont participé (~ 85 %).

2. Facteurs professionnels

Le tableau 25 présente les facteurs professionnels étudiés dans les trois articles de cette thèse selon les enquêtes.

Tableau 25 : Enquêtes et facteurs professionnels étudiés dans les trois parties de cette thèse

	Article 1 : Profils de salariés en fonction de leurs expositions aux facteurs organisationnels et psychosociaux	Article 2 : Test du modèle conceptuel (Figure 17 p 64)	Article 3 : Validation du modèle conceptuel dans 3 échantillons (Figure 17 p 64)
Enquêtes			
Cosali	X	X	X
Industrie automobile			X
Industrie pharmaceutique			X
Facteurs professionnels*			
Rythme de travail imposé par :			
Le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce**	X	X	X
La cadence automatique d'une machine**	X	X	X
La dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues	X		
Des normes de production, ou des délais, à respecter	X		
Une demande extérieure (public, client)	X		
Les contrôles ou une surveillance permanents	X		
Travail en équipe postée	X		
Polyvalence (1 jour ou plus par semaine)	X		
Répétition des mêmes actions plus de 2 à 4 fois environ par minute	X		
Latitude décisionnelle (JCQ)			
Autonomie décisionnelle (JCQ)			
Mon travail me permet souvent de prendre des décisions moi-même	X		
Dans ma tâche, j'ai très peu de liberté pour décider comment je fais mon travail	X		
J'ai la possibilité d'influencer le déroulement de mon travail	X		
Utilisation des compétences (JCQ)			
Dans mon travail, je dois apprendre des choses nouvelles	X		
Mon travail me demande d'être créatif	X		
Mon travail demande un haut niveau de compétence	X		
Dans mon travail, j'ai des activités variées	X		
J'ai l'occasion de développer mes compétences professionnelles	X		
Score d'autonomie décisionnelle (JCQ)***		X	X
Score d'utilisation des compétences (JCQ)***		X	X
Score de demande psychologique (JCQ)***		X	X
Score de soutien social de la hiérarchie (JCQ)***		X	X
Score de soutien social des collègues (JCQ)***		X	X
Intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg)		X	X
Travail avec les bras au-dessus des épaules		X	X
Travail avec les bras éloignés du corps		X	X

JCQ : Job content questionnaire ; RPE : Rating of perceived exertion.

*A l'inclusion pour Cosali.

**Les deux variables ont été combinées en une variable « Contraintes industrielles ».

***Voir annexe 2 pour le calcul des scores.

Dans la suite de cette thèse, la variable qui combine le « Rythme de travail imposé par le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce » et le « Rythme de travail imposé par la cadence automatique d'une machine cette variable » est nommée « Contraintes industrielles ». De même, la variable « Rythme de travail

imposé par une demande extérieure (public, client) » est nommé « Contraintes marchandes ». Ces termes sont issus d'études publiées à partir des données des enquêtes *Sumer* et *Conditions de travail* de la Dares (Volkoff et Gollac 1996; Gollac 2006; Algava et al. 2014).

L'analyse des profils de salariés en fonction de leurs expositions aux facteurs organisationnels et psychosociaux (article 1) était inspiré des travaux de Valeyre sur la caractérisation de formes d'organisation du travail réalisée à partir des données de l'enquête européenne sur les conditions de travail (Lorenz et Valeyre 2005; Valeyre 2006; Valeyre et al. 2009). Les auteurs avaient étudié l'autonomie dans le travail (autonomie dans les méthodes de travail et autonomie dans les cadences ou la vitesse de travail) et le contenu cognitif du travail (situations de résolution de problèmes imprévus, apprentissage de choses nouvelles dans le travail et complexité des tâches). L'enquête Cosali ne disposant pas de ces variables, il a été fait le choix de considérer huit items de la latitude décisionnelle du *Job Content Questionnaire* (l'item « Dans mon travail, j'effectue des tâches répétitives » n'a pas été sélectionné car il était trop corrélé à la répétition des tâches). Si l'on reprend la définition des facteurs organisationnels présentée dans la partie 3.1 du contexte, la caractérisation de profils de salariés en fonction de leurs expositions professionnelles dépend de variables à la fois organisationnelles et psychosociales.

Pour les analyses testant le modèle conceptuel présenté dans la Figure 17 p 64 (articles 2 et 3), ont été considérés comme facteurs organisationnels : le rythme de travail imposé par le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce et/ou la cadence automatique d'une machine et le rythme de travail imposé par une demande extérieure (public, client), qui sont, selon la définition présentée dans la partie 3.1 du contexte, des facteurs objectivables. Les dimensions du *Job Content Questionnaire* ont été considérées comme des expositions psychosociales. Les contraintes physiques (intensité des efforts physiques et abduction des bras) ont été sélectionnées en fonction de la revue de la littérature effectuée (partie 4.2.2 du contexte) et des résultats issus de précédentes analyses sur les données de la cohorte Cosali (Roquelaure et al. 2011; Bodin et al. 2012a, 2012b, 2012c).

3. Douleurs de l'épaule et SCR

Pour l'analyse des profils de salariés en fonction de leurs expositions aux facteurs organisationnels et psychosociaux (article 1), les douleurs de l'épaule et le SCR à l'inclusion ont été étudiés :

- la déclaration de douleurs de l'épaule au cours des 12 derniers mois,
- la déclaration de douleurs de l'épaule de plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois,
- la déclaration de douleurs de l'épaule permanentes au cours des 12 derniers mois,
- la déclaration de douleurs de l'épaule au cours des sept derniers jours,
- le diagnostic de SCR par les médecins du travail.

Pour le test du modèle conceptuel (Figure 17 p 64) dans Cosali (article 2), ont été étudiées pour approximer le SCR au suivi :

- la déclaration de douleurs de l'épaule au cours des 7 derniers jours avec une intensité supérieure ou égale à 2 (ce seuil a été retenu selon les analyses de Descatha et al. à partir des données de la phase d'inclusion de Cosali (Descatha et al. 2007)),
- la déclaration de douleurs de l'épaule de plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois (douleurs chroniques).

Pour l'article 3, les douleurs de l'épaule au suivi ont été étudiées pour Cosali. Pour les trois enquêtes, une variable à trois modalités a été créée :

- pas de douleurs de l'épaule,
- douleurs de l'épaule non chroniques : problèmes de l'épaule au cours des 7 derniers jours avec une intensité supérieure ou égale à 2 sans problèmes de l'épaule de plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois pour Cosali et l'industrie automobile et de plus de trois mois au cours des 12 derniers mois pour l'industrie pharmaceutique,
- douleurs de l'épaule chroniques : problèmes de l'épaule de plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois pour Cosali et l'industrie automobile et de plus de trois mois au cours des 12 derniers mois pour l'industrie pharmaceutique.

4. Méthodes statistiques

4.1. Classification de variables

L'objectif de la classification de variables est de construire des classes de variables homogènes et ainsi de supprimer l'information redondante. Chavent et al. ont développé deux algorithmes de classification de variables pouvant être mis en œuvre avec le logiciel R : un algorithme ascendant hiérarchique et un algorithme de partitionnement de type *k-means* (Chavent et al. 2012). Ces algorithmes visent à maximiser un critère d'homogénéité, basé sur le carré de la corrélation de Pearson pour des variables quantitatives et sur le rapport de corrélation pour des variables qualitatives.

Pour le premier article de cette thèse, n'ayant pas d'idée *a priori* sur le nombre de classes de variables à conserver, l'algorithme par classification ascendante hiérarchique (CAH) a été utilisé. Seules des variables qualitatives ont été classées.

4.1.1. Variable synthétique de la classe C_k

Pour chacune des classes de variables C_k , une variable synthétique y_k est définie comme la variable quantitative à laquelle les variables de la classe k sont le plus liées.

Dans le cas de variables qualitatives, la variable synthétique y_k est la solution du problème d'optimisation suivant :

$$y_k = \arg \max_{u \in \mathbb{R}^n} \sum_{z_j \in C_k} \eta_{u/z_j}^2$$

Il a été montré que y_k est la première composante principale issue de l'analyse des correspondances multiples (ACM) appliquée à Z_k la matrice formée par les colonnes de la matrice Z qui correspondent aux variables de la classe C_k . La variance empirique de y_k est égale à $\sum_{z_j \in C_k} \eta_{y_k/z_j}^2 = \lambda_1^k$ où λ_1^k est la première valeur propre issue de l'ACM de Z_k .

4.1.2. Homogénéité

L'homogénéité d'une classe C_k , appelé $H(C_k)$, mesure l'adéquation entre les variables z_j de la classe k et la variable synthétique y_k :

$$H(C_k) = \sum_{z_j \in C_k} \eta_{y_k/z_j}^2$$

L'homogénéité d'une partition P_k , appelé $H(P_k)$, est définie par la somme des homogénéités des k classes qui la composent :

$$H(P_k) = \sum_{k=1}^K H(C_k) = \lambda_1^1 + \dots + \lambda_1^k \quad \text{où } \lambda_1^1 + \dots + \lambda_1^k \text{ sont les premières valeurs propres issues des ACM appliquées à chacune des } k \text{ classes de } P_k.$$

4.1.3. Algorithme de classification ascendante hiérarchique

La CAH des variables est basée sur l'optimisation du critère d'homogénéité. L'algorithme de classification est le suivant (Kuentz-Simonet et al. 2013) :

- Etape 1 : z variables qualitatives à classer (J classes)
- Etape 2 : les deux variables ayant la plus petite dissimilarité sont agrégées en un nouvel élément, une partition en J-1 classes est obtenue. La dissimilarité d est égale à : $d(A,B) = H(A) + H(B) - H(A \cup B)$
- Etape m : le processus est réitéré jusqu'à n'obtenir qu'un seul élément.

Ces regroupements successifs produisent un arbre de classification appelé dendrogramme (Figure 19).

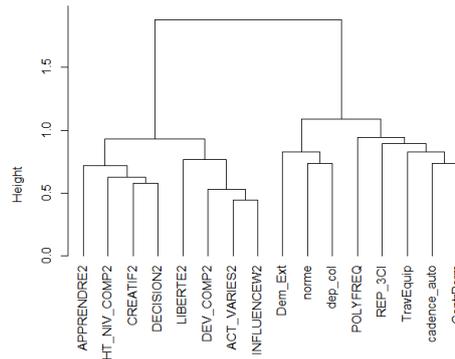


Figure 19 : Exemple de dendrogramme issu d'une classification ascendante hiérarchique de 16 variables qualitatives

4.1.4. Choix du nombre de classes

Des méthodes graphiques permettent de sélectionner le nombre de classes de variables à conserver. L'observation du dendrogramme (Figure 19) peut être complétée par l'observation de l'évolution du critère d'agrégation en fonction du nombre de classes (Figure 20). Un coude correspond à l'agrégation de classes très différentes. Sur la figure 20, la partition en trois classes pourrait être sélectionnée.

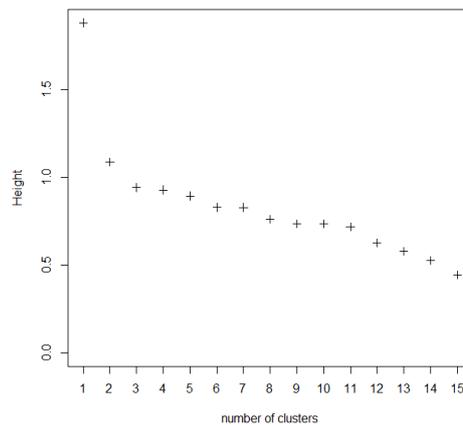


Figure 20 : Exemple de l'évolution du critère de classification de 16 variables qualitatives

Afin d'évaluer la stabilité des partitions de variables et de confirmer le nombre de classes sélectionnées, une approche de type *bootstrap* peut aussi être utilisée. Dans cette thèse, 100 échantillons *bootstrap* ont été tirés au

sort parmi les n observations de l'échantillon puis la CAH a été appliquée à ces 100 échantillons. Pour chaque réplique de l'échantillon, les partitions de 2 à $p-1$ classes sont comparées aux partitions de la hiérarchie initiale au moyen du critère de Rand corrigé. Ce critère mesure le pourcentage d'accord entre deux partitions, plus cette valeur est proche de 1, plus les partitions se ressemblent. La moyenne des 100 indices de Rand corrigés est calculée et représentée graphiquement (Figure 21).

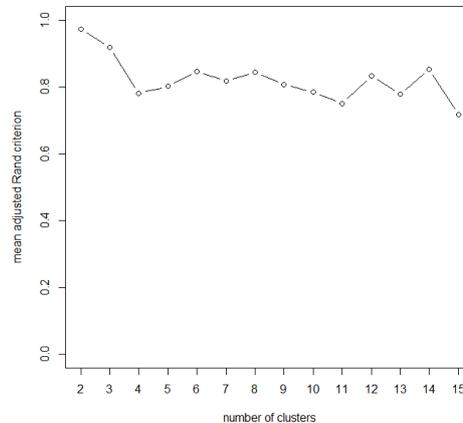


Figure 21 : Exemple de stabilité des partitions pour une classification de 16 variables qualitatives

Le choix du nombre de classes doit également dépendre de l'interprétation qui peut être faite des classes.

Les CAH de variables ont été effectuées avec le logiciel R et le package *ClustofVar* (Chavent et al. 2012).

4.2. Classification des individus

Les méthodes de classification des individus permettent de regrouper des individus en plusieurs classes les plus homogènes possibles. Pour le premier article de cette thèse, n'ayant pas d'idée *a priori* sur le nombre de classes à conserver, l'algorithme de la CAH a été choisi. L'algorithme de la CAH est le suivant (Lebart et al. 2000) :

- Etape 1 : n individus à classer
- Etape 2 : une matrice des distances est construite entre les n individus et les deux individus les plus proches sont agrégés en un nouvel élément. Une partition en $n-1$ classes est obtenue.
- Etape 3 : une nouvelle matrice des distances est construite avec le nouvel élément. Les deux éléments les plus proches sont agrégés et une partition en $n-2$ classes est obtenue.
- Etape m : le processus est réitéré jusqu'à n'obtenir qu'un seul élément.

Ces regroupements successifs produisent un arbre de classification appelé dendrogramme. Plusieurs méthodes existent pour agréger deux classes, la plus courante, également utilisée dans le premier article de cette thèse, est la méthode de Ward. Cette méthode agrège les éléments de façon à minimiser la variance interne de chaque classe (inertie intra-classes) et à maximiser la variance entre les classes (inertie inter-classes, Figure 22).

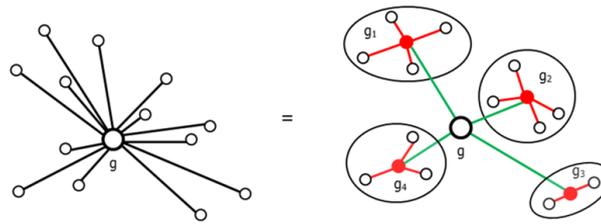


Figure 22 : Décomposition de l'inertie selon le théorème de Huygens (en noir : inertie totale, en rouge : inertie intra-classes, en vert : inertie : inter-classes) (Source : Lebart et al. 2000)

La décomposition de l'inertie selon le théorème de Huygens est donnée par la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Inertie totale} &= \text{Inertie inter-classes} + \text{Inertie intra-classes} \\ &= \sum_q m_q \|g_q - g\|^2 + \sum_q \sum_{i \in q} m_i \|x_i - g_q\|^2 \end{aligned}$$

où m_q est la masse de la classe q ,

g_q est le centre de gravité de la classe q ,

g est le centre de gravité du nuage de points,

m_i est la masse du point x_i ,

x_i est un point du nuage de points.

A l'étape initiale, l'inertie intra-classes est nulle et l'inertie inter-classes est égale à l'inertie totale du nuage puisque chaque individu constitue une classe. A l'étape finale, l'inertie inter-classes est nulle et l'inertie intra-classes est égale à l'inertie totale.

La visualisation du dendrogramme et de l'histogramme des indices de niveau (Figure 23) aident à déterminer le nombre de classes à retenir. Chaque barre de l'histogramme des indices de niveau correspond à la valeur de l'indice d'une agrégation. Sur la figure 23, un saut important est observé entre le quatrième et le cinquième indices suggérant une bonne partition en cinq classes.

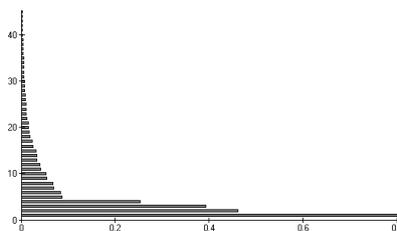


Figure 23 : Exemple d'histogramme des indices de niveau

Enfin, une étape de consolidation permet de réaffecter les individus d'une classe à une autre classe dont ils sont plus proches de façon à améliorer l'homogénéité à l'intérieur des classes. Ce processus s'effectue par des itérations successives en utilisant la technique des « centres mobiles » (Lebart et al. 2000). Les centres mobiles sont initialement les centres de gravité des classes obtenues. Dans cette thèse, le nombre d'itérations a été fixé à 10.

Les CAH d'individus ont été effectuées avec le logiciel SPAD et les commandes *Recip* et *Parti*.

4.3. Modèles à équations structurelles

L'objectif des modèles à équations structurelles (SEM) est de confirmer un modèle conceptuel dans lequel des hypothèses sur les relations directes et indirectes entre les variables sont émises (MacCallum et Austin 2000; Lei et Wu 2007; Beran et Violato 2010; Dumas et al. 2014).

4.3.1. Concepts généraux

Les variables observées ou variables manifestes sont les variables qui sont recueillies alors que les variables latentes sont des variables non observables qui peuvent être estimées à partir de plusieurs variables observées. Les SEM diffèrent de l'analyse de chemins par l'introduction de concepts latents.

A la différence des modèles de régression classique qui étudient les relations entre une variable à expliquer et plusieurs variables explicatives, dans les SEM, une variable peut être à la fois variable à expliquer et variable explicative. Les SEM introduisent les notions de « variables exogènes » et de « variables endogènes ». Les variables exogènes sont les variables qui ne sont pas influencées par une autre variable, alors que les variables endogènes sont les variables influencées par au moins une autre variable, qu'elle soit exogène ou endogène.

4.3.2. Représentations graphiques

Les SEM peuvent être représentés graphiquement sous la forme d'un diagramme de chemin (*path diagram*) (Figure 24) en respectant certaines règles :

- les flèches unidirectionnelles représentent une relation supposée causale entre deux variables,
- les flèches bidirectionnelles représentent une corrélation entre deux variables sans hypothèse sur le sens de la relation,
- les variables observées sont représentées sous forme de rectangles,
- les variables latentes sont représentées sous forme d'ovales.

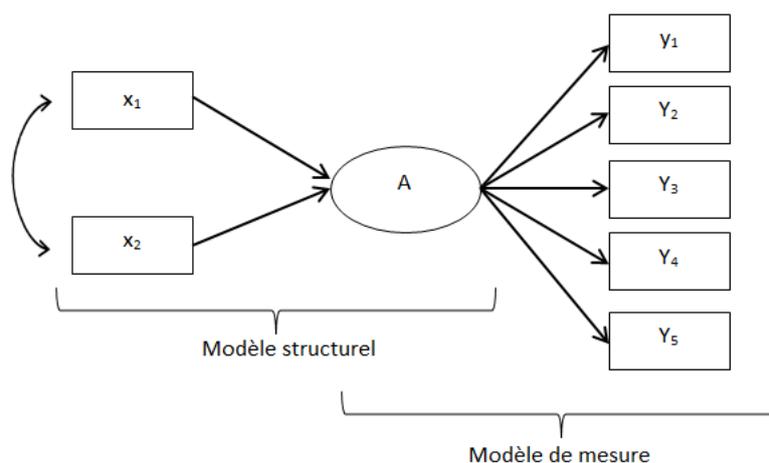


Figure 24 : Exemple de diagramme de chemin (Source : Lei et Wu 2007)

4.3.3. Spécification du modèle

L'étape de spécification du modèle revient à représenter graphiquement les hypothèses de recherche à l'aide d'un diagramme de chemin. Un modèle est proposé selon les connaissances issues de la littérature dans lequel des relations entre variables latentes et observées sont établies. Les paramètres sont définis comme étant libres ou fixes. Un paramètre libre est un paramètre inconnu dont l'estimation est nécessaire. A l'inverse, un paramètre fixe est un paramètre dont la valeur est fixée, généralement à 0 (Malhotra et al. 2014; Mansiaux 2014; Guilleux 2016).

4.3.4. Identification du modèle

L'identification du modèle permet de savoir si la matrice de covariance contient suffisamment d'informations pour permettre d'estimer un ensemble d'équations structurelles (Malhotra et al. 2014; Mansiaux 2014; Guilleux 2016).

Si l'on a p variables manifestes, il est possible d'estimer jusqu'à $(p*(p+1))/2$ paramètres. L'identification dépend du nombre de degrés de liberté (ddl) :

$$ddl = \frac{p*(p+1)}{2} - t$$

où p est le nombre de variables manifestes,
 t le nombre de paramètres libres à estimer.

Le modèle est sous-identifié si le nombre de paramètres libres à estimer est supérieur au nombre de valeurs distinctes de la matrice de covariance (c'est-à-dire si $ddl < 0$). Il est alors impossible d'estimer une solution unique.

Le modèle est sur-identifié si le nombre de paramètres libres à estimer est inférieur au nombre de valeurs distinctes de la matrice de variance-covariance (c'est-à-dire si $ddl > 0$). Il est possible d'estimer des paramètres uniques.

4.3.5. Estimation du modèle

Les SEM ont été initialement implémentés pour des variables continues et la méthode du maximum de vraisemblance (ML) est couramment utilisée pour estimer les paramètres. Pour des variables qualitatives, il est recommandé d'utiliser une méthode des moindres carrés pondérés (WLS : *Weighted least squares*).

Dans les articles 2 et 3 de cette thèse, l'estimateur robuste WLSMV (*Weighted least square mean and variance adjusted*) a été utilisé. Cet estimateur ne suppose pas que les variables soient normalement distribuées. La diagonale de la matrice des poids pondérés, DWLS (*Diagonally weighted least squares*), est utilisée pour estimer les paramètres du modèle et la matrice pondérée complète est utilisée pour estimer les erreurs standards robustes des paramètres (Finney et DiStefano 2006).

4.3.6. Evaluation du modèle

Il existe plusieurs indices permettant d'évaluer la qualité d'ajustement d'un modèle SEM mais aucun consensus n'a établi lesquels utiliser selon les contextes (Hu et Bentler 1999; Hooper et al. 2008; Malhotra et al. 2014).

a) Indices absolus d'ajustement

Les indices absolus d'ajustement permettent de vérifier la similarité entre le modèle théorique et les données observées.

Le **test du χ^2** est couramment utilisé. Il sert à tester la différence entre la matrice de covariance de l'échantillon observé (S) et la matrice de covariance estimée (Σ_k).

$$\chi^2 = (n-1) * (S - \Sigma_k)$$

L'hypothèse nulle correspond à la bonne adéquation du modèle. L'utilisation du test du χ^2 pour évaluer les modèles SEM est toutefois critiquée, car ce test est sensible à la taille de l'échantillon, plus la taille de l'échantillon est grande, plus il a tendance à être significatif.

L'utilisation de l'indice **RMSEA** (*Root mean square error of approximation*) est également très répandue. Il mesure la différence entre la matrice de covariances théorique et la matrice de covariance de la population.

$$RMSEA = \max\left(\frac{\sqrt{(\chi^2 - ddl)}}{\sqrt{ddl * (n-1)}}, 0\right)$$

Des valeurs inférieures à 0,07 sont généralement associées à un modèle avec une adéquation aux données satisfaisantes. L'utilisation du RMSEA est recommandée en raison de sa sensibilité à de mauvaises spécifications du modèle.

b) Indices incrémentaux d'ajustement

Les indices incrémentaux d'ajustement permettent de comparer le modèle testé et le modèle d'indépendance dans lequel toutes les variables sont supposées être non corrélées.

Le **CFI** (*Comparative fit index*) compare l'ajustement du modèle testé χ^2_{test} au modèle d'indépendance χ^2_{nul} .

$$CFI = 1 - \frac{\chi^2_{test} - ddl_{test}}{\chi^2_{nul} - ddl_{nul}}$$

Le CFI varie entre 0 et 1. Cependant, il peut s'avérer pénalisant selon la taille de l'échantillon.

Le **NFI** (*Normed fit index*) est le ratio de la différence entre le χ^2 du modèle testé χ^2_{test} et celui du modèle d'indépendance χ^2_{nul} .

$$NFI = \frac{\chi^2_{nul} - \chi^2_{test}}{\chi^2_{nul}}$$

Le NFI varie de 0 et 1. Cependant, plus les paramètres dans le modèle testé sont nombreux, plus le NFI est élevé. Ainsi, l'utilisation du **TLI** (*Tucker Lewis index*) ou **NNFI** (*Non-normed fit index*) est privilégié.

$$TFI = \frac{(\chi^2_{nul} / ddl_{nul}) - (\chi^2_{test} / ddl_{test})}{(\chi^2_{nul} / ddl_{nul}) - 1}$$

Le TLI n'est pas normalisé, de ce fait ses valeurs sont susceptibles de dépasser la valeur 1.

Le **RNI** (*Relative noncentrality index*) est un autre indice incrémental dont les valeurs varient de 0 à 1 (Hu et Bentler 1999).

$$RNI = \frac{(\chi^2_{nul} - ddl_{nul}) - (\chi^2_{test} - ddl_{test})}{\chi^2_{nul} / ddl_{nul}}$$

Pour l'ensemble de ces indices, des valeurs supérieures à 0,95 sont généralement considérées comme satisfaisantes.

4.3.7. Modification éventuelle du modèle

En cas de mauvais ajustement du modèle, le modèle peut être modifié en supprimant des relations qui ne sont pas significatives et/ou en spécifiant des relations qui n'avaient pas été prises en compte dans le modèle testé.

Les indices de modifications (MI : *modification indices*) sont des mesures associées à des paramètres fixes du modèle. Ils peuvent être utilisés pour aider à identifier des contraintes exercées sur des paramètres qui nuisent à la qualité du modèle (Mansiaux 2014).

Il est également nécessaire de vérifier la cohérence des signes des paramètres estimés par rapport aux hypothèses émises.

4.3.8. Modèle final

Une fois le modèle final obtenu, les paramètres du modèle peuvent être interprétés. En cas de variables observées mesurées selon différentes échelles, il est recommandé de standardiser les paramètres pour aider à leur interprétation (Amorim et al. 2010). Ces paramètres standardisés sont interprétables en termes de corrélation variant de -1 à 1.

Les SEM ont été effectués avec le logiciel R et le package *lavaan* (Rosseel 2012).

Formes d'organisation du travail dans les Pays de la Loire et associations avec les douleurs de l'épaule et le SCR

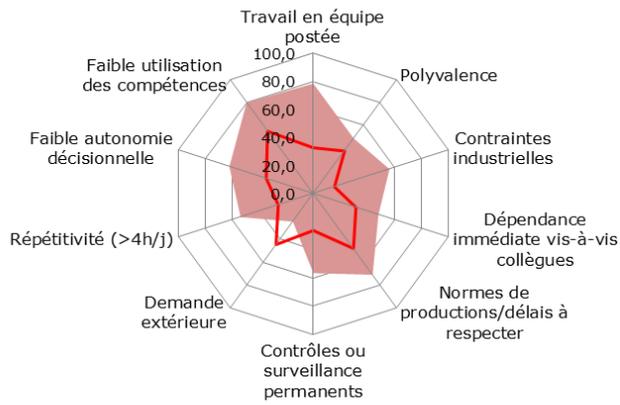
Article 1. Forms of work organization and their associations with shoulder disorders: results from a French working population.

Bodin J, Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Fouquet N, Caroly S, Roquelaure Y.
Applied Ergonomics. 2017;59(Part A):1-10.

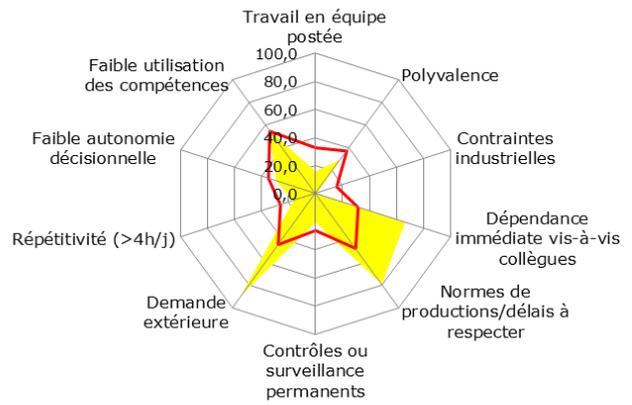
Les points à retenir

- Plusieurs études ont identifié des modèles d'organisation du travail à partir de données de grandes enquêtes. Cependant, les formes d'organisation du travail différaient selon les études et peu de ces études avaient étudié le lien entre les formes d'organisation et les TMS ou uniquement par auto-questionnaire.
- Cette étude a permis de classer les salariés de la cohorte Cosali en fonction de leurs expositions aux facteurs organisationnels et psychosociaux.
- Cinq classes ont été identifiées : « contraintes de rythme fortes et faible latitude décisionnelle », « contraintes de rythme fortes et latitude décisionnelle moyenne », « contraintes de rythme faibles et faible latitude décisionnelle », « contraintes de rythme fortes et forte latitude décisionnelle » et « contraintes de rythme faibles et forte latitude décisionnelle » (Figure 25).
- La classe 1 (« contraintes de rythme fortes et faible latitude décisionnelle »), composé de 22 % des salariés de l'échantillon, pouvait s'apparenter à une organisation de type taylorien. Ces salariés avaient plus de douleurs de l'épaule et de SCR que les salariés des autres classes.
- Les autres classes ne permettaient pas de caractériser d'autres modèles d'organisation du travail. Des variables indispensables pour identifier des organisations de type *lean* ou apprenante, tels que le travail en juste-à-temps, l'auto-contrôle de la qualité du travail, n'étaient pas disponibles. En conséquence, ces profils n'ont pas été utilisés pour la suite de cette thèse.

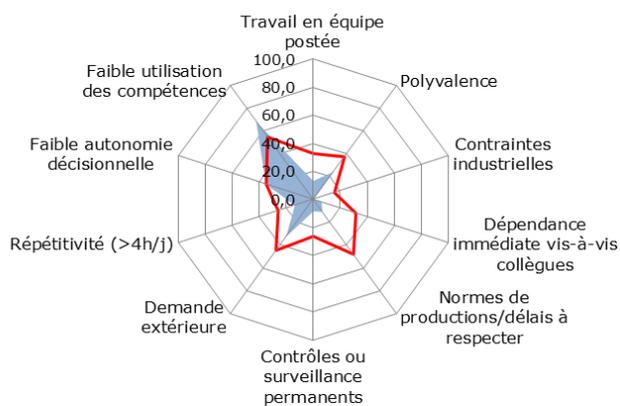
①



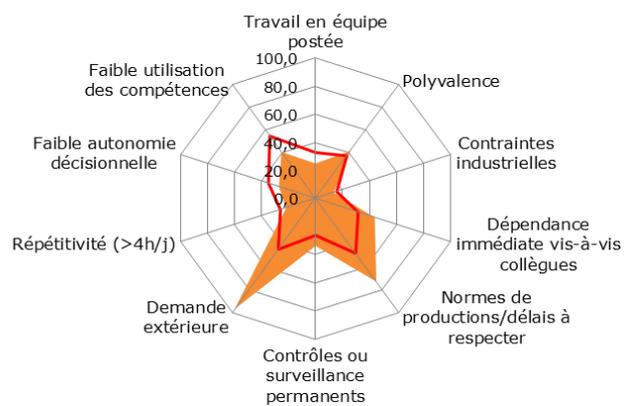
②



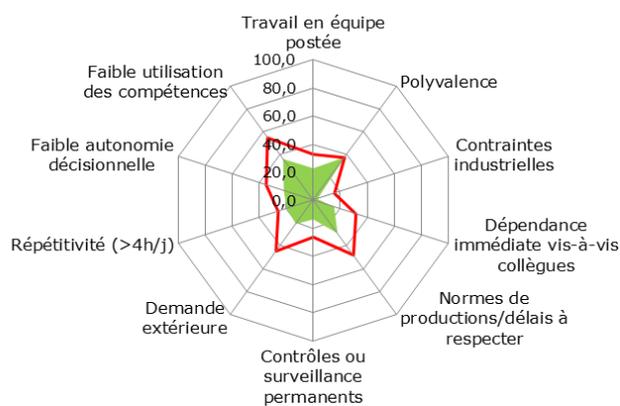
③



④

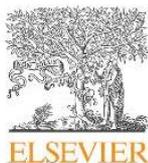


⑤



- Ensemble de l'échantillon
- Contraintes de rythme fortes et faible latitude décisionnelle
- Contraintes de rythme fortes et latitude décisionnelle moyenne
- Contraintes de rythme faibles et faible latitude décisionnelle
- Contraintes de rythme fortes et forte latitude décisionnelle
- Contraintes de rythme faibles et forte latitude décisionnelle

Figure 25 : Description des cinq classes mises en évidence dans l'étude Cosali en fonction des variables organisationnelles et psychosociales



Forms of work organization and associations with shoulder disorders: Results from a French working population



Julie Bodin^{a,*}, Ronan Garlantézec^{b,c}, Nathalie Costet^b, Alexis Descatha^{d,e},
Natacha Fouquet^{a,f}, Sandrine Caroly^g, Yves Roquelaure^{a,h}

^a University of Angers, Laboratory of Ergonomics and Epidemiology in Occupational Health (LEEST), Angers, France

^b IRSET INSERM U1085, University Rennes 1, Rennes, France

^c EHESP, School of Public Health, Rennes, France

^d INSERM, UMS 011, 'Population-Based Epidemiological Cohorts' Research Unit, Villejuif, France

^e Univ Versailles St-Quentin, Versailles, France

^f Santé Publique France, French National Public Health Agency, Direction of Occupational Health, Saint-Maurice, France

^g Laboratory PACTE, University of Grenoble, Grenoble, Alpes, France

^h CHU Angers, Angers, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 July 2015

Received in revised form

29 July 2016

Accepted 30 July 2016

Keywords:

Work organization

Classification

Shoulder disorders

ABSTRACT

The aim of this study was to identify forms of work organization in a French region and to study associations with the occurrence of symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders in workers. Workers were randomly included in this cross-sectional study from 2002 to 2005. Sixteen organizational variables were assessed by a self-administered questionnaire: i.e. shift work, job rotation, repetitiveness of tasks, paced work/automatic rate, work pace dependent on quantified targets, permanent controls or surveillance, colleagues' work and customer demand, and eight variables measuring decision latitude. Five forms of work organization were identified using hierarchical cluster analysis (HCA) of variables and HCA of workers: *low decision latitude with pace constraints*, *medium decision latitude with pace constraints*, *low decision latitude with low pace constraints*, *high decision latitude with pace constraints* and *high decision latitude with low pace constraints*. There were significant associations between forms of work organization and symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders.

© 2016 Published by Elsevier Ltd.

1. Introduction

Several models of work systems coexist in industrial and service sectors, such as the Japanese lean production (or Toyotism), the American human resource model, the Swedish sociotechnical systems, the Italian flexible specialization and the German diversified quality production (Coutrot, 1998; Drago, 1995). They differ according to the target market (mass consumption, niche market, upscale, etc.), the work organization (defined by Hagberg et al. as the more "objective aspects of how the work is organized, supervised and carried out" (Hagberg et al., 1995), such as for example the application of an ISO quality standard, teamwork, job rotation, autonomy), human resource management (modality of payment,

training, etc.) and professional relations (trade union, participation, etc.). For example, lean production aims to eliminate waste and is based on several principles including Total Quality Management (TQM) and just-in-time (JIT) (Brännmark and Håkansson, 2012; Coutrot, 1998; Koukoulaki, 2014; Landsbergis et al., 1999). However, all production systems tend to offer more flexibility and reactivity to the market and customer demands and can, according to some studies, lead to work intensification (Westgaard and Winkel, 2011; European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2003).

Musculoskeletal disorders (MSDs) are the most commonly occurring occupational diseases in France, representing 87% of occupational diseases (45079 cases) in 2014 (Assurance maladie - Risques professionnels, 2015). Shoulder disorders represented 29% of all MSDs. The shoulder is the second most frequent location of MSDs, after the wrist/hand locations (40%) but it causes longer periods of absence from work, loss of productivity and higher economic costs for employers (Hopman et al., 2013; Kuijpers et al.,

* Corresponding author. LEEST – UA Santé publique France – EA 4336, UFR Santé – Département Médecine, Rue Haute de Reculée, 49045 Angers Cedex 01, France.
E-mail address: julie.bodin@univ-angers.fr (J. Bodin).

2004; van der Windt et al., 2000; van Rijn et al., 2010).

Most studies of the risk factors for shoulder disorders have focused on direct biomechanical risk factors (e.g. postures, vibration) determining the mechanical load applied to soft tissues. Some studies have taken psychosocial risk factors into consideration, classically defined by Hagberg et al. as “the subjective perceptions of work organizational factors” and how they are perceived by workers (Hagberg et al., 1995). Most epidemiological studies in the literature refer to the models of stress at work such as the Job Demand Control (JDC) model and the Effort-Reward Imbalance (ERI) model. However, few have studied the influence of factors related to the work organization. Factors related to the work organization correspond to many dimensions (e.g. processes, rotation, links with hierarchy, training) and can be evaluated by consulting the company's internal documents and by interview or self-administered questionnaire for the management (Amossé and Coutrot, 2008; Amossé et al., 2014; Härenstam et al., 2004) or workers (Carayon, 1994; Engkvist et al., 2001; European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2012). Hagberg et al. indicated that “organizational and psychosocial factors may be the same (e.g. career structuring in an organization), but psychosocial factors carry 'emotional' value for the worker”.

Several conceptual models linking work organization and MSDs have been developed (Bellemare et al., 2002; Carayon et al., 1999; Karsh, 2006; Sauter and Swanson, 1996). Our research group has proposed a multidimensional conceptual model of MSDs for the purpose of epidemiological studies (Roquelaure, 2016). According to these models, the work organization is a major determinant of biomechanical and psychosocial constraints. For example, the temporal (cycle time, work/rest period, etc.) and physical (workstation dimensions, loads and force level required, etc.) characteristics of the work situation determine exposure to biomechanical factors (Askenazy et al., 2002; Askenazy and Caroli, 2010; Brännmark and Håkansson, 2012; Koukoulaki, 2014; Landsbergis et al., 1999; St-Vincent et al., 2014; Westgaard and Winkel, 2011). Similarly, work organization and management practices influence work-related psychosocial factors by determining the human resources allocated to the production activity, and also the quality of work relationships and social support. Factors related to work organization therefore determine the main risk factors for MSDs (i.e. biomechanical and psychosocial factors) and can be considered as indirect risk factors for MSDs. For example, the pace of work production determines the repetitiveness of arm movement, and consequently it is important to act on the pace of work in order to reduce the repetitiveness and thus reduce the risk of MSDs. Work organization and management practices influence not only work-related constraints, but also individual resources to interact with their work environment and to cope with these constraints (Lazarus, 1991; St-Vincent et al., 2014). Indeed, as suggested by Sauter & Swanson (Sauter and Swanson, 1996), the development of musculoskeletal symptoms is mediated not only by physiological strain of the soft tissues, but also by a complex of cognitive processes involving the detection and labelling/attribution of somatic information as symptoms of MSDs. The latter psychological mechanisms have a major role in the appearance and prognosis of MSDs (Bongers et al., 2006), but are difficult to evaluate by epidemiological studies.

There is conflicting evidence regarding the relationships between organizational practices (e.g. application of an ISO quality standard, teamwork, quality circles, job rotation) and the risk of MSDs (Askenazy and Caroli, 2010; Askenazy et al., 2002; Brännmark and Håkansson, 2012; Ferreira Júnior et al., 1997; Landsbergis et al., 1999; Marklund et al., 2008; Westgaard and Winkel, 2011). Using the data of the epidemiologic MSD surveillance system in the Pays de la Loire region (Loire Valley district,

west-central France) (Ha et al., 2009), we studied the role of biomechanical, psychological and organizational factors in MSDs. We showed no or moderate associations between organizational (e.g. work pace dependent on automatic rate, work with temporary workers) and psychological factors (e.g. high psychosocial demand, low decision authority, low social support) and shoulder disorders, biomechanical factors being predominant (Bodin et al., 2012a, 2012b, 2012c; Roquelaure et al., 2011).

Nevertheless work organization cannot be summarized in a single variable which could wrongly express several embedded dimensions, such as teamwork, job rotation and autonomy (Caroly et al., 2010). A few studies have identified forms of work organization based on several organizational and psychosocial variables using classification methods (Amossé and Coutrot, 2008; Amossé et al., 2014; Carayon, 1994; Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Engkvist et al., 2001; Härenstam et al., 2004; Leijon et al., 2006; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009), but none has focused on the risk of shoulder pain.

We hypothesize that some forms of work organization with high organizational constraints carry more risk for shoulder disorders than others. Identifying such forms of work organization more accurately could be useful to improve understanding of the relationships between work organization and MSDs, in particular shoulder disorders. From a practical point of view, organizational factors might be levers for action for ergonomists to reduce exposure to biomechanical and psychosocial factors and thus reduce the prevalence of shoulder disorders. This could help ergonomists to implement preventive actions for workers exposed to these deleterious forms of work organization (Roquelaure, 2015).

The aim of the present epidemiological study was first to identify forms of work organization characterized by patterns of organizational and psychosocial variables in a sample of French workers, and secondly to compare symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders according to these different forms of work organization.

2. Methods

2.1. Participants

This cross-sectional study was based on a large sample of workers of the Loire Valley region (West Central France, French Public Health Agency). All salaried workers in France, including temporary and part-time workers, undergo a mandatory health examination by an occupational physician (OP) in charge of the medical surveillance of a group of companies. All OPs practicing in this region between 2002 and 2005 were invited to participate, and 83 of them (18%) volunteered to take part in the study. Workers were selected at random, following a two-stage sampling procedure: first, 15 to 30 half-days of scheduled examinations for each OP were chosen for sampling by the investigators. Next, each OP was asked to randomly select one from the scheduled ten workers on the selected half-days of worker examinations (Roquelaure et al., 2006). The selected workers were then examined by the OPs. A total of 3710 workers were included (2.0% of workers surveyed by the 83 OPs). Comparison of their socio-economic status with the French census (1999) (<http://www.insee.fr>) showed no major differences for either gender. Overall, the distribution of occupations was close to that of the regional workforce, except for the few occupations not surveyed by OPs (e.g., shopkeepers and independent workers) (Roquelaure et al., 2006).

Craftsmen, salesmen and managers who are mainly self-employed workers can decide for themselves about their work organization, and thus they were not comparable to salaried workers. Moreover, there were very few ($n = 16$) and thus were not

comparable to craftsmen, salesmen and managers of the region. Analysis on this group was not possible and we therefore decided to exclude these occupations. The same was true for agriculture workers ($n = 71$). Moreover, workers with values missing for at least one of the organizational variables studied were excluded ($n = 382$). The final sample size was 3241 (Fig. 1).

A self-administered questionnaire was completed by workers before the medical examination performed by the OP. The work constraints and work organization factors evaluated in this study are thus the workers' perceptions.

2.2. Variables

2.2.1. Organizational variables

Sixteen organizational variables were studied according to the literature (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009). The questions were derived from large French studies, e.g. the SUMER survey (medical surveillance of occupational risks) of the DARES (Directorate for Research, Studies, and Statistics):

- Shift work: "Do you work shifts (2×8 , 3×8 or more)?" The question had three response options: no; yes in fixed teams; yes in alternating teams. In fixed teams, workers still work in the same time slot. In alternating teams, schedules change according to the time period.
- Job/task rotation: "Do you occupy different jobs or positions (polyvalence) at work?" The question was graded according to five response options: almost never/never; one to 3 days per month; one day per week; 2–4 days per week; daily. The question was analyzed in two modalities: less than one day per week and one day per week or more.
- Repetitiveness of tasks: "Does your job usually require you to repeatedly perform the same actions more than about 2–4 times per minute?" Response categories were presented on a 4-level Likert-type scale, as follows: never; less than 2 h/day; 2–4 h/day; more than 4 h/day. The question was analyzed in three modalities: never or less than 2 h/day; 2–4 h/day; more than 4 h/day.
- Five binary variables (yes/no) measuring the work pace: "During a typical day, is your work pace imposed on you by ... ?"
 - Paced work/automatic rate
 - Colleagues' work
 - Quantified targets
 - Permanent controls or surveillance

◦ Customer demand

- Eight variables measuring decision latitude were assessed from the Job Content Questionnaire (JCQ) (Karasek et al., 1998; Niedhammer et al., 2006): three referring to the decision authority (allows own decisions, little decision freedom and a lot of say) and five referring to the skill discretion (learning new things, requires creativity, high skill level, variety, develop own abilities). Answers were graded according to the following 4-level Likert-type scale: totally disagree, disagree, agree, and totally agree, and for the analyses, the "totally disagree" and "disagree" categories were grouped due to the small number of subjects who responded to "totally disagree". The variable "little decision freedom" was formulated in a negative way, so it was analyzed in three modalities: totally disagree, disagree and agree/totally agree. Decision latitude refers to the leeway which the worker has to influence decisions in his work and to use or develop skills. The "repetitive work" variable was not studied because it was too close to the variable "repetitiveness of tasks". The decision latitude dimension of the JCQ was taken into consideration because it was close to the questions used in previous studies (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009) identifying forms of work organization (i.e. autonomy and cognitive content of work) in contrast to the two other dimensions of JCQ (i.e. psychosocial job demand and social support).

2.2.2. Shoulder disorders

The presence of non-specific shoulder pain during the preceding 12 months and the preceding seven days was assessed in the questionnaire by means of a modified version of the standardized Nordic-style questionnaire (Hagberg et al., 1995; Kuorinka et al., 1987). A mannequin was used to denote the different anatomical regions. The duration of pain during the preceding 12 months was noted (<24 h, 1–7 days, 8–30 days, >30 days and permanently). If pain of any duration had occurred during the preceding 12 months, a physical examination was performed by the OP using a standardized clinical procedure based on the criteria document for the evaluation of work-related MSDs (Sluiter et al., 2001). Rotator cuff syndrome was diagnosed if (i) there was intermittent pain in the shoulder region (without paresthesia) currently or for at least 4 days during the preceding seven days, worsened by active elevation of the upper arm as in scratching the upper back; and (ii) at least one of the following shoulder tests was positive: resisted shoulder abduction, external or internal rotation; resisted elbow flexion; painful arc on active upper arm test (abduction-elevation).

2.2.3. Coding of occupations and economic sectors

Occupations were assessed in the self-administered questionnaire, and occupation categories were coded using the French classification of occupations (Nomenclature des Professions et Catégories Socioprofessionnelles [PCS]) published by the French National Institute of Statistics and Economic Studies (INSEE) in 1994. Economic sectors were identified by the OP and coded using the French version of the statistical classification of economic activities in the European Community (Nomenclature d'Activités Françaises [NAF]) published by INSEE in 2000.

2.3. Statistical analysis

No assumption was made in this study about possible differences in organizational forms according to gender (Amossé and Coutrot, 2008; Amossé et al., 2014; Carayon, 1994; Härenstam et al., 2004; Leijon et al., 2006; Lorenz and Valeyre, 2005;

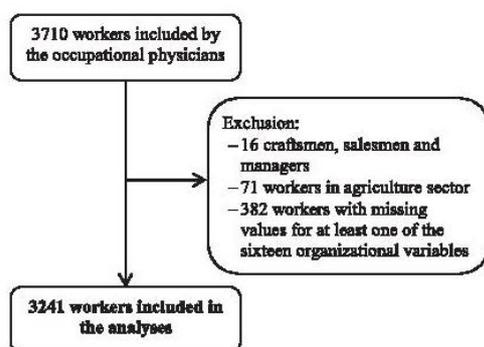


Fig. 1. Study population flowchart.

Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009). In the initial step, the analyses were stratified according to occupational category (using the French classification of occupations, PCS) in order to establish independent clusters on this criterion (Amosse et al., 2014); three groups of workers were studied: 1) upper-grade white-collar workers and professionals/technicians and associate professionals, 2) lower-grade white-collar workers and 3) blue-collar workers. For each group of occupational categories, clustering of the organizational variables was first performed with hierarchical cluster analysis (HCA). The aim of this method was to group the 16 organizational variables selected into homogeneous clusters, thus creating a synthetic quantitative variable for each cluster of variables identified (Chavent et al., 2012; Kuentz-Simonet et al., 2012). The dendrogram of variables and plot of aggregation levels were used to decide the number of clusters to be retained (Appendix A). The stability of the partitions of variables was evaluated by a bootstrap approach (100 replication bootstrap samples, Appendix A) (Chavent et al., 2012; Kuentz-Simonet et al., 2012). Clustering of workers using the previously obtained synthetic variables was then performed using hierarchical cluster analysis (Ward's method) (Cuadras and Rao, 1993). The bootstrap resampling method was performed to test the stability of the partition of workers retained (100 replication bootstrap samples). Hierarchical cluster analysis of workers was performed on these 100 samples, and partitions in x clusters (number of clusters of workers retained in the study sample) were compared with the partition in x clusters from the study data set using the adjusted Rand index (Rand, 1971). This index ranges from 0 (no agreement) to 1 (perfect agreement). The mean adjusted Rand index was then calculated.

In the second step, clusters were compared and characterized for each occupational category according to the 16 organizational variables. Then clusters of upper-grade white-collar workers, professionals, technicians and associate professionals, lower-grade white-collar workers and blue-collar workers with similar organizational constraints were grouped to form homogeneous forms of work organization.

Forms of work organization were compared according to gender, age, occupational characteristics and symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders using Chi2 tests. Finally, the associations between symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders and forms of work organization were examined in five separate logistic regression models adjusted for age, separately for men and women following the recommendations for the study of MSDs (Messing et al., 2009; Silverstein et al., 2009). The five independent variables were shoulder pain of any duration during the preceding 12 months, shoulder pain lasting more than 30 days during the preceding 12 months, permanent shoulder pain during the preceding 12 months, shoulder pain during the preceding seven days and rotator cuff syndrome. Statistical significance was defined as a p -value lower than 0.05.

The clustering of variables and the logistic regression models were performed using the ClustOfVar and glm packages of R software v3.0.3, respectively, and the clustering of workers with SPAD v8.

3. Results

3.1. Description of the study sample

Fifty-nine percent of the study sample were men. Subjects were mainly blue-collar workers (43%) and worked mainly in services (59%) and industry (36%, mainly in the manufacturing industry), and a few were in the construction sector (6%, Table 1). The study sample did not differ from the 382 workers excluded because of missing values with respect to gender and economic sector.

However, they were younger (23.2% were aged less than 30 years vs. 17.8%) and more blue-collar workers were included (43.0% vs. 34.8%).

3.2. Clustering of variables and workers within occupational categories

Three clusters of variables were selected for upper-grade white-collar workers, professionals, technicians and associate professionals ($n = 982$, Appendices A and B). Clustering of workers was obtained with the three synthetic variables obtained by the clustering of variables, and five clusters of workers were retained, comprising 245, 275, 82, 169 and 211 workers. The mean of the adjusted Rand index obtained with 100 replications of the study sample of these occupational categories was 0.93, which showed good stability of the partition. For lower-grade white-collar workers ($n = 864$), four clusters of variables and five clusters of workers were retained, comprising 325, 200, 121, 52 and 166 workers (mean of the adjusted Rand index = 0.86). For blue-collar workers ($n = 1395$), four clusters of variables and three clusters of workers were retained, comprising 451, 564, and 380 workers (mean of the adjusted Rand index = 0.93).

3.3. Description of forms of work organization

From the 13 clusters of workers (five for upper-grade white-collar workers, professionals, technicians and associate professionals, five for lower-grade white-collar workers and three for blue-collar workers), five homogeneous work organization groups were constituted (Appendix C). A description of the five forms of work organization according to the sixteen organizational variables is presented in Table 2.

3.3.1. Low decision latitude with pace constraints

One cluster of upper-grade white-collar workers, professionals, technicians and associate professionals, two clusters of lower-grade white-collar workers and one cluster of blue-collar workers were grouped to form the *low decision latitude with pace constraints* group (Group 1, 22% of workers). Workers in this form of work organization were more exposed to shift work, job/task rotation, pace constraints (except work dependent on customer demand) and repetitive work than the rest of the sample and they had the lowest decision authority and skill discretion scores.

In terms of occupational category, this form of work organization had more skilled industrial blue-collar workers and unskilled industrial blue-collar workers than the whole sample. Younger workers, workers who worked in the industry sector (manufacturing industries) and workers who worked in companies with more than 200 workers were more common in this form of work organization (Table 3). Moreover there were twice as many temporary workers than in the whole sample.

3.3.2. Medium decision latitude with pace constraints

Workers in the second form of work organization (Group 2) represented 12% of the study sample. Decision authority and skill discretion scores were not statistically different from the rest of the sample. They were more exposed to work pace dependent on colleagues' work, and to quantified targets and customer demand than the rest of the sample.

Intermediate administrative occupations in private companies, technicians and associate professionals and employees of corporate administrative services were more numerous in this form of work organization than in the whole sample. Women, workers who worked in service industries (wholesale and retail trade; hotels and restaurants; transport, storage and communication; financial

Table 1
Comparison of the characteristics of the workers included and excluded from the analyses.

	Initial sample		Workers included		Workers excluded because of missing values		p-value ^a
	N = 3710		N = 3241		N = 382		
	n	%	n	%	n	%	
Men	2161	58.2	1899	58.6	208	54.5	0.121
Age (in years)							
< 30	839	22.6	751	23.2	68	17.8	0.022
30–39	1085	29.3	958	29.5	103	27.0	
40–49	1095	29.5	939	29.0	129	33.8	
≥ 50	690	18.6	593	18.3	82	21.5	
Occupational category (PCS code)							
Craftsmen, salesmen, managers	16	0.4	–	–	–	–	0.014
Upper-grade white-collar workers and professionals	288	7.8	251	7.7	37	9.8	
Technicians, associate professionals	829	22.4	731	22.6	90	23.9	
Lower-grade white-collar workers	986	26.6	864	26.7	119	31.6	
Blue-collar workers	1586	42.8	1395	43.0	131	34.8	
Economic sector (NAF code)							
Agriculture	71	1.9	–	–	–	–	0.109
Industry	1222	33.0	1107	34.2	111	29.1	
Construction	214	5.8	189	5.8	21	5.5	
Services	2200	59.4	1942	60.0	250	65.5	

^a Chi2 test comparing the 3241 included in the analyses to the 382 workers excluded because of missing values.

intermediation activities; public administration; personal services), civil servants and workers who worked in companies with more than 200 workers were overrepresented.

3.3.3. Low decision latitude with low pace constraints

Workers in work organization Group 3 (19%) had lower decision authority and skill discretion scores than the rest of the sample. Moreover, they were less exposed to the other organizational variables than the rest of the sample.

Government and public service employees and employees of corporate administrative services were more numerous in this form of work organization. Women, workers who worked in service industries (financial intermediation; real estate, renting and business activities; public administration; education; human health and social activities; personal services), civil servants and workers who worked in small companies were overrepresented.

3.3.4. High decision latitude with pace constraints

Workers in work organization Group 4 (17%) had more job/task rotation, more decision authority and skill discretion and were more often exposed to pace constraints (except work dependent on paced work/automatic rate) than the rest of the sample.

Professionals (administrative, managerial and technical occupations), technicians and associate professionals, skilled industrial blue-collar workers, skilled craft blue-collar workers and unskilled industrial blue-collar workers were more numerous in this form of work organization. Men, young workers, workers who worked in manufacturing industries and construction and workers who worked in small companies were also overrepresented.

3.3.5. High decision latitude with low pace constraints

Finally, workers in work organization Group 5 (31%) had more decision authority and more skill discretion than the rest of the sample. Moreover, they were less exposed to shift work, job/task rotation, pace constraints and repetitive work than the rest of the sample.

Skilled industrial blue-collar workers and skilled craft blue-collar workers were more numerous in this form of work organization. Men, older workers, workers who worked in manufacturing industries and construction, permanent workers and workers who

worked in small companies were overrepresented.

3.4. Symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders

Workers in the *low decision latitude with pace constraints* group (Group 1) had significantly more shoulder pain of any duration, or permanently during the preceding 12 months or during the preceding seven days than other workers (Table 4). The same was true for shoulder pain of any duration and during the preceding seven days for men. However, men in the *high decision latitude without pace constraints* group (Group 5) had more permanent shoulder pain compared to other workers. Women workers in Group 1 had significantly more shoulder pain of any duration, or lasting more than 30 days or permanently during the preceding 12 months than other women workers. Women in the *high decision latitude with pace constraints* group (Group 4) had significantly more shoulder pain during the preceding seven days and rotator cuff syndrome than other workers.

After adjustment for age and gender, workers in organization Groups 2, 3, and 5 had less risk of symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders than those in the Group 1 (Table 5). Workers in Group 4 had less risk of shoulder pain of any duration, shoulder pain lasting more than 30 days or permanent shoulder pain compared to workers in Group 1. However, there were no difference between Groups 1 and 4 for shoulder pain in the preceding seven days and rotator cuff syndrome. After adjustment for age, shoulder pain of any duration during the preceding 12 months and shoulder pain during the preceding seven days were statistically different between the five forms of work organization in men (Table 5). Workers in organization Groups 2 to 5 had less risk of shoulder pain during the preceding 12 months compared to workers in Group 1, and workers in organization Groups 3 to 5 had less risk of shoulder pain during the preceding seven days compared to workers in Group 1. For women, symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders differed according to the forms of work organization (Table 5). Women in organization Groups 2, 3 and 5 had less risk of symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders than those in Group 1. No statistical differences were observed between workers in Groups 1 and 4.

Table 2
Description of the five forms of work organization according to the sixteen organizational variables.

	Group 1 ^a		Group 2 ^b		Group 3 ^c		Group 4 ^d		Group 5 ^e		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	706	21.8	377	11.6	600	18.5	549	16.9	1009	31.1	3241	100.0
Shift work												
No	153	21.7	317	84.1	521	86.8	412	75.1	779	77.2	2182	67.3
Yes, non-rotating	190	26.9	41	10.9	53	8.8	72	13.1	147	14.6	503	15.5
Yes, rotating	363	51.4	19	5.0	26	4.3	65	11.8	83	8.2	556	17.2
Job/task rotation (≥ 1 per week)	343	48.6	114	30.2	146	24.3	230	41.9	382	37.9	1215	37.5
Work pace dependent on												
Paced work/automatic rate	399	56.5	3	0.8	2	0.3	74	13.5	31	3.1	509	15.7
Colleagues' work	341	48.3	250	66.3	37	6.2	241	43.9	156	15.5	1025	31.6
Quantified targets	503	71.3	300	79.6	65	10.8	401	73.0	293	29.0	1562	48.2
Permanent controls or surveillance	399	56.5	77	20.4	51	8.5	185	33.7	137	13.6	849	26.2
Customer demand	173	24.5	338	89.7	196	32.7	533	97.1	210	20.8	1450	44.7
High repetitiveness of tasks												
No	197	27.9	278	73.7	474	79.0	350	63.8	695	68.9	1994	61.5
2–4 h/day	128	18.1	37	9.8	44	7.3	79	14.4	116	11.5	404	12.5
≥ 4 h/day	381	54.0	62	16.5	82	13.7	120	21.9	198	19.6	843	26.0
Allows own decisions												
Totally disagree/disagree	239	33.9	53	14.1	120	20.0	63	11.5	96	9.5	571	17.6
Agree	328	46.5	234	62.1	387	64.5	215	39.2	375	37.2	1539	47.5
Totally agree	139	19.7	90	23.9	93	15.5	271	49.4	538	53.3	1131	34.9
Little decision freedom												
Agree/totally agree	324	45.9	68	18.0	101	16.8	116	21.1	200	19.8	809	25.0
Disagree	292	41.4	231	61.3	388	64.7	253	46.1	451	44.7	1615	49.8
Totally disagree	90	12.8	78	20.7	111	18.5	180	32.8	358	35.5	817	25.2
A lot of say												
Totally disagree/disagree	335	47.5	69	18.3	137	22.8	108	19.7	146	14.5	795	24.5
Agree	304	43.1	262	69.5	431	71.8	257	46.8	437	43.3	1691	52.2
Totally agree	67	9.5	46	12.2	32	5.3	184	33.5	426	42.2	755	23.3
Decision authority score (mean (sd))	31.1 (7.7)		36.0 (5.4)		34.8 (5.2)		38.1 (7.1)		39.0 (6.7)		36.0 (7.3)	
Learning new things												
Totally disagree/disagree	102	14.5	26	6.9	68	11.3	57	10.4	95	9.4	348	10.7
Agree	354	50.1	190	50.4	327	54.5	184	33.5	350	34.7	1405	43.4
Totally agree	250	35.4	161	42.7	205	34.2	308	56.1	564	55.9	1488	45.9
Requires creativity												
Totally disagree/disagree	373	52.8	146	38.7	245	40.8	148	27.0	266	26.4	1178	36.4
Agree	248	35.1	189	50.1	289	48.2	228	41.5	374	37.1	1328	41.0
Totally agree	85	12.0	42	11.1	66	11.0	173	31.5	369	36.6	735	22.7
High skill level												
Totally disagree/disagree	390	55.2	106	28.1	271	45.2	133	24.2	237	23.5	1137	35.1
Agree	249	35.3	236	62.6	312	52.0	249	45.4	502	49.8	1548	47.8
Totally agree	67	9.5	35	9.3	17	2.8	167	30.4	270	26.8	556	17.2
Develop own abilities												
Totally disagree/disagree	280	39.7	67	17.8	139	23.2	80	14.6	125	12.4	691	21.3
Agree	327	46.3	267	70.8	433	72.2	244	44.4	431	42.7	1702	52.5
Totally agree	99	14.0	43	11.4	28	4.7	225	41.0	453	44.9	848	26.2
Variety												
Totally disagree/disagree	241	34.1	54	14.3	109	18.2	68	12.4	98	9.7	570	17.6
Agree	347	49.2	258	68.4	426	71.0	262	47.7	426	42.2	1719	53.0
Totally agree	118	16.7	65	17.2	65	10.8	219	39.9	485	48.1	952	29.4
Skill discretion score (mean (sd))	29.6 (6.7)		33.8 (4.7)		32.3 (5.3)		36.2 (6.5)		36.4 (6.4)		33.8 (6.7)	

In bold, overrepresentation of the modality in the form of work organization compared to the entire sample.

^a Group 1: Low decision latitude with pace constraints.

^b Group 2: Medium decision latitude with pace constraints.

^c Group 3: Low decision latitude with low pace constraints.

^d Group 4: High decision latitude with pace constraints.

^e Group 5: High decision latitude with low pace constraints.

4. Discussion

This study identified five forms of work organization in a sample of French workers: *low decision latitude with pace constraints* (Group 1), *medium decision latitude with pace constraints* (Group 2), *low decision latitude with low pace constraints* (Group 3), *high decision latitude with pace constraints* (Group 4) and *high decision latitude with low pace constraints* (Group 5). Associations between forms of work organization and shoulder pain of any duration during the preceding 12 months and shoulder pain during the preceding seven days were revealed for men after adjustment for age. More men workers in Group 1 had shoulder pain than workers

in the other work organization groups (except for workers in Group 2 with shoulder pain during the preceding seven days). More women workers in Group 1 had symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders compared to other workers, except for workers in Group 4. Indeed, more workers in this form of work organization had shoulder pain during the preceding seven days and clinically-diagnosed shoulder disorders than workers in Group 1 (not statistically significant). This confirmed our hypothesis; workers in forms of work organization with high organizational constraints (Group 1 and Group 4) had more shoulder disorders than other workers, especially in women.

Work organization includes multiple nested dimensions that

Table 3
Description of the five forms of work organization according to gender, age, occupational category, economic sector and type of contract.

	Group 1 ^a		Group 2 ^b		Group 3 ^c		Group 4 ^d		Group 5 ^e		Total		p ^f
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
	706	21.8	377	11.6	600	18.5	549	16.9	1009	31.1	3241	100.0	
Men	395	56.0	175	46.4	215	35.8	443	80.7	671	66.5	1899	58.6	<0.0001
Age (in years)													
<30	202	28.6	80	21.2	120	20.0	157	28.6	192	19.0	751	23.2	<0.0001
30-49	227	32.2	106	28.1	175	29.2	161	29.3	289	28.6	958	29.6	
40-49	180	25.5	126	33.4	189	31.5	147	26.8	297	29.4	939	29.0	
≥ 50	97	13.7	65	17.2	116	19.3	84	15.3	231	22.9	593	18.3	
Occupational category													
Upper-grade white-collar workers and professionals	5	0.7	46	12.2	60	10.0	60	10.9	80	7.9	251	7.7	<0.0001
Technicians, associate professionals	77	10.9	165	43.8	215	35.8	109	19.9	165	16.4	731	22.6	
Lower-grade white-collar workers	173	24.5	166	44.0	325	54.2	0	0.0	200	19.8	864	26.7	
Blue-collar workers	451	63.9	0	0.0	0	0.0	380	69.2	564	55.9	1395	43.0	
Economic sector													
Industry	361	51.2	82	21.8	98	16.3	197	36.0	369	36.6	1107	34.2	<0.0001
Construction	11	1.6	9	2.4	14	2.3	48	8.8	107	10.6	189	5.8	
Services	333	47.2	286	75.9	488	81.3	303	55.3	532	52.8	1942	60.0	
Type of contract													
Permanent	501	71.1	257	68.2	422	70.8	436	79.7	801	79.5	2417	74.8	<0.0001
Civil servant	66	9.4	93	24.7	128	21.5	49	9.0	110	10.9	446	13.8	
Precarious	46	6.5	22	5.8	39	6.5	25	4.6	61	6.1	193	6.0	
Temporary	92	13.1	5	1.3	7	1.2	37	6.8	35	3.5	176	5.5	
Size of company													
1 to 9	33	4.8	29	7.9	97	16.6	88	16.3	167	17.0	414	13.1	<0.0001
10 to 49	57	8.2	70	19.0	112	19.2	133	24.6	199	20.3	571	18.0	
50 to 199	101	14.5	40	10.9	65	11.1	75	13.9	177	18.0	458	14.5	
≥200	504	72.5	229	62.2	311	53.2	244	45.2	438	44.7	1726	54.5	

^a Group 1: Low decision latitude with pace constraints.
^b Group 2: Medium decision latitude with pace constraints.
^c Group 3: Low decision latitude with low pace constraints.
^d Group 4: High decision latitude with pace constraints.
^e Group 5: High decision latitude with low pace constraints.
^f Chi2 test comparing gender, age and occupational characteristics according to the forms of work organization.

Table 4
Prevalence of symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders according to the five forms of work organization.

	Group 1 ^a		Group 2 ^b		Group 3 ^c		Group 4 ^d		Group 5 ^e		Total		p ^f
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
	706	21.8	377	11.6	600	18.5	549	16.9	1009	31.1	3241	100.0	
All													
Shoulder pain													
Any duration during the preceding 12 months	315	44.7	68	32.2	179	29.8	253	35.4	350	34.7	1165	36	<0.001
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	102	14.7	20	9.5	50	8.5	68	9.6	107	10.7	347	10.8	0.003
Permanently during the preceding 12 months	49	7.1	4	1.9	15	2.5	24	3.4	53	5.3	145	4.5	<0.001
During the preceding 7 days	174	24.7	29	13.8	93	15.6	129	18.1	164	16.3	589	18.2	<0.001
Rotator cuff syndrome	65	9.2	15	7.1	31	5.2	49	6.9	76	7.5	236	7.3	0.087
Men													
Shoulder pain													
Any duration during the preceding 12 months	160	40.5	57	32.6	54	25.1	137	30.9	234	34.9	642	33.8	0.002
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	42	10.8	14	8.1	14	6.6	34	7.7	70	10.5	174	9.2	0.222
Permanently during the preceding 12 months	17	4.4	4	2.3	3	1.4	12	2.7	37	5.6	73	3.9	0.022
During the preceding 7 days	83	21.0	29	16.7	23	10.8	69	15.6	102	15.2	306	16.2	0.017
Rotator cuff syndrome	29	7.3	15	8.6	7	3.3	25	5.6	51	7.6	127	6.7	0.136
Women													
Shoulder pain													
Any duration during the preceding 12 months	155	50.0	75	37.1	125	32.5	52	49.1	116	34.3	523	39.0	<0.001
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	60	19.7	21	10.6	36	9.5	19	18.3	37	11.1	173	13.1	<0.001
Permanently during the preceding 12 months	32	10.5	4	2.0	12	3.2	8	7.7	16	4.8	72	5.5	<0.001
During the preceding 7 days	91	29.5	26	12.9	70	18.3	34	32.1	62	18.3	283	21.2	<0.001
Rotator cuff syndrome	36	11.6	11	5.5	24	6.2	13	12.3	25	7.4	109	8.1	0.022

^a Group 1: Low decision latitude with pace constraints.
^b Group 2: Medium decision latitude with pace constraints.
^c Group 3: Low decision latitude with low pace constraints.
^d Group 4: High decision latitude with pace constraints.
^e Group 5: High decision latitude with low pace constraints.
^f Chi2 test comparing symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders according to the five forms of work organization.

Table 5
Associations between the five forms of work organization and symptomatic and clinically diagnosed shoulder disorders.

	Form 1 ^a		Form 2 ^b		Form 3 ^c		Form 4 ^d		Form 5 ^e		p
	(Ref)	OR	[95%CI]	OR	[95%CI]	OR	[95%CI]	OR	[95%CI]		
All											
Shoulder pain											
Any duration during the preceding 12 months	Ref	0.6	0.5–0.8	0.5	0.4–0.6	0.7	0.5–0.9	0.6	0.5–0.8	<0.001^f	
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	Ref	0.5	0.3–0.8	0.4	0.3–0.6	0.7	0.5–1.0	0.6	0.4–0.8	<0.001^f	
Permanently during the preceding 12 months	Ref	0.2	0.1–0.5	0.3	0.1–0.5	0.5	0.3–0.9	0.6	0.4–0.9	<0.001^f	
During the preceding 7 days	Ref	0.5	0.3–0.6	0.5	0.4–0.6	0.8	0.6–1.0	0.5	0.4–0.7	<0.001^f	
Rotator cuff syndrome											
Ref	Ref	0.6	0.4–1.0	0.4	0.3–0.7	0.8	0.5–1.2	0.7	0.5–1.0	0.006^g	
Men											
Shoulder pain											
Any duration during the preceding 12 months	Ref	0.7	0.5–1.0	0.5	0.3–0.7	0.6	0.5–0.9	0.7	0.6–1.0	<0.001^g	
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	Ref	0.6	0.3–1.1	0.5	0.3–0.9	0.7	0.4–1.1	0.8	0.5–1.2	0.148 ^g	
Permanently during the preceding 12 months	Ref	0.4	0.1–1.3	0.3	0.1–0.9	0.6	0.3–1.2	1.0	0.6–1.9	0.056 ^g	
During the preceding 7 days	Ref	0.7	0.4–1.1	0.4	0.3–0.7	0.7	0.5–1.0	0.6	0.4–0.8	0.005^g	
Rotator cuff syndrome											
Ref	Ref	0.9	0.5–1.8	0.4	0.2–0.8	0.7	0.4–1.3	0.8	0.5–1.4	0.171 ^g	
Women											
Shoulder pain											
Any duration during the preceding 12 months	Ref	0.6	0.4–0.8	0.4	0.3–0.6	0.9	0.6–1.4	0.5	0.3–0.6	<0.001^g	
Lasting more than 30 days during the preceding 12 months	Ref	0.4	0.3–0.8	0.4	0.2–0.6	0.8	0.5–1.5	0.4	0.3–0.7	<0.001^g	
Permanently during the preceding 12 months	Ref	0.2	0.1–0.5	0.2	0.1–0.5	0.6	0.3–1.5	0.3	0.2–0.7	<0.001^g	
During the preceding 7 days	Ref	0.3	0.2–0.5	0.5	0.3–0.7	1.1	0.7–1.7	0.5	0.3–0.7	<0.001^g	
Rotator cuff syndrome											
Ref	Ref	0.4	0.2–0.8	0.4	0.2–0.8	1.0	0.5–1.9	0.5	0.3–0.9	0.006^g	

^a Form 1: Low decision latitude with pace constraints.

^b Form 2: Medium decision latitude with pace constraints.

^c Form 3: Low decision latitude with low pace constraints.

^d Form 4: High decision latitude with pace constraints.

^e Form 5: High decision latitude with low pace constraints.

^f Adjusted for age and gender.

^g Adjusted for age.

require simultaneous study. A few studies have identified forms of work organization based on several variables using classification methods (Amossé and Coutrot, 2008; Amossé et al., 2014; Carayon, 1994; Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Engkvist et al., 2001; Härenstam et al., 2004; Leijon et al., 2006; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009). However, to our knowledge, few studies have identified forms of work organization and compared them to musculoskeletal health (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Engkvist et al., 2001; Leijon et al., 2006; Valeyre, 2006). Comparison of the five forms of work organization identified in our study with existing studies was difficult because of the different variables and levels studied (worker (Carayon, 1994; Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Engkvist et al., 2001; Leijon et al., 2006; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009) or company (Amossé et al., 2014; Härenstam et al., 2004)). In our study, the *low decision latitude with pace constraints* group (Group 1) was heavily exposed to organizational factors (shift work, job/task rotation, pace constraints, repetitiveness of tasks, low decision authority and low skill discretion) and had higher risk of shoulder pain than other forms of work organization. This form was close to the work in automation form of Daubas-Letourneux et al. (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002) and the *Taylorist* form of Valeyre et al. (Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009). These studies also found that musculoskeletal health, including neck and shoulder pain, was poorer with this form of work organization. The *low decision latitude with low pace constraints* group (Group 3) was characterized by lower exposure to all organizational variables and had one of the lowest rates of symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders. The *traditional or simple structure* form in Valeyre's study also showed underrepresentation of organizational variables (Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009), and the likelihood of reporting neck and shoulder pain was lower compared to the *Taylorist* form (Valeyre, 2006). The *high decision latitude with pace constraints*

(Group 4) and *high decision latitude with low pace constraints* groups of work organization (Group 5) represented half of the study sample; workers had high decision authority, high skill discretion and low repetitiveness of tasks. However, workers in Group 4 were more often exposed to job/task rotation and pace constraints. Group 5 was close to the *discretionary learning* form of Valeyre et al. (Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009), and authors showed that musculoskeletal health was better with this form of work organization compared to the *Taylorist* form. In our study, workers with this form of work organization (Group 5) had fewer symptomatic and clinically-diagnosed shoulder disorders compared to the workers in Group 1, especially women.

All economic sectors were represented in the five work organization groups. This is in accordance with the European Working Conditions Survey which showed that industrial constraints have spread among service workers and commercial constraints among industrial workers (European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2003). As in the literature (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009), the agriculture sector was excluded from our analyses due to the particular work organization features of this sector.

The sample was constituted through the voluntary participation of a regional network of OPs. The 83 OPs who participated (18%) had professional characteristics similar to the 370 who did not participate. The random selection of workers during their mandatory occupational health examination was designed to ensure a representative sample of the region's workforce. This objective was achieved, with the exception that women were slightly underrepresented, and skilled and unskilled workers were somewhat overrepresented (Roquelaure et al., 2006).

The data used in our study are more than 10 years old, and some issues which are relevant today were not collected. No questions were asked about the use of quality standards, self-assessment of the quality of work, collective activity, or managerial practices

(such as rewards reflecting effort at work, opportunity to express points of view). Moreover, the way in which the job/task rotation was assessed did not reveal how it was implemented. Further research is needed to design questionnaires to assess workers' activity and movements in performing job/task rotation more precisely. To reduce classification errors, standardized and validated instruments such as the Job Content Questionnaire, the Nordic-style questionnaire and the criteria document for the evaluation of work-related MSDs were used to assess occupational and medical data.

However, findings were assessed at the worker level and no information was available at the company level. It can be argued that the worker's perception of his work is not the same as that of the company director. Moreover, a company director knows the work prescribed but this does not match the work actually performed by the worker (St-Vincent et al., 2014). The Reponse study showed that workers' perceptions were close to those of the director. However, the presence of the unions influenced the feelings of workers (Amossé and Coutrot, 2008). Furthermore, our findings were based on only one French region in which the socioeconomic structure is diversified and close to that of France as a whole (Ha et al., 2009).

Clustering of variables was preferred to multiple correspondence analysis (MCA) as adopted in other studies (Daubas-Letourneux and Thébaud-Mony, 2002; Lorenz and Valeyre, 2005; Valeyre, 2006; Valeyre et al., 2009). Indeed, the method used in this study classified variables into homogeneous groups without orthogonality constraints, which is not possible with MCA (Chavent et al., 2012). The study of Kuentz-Simonet et al. compared the two methods and concluded that, although the two methods provide close internal validity markers, interpretation is easier with the clustering of variables (Kuentz-Simonet et al., 2012).

From a practical point of view for the ergonomist, the study tried to capture the complexity of the forms of work organization. It identified five forms of work organization in a sample of workers: *low decision latitude with pace constraints*, *medium decision latitude with pace constraints*, *low decision latitude with low pace constraints*, *high decision latitude with pace constraints* and *high decision latitude with low pace constraints*. The results showed that the form of work organization close to the Taylorism form (*low decision latitude with pace constraints*) was associated with higher risk of shoulder disorders. Moreover, forms of work organization with pace constraints, even when they allow high decision latitude (*high decision latitude with pace constraints*), also had high levels of shoulder disorders in women. This means that even with decision latitude, being exposed to pace constraints is harmful for shoulder disorders.

It is necessary to identify what forms of work organization are most detrimental in order to implement preventive actions for exposed workers. Understanding the chain of determinants of shoulder disorders and MSDs in general is a key stage in prevention intervention (Roquelaure, 2016), and this study tried to identify forms of work organization associated with MSDs. However, the cross-sectional design of the study limits a causal conclusion. We recommend that future ergonomic and epidemiological studies adopt a longitudinal design and access more data on the work organization to refine forms of work organization further and to allow more precise analysis of the relationships between exposure to biomechanical, psychosocial and individual risk factors and musculoskeletal health.

Conflict of interest

None.

Ethics approval

All workers completed an informed consent form and the study received approval from France's National Committee for Data Protection (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés).

Acknowledgments

We thank all the occupational physicians involved in the sentinel network and Doreen Raine for revising the English manuscript. This study was supported by the French Public Health Agency, Saint-Maurice, France (Grant 9/25/2002e5 "réseau expérimental de surveillance des troubles musculo-squelettiques").

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2016.07.019>.

References

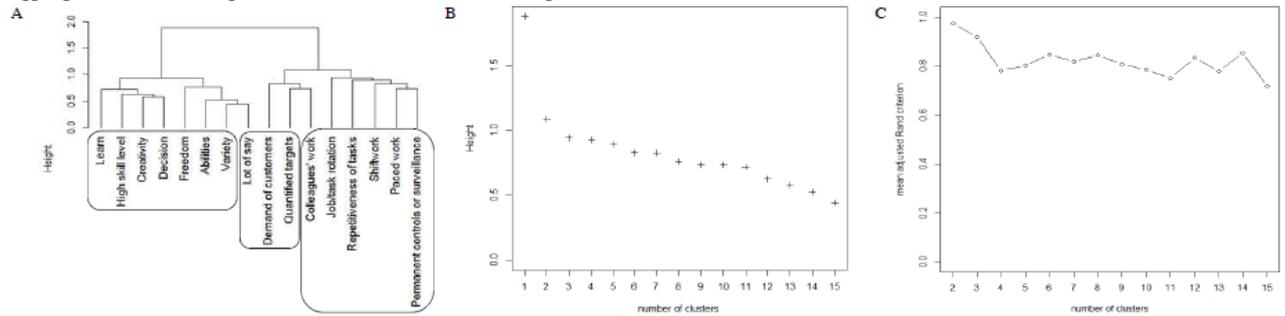
- Amossé, T., Coutrot, T., 2008. En guise de conclusion. L'évolution des modèles socio-productifs en France depuis 15 ans : le néotaylorisme n'est pas mort, in: *Les relations sociales en entreprise - Un portrait à partir des enquêtes*, pp. 423–451. Relations professionnelles et négociations d'entreprise.
- Amossé, T., Wolff, L., Cartron, D., Castell, L., Céliérier, S., Zara-Meylan, V., 2014. Formes d'organisation et santé au travail en entreprise - Configurations d'organisation du travail et risques professionnels en entreprise (2005–2011). Available at: http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/Colloque_REPONSE_Session_2_2.pdf (accessed 29.07.16.).
- Askenazy, P., Caroli, E., 2010. Innovative work practices, information technologies, and working conditions: evidence for France. *Ind. Relat. A J. Econ. Soc.* 49, 544–565. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-232X.2010.00616.x>.
- Askenazy, P., Vincent Marcus, C., Caroli, E., 2002. New organizational practices and working conditions. *Rech. économiques Louvain* 68, 91–110. <http://dx.doi.org/10.3917/rel.681.0091>.
- Assurance maladie - Risques professionnels, 2015. Rapport de gestion 2014.
- Bellemare, M., Marier, M., Montreuil, S., Allard, D., Prévost, J., 2002. La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques (No. Études et recherches/Rapport R-292). IRSST, Montréal.
- Bodin, J., Ha, C., Chastang, J.-F., Descatha, A., Leclerc, A., Goldberg, M., Imbernon, E., Roquelaure, Y., 2012a. Comparison of risk factors for shoulder pain and rotator cuff syndrome in the working population. *Am. J. Ind. Med.* 55, 605–615. <http://dx.doi.org/10.1002/ajim.22002>.
- Bodin, J., Ha, C., Petit Le Manac'h, A., Sérizin, C., Descatha, A., Leclerc, A., Goldberg, M., Roquelaure, Y., 2012b. Risk factors for incidence of rotator cuff syndrome in a large working population. *Scand. J. Work Environ. Health* 38, 436–446. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.3285>.
- Bodin, J., Ha, C., Sérizin, C., Descatha, A., Leclerc, A., Goldberg, M., Roquelaure, Y., 2012c. Effects of Individual and work-related factors on incidence of shoulder pain in a large working population. *J. Occup. Health* 54, 278–288.
- Bongers, P.M., Ijmker, S., van den Heuvel, S., Blatter, B.M., 2006. Epidemiology of work related neck and upper limb problems: psychosocial and personal risk factors (part I) and effective interventions from a bio behavioural perspective (part II). *J. Occup. Rehabil.* 16, 279–302. <http://dx.doi.org/10.1007/s10926-006-9044-1>.
- Brännmark, M., Håkansson, M., 2012. Lean production and work-related musculoskeletal disorders: overviews of international and Swedish studies. *Work* 41 (Suppl. 1), 2321–2328. <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0459-2321>.
- Carayon, P., 1994. Stressful jobs and non-stressful jobs: a cluster analysis of office jobs. *Ergonomics* 37, 311–323. <http://dx.doi.org/10.1080/00140139408963648>.
- Carayon, P., Smith, M.J., Haims, M.C., 1999. Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders. *Hum. Factors* 41, 644–663. <http://dx.doi.org/10.1518/001872099779656743>.
- Caroly, S., Coutarel, F., Landry, A., Mary-Cheray, I., 2010. Sustainable MSD prevention: management for continuous improvement between prevention and production. Ergonomic intervention in two assembly line companies. *Appl. Ergon.* 41, 591–599. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.016>.
- Chavent, M., Kuentz, V., Liquet, B., Saracco, J., 2012. ClustOfVar: an R package for the clustering of variables. *J. Stat. Softw.* 50, 1–16.
- Coutrot, T., 1998. L'entreprise néo-libérale, nouvelle utopie capitaliste ? Enquête sur les modes d'organisation du travail, Textes à l'appui. Découverte, Paris.
- Cuadras, C.M., Rao, C.R., 1993. *Multivariate Analysis: Future Directions 2*. Elsevier.
- Daubas-Letourneux, V., Thébaud-Mony, A., 2002. Organisation du travail et santé dans l'Union européenne. Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de Vie et de Travail en Europe, Dublin.
- Drago, R., 1995. "The new American workplace" by Eileen appelbaum and rosemary

- batt: a review. *J. Post Keynes. Econ.* 17, 515–524. <http://dx.doi.org/10.1080/01603477.1995.11490047>.
- Engkvist, I.-L., Kjellberg, A., Wigaeus, H.E., Hagberg, M., Menckel, E., Ekenvall, L., 2001. Back injuries among nursing personnel – identification of work conditions with cluster analysis. *Saf. Sci.* 37, 1–18. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00039-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00039-4).
- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2012. Fifth European Working Conditions Survey: Overview Report. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2003. Time and Work: Work Intensity. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ferreira Júnior, M., Conceição, G.M., Saldiva, P.H., 1997. Work organization is significantly associated with upper extremities musculoskeletal disorders among employees engaged in interactive computer-telephone tasks of an international bank subsidiary in São Paulo, Brazil. *Am. J. Ind. Med.* 31, 468–473. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199704\)31:4<468::AID-AJIM14>3.0.CO;2-Y](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199704)31:4<468::AID-AJIM14>3.0.CO;2-Y).
- Ha, C., Roquelaure, Y., Leclerc, A., Touranchet, A., Goldberg, M., Imbemon, E., 2009. The French Musculoskeletal disorders surveillance program: Pays de la Loire network. *Occup. Environ. Med.* 66, 471–479. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2008.042812>.
- Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M., Hendrick, H., Carayon, P., Pérusse, M., 1995. Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): a Reference Book for Prevention. Taylor & Francis, London.
- Härenstam, A., Bejerot, E., Leijon, O., Schéele, P., Waldenström, K., Group, T.M.R., 2004. Multilevel analyses of organizational change and working conditions in public and private sector. *Eur. J. Work Organ Psy* 13, 305–343. <http://dx.doi.org/10.1080/13594320444000119>.
- Hopman, K., Krahe, L., Lukersmith, S., McColl, A., Vine, K., 2013. Clinical Practice Guidelines for the Management of Rotator Cuff Syndrome in the Workplace. University of New South Wales, Port Macquarie (Australia).
- Karasek, R., Brisson, C., Kawakami, N., Houtman, I., Bongers, P., Amick, B., 1998. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *J. Occup. Health Psychol.* 3, 322–355.
- Karsh, B.-T., 2006. Theories of work-related musculoskeletal disorders: implications for ergonomic interventions. *Theor. Issues Ergon. Sci.* 7, 71–88. <http://dx.doi.org/10.1080/14639220512331335160>.
- Koukoulaki, T., 2014. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: an examination of sociotechnical trends over 20 years. *Appl. Ergon.* 45, 198–212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2013.07.018>.
- Kuentz-Simonet, V., Lyser, S., Chavent, M., Saracco, J., Candau, J., Deuffic, P., 2012. Classification de variables qualitatives pour la compréhension de la prise en compte de l'environnement par les agriculteurs. Presented at the Les Journées de Méthodologie Statistique de l'INSEE, Paris, p. 27.
- Kuijpers, T., van der Windt, D.A.W.M., van der Heijden, G.J.M.G., Bouter, L.M., 2004. Systematic review of prognostic cohort studies on shoulder disorders. *Pain* 109, 420–431.
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., Jørgensen, K., 1987. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl. Ergon.* 18, 233–237. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](http://dx.doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X).
- Landsbergis, P.A., Cahill, J., Schnell, P., 1999. The impact of lean production and related new systems of work organization on worker health. *J. Occup. Health Psychol.* 4, 108–130.
- Lazarus, R.S., 1991. Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *Am. Psychol.* 46, 819–834. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.46.8.819>.
- Leijon, O., Härenstam, A., Waldenström, K., Alderling, M., Vingård, E., 2006. Target groups for prevention of neck/shoulder and low back disorders: an exploratory cluster analysis of working and living conditions. *Work* 27, 189–204.
- Lorenz, E., Valeyre, A., 2005. Organisational innovation, human resource management and labour market structure: a comparison of the EU-15. *J. Ind. Relat.* 47, 424–442. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-9296.2005.00183.x>.
- Marklund, S., Bolin, M., von Essen, J., 2008. Can individual health differences be explained by workplace characteristics? A multilevel analysis. *Soc. Sci. Med.* 66, 650–662. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.09.008>.
- Messing, K., Stock, S.R., Tissot, F., 2009. Should studies of risk factors for musculoskeletal disorders be stratified by gender? Lessons from the 1998 Québec health and social survey. *Scand. J. Work Environ. Health* 35, 96–112. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.1310>.
- Niedhammer, I., Chastang, J.F., Gendrey, L., David, S., Degioanni, S., 2006. Psychometric properties of the French version of Karasek's "Job Content Questionnaire" and its scales measuring psychological pressures, decision latitude and social support: the results of the SUMER. *Sante Publique* 18, 413–427. <http://dx.doi.org/10.3917/spub.063.0413>.
- Rand, W.M., 1971. Objective criteria for the evaluation of clustering methods. *J. Am. Stat. Assoc.* 66, 846–850. <http://dx.doi.org/10.2307/2284239>.
- Roquelaure, Y., 2016. Promoting a shared representation of workers' activities to improve integrated prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Saf. Health Work* 7, 171–174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2016.02.001>.
- Roquelaure, Y., 2015. Musculoskeletal Disorders: a Major Challenge for Occupational Risk Prevention in Europe. ETUI, Brussels.
- Roquelaure, Y., Bodin, J., Ha, C., Petit Le Manac'h, A., Descatha, A., Chastang, J., Leclerc, A., Goldberg, M., Imbemon, E., 2011. Personal, biomechanical, and psychosocial risk factors for rotator cuff syndrome in a working population. *Scand. J. Work Environ. Health* 37, 502–511. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.3179>.
- Roquelaure, Y., Ha, C., Leclerc, A., Touranchet, A., Sauteron, M., Melchior, M., Imbemon, E., Goldberg, M., 2006. Epidemiologic surveillance of upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis Rheum.* 55, 765–778. <http://dx.doi.org/10.1002/art.22222>.
- Sauter, S., Swanson, N., 1996. An ecological model of musculoskeletal disorders in office work. In: *Beyond Biomechanics: Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office Work*. Taylor & Francis, London, Bristol, PA, pp. 3–21.
- Silverstein, B., Fan, Z.J., Smith, C.K., Bao, S., Howard, N., Spielholz, P., Bonauto, D., Viikari-Juntura, E., 2009. Gender adjustment or stratification in discerning upper extremity musculoskeletal disorder risk? *Scand. J. Work Environ. Health* 35, 113–126. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.1309>.
- Sluiter, J.K., Rest, K.M., Frings-Dresen, M.H., 2001. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand. J. Work Environ. Health* 27 (Suppl. 1), 1–102. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.637>.
- St-Vincent, M., Vézina, N., Bellemare, M., Denis, D., Ledoux, É., Imbeau, D., 2014. *Ergonomic Intervention*. BookBaby, Cork.
- Valeyre, A., 2006. Conditions de travail et santé au travail des salariés de l'Union européenne: des situations contrastées selon les formes d'organisation (No. 73). Documents de travail du CEE. Centre d'études de l'emploi, Noisy-le-Grand.
- Valeyre, A., Lorenz, E., Cartron, D., Cszimadia, P., Collac, M., Illéssy, M., Makó, C., 2009. Working Conditions in the European Union: Work Organisation. Office for Official Publications of the European Communities. European foundation for the improvement of living and working conditions, Luxembourg.
- van der Windt, D.A., Thomas, E., Pope, D.P., de Winter, A.F., Macfarlane, G.J., Bouter, L.M., Silman, A.J., 2000. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup. Environ. Med.* 57, 433–442. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.57.7.433>.
- van Rijn, R.M., Huisstede, B.M., Koes, B.W., Burdorf, A., 2010. Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder – a systematic review of the literature. *Scand. J. Work Environ. Health* 36, 189–201. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.2895>.
- Westgaard, R.H., Winkel, J., 2011. Occupational musculoskeletal and mental health: significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – a systematic review. *Appl. Ergon.* 42, 261–296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.07.002>.

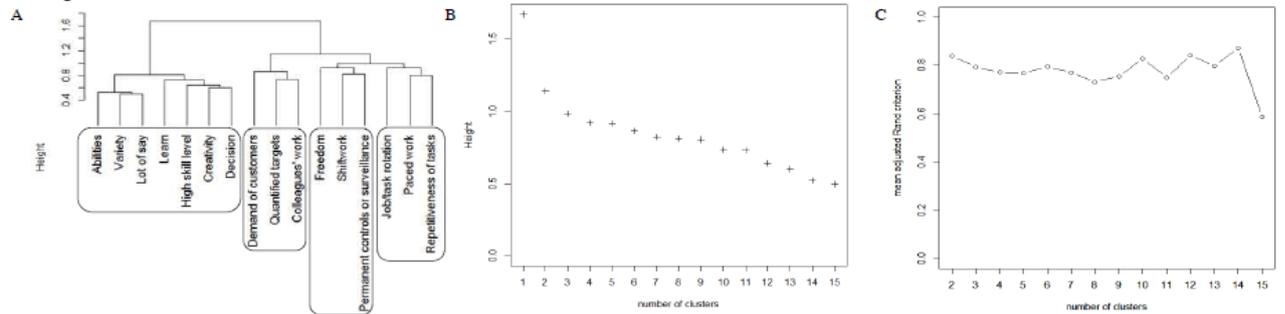
Appendix A: Clustering of variables according to occupational category. A.1: dendrogram of variables. A.2:

plot of aggregation levels. A.3: stability of the partitions of variables.

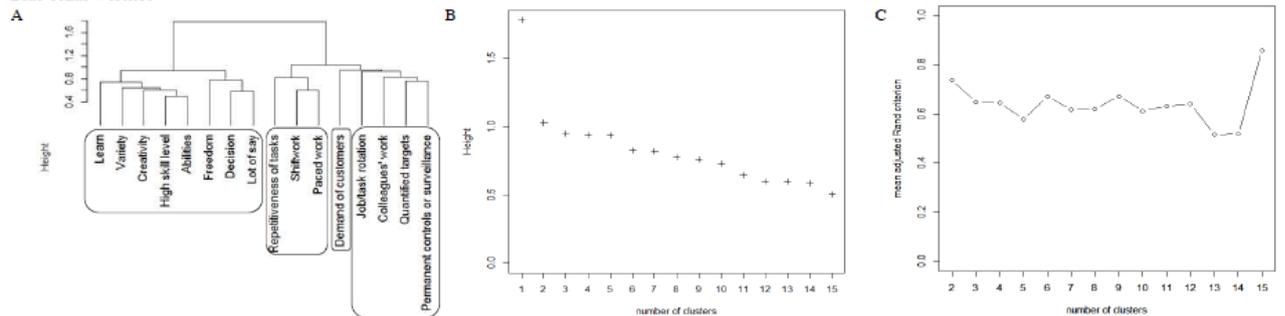
Upper-grade white-collar and professionals and Technicians and associate professionals



Lower-grade white-collar workers



Blue-collar workers



Decision: Allows own decisions; Freedom: Little decision freedom; Learn: Learn new things; Creativity: Requires creativity; Abilities: Develop own abilities; Paced work: Paced work or work pace dependent on automatic rate; Colleagues' work: Work pace dependent on colleagues' work; Quantified targets: Work pace dependent on quantified targets; Permanent controls or surveillance: Work pace dependent on permanent controls or surveillance; Repetitiveness of tasks: High repetitiveness of tasks

Appendix B: Clustering of variables according to occupational category

	Upper-grade white-collar workers and professionals/Technicians, associate professionals		Lower-grade white-collar workers		Blue-collar workers	
	Variable	η^{2a}	Variable	η^{2a}	Variable	η^{2a}
N	982		864		1395	
Number of clusters	3		4		4	
Cluster 1	Shift work	0.27	Shift work	0.41	Shift work	0.61
	Permanent	0.46	Permanent	0.54	Paced work/automatic	0.60
	controls/surveillance		controls/surveillance		rate	
	Paced work/automatic	0.49	Freedom	0.32	High repetitiveness of	0.37
	rate				tasks	
	Job/task rotation (≥ 1	0.14				
	per week)					
	High repetitiveness of	0.24				
	tasks					
Cluster 2	Learn new things	0.32	Learn new things	0.34	Learn new things	0.28
	Requires creativity	0.41	Requires creativity	0.42	Requires creativity	0.46
	Allows own decisions	0.51	Allows own decisions	0.47	Allows own decisions	0.51
	High skill level	0.35	High skill level	0.41	High skill level	0.43
	Variety	0.49	Variety	0.51	Variety	0.46
	A lot of say	0.54	A lot of say	0.45	A lot of say	0.37
	Develop own abilities	0.57	Develop own abilities	0.59	Develop own abilities	0.60
Freedom	0.22			Freedom	0.11	
Cluster 3	Customer demand	0.40	Customer demand	0.35	Customer demand	1.00
	Colleagues' work	0.49	Colleagues' work	0.51		
	Quantified targets	0.54	Quantified targets	0.54		
Cluster 4			Job/task rotation (≥ 1	0.29	Job/task rotation (≥ 1	0.18
			per week)		per week)	
			Paced work/automatic	0.48	Colleagues' work	0.42
			rate			
		High repetitiveness of	0.50	Quantified targets	0.45	
		tasks				
				Permanent	0.43	
				controls/surveillance		

^a Correlation ratio with the quantitative synthetic variable.

Totally agree	15	18.3	18	14.9	5	9.6	29	6.4	22	10.4	13	7.8	16	5.8	1	0.3	86	50.9	81	21.3	120	49.0	49	24.5	101	17.9
Develop own abilities																										
Totally disagree/disagree	10	12.2	35	28.9	19	36.5	196	43.5	30	14.2	37	22.3	31	11.3	108	33.2	4	2.4	201	52.9	1	0.4	3	1.5	309	54.8
Agree	45	54.9	63	52.1	23	44.2	216	47.9	164	77.7	103	62.1	225	81.8	208	64.0	43	25.4	76	20.0	51	20.8	71	35.5	121	21.5
Totally agree	27	32.9	23	19.0	10	19.2	39	8.7	17	8.1	26	15.7	19	6.9	9	2.8	122	72.2	103	27.1	193	78.8	126	63.0	134	23.8
Variety																										
Totally disagree/disagree	6	7.3	40	33.1	11	21.2	184	40.8	31	14.7	23	13.9	39	14.2	70	21.5	5	3.0	63	16.6	2	0.8	3	1.5	93	16.5
Agree	46	56.1	61	50.4	27	51.9	213	47.2	158	74.9	100	60.2	199	72.4	227	69.9	50	29.6	212	55.8	53	21.6	63	31.5	310	55.0
Totally agree	30	36.6	20	16.5	14	26.9	54	12.0	22	10.4	43	25.9	37	13.5	28	8.6	114	67.5	105	27.6	190	77.6	134	67.0	161	28.6
Skill discretion score (mean (sd))		35.5 (5.6)		31.4 (5.9)		30.7 (7.0)		27.8 (6.3)		34.6 (3.9)		32.7 (5.5)		34.8 (4.1)		30.2 (5.2)		41.5 (3.7)		33.8 (6.0)		41.8 (3.1)		38.7 (3.5)		33.1 (6.3)
Work pace dependent on																										
Paced work/automatic rate	45	54.9	0	0.0	49	94.2	305	67.6	1	0.5	2	1.2	0	0.0	2	0.6	0	0.0	74	19.5	1	0.4	2	1.0	28	5.0
Colleagues' work	47	57.3	38	31.4	19	36.5	237	52.6	135	64.0	115	69.3	21	7.6	16	4.9	105	62.1	136	35.8	15	6.1	20	10.0	121	21.5
Quantified targets	60	73.2	49	40.5	30	57.7	364	80.7	168	79.6	132	79.5	37	13.5	28	8.6	138	81.7	263	69.2	21	8.6	33	16.5	239	42.4
Permanent controls or surveillance	68	82.9	98	81.0	19	36.5	214	47.5	43	20.4	34	20.5	35	12.7	16	4.9	43	25.4	142	37.4	23	9.4	27	13.5	87	15.4
Customers demand	55	67.1	60	49.6	27	51.9	31	6.9	187	88.6	151	91.0	93	33.8	103	31.7	153	90.5	380	100.0	103	42.0	107	53.5	0	0.0
High repetitiveness of tasks																										
No	39	47.6	50	41.3	8	15.4	100	22.2	170	80.6	108	65.1	245	89.1	229	70.5	136	80.5	214	56.3	223	91.0	130	65	342	60.6
2 to 4h/day	29	35.4	26	21.5	11	21.2	62	13.8	15	7.1	22	13.3	9	3.3	35	10.8	18	10.7	61	16.1	10	4.1	19	9.5	87	15.4
≥4h/day	14	17.1	45	37.2	33	63.5	289	64.1	26	12.3	36	21.7	21	7.6	61	18.8	15	8.9	105	27.6	12	4.9	51	25.5	135	23.9

^a Group 1: Low decision latitude with pace constraints.

^b Group 2: Medium decision latitude with pace constraints.

^c Group 3: Low decision latitude with low pace constraints.

^d Group 4: High decision latitude with pace constraints.

^e Group 5: High decision latitude with low pace constraints.

UGWC. P/T. AP: upper-grade white-collar workers and professionals and technicians. associate professionals

LGWCW: lower-grade white-collar workers

BCW: blue-collar workers

Associations entre des facteurs professionnels et les douleurs de l'épaule : une approche par modèle à équations structurelles

Article 2. Risk factors for shoulder pain in French workers: A Structural Equation Model.

Bodin J, Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Viel JF, Roquelaure Y.

Am J Epidemiol. 2017 Jun 9. [Epub ahead of print]

Les points à retenir

- L'étude simultanée et « orientée » des associations entre les facteurs organisationnels, psychosociaux et physiques, le stress perçu et les douleurs de l'épaule est rare.
- L'exposition aux facteurs organisationnels influence l'exposition aux facteurs psychosociaux et physiques qui sont eux-mêmes associés. La demande psychologique augmente le niveau de stress perçu. Enfin l'exposition aux contraintes physiques et à un fort niveau de stress perçu (chez les hommes) augmentent les douleurs de l'épaule.
- Des études épidémiologiques sont nécessaires pour améliorer la compréhension du rôle des facteurs organisationnels (macro-ergonomique) qui agissent indirectement sur le SCR afin *in fine* d'améliorer leur prévention en milieu professionnel.

Risk factors for shoulder pain in a cohort of French workers: A Structural Equation Model

Julie Bodin, Ronan Garlandézec, Nathalie Costet, Alexis Descatha, Jean-François Viel, Yves Roquelaure

Correspondance to Julie Bodin, Inserm U1085, Ester Team, University of Angers, UFR Santé
- Département Médecine, Rue Haute de Reculée, F-49045 Angers, France

e-mail: julie.bodin@univ-angers.fr

Tél: + 33 241 735 911

Fax: + 33 241 353 448

Running head: Structural equation modeling of shoulder pain

Shoulder pain is common in the working population and causes loss of productivity, high economic costs and long periods of absence. Simultaneous evaluation of the complex relationships between work organization, psychosocial and physical risk factors, stress and shoulder pain is rare. The aim of this study was to explore the direct and indirect relationships between workplace risk factors, perceived stress and occurrence of shoulder pain in workers of the Cosali study. A total of 3,710 workers of a French region were randomly included between 2002 and 2005. They completed a self-administered questionnaire about musculoskeletal symptoms, individual factors and exposure to work constraints. In 2007, they responded to a follow-up questionnaire. The study sample contained 1,400 workers free from shoulder pain at baseline. Structural equation models were used. For both genders, exposure to factors related to the work organization had an effect on physical and psychosocial risk factors. Psychological demand was the only psychosocial constraint that increased perceived stress. Shoulder pain was influenced directly by physical risk factors for both genders and perceived stress for men. In view of their distal action, work organization is an important target for strategies in the prevention of shoulder pain in the working population.

KEY WORDS: shoulder pain; musculoskeletal; work; occupational exposure; structural equation modeling

Abbreviations: MSD, musculoskeletal disorder; OP, occupational physician; RMSEA, root mean square error of approximation; RNI, relative noncentrality index; SEM, structural equation modeling; SRMR, standardized root mean square residual; TLI, Tucker-Lewis index

Shoulder pain is common in the working population and causes greater loss of productivity, higher economic costs for employers and longer periods of absence from work than other upper-limb pain (1,2). In France, shoulder disorders accounted for 26% (n=13,445) of occupational diseases in 2015 (3).

Numerous studies have investigated the risk factors for shoulder pain and have shown several associations with individual characteristics, physical and psychosocial factors at work (1,2,4–6). Less attention has been given to work organization (such as work pace, the application of an ISO quality standard) (7,8). Several conceptual models (8–13) proposed to link work organization to musculoskeletal disorders (MSD). In these models, work organization factors were considered as distal risk factors for MSDs influencing exposure to proximal factors such as physical and psychosocial risk factors. For example, temporal (cycle time, work/rest period, etc.) and physical (workstation dimensions, loads and force level required, etc.) characteristics of the work situation determine exposure to physical factors. Similarly, work organization and management practices influence work-related psychosocial factors by determining the human resources allocated to the production activity, and also the quality of work relationships and social support (14). This supports the following hypothesis:

Hypothesis 1: Exposure to factors related to the work organization has an effect on physical and psychosocial risk factors.

According to different conceptual models, psychosocial risk factors, such as high job demand and low decision latitude, can influence shoulder pain through an increase of perceived stress at work (4,10). This supports the following hypothesis:

Hypothesis 2: Exposure to psychosocial constraints increases the risk of perceived stress.

Psychosocial risk factors can also influence shoulder pain in increasing exposure to physical risk factors (9,10,12,13). For example, workers with low decision latitude may be limited in

their way to organize their workload, possibly resulting in higher physical exposure. The relationship between social support and physical exposure may be two-way; workers exposed to high physical risk factors may have strong social support from the hierarchy and coworkers to cope with these constraints. High social support could increase cooperation between coworkers during manual handling and reduce the physical exposure. On the other hand, workers with low social support from the hierarchy and coworkers may be exposed to higher physical risk factors. However, few studies have investigated the relationships between psychosocial and physical risk factors (15). These support the following hypothesis:

Hypothesis 3: Decision latitude and psychological demand have an effect on physical risk factors.

Hypothesis 4: Social support and physical risk factors are correlated.

The associations between physical exposure and shoulder pain are well established (1,2,5). Epidemiological evidence of the associations between mental stress and shoulder pain is still scant (16–19). Neurophysiological studies suggest that stress increases the activity of the motor units of shoulder muscles leading to increased muscle tension (7,16–18,20). This supports the following hypothesis:

Hypothesis 5: Exposure to physical risk factors and perceived stress increases the risk of shoulder pain.

In addition, we postulated that psychosocial risk factors are correlated, that age influences shoulder pain, physical risk factors and perceived stress, and that body mass index has a positive influence on shoulder pain (10).

Identifying distal and proximal factors related to shoulder pain is important to help preventers to act on these factors. Several studies have used structural equation modeling (SEM) to study relationships between individual characteristics, workplace risk factors and MSDs (Web

Appendix 1) (16–18,21–25). However, simultaneous evaluation of the complex relationships between work organization, psychosocial and physical risk factors, stress and MSDs is rare. Using data from the surveillance program for MSDs implemented in the Pays de la Loire region by Santé publique France, the French Public Health Agency, the aim of this longitudinal study was to explore the distal and proximal relationships between work organization, psychosocial and physical risk factors at baseline and perceived stress and shoulder pain at follow-up in French workers. A conceptual model (Figure 1) was defined, based on the literature and field experience and the expertise of the authors (8–13), in which the hypotheses described above were tested.

METHODS

Study population

The Cosali (COhorte des SALariés LIgériens, acronym for cohort of workers living in the Pays de la Loire region) study was based on a large sample of workers in the Pays de la Loire region in France (Loire valley area, west central France). Between 2002 and 2005, 83 occupational physicians (OP) volunteered to take part in the study (18% of OPs of the region). They selected 3,710 workers at random (out of 184,600 under surveillance by the 83 OPs, 2.0%). Fewer than 10% of the selected workers were not included (no shows, refusals and duplications). Women were slightly underrepresented in the sample (42% vs. 47% in the region, $P < 0.001$). Overall, the distribution of occupations in the sample was close to that of the regional workforce, except for the occupations not surveyed by OPs (e.g., farmers, shopkeepers and self-employed workers). In 2007, a follow-up questionnaire was mailed to subjects. In the case of non-response, they were sent two successive reminder letters. For workers who had not returned the questionnaire in 2007, the OPs were asked to pass on the

questionnaire to the workers during a health examination. A total of 2,332 subjects (63%) filled out the second questionnaire.

We excluded subjects with the following characteristics: 1) craftsmen, salesmen and managers and workers in the agriculture sector at baseline because of the low number of subjects in these occupations and economic sector, 2) workers with shoulder pain at baseline, defined as workers with shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain ≥ 2 (between 0-10) and/or with shoulder pain for more than 30 days during the preceding 12 months and 3) non-working subjects at follow-up. In addition, 4) non-respondents to the follow-up questionnaire, and 5) workers with missing data for at least one of the variables studied were excluded.

The study received approval from France's National Committee for Data Protection (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés), in 2001 and 2006. Each subject provided informed written consent to participation in this study.

Measurements at baseline

At baseline, workers completed a self-administered questionnaire about their socio-demographic characteristics, musculoskeletal symptoms and their working conditions during a typical working day over the 12 preceding months.

Age was dichotomized at 40 years of age, and body mass index was divided into three categories (underweight or normal weight ($< 25 \text{ kg/m}^2$), overweight ($25\text{-}30 \text{ kg/m}^2$) and obese ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$)).

Three types of work-related factors were studied (8–13): factors related to the work organization, psychosocial and physical risk factors.

Factors related to the work organization considered were (yes/no): “work pace dependent on customer demand” (*During a typical day, is your work pace imposed by external demand*

(*public, client*)?) and “having industrial work rate constraints”. The latter was established by two questions: *During a typical day, is your work pace imposed by the automatic movement of a product or item?* and *During a typical day, is your work pace imposed by the automatic rate of a machine?*

Psychosocial risk factors were assessed according to the validated French version of the Karasek Job Content Questionnaire (26) and studied as continuous: decision authority, skill discretion, psychological demand, supervisor support and coworker support.

Physical risk factors were selected according to previous results in the same database (27–29): working with arms abducted, working with arms at or above shoulder level and perceived physical exertion. The postures were defined according to the criteria document for the evaluation of work-related MSDs (30) and were assessed using pictures to facilitate the workers’ understanding. The response categories were presented on a 4-level Likert-type scale, as follows: “never or practically never”, “rarely” (<2 hours/day), “often” (2-4 hours/day) and “always” (>4 hours/day). Perceived physical exertion was assessed using the Rating Perceived Exertion (RPE) Borg scale graduated from 6 (“very, very light”) to 20 (“maximum exertion”) and it was studied as continuous.

Measurements at follow-up

Shoulder pain at follow-up was assessed in the same way as at baseline, using a modified version of the standardized Nordic-style questionnaire (31). Workers were asked if they had experienced any aching, discomfort, pain or numbness in the shoulders in the preceding 12 months and in the preceding 7 days. The duration of symptoms during the preceding 12 months was collected (<24 hours, 1-7 days, 8-30 days, >30 days, permanently) and the intensity of pain at the time of the questionnaire was assessed on a visual analog scale ranging

from 0 to 10. Shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain ≥ 2 and shoulder pain lasting more than 30 days during the preceding 12 months were studied. Perceived stress was assessed on a visual analog scale (VAS) ranging from 0 to 10 and studied as continuous.

Statistical analysis

Chi2 tests for qualitative variables and Student tests for quantitative variables were used to compare men's and women's characteristics.

SEMs were implemented to test the conceptual model (Figure 1 and Web Appendix 1) (32–34) separately for men and women to take into account possible differences in exposure to work constraints between genders (35) and potential differential effects of these constraints in men and women. Two latent variables were considered (i.e. physical factors and shoulder pain). Standardized beta parameters (interpretable in terms of correlation and ranging from -1 for a perfect negative association to 1 for a perfect positive association) were presented and statistical significance was defined as a p-value lower than 0.05. SEMs were performed with the Lavaan package of R software (version 3.2.0; The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) using the WLSMV estimator (weighted least squares estimation with robust standard errors and a mean and variance adjusted test statistic) adapted for categorical variables (36,37). Model fit was assessed using the χ^2 test, root mean square error of approximation (RMSEA), relative noncentrality index (RNI), Tucker-Lewis index (TLI) and standardized root mean square residual (SRMR). The following cut-off values were applied to interpret the quality of the fit (38,39): p-value of the χ^2 test greater than 0.05, value lower than 0.07 for RMSEA, values greater than 0.95 for RNI and TLI and value lower than 0.08 for SRMR.

Finally, a sensitive analysis to examine the effects of a change in job or company during follow-up was performed by excluding workers who had changed job or company since baseline.

RESULTS

The study sample comprised 1,400 workers (840 men and 560 women, Web Figure 1). There were no sex differences between the 1,400 workers who were included in the analyses and the 2,310 who were not (40.3% and 42.6% of women, respectively, $P=0.16$). However, the included workers were younger (37.8 years (standard deviation=9.3) vs. 39.2 years (standard deviation=10.9), $P<0.01$) and fewer blue-collar workers were included (39.8% vs. 44.6%, $P=0.004$). After excluding the agriculture sector, there was no statistically significant difference between economic sectors ($P=0.50$).

Description of the study population is presented in Table 1. Women more often reported shoulder pain than men: 15.0% of women reported shoulder pain lasting more than 30 days compared to 8.1% of men ($P<0.01$) and 18.6% of women reported shoulder pain during the preceding 7 days ≥ 2 compared to 10.4% of men ($P<0.01$).

Table 1: Comparison of workers characteristics according to gender, Cosali (COhorte des SALariés Ligériens) survey (n=1,400), 2002–2009

Characteristic	Together (n=1,400)			Men (n=840)			Women (n=560)			P
	n	%	mean (SD)	n	%	mean (SD)	n	%	mean (SD)	
Baseline characteristics (2002-2005)										
Age ≥40	628	44.9		382	45.5		246	43.9		0.57 ^a
Body mass index ^b										<0.01 ^a
Underweight-Normal (<25)	907	64.8		490	58.3		417	74.5		
Overweight (25-30)	382	27.3		288	34.3		94	16.8		
Obesity (≥30)	111	7.9		62	7.4		49	8.8		
Industrial work rate constraints	190	13.6		128	15.2		62	11.1		0.03 ^a
Work pace dependent on customer demand	652	46.6		389	46.3		263	47.0		0.81 ^a
Arms above shoulder level										<0.01 ^a
Never or almost never	925	66.1		521	62.0		404	72.1		
Rarely (< 2 hours a day)	338	24.1		234	27.9		104	18.6		
Often (2 to 4 hours a day)	107	7.7		71	8.4		36	6.4		
Most of the time (≥ 4 hours a day)	30	2.1		14	1.7		16	2.9		
Arms abducted										<0.01 ^a
Never or almost never	990	70.7		560	66.7		430	76.8		
Rarely (< than 2 hours a day)	234	16.7		170	20.2		64	11.4		
Often (2 to 4 hours a day)	122	8.7		78	9.3		44	7.9		
Most of the time (≥ 4 hours a day)	54	3.9		32	3.8		22	3.9		
Perceived physical demand (Borg's RPE)			11.4 (3.1)			11.9 (3.0)			10.8 (3.1)	<0.01 ^c
Decision authority			36.7 (7.1)			37.3 (6.8)			35.9 (7.3)	<0.01 ^c
Skill discretion			34.7 (6.4)			35.5 (6.2)			33.6 (6.5)	<0.01 ^c
Psychological demand			21.5 (3.6)			21.4 (3.6)			21.5 (3.5)	0.57 ^c
Supervisor support			11.6 (2.1)			11.5 (2.1)			11.8 (2.1)	0.03 ^c
Coworker support			12.6 (1.8)			12.5 (1.8)			12.7 (1.9)	0.13 ^c
Follow-up characteristics (2007-2009)										
Stress			3.9 (2.4)			3.7 (2.3)			4.2 (2.4)	<0.01 ^c
Shoulder pain lasting more than 30 days during the	152	10.9		68	8.1		84	15.0		<0.01 ^a

preceding 12 months						
Shoulder pain during the preceding 7 days with intensity level higher than 2	191	13.6	87	10.4	104	18.6
						<0.01 ^a

Abbreviation: SD, standard deviation; RPE, Rating Perceived Exertion.

^aChi2 test comparing characteristics according to sex.

^bWeight (kg)/height (m)².

^cStudent's t-test comparing characteristics according to sex.

The SEMs showed very good fit for men ($X^2 P=0.27$, RMSEA=0.011 (95% CI 0.000, 0.027), RNI=0.998, TLI=0.996, SRMR=0.065) and women ($X^2 P=0.070$, RMSEA=0.023 (95% CI 0.000, 0.039), RNI=0.991, TLI=0.984, SRMR=0.079). For both genders (Web Figures 2 and 3, Web Table 1), the SEMs showed that exposure to industrial work rate constraints increased physical risk factors (standardized beta=0.13, $P<0.01$ for men and 0.27, $P<0.01$ for women) and decreased decision latitude (decision authority: -0.19, $P<0.01$ for men and -0.23, $P<0.01$ for women; skill discretion: -0.27, $P<0.01$ for men and -0.21, $P<0.01$ for women). In contrast, exposure to work pace dependent on customer demand decreased physical risk factors (-0.10 for men, $P=0.01$ and -0.12, $P=0.02$ for women) and increased psychosocial risk factors: decision authority (0.19, $P<0.01$ for men and 0.11, $P=0.01$ for women), skill discretion (0.16 for men, $P<0.01$ and 0.13, $P<0.01$ for women) and psychological demand (0.19, $P<0.01$ for men and 0.20, $P<0.01$ for women). Physical risk factors were decreased by skill discretion (-0.13, $P=0.01$ for men and -0.18, $P<0.01$ for women). Psychological demand was the only psychosocial constraint that increased perceived stress (0.18, $P<0.01$ for men and 0.16, $P<0.01$ for women). Shoulder pain was influenced directly by physical risk factors (0.15, $P=0.03$ for men and 0.20, $P=0.01$ for women) and age (0.20, $P<0.01$ for men and 0.22, $P<0.01$ for women).

However, models differed according to gender. For men, physical risk factors were increased by psychological demand (0.10, $P<0.01$) and decreased by age (-0.11, $P=0.01$), and perceived stress directly increased shoulder pain (0.13, $P=0.01$). For women, exposure to industrial work rate risk factors reduced supervisor (-0.14, $P<0.01$) and coworker social support (-0.13, $P<0.01$). Moreover, body mass index directly increased shoulder pain (0.15, $P=0.01$).

When limiting the analysis to the 922 workers who had not changed job or company since baseline, the estimated parameters were less significant but with the same signs of association

(Web Table 2). However, the model showed that skill discretion increased perceived stress for men (0.10, $P=0.05$).

DISCUSSION

This prospective study showed the distal and proximal relationships between work organization, psychosocial and physical risk factors, perceived stress and shoulder pain in workers.

Models were stratified by gender following the recommendations of Messing et al. (35).

Indeed, there are differences in the prevalence of shoulder pain and exposure to workplace risk factors between men and women, and thus not stratifying the analyses can lead to some associations being overlooked.

Comparison with the literature was difficult because there are a few studies which have used SEM to study the complex relationships between workplace risk factors, stress and MSDs (16–18,21–25) and to our knowledge none had studied associations with work organization.

Our first hypothesis was confirmed in this study, i.e. industrial work rate constraints increased physical risk factors and decreased decision latitude for both genders, and decreased social support for women. A recent study found that machine-paced jobs increased physical and psychosocial factors compared to self-paced jobs (bivariate associations) (40). A review of literature by Koukoulaki et al. found that work pace increased stress and musculoskeletal symptoms, but the associations between work pace and physical and psychosocial factors were not studied (41). In our study, work pace dependent on customer demand decreased physical risk factors and increased decision latitude and psychological demand for both genders. Few epidemiological studies have studied these associations. Having to respond to customers may be firstly associated to more complex tasks than industrial work, and secondly can lead to work faster, sometimes in 'emergency mode' and to feel not having enough time to

make a job of good quality (i.e. high psychological demand). Compared to work paced, workers exposed to customer demand may have more operational leeway to adjust their working strategies allowing more decision latitude.

Our second hypothesis was partially confirmed by the present study. Only high psychological demand increased perceived stress in both genders. This finding is concordant with the studies by Larsman et al. using SEM among different occupational groups (15–17). The authors studied the different dimensions of the Copenhagen Psychosocial Questionnaire (16,18) and Job Content Questionnaire (17) and they showed that high work demand had a direct effect on stress. Another epidemiological study among assembly workers, using logistic regression, found that psychological demands and social support were associated with high stress, but not decision latitude (42).

Our study showed that physical risk factors were increased by high psychological demand in men and decreased by high skill discretion in both genders. The association between coworker support and physical risk factors was of borderline significance in women ($P=0.06$) suggesting that workers exposed to high physical load have more social support from their colleagues. Our third and fourth hypotheses were thus partially confirmed. Few studies have investigated the relationships between physical and psychosocial risk factors (15). Park et al. found that job stress factors had a direct effect on physical factors using SEM (24).

Our results partially confirmed the fifth hypothesis; exposure to physical risk factors at baseline increased the risk of shoulder pain at follow-up in workers. This is consistent with the literature (5,6,43). However, Eatough et al. found that physical demands did not have a significant effect on shoulder pain using SEM (22). The path between perceived stress and shoulder pain was significant only for men. Previous epidemiological studies using logistic regression (19,42) and SEM (18) support this finding, but analyses were not stratified by gender. Psychosocial stress is known to increase neck and shoulder muscle tension and

modify the recruitment of the motor unit of the neck and shoulder muscles. This can lead to muscle pain and lack of motor coordination, decreasing the efficiency of postures (44).

Larsman et al. showed that the relationship between stress and neck/shoulder pain was mediated by perceived muscle tension in medical secretaries (16).

Our study showed that older age increased the occurrence of shoulder pain in both genders.

This is consistent with the degenerative changes in aging rotator cuff tendons and with literature using logistic regression modeling (19,27,45). The results showed that older age decreased physical risk factors only in men. It is possible that physical work is distributed differently between older and younger workers in companies. Older workers perform tasks for which their skills acquired by longer experience are more useful rather than their physical ability. This distribution of physical work can come from the workers themselves or the company.

High body mass index increased the occurrence of shoulder pain in women. This is consistent with previous results using logistic regression modeling (27). Two other longitudinal studies found this association, but analyses were not stratified by gender (19,46).

The prospective design was a major strength of this study and the random selection of workers during a health examination at baseline was designed to ensure a representative sample of the region's workforce. However, the sample counted less women than the general population. This could be explained by the lack of occupational physicians in two economic sectors highly populated by women, i.e., education and health. Moreover, the percentage of loss to follow-up was high (39%). The follow-up period coincided with a major economic downturn in the region, during which insecure workers changed jobs, and it was thus difficult to follow them up. In addition, selection bias linked to the "healthy worker effect" cannot be excluded, leading to under-estimation of associations.

SEM was used in this study offering the possibility of studying several outcomes simultaneously, and allowing exploration of interrelationships between different risk factors and identifying their respective distal and proximal roles in the prediction of outcomes, unlike the logistic regressions used conventionally. As previous shoulder pain is a strong predictor of future shoulder pain, analyses were performed only on data from workers free of shoulder pain at baseline, as conventionally reported in the literature (19,45,46). In our conceptual model based on the literature, some associations are assumed to be causal. However, SEMs estimate associations only.

Certain methodological issues warrant attention. Due to the length of our self-administered questionnaire, no questions were asked about perceived muscle tension, family status, sports or life events. Park et al. (24) found that lifestyle factors (smoking, drinking and exercise) had distal effects on musculoskeletal pain through physical and job stress factors. In our study, only one dimension (i.e. perceived stress) was used to measure psychological health in contrast to several studies that used other dimensions such as depression, frustration and anxiety (22,23,25) .

Another limitation of this study was that all data were self-reported and this could have introduced bias. However, standardized questionnaires were used. Shoulder pain was assessed by means of the Nordic questionnaire, it permits sensitive and reproducible assessment of the prevalence and incidence rates of musculoskeletal symptoms (47). Assessment of shoulder postures was requested for a typical workday in the preceding 12-month period and was based on the recommendations of the European consensus to standardize the diagnoses of specific MSDs and the definition of their risk factors (30). Pictures were used to facilitate workers' understanding and increase the validity of self-assessment of posture. The French version of the Job Content Questionnaire was used (26), and the questions regarding industrial work rate constraints and work pace dependent on customer demand came from large French studies of

DARES (Directorate for Research, Studies, and Statistics) (48). Lesage et al. showed that visual analog scale is an efficient tool to assess stress (49).

Shoulder pain is common in the working population and identifying distal and proximal factors related to shoulder pain is important to prevent them. Our study encourages the use of SEM to improve understanding of the relationships of different risk factors with complex interactions. We showed that factors related to the work organization influenced both psychosocial and physical risk factors that in turn influenced shoulder pain. The results need to be tested in others populations. Work organization is an important target for strategies for the prevention of shoulder pain in the working population. More research, implicating researchers from various disciplines (ergonomics, epidemiology, etc.), is needed to determine if organizational measures increasing decision latitude combined with technical measures decreasing the physical workload may prevent shoulder pain.

ACKNOWLEDGEMENTS

Author affiliations: INSERM, U1085, IRSET, ESTER Team, University of Angers, Angers, France (Julie Bodin, Yves Roquelaure) ; INSERM, U1085, IRSET, 3ERD Team, University Rennes I, Rennes, France (Ronan Garlantézec, Nathalie Costet, Jean-François Viel) ; CHU Rennes, Rennes, France (Ronan Garlantézec, Jean-François Viel) ; INSERM, UMS 011, ‘Population-Based Epidemiological Cohorts’ Research Unit, Villejuif, France (Alexis Descatha) ; Univ Versailles St-Quentin, Versailles, France (Alexis Descatha) ; CHU Angers, Angers, France (Yves Roquelaure).

This work was supported by Santé publique France, the French Public Health Agency, Saint-Maurice, France (Grant 9/25/2002-5 “Réseau expérimental de surveillance des troubles musculo-squelettiques”) and the French National Research Agency (ANR-Grant SEST-06-36).

We thank the occupational physicians of the region who made it possible for this cohort study to be performed. We also thank Natacha Fouquet (Santé publique France, French Public Health Agency, Direction of Occupational Health, Saint-Maurice, France; INSERM, U1085, IRSET, ESTER Team, University of Angers, Angers, France) for her valuable comments.

Parts of this work were presented in poster form at the Adelf-Epiter congress in Rennes, France, September 7-9, 2016 and in a symposium at the PREMUS 2016 (9th International Scientific Conference on the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders) congress in Toronto, Canada, June 20 - 23, 2016.

Conflict of interest: none declared.

REFERENCES

1. van der Windt DA, Thomas E, Pope DP, et al. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med*. 2000;57(7):433–442.
2. Kuijpers T, van der Windt DAWM, van der Heijden GJMG, et al. Systematic review of prognostic cohort studies on shoulder disorders. *Pain*. 2004;109(3):420–431.
3. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels. Rapport de gestion 2015. Paris: CnamTS; 2016. (http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_tel_echarger/brochures/RAPPORT-AT-MP-2015.pdf)
4. Bongers P, Kremer A, ter Laak J. Are psychosocial factors, risk factors for symptoms and signs of the shoulder, elbow, or hand/wrist?: A review of the epidemiological literature. *Am J Ind Med*. 2002;41(5):315–342.
5. da Costa BR, Vieira ER. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am J Ind Med*. 2010;53(3):285–323.
6. Mayer J, Kraus T, Ochsmann E. Longitudinal evidence for the association between work-related physical exposures and neck and/or shoulder complaints: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health*. 2012;85(6):587–603.
7. Hagberg M, Silverstein B, Wells R, et al. Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention. London (United Kingdom): Taylor & Francis; 1995.
8. Carayon P, Smith MJ, Haims MC. Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders. *Hum Factors*. 1999;41(4):644–663.
9. Bellemare M, Marier M, Montreuil S, et al. La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques. Montréal (Canada): IRSST; 2002 (Accessed January 12, 2017). (<http://www.irsst.qc.ca/-publication-irsst-la-transformation-des-situations-de-travail-par-une-approche-participative-en-ergonomie-une-recherche-intervention-pour-la-prevention-des-troubles-r-292.html>). (Accessed January 12, 2017)
10. Karsh B-T. Theories of work-related musculoskeletal disorders: Implications for ergonomic interventions. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 2006;7(1):71–88.
11. Sauter S, Swanson N. An ecological model of musculoskeletal disorders in office work. In: Moon S, Sauter S, eds. *Beyond Biomechanics: Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office Work*. London ; Bristol, PA: Taylor & Francis; 1996:3–21.
12. Stock S, Nicolakakis N, Messing K, et al. What is the relationship between work-related musculoskeletal disorders and psychosocial workplace factors? An overview of different ways of conceptualizing these factors and a proposal for a new model. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [electronic article]. 2013;(15–2). (<https://pistes.revues.org/3407>). (Accessed November 16, 2015)
13. Roquelaure Y. Promoting a Shared Representation of Workers' Activities to Improve Integrated Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Saf Health Work*. 2016;7(2):171–174.

14. Bodin J, Garlantézec R, Costet N, et al. Forms of work organization and associations with shoulder disorders: Results from a French working population. *Appl Ergon.* 2017;59, Part A:1–10.
15. Thiese MS, Hegmann KT, Kapellusch J, et al. Associations between Distal Upper Extremity Job Physical Factors and Psychosocial Measures in a Pooled Study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:643192.
16. Larsman P, Kadefors R, Sandsjö L. Psychosocial work conditions, perceived stress, perceived muscular tension, and neck/shoulder symptoms among medical secretaries. *Int Arch Occup Environ Health.* 2013;86(1):57–63.
17. Larsman P, Lindegård A, Ahlborg G. Longitudinal relations between psychosocial work environment, stress and the development of musculoskeletal pain. *Stress and Health.* 2011;27(3):e228–e237.
18. Larsman P, Sandsjö L, Klipstein A, et al. Perceived work demands, felt stress, and musculoskeletal neck/shoulder symptoms among elderly female computer users. The NEW study. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96(2):127–135.
19. Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, et al. A prospective study of work related factors and physical exercise as predictors of shoulder pain. *Occup Environ Med.* 2001;58(8):528–534.
20. Lundberg U, Forsman M, Zachau G, et al. Effects of experimentally induced mental and physical stress on motor unit recruitment in the trapezius muscle. *Work & Stress.* 2002;16(2):166–178.
21. Byström P, Hanse JJ, Kjellberg A. Appraised psychological workload, musculoskeletal symptoms, and the mediating effect of fatigue: a structural equation modeling approach. *Scand J Psychol.* 2004;45(4):331–341.
22. Eatough EM, Way JD, Chang C-H. Understanding the link between psychosocial work stressors and work-related musculoskeletal complaints. *Appl Ergon.* 2012;43(3):554–563.
23. Golubovich J, Chang C-H, Eatough EM. Safety climate, hardiness, and musculoskeletal complaints: A mediated moderation model. *Appl Ergon.* 2014;45(3):757–766.
24. Park B-C, Cheong H-K, Kim E-A, et al. Risk Factors of Work-related Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Male Shipyard Workers: Structural Equation Model Analysis. *Saf Health Work.* 2010;1(2):124–133.
25. Sprigg CA, Stride CB, Wall TD, et al. Work characteristics, musculoskeletal disorders, and the mediating role of psychological strain: a study of call center employees. *J Appl Psychol.* 2007;92(5):1456–1466.
26. Niedhammer I, Chastang JF, Gendrey L, et al. [Psychometric properties of the French version of Karasek's "Job Content Questionnaire" and its scales measuring psychological pressures, decisional latitude and social support: the results of the SUMER]. *Sante Publique.* 2006;18(3):413–427.
27. Bodin J, Ha C, Sérazin C, et al. Effects of Individual and Work-related Factors on Incidence of Shoulder Pain in a Large Working Population. *J Occup Health.* 2012;54(4):278–288.

28. Bodin J, Ha C, Petit Le Manac'h A, et al. Risk factors for incidence of rotator cuff syndrome in a large working population. *Scand J Work Environ Health*. 2012;38(5):436–446.
29. Roquelaure Y, Bodin J, Ha C, et al. Personal, biomechanical, and psychosocial risk factors for rotator cuff syndrome in a working population. *Scand J Work Environ Health*. 2011;37(6):502–511.
30. Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MH. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*. 2001;27 Suppl 1:1–102.
31. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*. 1987;18(3):233–237.
32. Bollen KA, Noble MD. Structural equation models and the quantification of behavior. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2011;108(SUPPL. 3):15639–15646.
33. Beran TN, Violato C. Structural equation modeling in medical research: a primer. *BMC Res Notes*. 2010;3:267.
34. Buhi ER, Goodson P, Neilands TB. Structural equation modeling: a primer for health behavior researchers. *Am J Health Behav*. 2007;31(1):74–85.
35. Messing K, Stock SR, Tissot F. Should studies of risk factors for musculoskeletal disorders be stratified by gender? Lessons from the 1998 Québec Health and Social Survey. *Scand J Work Environ Health*. 2009;35(2):96–112.
36. Rosseel Y. lavaan :an R package for structural equation modeling. *J Stat Softw*. 2012;48(2):1–36.
37. Finney S, DiStefano C. Nonnormal and categorical data in structural equation models. In: Hancock GR, Mueller RO, eds. *Structural equation modeling: a second course*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing, Inc; 2006:269–314.
38. Hooper D, Coughlan J, Mullen M. Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*. 2008;6(1):53–60.
39. Browne M, Cudeck R. Alternative ways of assessing model fit. In: Bollen KA, Long JS, eds. *Testing Structural Equation Models*. Newbury Park: SAGE; 1993:136–162.
40. Bao SS, Kapellusch JM, Merryweather AS, et al. Relationships between job organisational factors, biomechanical and psychosocial exposures. *Ergonomics*. 2016;59(2):179–194.
41. Koukoulaki T. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: an examination of sociotechnical trends over 20 years. *Appl Ergon*. 2014;45(2):198–212.
42. Kjellberg A, Wadman C. The role of the affective stress response as a mediator of the effect of psychosocial risk factors on musculoskeletal complaints—Part 1: Assembly workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2007;37(4):367–374.
43. van Rijn RM, Huisstede BM, Koes BW, et al. Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder—a systematic review of the literature. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(3):189–201.

44. Johansson H, Windhorst H, Djupsjöbacka M, et al., eds. Chronic work-related myalgia: neuromuscular mechanisms behind work-related chronic muscle pain syndromes. Umea (Sweden): Gävle University Press; 2003.
45. Herin F, Vézina M, Thaon I, et al. Predictors of chronic shoulder pain after 5years in a working population. *Pain*. 2012;153(11):2253–2259.
46. Luime JJ, Kuiper JI, Koes BW, et al. Work-related risk factors for the incidence and recurrence of shoulder and neck complaints among nursing-home and elderly-care workers. *Scand J Work Environ Health*. 2004;30(4):279–286.
47. Descatha A, Roquelaure Y, Chastang JF, et al. Validity of Nordic-style questionnaires in the surveillance of upper-limb work-related musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*. 2007;33(1):58–65.
48. Dares. Catalogue des enquêtes réalisées par la Dares. Paris: Ministre du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social; 2015.(http://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/catalogue_des_enquetes_realisees_par_la_dares_edition_2015_-2.pdf)
49. Lesage F-X, Berjot S, Deschamps F. Clinical stress assessment using a visual analogue scale. *Occup Med (Lond)*. 2012;62(8):600–605.

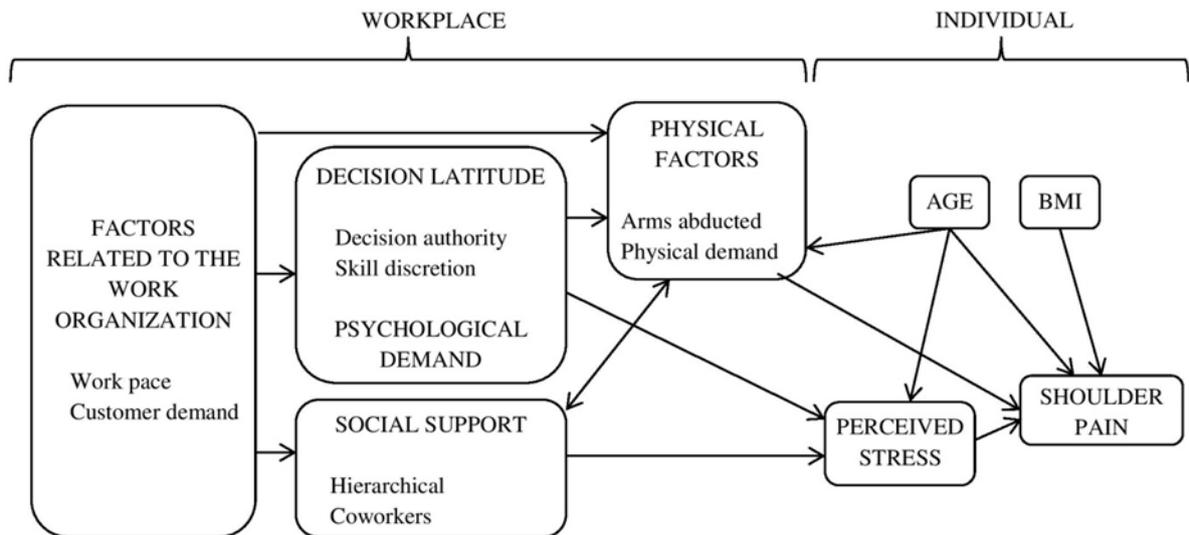


Figure 1: Conceptual model linking work-related and personal factors to shoulder pain. H: Hypothesis tested.

Web Appendix 1: Structural equation modeling

Structural equation modeling (SEM) is a multivariate data analysis technique that has emerged in the 1970s in the social and human sciences (1–7). Its aim is to test the relevance of a conceptual model, usually represented by a path diagram, in which assumptions about direct and indirect relationships between variables are presupposed. It follows a confirmatory approach where the conceptual model is built a priori, in accordance with the available scientific knowledge.

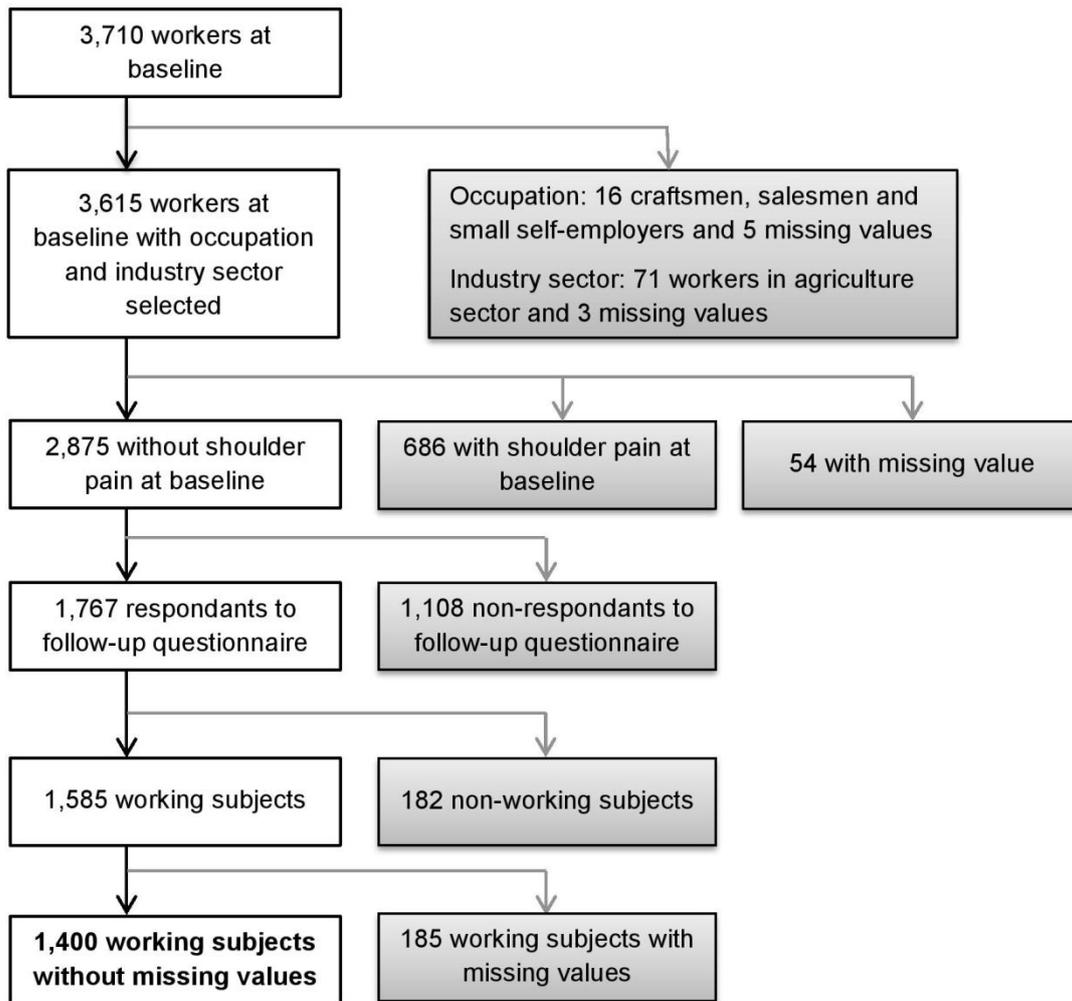
Two types of variables are defined: manifest and latent variables. Manifest variables (represented by rectangles in the path diagram) are observed variables whereas latent variables (represented by circles) are variables that cannot be measured directly (shoulder pain for example) and are estimated through the observed variables (shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain ≥ 2 and shoulder pain lasting more than 30 days during the preceding 12 months) and their correlations. A latent variable is determined by at least two manifest variables, but three is recommended. In SEM, the terms "dependent variables" and "independent variables" are not suitable, the terms "endogenous" and "exogenous" variables are used instead: endogenous variables are variables that are dependent on other variables in at least one equation and exogenous variables are variables that are not dependent on any other variable in any equation. In path diagrams, arrows represent relationships between variables, a unidirectional arrow represents a causal relationship between two variables and a double arrow represents correlation between two variables. The relationship between two variables not connected by an arrow may be indirect. The measurement model estimates the relationships between manifest and latent variables and the structural model estimates the relationships between the latent variables.

In presence of binary or ordered categorical manifest variables, it is recommended to use WLSMV estimator (weighted least squares estimation with robust standard errors and a mean

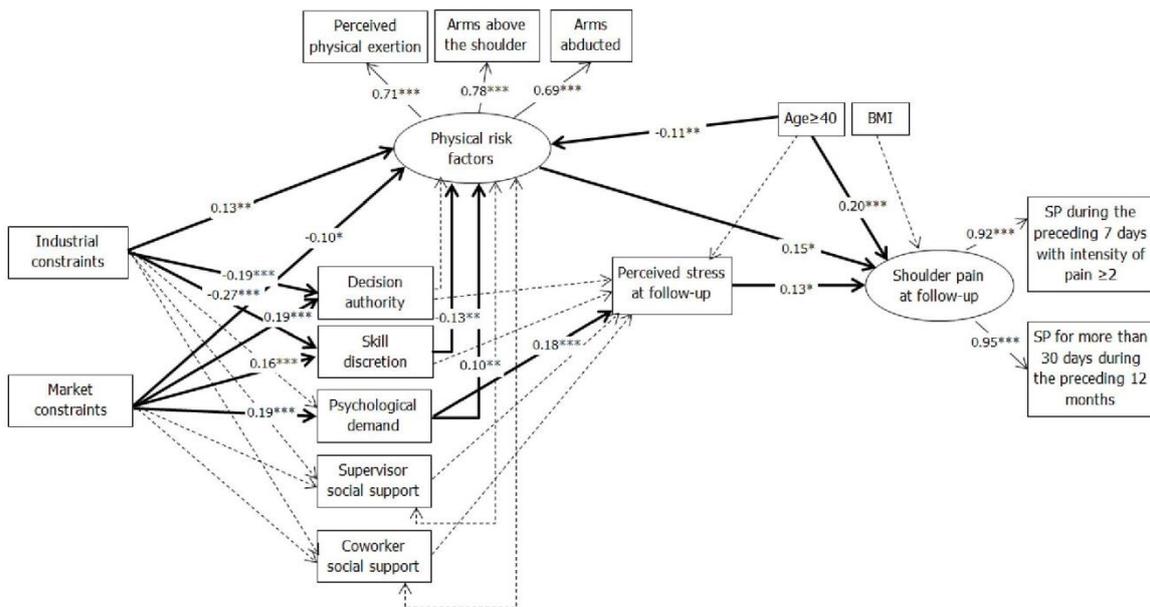
and variance adjusted test statistic) (7,8). In addition, when the manifest variables are of different types (binary, scales, etc.), the use of a standardized beta coefficients facilitates the interpretation (1,5).

References

1. Amorim LDAF, Fiaccone RL, Santos CAST, et al. Structural equation modeling in epidemiology. *Cad Saude Publica*. 2010;26(12):2251–2262.
2. Beran TN, Violato C. Structural equation modeling in medical research: a primer. *BMC Res Notes*. 2010;3:267.
3. Bollen KA, Noble MD. Structural equation models and the quantification of behavior. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2011;108(SUPPL. 3):15639–15646.
4. Buhi ER, Goodson P, Neilands TB. Structural equation modeling: a primer for health behavior researchers. *Am J Health Behav*. 2007;31(1):74–85.
5. Chavance M, Escolano S, Romon M, et al. Latent variables and structural equation models for longitudinal relationships: an illustration in nutritional epidemiology. *BMC Medical Research Methodology*. 2010;10:37.
6. MacCallum RC, Austin JT. Applications of structural equation modeling in psychological research. *Annual Review of Psychology*. 2000;51(1):201.
7. Stein CM, Morris NJ, Nock NL. Structural equation modeling. *Methods Mol. Biol*. 2012;850:495–512.
8. Finney S, DiStefano C. Nonnormal and categorical data in structural equation models. In: Hancock GR, Mueller RO, eds. *Structural equation modeling: a second course*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing, Inc; 2006:269–314.

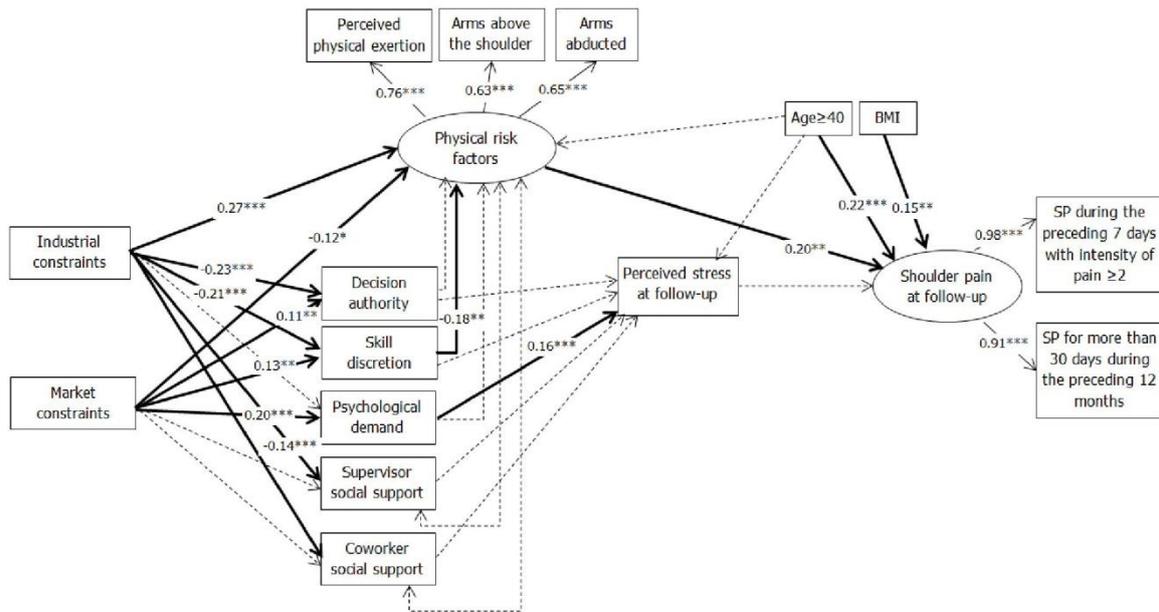


Web Figure 1: Study population flowchart, Cosali (COhorTE des SALariés Ligériens) survey (n=1,400), 2002–2009



Web Figure 2: Structural equation model for men, Cosali (COhorte des SALariés Ligériens) survey (n=840), 2002–2009. Ellipses=latent variables; boxes= observed variables. Significant ($P<0.05$) direct paths are depicted as solid lines with standardized beta coefficients. Non-significant paths are depicted as dotted lines. Correlations between psychosocial risk factors are not represented. The reference category for “industrial constraints”, “market constraints” and “age \geq 40” was “no”; the reference category for “body mass index” (BMI) was “underweight or normal ($<25\text{kg}/\text{m}^2$)” and scores of the Job Content Questionnaire and perceived stress were continuous variables.

^a $P<0.05$; ^b $P<0.01$; ^c $P<0.001$.



Web Figure 3: Structural equation model for women, Cosali (COhorte des SALariés Ligériens) survey (n=560), 2002–2009. Ellipses=latent variables; boxes= observed variables. Significant (P<0.05) direct paths are depicted as solid lines with standardized beta coefficients. Non-significant paths are depicted as dotted lines. Correlations between psychosocial risk factors are not represented. The reference category for “industrial constraints”, “market constraints” and “age≥40” was “no”; the reference category for “body mass index” (BMI) was “underweight or normal (<25kg/m²)” and scores of the Job Content Questionnaire and perceived stress were continuous variables.

^aP<0.05; ^bP<0.01; ^cP<0.001.

Web Table 1: Results from structural equation modeling of relations between occupational constraints and shoulder pain, Cosali (COhorte des SALariés Ligériens) survey (n=1,400), 2002–2009

	Men (n=840)			Women (n=560)		
	Standardized beta	Standard error	P	Standardized beta	Standard error	P
Predictors of physical risk factors^a						
Industrial work rate constraints	0.13	0.04	<0.01	0.27	0.05	<0.01
Work pace dependent on customer demand	-0.10	0.04	0.01	-0.12	0.05	0.02
Decision authority	-0.03	0.05	0.51	-0.03	0.06	0.58
Skill discretion	-0.13	0.05	0.01	-0.18	0.06	<0.01
Psychological demand	0.10	0.04	<0.01	0.08	0.05	0.13
Age \geq 40	-0.11	0.04	0.01	-0.08	0.05	0.10
Predictors of decision authority						
Industrial work rate constraints	-0.19	0.03	<0.01	-0.23	0.04	<0.01
Work pace dependent on customer demand	0.19	0.03	<0.01	0.11	0.04	0.01
Predictors of skill discretion						
Industrial work rate constraints	-0.27	0.03	<0.01	-0.21	0.04	<0.01
Work pace dependent on customer demand	0.16	0.03	<0.01	0.13	0.04	<0.01
Predictors of psychological demand						
Industrial work rate constraints	-0.03	0.04	0.48	0.05	0.04	0.21
Work pace dependent on customer demand	0.19	0.03	<0.01	0.20	0.04	<0.01
Predictors of supervisor social support						
Industrial work rate constraints	-0.02	0.04	0.65	-0.14	0.04	<0.01
Work pace dependent on customer demand	0.00	0.03	0.98	0.02	0.04	0.67
Predictors of coworker social support						
Industrial work rate constraints	-0.06	0.04	0.09	-0.13	0.04	<0.01
Work pace dependent on customer demand	0.06	0.04	0.07	-0.01	0.04	0.87
Predictors of perceived stress at follow-up						
Decision authority	0.03	0.04	0.46	0.04	0.05	0.49
Skill discretion	0.02	0.05	0.63	-0.02	0.05	0.68
Psychological demand	0.18	0.03	<0.01	0.16	0.04	<0.01
Supervisor social support	-0.03	0.03	0.36	-0.01	0.05	0.80
Coworker social support	0.00	0.03	1.00	-0.05	0.05	0.29
Age \geq 40	0.05	0.03	0.12	0.03	0.04	0.52
Predictors of shoulder pain at follow-up^b						

Physical risk factors ^a	0.15	0.07	0.03	0.20	0.07	0.01
Perceived stress at follow-up	0.13	0.05	0.01	0.09	0.06	0.11
Age \geq 40	0.20	0.06	<0.01	0.22	0.06	<0.01
Body mass index	-0.01	0.06	0.82	0.15	0.05	0.01
Correlations						
Physical risk factors ^a /Supervisor social support	0.02	0.03	0.65	-0.01	0.05	0.77
Physical risk factors ^a /Coworker social support	0.00	0.04	0.96	0.09	0.05	0.06
Decision authority/Skill discretion	0.51	0.02	<0.01	0.49	0.03	<0.01
Decision authority/Psychological demand	0.09	0.03	<0.01	-0.02	0.04	0.62
Decision authority/Supervisor social support	0.19	0.03	<0.01	0.18	0.03	<0.01
Decision authority/Coworker social support	0.14	0.03	<0.01	0.09	0.03	0.01
Skill discretion/Psychological demand	0.23	0.03	<0.01	0.12	0.04	<0.01
Skill discretion/Supervisor social support	0.29	0.03	<0.01	0.23	0.03	<0.01
Skill discretion/Coworker social support	0.22	0.02	<0.01	0.10	0.04	0.01
Psychological demand /Supervisor social support	-0.14	0.03	<0.01	-0.15	0.04	<0.01
Psychological demand/Coworker social support	-0.06	0.03	0.03	-0.09	0.04	0.02
Supervisor social support/Coworker social support	0.32	0.02	<0.01	0.38	0.03	<0.01

In bold, p-value<0.05.

^aLatent variable measured by working with arms abducted, working with arms at or above shoulder level and perceived physical exertion.

^bLatent variable measured by shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain equal to or higher than 2 and shoulder pain lasting more than 30 days during the preceding 12 months.

Web Table 2: Results from structural equation modeling of relations between occupational constraints and shoulder pain in workers without change of job or company since baseline, Cosali (COhorte des SALariés Ligériens) survey (n=922), 2002–2009

	Men (n=546)			Women (n=376)		
	Standardized beta	Standard error	P	Standardized beta	Standard error	P
Predictors of physical risk factors^a						
Industrial work rate constraints	0.14	0.05	0.01	0.33	0.06	<0.01
Work pace dependent on customer demand	-0.13	0.05	0.01	-0.16	0.06	0.01
Decision authority	-0.02	0.06	0.75	-0.01	0.07	0.85
Skill discretion	-0.08	0.06	0.20	-0.23	0.07	<0.01
Psychological demand	0.14	0.04	<0.01	0.09	0.06	0.14
Age \geq 40	-0.08	0.05	0.13	-0.06	0.06	0.35
Predictors of decision authority						
Industrial work rate constraints	-0.16	0.04	<0.01	-0.20	0.05	<0.01
Work pace dependent on customer demand	0.21	0.04	<0.01	0.07	0.05	0.18
Predictors of skill discretion						
Industrial work rate constraints	-0.27	0.04	<0.01	-0.14	0.05	0.01
Work pace dependent on customer demand	0.16	0.04	<0.01	0.07	0.05	0.16
Predictors of psychological demand						
Industrial work rate constraints	-0.01	0.05	0.79	0.04	0.05	0.43
Work pace dependent on customer demand	0.19	0.04	<0.01	0.18	0.05	<0.01
Predictors of supervisor social support						
Industrial work rate constraints	-0.04	0.04	0.40	-0.08	0.05	0.09
Work pace dependent on customer demand	0.02	0.04	0.62	0.01	0.05	0.87
Predictors of coworker social support						
Industrial work rate constraints	-0.08	0.04	0.06	-0.08	0.06	0.15
Work pace dependent on customer demand	0.05	0.04	0.23	-0.02	0.05	0.65
Predictors of perceived stress at follow-up						
Decision authority	-0.05	0.05	0.27	0.04	0.06	0.57
Skill discretion	0.10	0.05	0.05	-0.02	0.07	0.71
Psychological demand	0.17	0.04	<0.01	0.14	0.05	<0.01
Supervisor social support	0.02	0.04	0.60	-0.05	0.06	0.42
Coworker social support	-0.07	0.04	0.09	-0.04	0.06	0.49
Age \geq 40	0.03	0.04	0.51	0.06	0.05	0.22
Predictors of shoulder pain at follow-up^b						
Physical risk factors ^a	0.20	0.08	0.01	0.17	0.09	0.07

Perceived stress at follow-up	0.17	0.06	0.01	0.11	0.07	0.12
Age \geq 40	0.17	0.07	0.01	0.26	0.08	<0.01
BMI	-0.03	0.07	0.68	0.13	0.07	0.05
Correlations						
Physical risk factors ^a /Supervisor social support	0.01	0.04	0.74	-0.04	0.06	0.52
Physical risk factors ^a /Coworker social support	0.01	0.04	0.80	0.10	0.06	0.12
Decision authority/Skill discretion	0.47	0.02	<0.01	0.48	0.03	<0.01
Decision authority/Psychological demand	0.08	0.04	0.02	-0.04	0.05	0.41
Decision authority/Supervisor social support	0.20	0.03	<0.01	0.20	0.05	<0.01
Decision authority/Coworker social support	0.16	0.03	<0.01	0.06	0.04	0.10
Skill discretion/Psychological demand	0.24	0.04	<0.01	0.12	0.05	0.01
Skill discretion/Supervisor social support	0.26	0.03	<0.01	0.25	0.04	<0.01
Skill discretion/Coworker social support	0.27	0.03	<0.01	0.10	0.04	0.03
Psychological demand /Supervisor social support	-0.14	0.03	<0.01	-0.15	0.04	<0.01
Psychological demand/Coworker social support	-0.06	0.03	0.10	-0.10	0.05	0.04
Supervisor social support/Coworker social support	0.34	0.02	<0.01	0.37	0.03	<0.01

In bold, p-value<0.05.

^aLatent variable measured by working with arms abducted, working with arms at or above shoulder level and perceived physical exertion.

^bLatent variable measured by shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain equal to or higher than 2 and shoulder pain lasting more than 30 days during the preceding 12 months.

Validation du modèle conceptuel de facteurs de risque de douleurs de l'épaule dans trois populations salariées françaises

Article 3. Validation of a conceptual model of shoulder pain risk factors in three independent French male working populations.

Bodin J, Garlantézec R, Costet N, Descatha A, Viel JF, Roquelaure Y.

Article en préparation

Les points à retenir

- L'étude simultanée et « orientée » des associations entre les facteurs organisationnels, psychosociaux et physiques, le stress perçu et les douleurs de l'épaule est rare. L'analyse de deux cas d'entreprises de grande taille est une force de cette étude.
- Globalement, l'étude des deux cas d'entreprise confirme les résultats issus de la cohorte Cosali. Cependant, il existe des différences entre les trois échantillons.
- L'utilisation de modèles à équations structurelles dans des entreprises de grande taille permet d'orienter les stratégies de prévention à l'échelle de l'entreprise.

Validation of a conceptual model for shoulder pain risk factors in three independent French working populations

Julie Bodin^a, Ronan Garlantézec^{b,c}, Nathalie Costet^b, Alexis Descatha^{d,e}, Jean-François Viel^{b,c}, Yves Roquelaure^{a,f}

^aUniversité d'Angers, Laboratoire d'ergonomie et d'épidémiologie en santé au travail (LEEST), Angers, France

^bIRSET INSERM U1085, University Rennes I, Rennes, France

^cCHU Rennes, Rennes, France

^dINSERM, UMS 011, 'Population-Based Epidemiological Cohorts' Research Unit, F-94807 Villejuif, France

^eUniv Versailles St-Quentin, F-78035 Versailles, France

^fCHU Angers, Angers, France

ABSTRACT

Objective: The aims were to explore the direct and indirect relationships between workplace risk factors, perceived stress and shoulder pain in a sample of male workers working in various companies of the industrial sector and to validate the results in workers of two large companies located in France.

Methods: Three working populations were analyzed: a surveillance network based on a longitudinal design (Cosali) and two samples from companies based on a cross-sectional design. All workers completed a self-administered questionnaire about musculoskeletal symptoms, individual factors and exposure to work constraints. A conceptual model was defined drawing from the literature and the expertise of the authors. Structural equation modeling was used to test the direct and indirect relationships among the variables.

Results: Results obtained in the two companies were in majority consistent with those obtained in Cosali. In the three samples, industrial constraints influenced physical factors and psychosocial factors whereas market constraints influenced only psychosocial factors. Psychosocial factors and physical factors were correlated and physical factors increased shoulder pain. Shoulder pain was influenced directly by perceived stress only in one sample.

Discussion: The results provide a better comprehension of the complexity of the distal and proximal determinants of shoulder pain and highlight that workplace interventions should act on multiple dimensions (i.e. organizational, psychosocial and physical factors) to be more effective.

KEY WORDS: shoulder pain; musculoskeletal; work; industrial sector; occupational exposure; structural equation modeling

INTRODUCTION

Shoulder pain is a frequent musculoskeletal pain that diminishes quality of life [1–3] and cause difficulty in carrying out work. Between 2012 and 2014, the French Constances cohort estimated the prevalence of chronic shoulder pain in active population aged from 30 to 69 years to 16% in men and 21% in women [4]. The high incidence of shoulder disorders since the 1990's [5] bears witness to the intensification of working conditions that is affecting growing numbers of workers [6].

A consensus on the multifactorial nature of MSDs has been accepted by the scientific community [7–17]. Several conceptual models [7–15] proposed to link work organization to musculoskeletal disorders (MSD). In these models, work organization plays a major role in the occurrence of MSDs by determining the exposure to psychosocial and physical factors [12] which are known to be associated with shoulder pain [18–21]. Identifying distal and proximal factors related to shoulder pain is therefore important to help preventers to act on these factors. Several studies have used structural equation modeling (SEM) to study relationships between personal characteristics, workplace risk factors and MSDs [22–29]. However, to the best of our knowledge, simultaneous evaluation of the complex relationships between work organization, psychosocial and physical risk factors, stress and MSDs is rare.

Using data from the Cosali (acronym for a cohort of workers living in the Pays de la Loire region, Western France) study, we have studied the distal and proximal relationships between workplace risk factors, perceived stress and shoulder pain in male and female workers of a French region [30]. For men, we showed that exposure to factors related to the work organization had an effect on physical and psychosocial factors. Psychological demand was the only psychosocial constraint that increased perceived stress. Physical factors were increased by high psychological demand and decreased by high skill discretion. Finally, we showed that shoulder pain was influenced directly by physical factors and perceived stress.

The aims of the present study were to validate our previous results in two independent samples of male French workers working in the industrial sector and to compare these results with those of male of Cosali working in the industrial sector and explain possible differences.

The conceptual model (Figure 1) tested was based on the literature and the expertise of the authors [7–15], in which the following hypotheses were tested:

- Hypothesis 1: Exposure to factors related to the work organization has an effect on physical and psychosocial factors.
- Hypothesis 2: Exposure to psychosocial constraints increases the risk of perceived stress.
- Hypothesis 3: Decision latitude and psychological demand have an effect on physical factors.
- Hypothesis 4: Social support and physical factors are correlated.
- Hypothesis 5: Exposure to physical factors and perceived stress increase the risk of shoulder pain.

In addition, we postulated that psychosocial factors are correlated, that age influences shoulder pain, physical factors and perceived stress, and that body mass index (BMI) has a positive influence on shoulder pain.

METHODS

Population studies

Data from three samples were compared in this study (Table 1): a surveillance network in working population based on a longitudinal design (Cosali) and two samples from international companies based on a cross-sectional design. Thirty-five women worked in the third company; therefore only men were studied for the three studies.

The Cosali study was implemented in the Pays de la Loire region (Loire valley area, west central France) by Santé publique France, the French Public Health Agency for the surveillance of MSDs and their risk factors in the workplace [31,32]. Between 2002 and 2005, 83 occupational physicians (OP) volunteered to take part in the study (18% of OPs of the region). They selected 3,710 workers (2,161 men and 1,549 women) at random (out of 184,600 under surveillance by the 83 OPs, 2.0%). Fewer than 10% of the selected workers were not included (no shows, refusals and duplications). A self-administered questionnaire was completed by workers before the medical examination performed by the OP. In 2007, a follow-up questionnaire was mailed to subjects. In the case of non-response, they were sent two successive reminder letters. For workers who had not returned the questionnaire in 2007, the OPs were asked to pass on the questionnaire to the workers during a health examination in 2008 and 2009. Only subjects without shoulder pain at baseline were studied. In addition, to be comparable with the two other samples, only subjects who worked in the industrial sector at baseline (information not available at follow-up), who were not craftsmen, salesmen and managers at baseline and still active at follow-up were studied (Appendix 1).

In the two companies, no random selection was made that means that all workers were affected by the study. The second study was performed in an international manufacture of pharmaceutical preparations based based in France in 2009. This company was in charge of production and packaging of drugs. Due to the large number of temporary workers in the company, it was difficult to collect the exact number of workers at the time of the study. Approximately, 1,500 workers were invited to respond to a self-administered questionnaire in the company during working time, 1,282 (~85%) responded (686 men, 590 women and 6 missing values for gender).

The third study was performed in an international truck assembly plant in France in 2002 organized in clusters. The cluster was a semi-autonomous unit, composed of about 20 operators and led by one manager. Each cluster was responsible for the assembly of semi-finished or finished sub-assemblies. All the 473 workers who worked at the time of the study were invited to respond to a self-administered questionnaire in the company during working time, 424 (90%) responded (385 men and 35 women and 4 missing values for gender).

In the three samples, only workers without missing data for at least one of the variables studied were included in the analyses.

Measurements

The self-questionnaire was almost similar in the three studies about the workplace risk factors. Three types of workplace factors were studied [7–12]: factors related to the work organization, psychosocial and physical factors.

Factors related to the work organization considered were (yes/no): industrial constraints and market constraints. The first was established by two questions: During a typical day, is your work pace imposed by the automatic movement of a product or item? and During a typical day, is your work pace imposed by the automatic rate of a machine?. The latter was established by one question in the two first studies (During a typical day, is your work pace imposed by external demand (public, client)?) and by two questions in the third study (During a typical day, is your work pace imposed by external demand (public, client) requiring an immediate response? and During a typical day, is your work pace imposed by external demand (public, client) not requiring an immediate response?).

For psychosocial work factors, the dimensions of the validated French version of the Karasek Job Content Questionnaire (JCQ) were studied as continuous [33]: decision latitude (i.e. decision authority (6 items) and skill discretion (3 items)), psychological demand (9 items) and social support (i.e. supervisor support (4 items) and coworker support (4 items)).

Physical factors were selected according to the criteria document for the evaluation of work-related MSDs [17]: working with arms abducted, working with arms at or above shoulder level and perceived physical exertion. For postures, the response categories were presented on a 4-level Likert-type scale, as follows: "never or practically never", "rarely" (<2 hours/day), "often" (2-4 hours/day) and "always" (>4 hours/day). The latter two categories were merged due to low number exposed to the last category. Perceived physical exertion was assessed using the Rating Perceived Exertion (RPE) Borg scale graduated from 6 ("no exertion at all") to 20 ("maximum exertion") [34] and it was studied as continuous.

Age was dichotomized at 45 years of age and BMI was divided into three categories (underweight or normal weight (<25 kg/m²), overweight (25-30 kg/m²) and obese (≥30 kg/m²)).

Shoulder pain was assessed using a modified version of the standardized Nordic-style questionnaire [35]. Workers were asked if they had experienced any aching, discomfort, pain or numbness in the shoulders in the preceding 12 months and in the preceding 7 days. The duration of symptoms during the preceding 12 months was collected: <24 hours, 1-7 days, 8-30 days, >1 month, permanently for Cosali and the truck assembly plant and < 1 month, 1-3 months, >3 months, permanently for the manufacture of pharmaceutical preparations. The intensity of pain at the time of the questionnaire was assessed on a visual analog scale (VAS) ranging from 0 to 10 in the three studies. A ordinal variable in three modalities was created: (i) no shoulder pain, (ii) shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain ≥ 2 without shoulder pain lasting more than 1 month/3 months during the preceding 12 months and (iii) shoulder pain lasting more than 1 month/3 months during the preceding 12 months (whatever the presence or not of shoulder pain during the preceding 7 days with intensity of pain ≥ 2).

Perceived stress was assessed on a VAS ranging from 0 to 10 and studied as continuous in Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations. The information was not available for the truck assembly plant. For Cosali, work-related exposures at baseline and age, BMI, perceived stress and shoulder pain at follow-up were considered.

Statistical analysis

Chi2 tests for qualitative variables and Kruskal-Wallis and Student tests for quantitative variables were used to compare characteristics of men of the three samples.

SEMs were implemented to test the conceptual model (Figure 1) [36–38]. One latent variable was considered (i.e. physical factors). Standardized beta parameters (interpretable in terms of correlation and ranging from –1 for a perfect negative association to 1 for a perfect positive association) were presented and statistical significance was defined as a p-value lower than 0.05. SEMs were performed with the Lavaan package of R software v3.0.3 using the WLSMV estimator (weighted least squares estimation with robust standard errors and a mean and variance adjusted test statistic) adapted for categorical variables [39,40]. The Lavaan package can deal with binary and ordinal endogenous variables by declare them as “ordered” (i.e. postures and shoulder pain). For binary exogenous variables, it is necessary to recode them as dummy (0/1) variables (i.e. factors related to the work organization and age). For ordinal exogenous variables, it is necessary to use a coding scheme reflecting the order (0, 1, 2, etc.) and treat them as any other numeric covariates (i.e. BMI).

Model fit was assessed using [41,42]:

- The χ^2 , an insignificant p-value at a 0.05 threshold indicate a good fit
- The root mean square error of approximation (RMSEA), a RMSEA of 0.07 or less indicate a good fit
- The Tucker-Lewis index (TLI), value higher than 0.95 is accepted as indications of good fit

RESULTS

Comparison of included and non-included workers in Cosali

We compared the characteristics of the 334 men of Cosali included in analyses with those of the 335 men of industrial sector without pain at baseline non-included because of non-response, inactive status at follow-up or missing data (Appendix 1). There were no differences in term of employment contract, factors related to the work organization, psychosocial and physical factors, age and BMI between the two groups (Appendix 2). However, the study sample counted more professionals (7.8% vs 5.4%) and technicians, associate professionals (26.4% vs 20.3%) and less lower grade white-collar workers (0.6% vs 2.7%) and blue-collar workers (65.3% vs 71.6%), $p=0.02$.

Comparison of the three population studies

The 334 subjects of Cosali worked in at least 181 different companies (18 missing values), mainly in manufacture of food products (19.8%), manufacture of office machinery and equipment (12.9%), metal work (11.4%) and manufacture of rubber and plastic products (11.4%). Almost 6% worked in manufacture of motor vehicles and none worked in manufacture of pharmaceutical preparations.

Workers in the truck assembly plant were more exposed to industrial work rate constraints and had the lowest scores for the JCQ dimensions (except for supervisor social support) than men of the two other samples (Table 2). Workers of the two companies (i.e. manufacture of pharmaceutical preparations and truck assembly plant) were more exposed to postures of arms compared to workers of Cosali. However workers of the manufacture of pharmaceutical preparations had the lowest perceived physical demand. Workers of Cosali were older and had a lowest score of perceived stress. There were no statistically significant difference between samples for market constraints, shoulder pain, BMI and supervisor social support.

Structural equation models

Results of SEM are showed in Table 3 (Hypotheses 1 to 5), Appendix 3 (additional hypotheses) and Figure 2 a) Cosali), b) manufacture of pharmaceutical preparations and c) truck assembly plant. Fit indices of SEM are acceptable for Cosali (X^2 P=0.58, RMSEA=0.000, TLI=1.008), the pharmaceutical industry (X^2 P=0.08, RMSEA=0.025, TLI=0.977) and the truck assembly plant (X^2 P=0.69, RMSEA=0.000, TLI=1.010).

Hypothesis 1. In the three samples, exposure to industrial work rate constraints decreased decision authority and skill discretion. In contrast, exposure to market constraints increased psychosocial factors: decision authority, skill discretion and psychological demand. However, there were some differences between the three samples. In the manufacture of pharmaceutical preparations and the truck assembly plant, industrial work rate constraints increased physical factors and decreased the psychological demand. In the same way, industrial work rate constraints decreased the coworker social support only in the truck assembly plant.

Hypothesis 2 (studied for Cosali and pharmaceutical industry). Perceived stress was increased by psychological demand in both study populations and decreased by coworker social support only in the manufacture of pharmaceutical preparations.

Hypothesis 3. Physical factors were decreased by skill discretion in the three samples and by decision authority in the manufacture of pharmaceutical preparations and the truck assembly plant and increased by psychological demand in Cosali and manufacture of pharmaceutical preparations.

Hypothesis 4. Physical factors and social support (supervisor and coworker) were correlated negatively only in the truck assembly plant.

Hypothesis 5. Shoulder pain was increased by physical factors in Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations, whereas the association was of borderline of significance in the truck assembly plant. Perceived stress increased shoulder pain in the manufacture of pharmaceutical preparations but not in Cosali (not studied in the truck assembly plant).

In the truck assembly plant, skill discretion decreased shoulder pain although psychological demand and coworker social support increased closed to significance shoulder pain.

Other hypotheses. Perceived stress was influenced directly by age higher than 45 years in Cosali and several correlations were showed between psychosocial factors in the three samples (Appendix 3).

DISCUSSION

Using three independent samples, this study tested a conceptual model linking factors related to the work organization, physical factors, psychosocial factors, perceived stress and shoulder pain. Results obtained in a sample of French workers from various companies were concordant with those obtained among the workers of two large companies of the manufacturing industry sector: industrial constraints influenced physical factors and psychosocial factors whereas market constraints influenced only psychosocial factors. Psychosocial factors and physical factors were correlated and physical factors increased shoulder pain. However some differences have also been showed. This could be explained by the specificities of the companies studied, such as higher frequency of exposures to workplace factors.

There was no statistically significant difference between the three samples for shoulder pain rates. However, chronic pain was defined with a threshold of one month for Cosali and the truck assembly plant and three months for the manufacture of pharmaceutical preparations. Moreover, in Cosali, analyses were conducted in workers free of shoulder pain at baseline to modeling incidence of shoulder pain at follow-up whereas in the two other studies, prevalent shoulder pain was modeled.

Hypothesis 1. The study confirms that exposure to industrial work rate constraints increased physical risks factors in the two companies' samples, the association being of borderline of significance in Cosali ($p=0.11$). This is in accordance with ergonomic literature which showed that industrial process increased physical constraints [43,44]. A recent cross-sectional study found that work pace was associated with all biomechanical stressors at the task and job level [45].

In our study, exposure to industrial work rate constraints decreased decision latitude in the three samples. Melin et al. showed that flexible work organization was perceived by workers to be more varied and allowed to learn new skills compared to the assembly line [46]. Industrial work rate constraints decreased psychological demand in the two companies' samples. This could be explain by the fact that blue-collar workers, who were the most exposed to work paced, were less exposed to psychological demand than professionals [33] and the latter were the less exposed to work paced. Our study showed that industrial work rate constraints decreased coworker social

support in the truck assembly plant. Workers of this company were more exposed to industrial work rate constraints and had less coworker social support than those of the two other samples. It could be supposed that the use of industrial machine decline the cooperation between workers. Bao et al. showed that fewer workers with machine-paced jobs felt that they get along with co-workers (always or hardly ever) compared to self-paced [45].

Exposure to market constraints increased decision latitude and psychological demand in the three samples. Few epidemiological studies have studied these associations. Having to respond to customers may be firstly associated to more complex tasks than industrial work, and secondly can lead to work faster, sometimes in 'emergency mode' and to feel not having enough time to make a job of good quality (i.e. high psychological demand). Compared to work paced, workers exposed to customer demand may have more operational leeway to adjust their working strategies allowing more decision latitude.

Hypothesis 2. Perceived stress was increased by psychological demand in Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations and decreased by coworker social support in the manufacture of pharmaceutical preparations. The finding for psychological demand is concordant with previous studies using SEM [25–27] and linear regression [47]. For social support, the insignificant results for Cosali were in accordance with those of Larsman et al. [25], whereas Edimansyah et al. found that supervisor support was negatively associated with stress and that co-worker support was not significant in a multivariate linear model [47]. There was no difference in coworker social support between Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations ($p=0.14$ and $p=0.46$ for supervisor social support). However, workers of Cosali felt less stress, this could explain that the association between coworker social support and stress was not significant in this sample.

Hypothesis 3 and 4. Physical factors were decreased by skill discretion in the three samples and by decision authority in the two companies samples and increased by psychological demand in Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations. Workers of Cosali were less exposed to awkward postures of arms and had higher score of decision authority than other workers; this could explain why the association between decision authority and physical factors was not significant in this sample. Park et al. found that job stress factors (i.e. physical burden and job control) had a direct effect on physical factors using SEM [28].

Physical factors and social support were correlated negatively only in the truck assembly plant. These workers were globally more exposed to physical factors and had less coworker social support whereas supervisor social support was similar with other workers; this could explain why this association was significant only in this sample. Thiese et al. found that supervisor support was associated with forceful duration, hand activity level and that get along with coworkers was associated with forceful duration, overall force, peak force and threshold limit value for hand activity level [48].

Hypothesis 5. Shoulder pain was increased by physical factors in Cosali and the manufacture of pharmaceutical preparations, whereas the association was of borderline of significance in the truck assembly plant ($p=0.07$). This is consistent with the biomechanical model [13,16,49] and the epidemiological literature [18,19,50].

Perceived stress increased shoulder pain only in the manufacture of pharmaceutical preparations. Previous epidemiological studies among assembly workers (logistic regression) [51], forestry workers (logistic regression) [52] and elderly female computer users (SEM) [27] support this finding, but analyses were not stratified by gender. Cosali workers were less stressed, and this could explain why perceived stress had no effect on shoulder pain in this sample. Psychosocial stress is known to increase neck and shoulder muscle tension and modify the recruitment of the motor unit of the neck and shoulder muscles. This can lead to muscle pain and lack of motor coordination, decreasing the efficiency of postures. Larsman et al. showed that the relationship between stress and neck/shoulder pain was mediated by perceived muscle tension in medical secretaries [25].

In the truck assembly plant, only skill discretion decreased shoulder pain. This is not consistent with the literature. In their meta-analysis, Hauke et al. [53] showed non-significant association between low skill discretion and neck/shoulder pain and the literature review of Kraatz et al. [21] showed insufficient evidence for this factor. However, there is sufficient evidence for high job demand, low job control and low social support in longitudinal studies [20,21,53]. In our study, the associations between on the one hand high psychosocial demand and coworker social support and on the other hand shoulder pain were of borderline of significance ($p=0.09$ and $p=0.07$ respectively).

Strengths and limitations

Strength of this study was to be able to perform an external validation of the results obtained from Cosali study using two independent samples from two large companies with a sufficient sample size.

Data of the two companies refers to all workers present in the companies at the time of the survey and the response rate was high. However, the percentage of lost to follow-up in Cosali was important. It was due to the difficulties of longitudinal design in occupational medicine in France, both due to the high mobility of the OPs and that of workers [54] in a period of economic crisis. However, in Cosali, no differences in term of employment contract, age, BMI and work-related factors have been found between included and non-included workers. Nevertheless, a selection bias linked to the "healthy worker effect" cannot be excluded, particularly at inclusion.

Analyses were performed only in men according to Silverstein et al. [55] which recommend to stratify analyses according to gender to study risk factors of MSD. Only 35 women worked in the truck assembly plant, consequently we decided not to include an analysis on women in our study. Shoulder pain and workplace risk factors were assessed by self-administered questionnaire. Because of cost and time limitations, direct exposure measurements by observation or biomechanical measurements were not possible. Self-reported measures offer the possibility of surveying a large sample of workers that includes a wide variety of job titles and thus occupational tasks. The variables were selected according to the literature and standardized questionnaires were used. Shoulder pain was assessed by means of the Nordic questionnaire [56]. Shoulder postures were requested

for a typical workday in the preceding 12-month period and were based on the recommendations of the European consensus to standardize the diagnoses of specific MSDs and the definition of their risk factors [17]. Pictures were used to facilitate workers' understanding and increase the validity of self-assessment of posture. The questions regarding industrial work rate constraints and market constraints came from large French studies of DARES (Directorate for Research, Studies, and Statistics)[57]. Psychosocial factors were assessed by the French version of the JCQ [33]. In the literature review of Kraatz et al. [21], it was shown that the majority of longitudinal studies used the JCQ to study the development of neck and shoulder disorders (41). However, new models emerged to evaluate psychosocial workplace factors, like the organisational justice [58], but it was mainly used to study mental health [59]. Moreover, individual psychosocial factors (such as anxiety and depression) which can play a role in development of shoulder pain were not available.

SEM allows exploring interrelationships between different risk factors and identifying their respective distal and proximal roles in the prediction of outcomes by specifying causal relations. However, our causal hypotheses are based on the literature and other paths might also be possible.

Conclusion

This study showed that results obtained in a representative sample of workers of various companies of one French region were in majority consistent with those obtained in two large international companies located in France with some differences that can be explained by the specificities of the companies studied. In the three samples, industrial constraints influenced physical factors and psychosocial factors whereas market constraints influenced only psychosocial factors. Psychosocial factors and physical factors are correlated and physical factors increased shoulder pain. Although biological literature supports the role of stress, the relation between stress and shoulder pain has to be explored. Our study improves the comprehension of the distal and proximal determinants of shoulder pain and highlight that workplace interventions should act on multiple dimensions (i.e. organizational, psychosocial and physical factors) to be more effective.

REFERENCES

1. Chipchase LS, O'Connor DA, Costi JJ, et al. Shoulder impingement syndrome: preoperative health status. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9:12-5.
2. Gartsman GM, Brinker MR, Khan M, et al. Self-assessment of general health status in patients with five common shoulder conditions. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:228-37.
3. Morken T, Riise T, Moen B, et al. Frequent musculoskeletal symptoms and reduced health-related quality of life among industrial workers. *Occup Med (Lond)* 2002;52:91-8. doi:10.1093/occmed/52.2.91
4. Carton M, Santin G, Leclerc A, et al. Prévalence des troubles musculo-squelettiques et des facteurs biomécaniques d'origine professionnelle : premières estimations à partir de Constances. *Bull Epidémiol Hebd* 2016;;630-9.
5. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels. Rapport de gestion 2015. Paris: : CnamTS 2016. http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_telecharger/brochures/RAPPORT-AT-MP-2015.pdf
6. Askenazy P, Caroli E. Innovative Work Practices, Information Technologies, and Working Conditions: Evidence for France. *Industrial Relations: A Journal of Economy and Society* 2010;49:544-65. doi:10.1111/j.1468-232X.2010.00616.x
7. Bellemare M, Marier M, Montreuil S, et al. La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques. Montréal (Canada): : IRSST 2002. <http://www.irsst.qc.ca/-publication-irsst-la-transformation-des-situations-de-travail-par-une-approche-participative-en-ergonomie-une-recherche-intervention-pour-la-prevention-des-troubles-r-292.html> (accessed 12 Jan 2017).
8. Karsh B-T. Theories of work-related musculoskeletal disorders: Implications for ergonomic interventions. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 2006;7:71-88. doi:10.1080/14639220512331335160
9. Sauter S, Swanson N. An ecological model of musculoskeletal disorders in office work. In: Moon S, Sauter S, eds. *Beyond Biomechanics: Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office Work*. London ; Bristol, PA: : Taylor & Francis 1996. 3-21.
10. Carayon P, Smith MJ, Haims MC. Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders. *Hum Factors* 1999;41:644-63. doi:10.1518/001872099779656743
11. Stock S, Nicolakakis N, Messing K, et al. What is the relationship between work-related musculoskeletal disorders and psychosocial workplace factors? An overview of different ways of conceptualizing these factors and a proposal for a new model. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* Published Online First: 2013. doi:10.4000/pistes.3407

12. Roquelaure Y. Promoting a Shared Representation of Workers' Activities to Improve Integrated Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Saf Health Work* 2016;7:171-4. doi:10.1016/j.shaw.2016.02.001
13. Hagberg M, Silverstein B, Wells R, et al. *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention*. London (United Kingdom): : Taylor & Francis 1995.
14. MacDonald LA, Härenstam A, Warren ND, et al. Incorporating work organisation into occupational health research: an invitation for dialogue. *Occup Environ Med* 2008;65:1-3. doi:10.1136/oem.2007.033860
15. Punnett L, Cherniack M, Henning R, et al. A conceptual framework for integrating workplace health promotion and occupational ergonomics programs. *Public Health Rep* 2009;124 Suppl 1:16-25.
16. Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, et al. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 1993;19:73-84.
17. Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MH. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2001;27 Suppl 1:1-102. doi:10.5271/sjweh.637
18. van Rijn RM, Huisstede BM, Koes BW, et al. Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder--a systematic review of the literature. *Scand J Work Environ Health* 2010;36:189-201. doi:10.5271/sjweh.2895
19. Mayer J, Kraus T, Ochsmann E. Longitudinal evidence for the association between work-related physical exposures and neck and/or shoulder complaints: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health* 2012;85:587-603. doi:10.1007/s00420-011-0701-0
20. Lang J, Ochsmann E, Kraus T, et al. Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems: a systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Soc Sci Med* 2012;75:1163-74. doi:10.1016/j.socscimed.2012.04.015
21. Kraatz S, Lang J, Kraus T, et al. The incremental effect of psychosocial workplace factors on the development of neck and shoulder disorders: a systematic review of longitudinal studies. *Int Arch Occup Environ Health* 2013;86:375-95. doi:10.1007/s00420-013-0848-y
22. Byström P, Hanse JJ, Kjellberg A. Appraised psychological workload, musculoskeletal symptoms, and the mediating effect of fatigue: a structural equation modeling approach. *Scand J Psychol* 2004;45:331-41. doi:10.1111/j.1467-9450.2004.00413.x
23. Eatough EM, Way JD, Chang C-H. Understanding the link between psychosocial work stressors and work-related musculoskeletal complaints. *Appl Ergon* 2012;43:554-63. doi:10.1016/j.apergo.2011.08.009
24. Golubovich J, Chang C-H, Eatough EM. Safety climate, hardiness, and musculoskeletal complaints: A mediated moderation model. *Appl Ergon* 2014;45:757-66. doi:10.1016/j.apergo.2013.10.008

25. Larsman P, Kadefors R, Sandsjö L. Psychosocial work conditions, perceived stress, perceived muscular tension, and neck/shoulder symptoms among medical secretaries. *Int Arch Occup Environ Health* 2013;86:57–63. doi:10.1007/s00420-012-0744-x
26. Larsman P, Lindegård A, Ahlborg G. Longitudinal relations between psychosocial work environment, stress and the development of musculoskeletal pain. *Stress and Health* 2011;27:e228–37. doi:10.1002/smi.1372
27. Larsman P, Sandsjö L, Klipstein A, et al. Perceived work demands, felt stress, and musculoskeletal neck/shoulder symptoms among elderly female computer users. The NEW study. *Eur J Appl Physiol* 2006;96:127–35. doi:10.1007/s00421-004-1263-6
28. Park B-C, Cheong H-K, Kim E-A, et al. Risk Factors of Work-related Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Male Shipyard Workers: Structural Equation Model Analysis. *Saf Health Work* 2010;1:124–33. doi:10.5491/SHAW.2010.1.2.124
29. Sprigg CA, Stride CB, Wall TD, et al. Work characteristics, musculoskeletal disorders, and the mediating role of psychological strain: a study of call center employees. *J Appl Psychol* 2007;92:1456–66. doi:10.1037/0021-9010.92.5.1456
30. Bodin J, Garlantézec R, Costet N, et al. Risk factors for shoulder pain in a cohort of French workers: A Structural Equation Model. *Am J Epidemiol* Published Online First: 9 June 2017. doi:10.1093/aje/kwx218
31. Ha C, Roquelaure Y, Leclerc A, et al. The French Musculoskeletal Disorders Surveillance Program: Pays de la Loire network. *Occup Environ Med* 2009;66:471–9. doi:10.1136/oem.2008.042812
32. Bodin J, Ha C, Le Manac’h AP, et al. Effects of personal and work-related factors on the incidence of shoulder pain in a French working population. *Occupational and Environmental Medicine* 2011;68:A116–A116. doi:10.1136/oemed-2011-100382.385
33. Niedhammer I, Chastang JF, Gendrey L, et al. [Psychometric properties of the French version of Karasek’s “Job Content Questionnaire” and its scales measuring psychological pressures, decisional latitude and social support: the results of the SUMER]. *Sante Publique* 2006;18:413–27. doi:10.3917/spub.063.0413
34. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:55–8.
35. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 1987;18:233–7. doi:10.1016/0003-6870(87)90010-X
36. Bollen KA, Noble MD. Structural equation models and the quantification of behavior. *Proc Natl Acad Sci USA* 2011;108:15639–46. doi:10.1073/pnas.1010661108
37. Beran TN, Violato C. Structural equation modeling in medical research: a primer. *BMC Res Notes* 2010;3:267. doi:10.1186/1756-0500-3-267
38. Buhi ER, Goodson P, Neilands TB. Structural equation modeling: a primer for health behavior researchers. *Am J Health Behav* 2007;31:74–85. doi:10.5555/ajhb.2007.31.1.74
39. Rosseel Y. lavaan :an R package for structural equation modeling. *J Stat Softw* 2012;48:1–36.

40. Finney S, DiStefano C. Nonnormal and categorical data in structural equation models. In: Hancock GR, Mueller RO, eds. *Structural equation modeling: a second course*. Greenwich, Connecticut: : Information Age Publishing, Inc 2006. 269–314.
41. Hooper D, Coughlan J, Mullen M. Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *Electronic Journal of Business Research Methods* 2008;6:53–60.
42. Lei P-W, Wu Q. Introduction to Structural Equation Modeling: Issues and Practical Considerations. *Educational Measurement: Issues and Practice* 2007;26:33–43. doi:10.1111/j.1745-3992.2007.00099.x
43. St-Vincent M, Vézina N, Bellemare M, et al. *Ergonomic Intervention*. Cork: : BookBaby 2014.
44. Westgaard RH, Winkel J. Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – A systematic review. *Appl Ergon* 2011;42:261–96. doi:10.1016/j.apergo.2010.07.002
45. Bao SS, Kapellusch JM, Merryweather AS, et al. Relationships between job organisational factors, biomechanical and psychosocial exposures. *Ergonomics* 2016;59:179–94. doi:10.1080/00140139.2015.1065347
46. Melin B, Lundberg U, Söderlund J, et al. Psychological and physiological stress reactions of male and female assembly workers: a comparison between two different forms of work organization. *J Organiz Behav* 1999;20:47–61. doi:10.1002/(SICI)1099-1379(199901)20:1<47::AID-JOB871>3.0.CO;2-F
47. Edimansyah BA, Rusli BN, Naing L, et al. Self-perceived Depression, Anxiety, Stress and Their Relationships with Psychosocial Job Factors in Male Automotive Assembly Workers. *Industrial Health* 2008;46:90–100. doi:10.2486/indhealth.46.90
48. Thiese MS, Hegmann KT, Kapellusch J, et al. Associations between Distal Upper Extremity Job Physical Factors and Psychosocial Measures in a Pooled Study. *Biomed Res Int* 2015;2015:643192. doi:10.1155/2015/643192
49. Kumar S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics* 2001;44:17–47. doi:10.1080/00140130120716
50. da Costa BR, Vieira ER. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am J Ind Med* 2010;53:285–323. doi:10.1002/ajim.20750
51. Kjellberg A, Wadman C. The role of the affective stress response as a mediator of the effect of psychosocial risk factors on musculoskeletal complaints—Part 1: Assembly workers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2007;37:367–74. doi:10.1016/j.ergon.2006.12.002
52. Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, et al. A prospective study of work related factors and physical exercise as predictors of shoulder pain. *Occup Environ Med* 2001;58:528–34. doi:10.1136/oem.58.8.528
53. Hauke A, Flintrop J, Brun E, et al. The impact of work-related psychosocial stressors on the onset of musculoskeletal disorders in specific body regions: A review and meta-analysis of 54 longitudinal studies. *Work & Stress* 2011;25:243–56. doi:10.1080/02678373.2011.614069

54. Sérazin C, Ha C, Bidron P, et al. [Difficulties of a longitudinal epidemiological follow-up study in French occupational medicine]. *Sante Publique* 2014;26:33–43.
55. Silverstein B, Fan ZJ, Smith CK, et al. Gender adjustment or stratification in discerning upper extremity musculoskeletal disorder risk? *Scand J Work Environ Health* 2009;35:113–26. doi:10.5271/sjweh.1309
56. Descatha A, Roquelaure Y, Chastang JF, et al. Validity of Nordic-style questionnaires in the surveillance of upper-limb work-related musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2007;33:58–65.
57. Dares. Catalogue des enquêtes réalisées par la Dares. Paris: : Ministre du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social 2015. http://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/catalogue_des_enquetes_realisees_par_la_dares_edition_2015_-2.pdf
58. Ndjaboué R, Brisson C, Vézina M. Organisational justice and mental health: a systematic review of prospective studies. *Occup Environ Med* 2012;69:694–700. doi:10.1136/oemed-2011-100595
59. Pekkarinen L, Elovainio M, Sinervo T, et al. Job demands and musculoskeletal symptoms among female geriatric nurses: the moderating role of psychosocial resources. *J Occup Health Psychol* 2013;18:211–9. doi:10.1037/a0031801

FIGURES

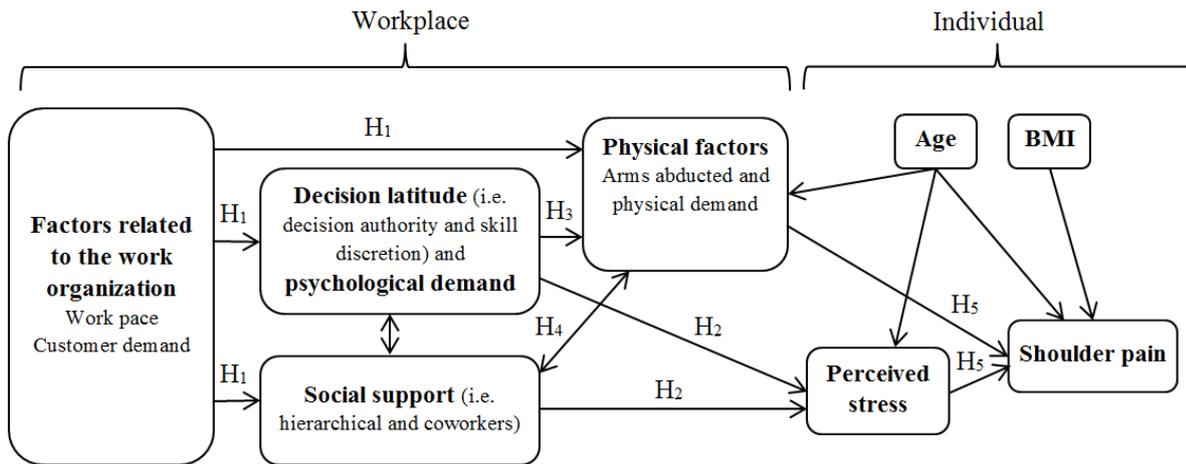


Figure 1: Conceptual model linking work-related and personal factors to shoulder pain. H: Hypothesis tested.

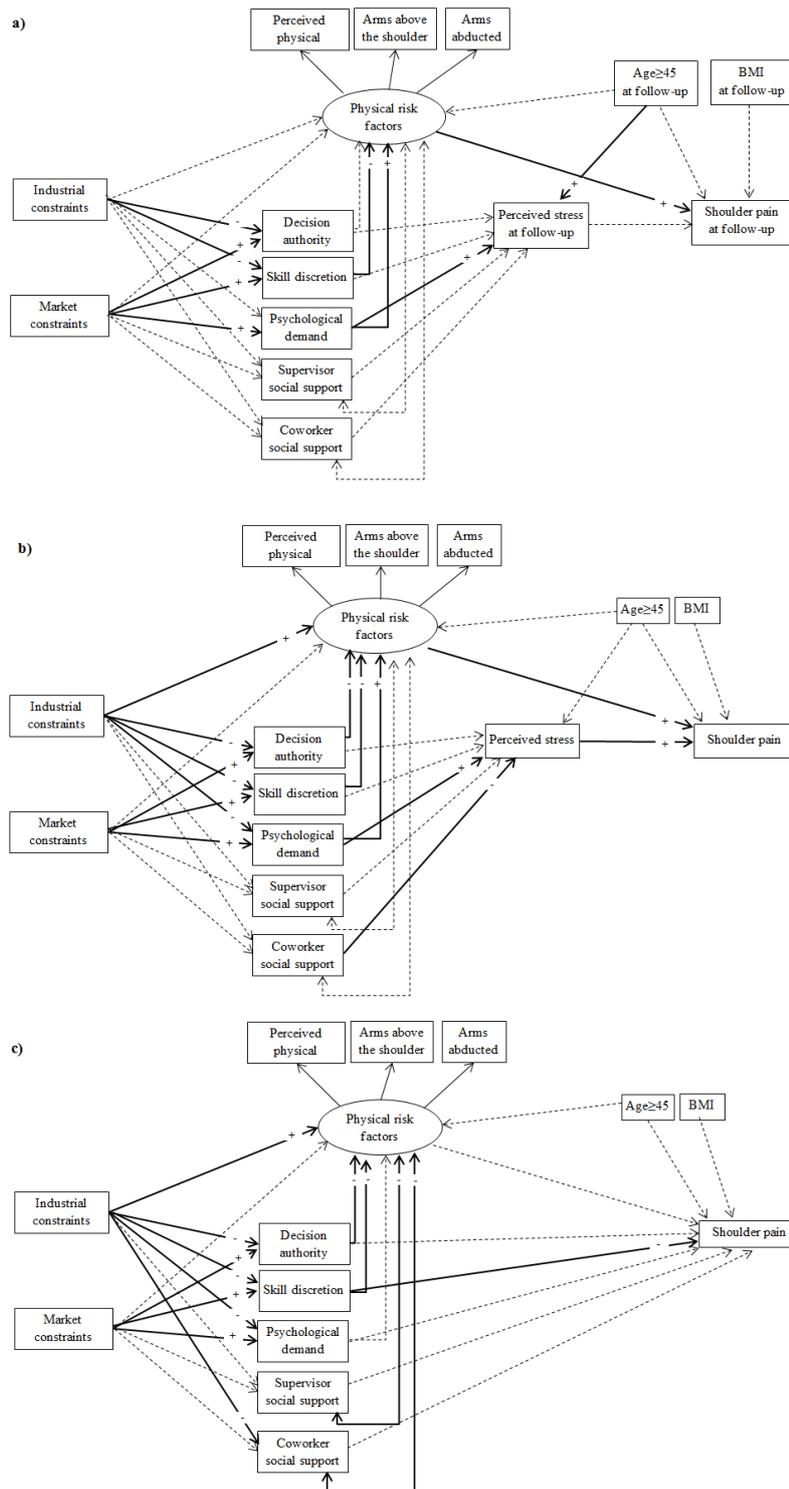


Figure 2: Structural equation model for a) Cosali survey (n=334), b) Manufacture of pharmaceutical preparations (n=487) and c) Truck assembly plant (n=306). Ellipses=latent variables; boxes= observed variables. Significant ($P<0.05$) direct paths are depicted as solid lines. Non-significant paths are depicted as dotted lines. Correlations between psychosocial factors are not represented. +: positive association. -: negative association.

TABLES

Table 1: Description of the three studies

	Cosali, industrial sector	Manufacture of pharmaceutical preparations	Truck assembly plant
Study design	Longitudinal	Cross-sectional	Cross-sectional
Mode of data-collection	Self-administered questionnaire in the physician waiting room (baseline) and at home (follow-up)	Self-administered questionnaire at work	Self-administered questionnaire at work
Year	Baseline between 2002 and 2005 Follow-up between 2007 and 2009	2009	2002
Sample size (only men)	334	487	306
Variables			
Factors related to the work organization			
Industrial work rate constraints	Baseline	X	X
Market constraints	Baseline	X	X
Psychosocial factors			
Decision authority	Baseline	X	X
Skill discretion	Baseline	X	X
Psychological demand	Baseline	X	X
Supervisor support	Baseline	X	X
Coworker support	Baseline	X	X
Physical factors			
Arms above shoulder level	Baseline	X	X
Arms abducted	Baseline	X	X
Perceived physical demand (Borg's RPE)	Baseline	X	X
Personal factors			
Age ≥45	Follow-up	X	X
Body mass index	Follow-up	X	X
Stress	Follow-up	X	Not available
Shoulder pain	Follow-up	X	X

RPE: Rating of perceived exertion.

Table 2: Comparison of workers characteristics according to the population study

	Cosali (n=334)				Manufacture of pharmaceutical preparations(n=487)				Truck assembly plant (n=306)				p
	n	%	Mean	SD	n	%	Mean	SD	n	%	Mean	SD	
Baseline characteristics													
Factors related to the work organization													
Industrial work rate constraints	83	24.9			144	29.6			152	49.7			<0.001*
Market constraints	106	31.7			165	33.9			123	40.2			0.07*
Physical factors													
Arms above shoulder level													<0.01*
Never or almost never	203	60.8			307	63.0			154	50.3			
Rarely (less than 2 hours a day)	101	30.2			118	24.2			107	35.0			
Often (2 to 4 hours a day) / Most of the time (more than 4 hours a day)	30	9.0			62	12.7			45	14.7			
Arms abducted													0.03*
Never or almost never	207	62.0			260	53.4			157	51.3			
Rarely (less than 2 hours a day)	81	24.3			127	26.1			88	28.8			
Often (2 to 4 hours a day) / Most of the time (more than 4 hours a day)	46	13.8			100	20.5			61	19.9			
Perceived physical demand (Borg's RPE)			12.5	2.8			11.6	3.2			12.3	2.8	<0.001*
Psychosocial factors													
Decision authority			36.7	7.0			34.3	7.8			33.6	7.9	<0.001*
Skill discretion			34.6	6.6			34.3	6.6			33.1	6.8	<0.01**
Psychological demand			21.4	3.6			22.7	4.5			20.9	2.8	<0.001*
Supervisor social support			11.5	2.0			11.3	2.8			11.4	2.2	0.95**
Coworker social support			12.5	1.8			12.7	2.0			11.8	1.7	<0.001*
Follow-up characteristics													
Personal factors													
Shoulder pain													0.32*
No shoulder pain	293	87.7			415	85.2			251	82.0			
Shoulder pain in the last 7 days with VAS ≥ 2 and no chronic shoulder pain	14	4.2			30	6.2			21	6.9			
Chronic shoulder pain	27	8.1			42	8.6			34	11.1			
Age ≥ 45	138	41.3			67	13.8			35	11.4			<0.001*
Body mass index													0.07*
Underweight-Normal	173	51.8			269	55.2			191	62.4			
Overweight	140	41.9			181	37.2			98	32.0			
Obesity	21	6.3			37	7.6			17	5.6			
Perceived stress (0-10)			3.3	2.3			3.8	2.7					0.01***

SD: Standard deviation; RPE: Rating of perceived exertion.

*Chi2 test. **Kruskal-Wallis test. ***Student test.

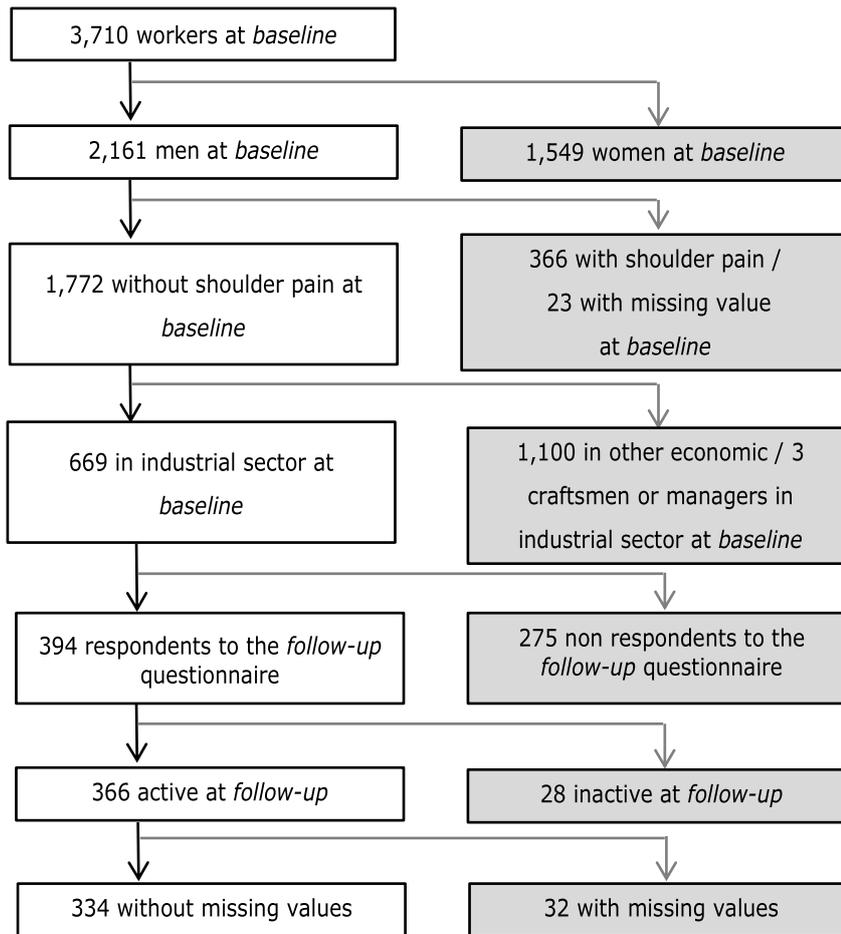
Table 3: Results from structural equation modeling of relations between occupational constraints and shoulder pain: hypotheses 1 to 5

	Cosali (n=334)			Manufacture of pharmaceutical preparations (n=487)			Truck assembly plant (n=306)		
	Standardized beta	Standard error	p-value	Standardized beta	Standard error	p-value	Standardized beta	Standard error	p-value
Hypothesis 1									
Industrial work rate constraints →									
Physical factors	0.10	0.06	0.11	0.41	0.04	<0.001	0.33	0.06	<0.001
Decision authority	-0.18	0.05	<0.001	-0.25	0.04	<0.001	-0.37	0.05	<0.001
Skill discretion	-0.31	0.05	<0.001	-0.20	0.04	<0.001	-0.40	0.05	<0.001
Psychological demand	-0.07	0.06	0.22	-0.12	0.05	0.01	-0.16	0.06	0.02
Supervisor social support	-0.04	0.06	0.48	0.00	0.05	0.96	-0.11	0.06	0.052
Coworker social support	-0.08	0.06	0.17	0.02	0.05	0.66	-0.13	0.06	0.03
Market constraints →									
Physical factors	-0.06	0.07	0.39	-0.04	0.05	0.42	-0.07	0.06	0.22
Decision authority	0.24	0.05	<0.001	0.13	0.04	<0.01	0.22	0.05	<0.001
Skill discretion	0.13	0.05	0.01	0.14	0.04	<0.01	0.17	0.05	<0.001
Psychological demand	0.18	0.06	<0.01	0.23	0.05	<0.001	0.15	0.06	0.01
Supervisor social support	-0.05	0.06	0.34	0.01	0.04	0.83	0.06	0.06	0.31
Coworker social support	0.06	0.06	0.34	-0.08	0.05	0.097	0.08	0.06	0.19
Hypothesis 2									
Decision authority → Perceived stress	0.01	0.06	0.86	0.01	0.04	0.77			
Skill discretion → Perceived stress	-0.01	0.06	0.92	0.04	0.05	0.41			
Psychological demand → Perceived stress	0.28	0.05	<0.001	0.39	0.04	<0.001			
Supervisor social support → Perceived stress	0.03	0.05	0.55	-0.02	0.04	0.73			
Coworker social support → Perceived stress	0.07	0.05	0.15	-0.13	0.04	<0.001			
Hypothesis 3									
Decision authority → Physical factors	-0.06	0.07	0.42	-0.15	0.05	<0.01	-0.20	0.07	0.01
Skill discretion → Physical factors	-0.15	0.07	0.049	-0.24	0.05	<0.001	-0.26	0.08	<0.01
Psychological demand → Physical factors	0.15	0.06	0.02	0.14	0.05	<0.01	0.07	0.05	0.13
Hypothesis 4									
Physical factors ↔ Supervisor social support	0.00	0.05	0.94	-0.06	0.05	0.19	-0.11	0.05	0.04
Physical factors ↔ Coworker social support	0.04	0.05	0.49	0.04	0.05	0.46	-0.10	0.05	0.04

Hypothesis 5

Physical factors → Shoulder pain	0.31	0.09	<0.001	0.25	0.07	<0.001	0.20	0.11	0.07
Perceived stress → Shoulder pain	0.05	0.08	0.58	0.18	0.07	0.01			
Decision authority → Shoulder pain							-0.04	0.13	0.76
Skill discretion → Shoulder pain							-0.25	0.11	0.02
Psychological demand → Shoulder pain							0.14	0.08	0.09
Supervisor social support → Shoulder pain							-0.08	0.08	0.34
Coworker social support → Shoulder pain							0.17	0.09	0.07

In bold, p-value<0,05.



Appendix 1: Study population flowchart, Cosali survey, 2002–2009

Appendix 2: Comparison of the 334 workers included and the 335 workers non-included from the analyses in Cosali

	Missing values	Workers included N=334				Workers non-included* N=335				p-value
		n	%	Mean	SD	n	%	Mean	SD	
Occupational category	0								0.02**	
Professionals		26	7.8			18	5.4			
Technicians. associate professionals		88	26.3			68	20.3			
Lower grade white-collar workers		2	0.6			9	2.7			
Blue-collar workers		218	65.3			240	71.6			
Temporary employment contract	2	11	3.3			11	3.3		0.99**	
Factors related to the work organization										
Industrial work rate constraints	13	83	24.9			93	28.9		0.24**	
Market constraints	12	106	31.7			99	30.7		0.76**	
Physical factors										
Arms above shoulder level	3								0.20**	
Never or almost never		203	60.8			196	59.0			
Rarely (less than 2 hours a day)		101	30.2			92	27.7			
Often (2 to 4 hours a day) / Most of the time (more than 4 hours a day)		30	9.0			44	13.3			
Arms abducted	2								0.71**	
Never or almost never		207	62.0			204	61.3			
Rarely (less than 2 hours a day)		81	24.3			76	22.8			
Often (2 to 4 hours a day) / Most of the time (more than 4 hours a day)		46	13.8			53	15.9			
Perceived physical demand (Borg's RPE)	2			12.5	2.8			12.1	2.6	0.11***
Psychosocial factors										
Decision authority	1			36.7	7.0			35.7	6.9	0.07***
Skill discretion	6			34.6	6.6			33.6	6.9	0.05***
Psychological demand	7			21.4	3.6			21.2	3.4	0.39***
Supervisor social support	8			11.5	2.0			11.3	2.4	0.43***
Coworker social support	7			12.5	1.8			12.5	1.7	0.99***
Personal factors										
Age ≥ 40	0	149	44.6			162	48.4		0.33**	
Body mass index	7								0.43**	
Underweight-Normal		190	57.8			176	52.9			
Overweight		115	35.0			128	38.4			
Obesity		24	7.3			29	8.7			

SD: Standard deviation; RPE: Rating of perceived exertion.

*Non-response. inactive status at follow-up or missing data. **Chi-2 test. ***Student test.

Appendix 3: Results from structural equation modeling of relations between occupational constraints and shoulder pain: other hypotheses

	Cosali (n=334)			Manufacture of pharmaceutical preparations (n=487)			Truck assembly plant (n=306)		
	Standardized beta	Standard error	p-value	Standardized beta	Standard error	p-value	Standardized beta	Standard error	p-value
Other hypothesis									
Age≥45 → Physical factors	0.00	0.07	0.98	-0.06	0.05	0.23	-0.05	0.06	0.38
Age≥45 → Perceived stress	0.11	0.05	0.03	0.06	0.04	0.19			
Age≥45 → Shoulder pain	0.09	0.09	0.29	0.07	0.07	0.33	0.14	0.09	0.12
BMI → Shoulder pain	-0.10	0.09	0.27	0.11	0.07	0.13	0.14	0.08	0.07
Other correlations									
Decision authority ↔ Skill discretion	0.47	0.03	<0.001	0.54	0.03	<0.001	0.66	0.03	<0.001
Decision authority ↔ Psychological demand	0.10	0.04	0.02	-0.03	0.04	0.44	0.03	0.04	0.40
Decision authority ↔ Supervisor social support	0.10	0.05	0.04	0.26	0.04	<0.001	0.36	0.04	<0.001
Decision authority ↔ Coworker social support	0.03	0.05	0.46	0.16	0.04	<0.001	0.42	0.04	<0.001
Skill discretion ↔ Psychological demand	0.27	0.04	<0.001	0.15	0.04	<0.001	0.12	0.05	0.02
Skill discretion ↔ Supervisor social support	0.27	0.04	<0.001	0.25	0.04	<0.001	0.36	0.04	<0.001
Skill discretion ↔ Coworker social support	0.16	0.04	<0.001	0.21	0.04	<0.001	0.43	0.04	<0.001
Psychological demand ↔ Supervisor social support	-0.16	0.05	<0.001	-0.14	0.04	<0.001	-0.14	0.04	<0.001
Psychological demand ↔ Coworker social support	-0.13	0.04	0.01	-0.05	0.03	0.12	-0.05	0.04	0.18
Supervisor social support ↔ Coworker social support	0.27	0.03	<0.001	0.36	0.03	<0.001	0.38	0.03	<0.001

In bold, p-value<0,05.

Discussion

1. Synthèse des résultats

1.1. Formes d'organisation du travail dans les Pays de la Loire et associations avec les douleurs de l'épaule et le SCR

Il existe une littérature abondante sur les facteurs de risque physiques de TMS de l'épaule et dans une moindre mesure sur les facteurs de risque psychosociaux. Cependant, les facteurs de risque organisationnels de TMS ont été peu étudiés. Les facteurs organisationnels peuvent être définis comme un aspect objectif de la manière dont le travail est organisé. Ils sont souvent repérables dans la documentation de l'entreprise (par exemple, le travail à la chaîne, le type d'horaires (fixes, alternants) et le mode de rémunération).

Plusieurs études ont identifié des formes d'organisation du travail à partir de données de grandes enquêtes. Cependant, les formes d'organisation du travail différaient selon les études (Daubas-Letourneux et Thébaud-Mony 2002; Moati et Pouquet 2002; Lorenz et Valeyre 2005; Valeyre 2006; Amossé et Coutrot 2008; Bunel et al. 2008; Dayan et al. 2008; Valeyre et al. 2009; Klein et Long 2013) et peu d'entre elles avaient étudié le lien avec les TMS, ou uniquement par auto-questionnaire. Le premier article de cette thèse a tenté de mettre en évidence la complexité des formes d'organisation du travail dans une région française à partir de méthodes statistiques permettant de synthétiser l'information provenant de plusieurs variables. L'étude tient son originalité par l'examen des associations entre les formes d'organisation identifiées et le SCR.

L'exploitation de l'enquête Cosali sous l'angle des contraintes organisationnelles et psychosociales a permis de mettre en évidence cinq classes de salariés homogènes selon leur exposition professionnelle. Une classe de salariés fortement exposés aux contraintes de rythme (excepté au rythme imposé par une demande extérieure), à la répétitivité des tâches, au travail en équipe postée, à la rotation des postes/fonctions et avec une faible latitude décisionnelle a été identifiée (Classe 1 : contraintes de rythme fortes et faible latitude décisionnelle). Cette classe pouvait être assimilée à une organisation de type taylorien (Lorenz et Valeyre 2005; Valeyre 2006; Valeyre et al. 2009). Ces salariés déclaraient plus souvent des douleurs de l'épaule et avaient plus de SCR diagnostiqués par un médecin du travail que les salariés des autres classes.

L'étude de Valeyre et al., réalisée à partir des données de la quatrième enquête européenne sur les conditions de travail de 2005, avait classé 17 % des salariés français dans une organisation de type taylorien et montrait que ce type d'organisation était plus fréquente dans le secteur industriel (Valeyre et al. 2009). En outre, la région des Pays de la Loire est caractérisée par l'importance de ce secteur, il représentait, en 2004, 22 % des emplois salariés dans la région contre 17 % des emplois salariés français (Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes) 2005). Ainsi, une forte proportion d'organisations de type taylorien était retrouvée dans cette thèse, soit 22 %. Les autres classes identifiées dans cette thèse n'ont pas pu être « rapprochées » d'un modèle organisationnel connu en raison du manque de variables utiles pour définir certaines organisations, par exemple le travail en juste-à-temps pour identifier le *lean*. De plus, la phase d'inclusion de

Cosali est comprise entre 2002 et 2005 et, par conséquent, les modèles d'organisation innovants de type « entreprise libérée » ne pouvaient pas être identifiés à partir des données de cette enquête.

1.2. Associations entre des facteurs professionnels et les douleurs de l'épaule dans trois populations salariées : une approche par modèle à équations structurelles

La deuxième partie de cette thèse a étudié les relations directes et indirectes entre des facteurs professionnels organisationnels, psychosociaux et physiques, le stress perçu et les douleurs de l'épaule dans l'enquête Cosali. Un modèle conceptuel a été construit selon les connaissances issues de la littérature et de l'expertise des auteurs de l'article (Figure 17 p 64). Cinq hypothèses principales ont été testées par des modèles à équations structurelles (SEM) séparément chez les hommes et chez les femmes. Il a été montré que l'exposition aux contraintes industrielles augmentait l'exposition aux contraintes physiques et influençait l'exposition aux facteurs psychosociaux. A l'inverse, l'exposition aux contraintes marchandes diminuait l'exposition aux contraintes physiques et influençait l'exposition aux facteurs psychosociaux. De plus, les facteurs psychosociaux et physiques étaient corrélés et seule la demande psychologique augmentait le niveau de stress perçu. Enfin, l'exposition aux contraintes physiques augmentait les douleurs de l'épaule. Les résultats étaient concordants entre les hommes et les femmes avec cependant trois différences constatées : l'exposition aux contraintes industrielles diminuait le soutien social de la hiérarchie et le soutien social des collègues chez les femmes, et le niveau de stress perçu augmentait les douleurs de l'épaule chez les hommes (Tableau 26).

Dans la troisième partie de cette thèse, une validation externe a été réalisée, uniquement chez les hommes de l'industrie, à partir de données issues de deux études menées dans deux grandes entreprises appartenant à des groupes internationaux (Tableau 26). Cette étude a montré que les résultats obtenus à partir d'un échantillon de salariés travaillant dans diverses entreprises d'une région française étaient concordants avec ceux obtenus dans deux entreprises. Cependant, des différences ont également été montrées (Tableau 26), celles-ci pourraient s'expliquer par les spécificités des deux entreprises, telles que des expositions plus élevées aux facteurs professionnels étudiés.

Ces études soulignent l'importance de la dimension organisationnelle dans la compréhension de la survenue des douleurs de l'épaule et plus généralement des TMS, car elle influence en cascade les conditions d'exposition aux facteurs professionnels physiques et psychosociaux auxquels les travailleurs doivent faire face. Cette meilleure compréhension de la survenue des TMS et des relations complexes entre les différents facteurs pourrait permettre d'améliorer les stratégies de prévention en ciblant par exemple les facteurs distaux « sources » des TMS.

Tableau 26 : Résumé des associations observées dans les modèles à équations structurelles

	Article 2		Article 3		
	Cosali, tous secteurs d'activité (hors agriculture)		Cosali, hommes de l'industrie (n=334)	Industrie automobile, hommes (n=306)	Industrie pharmaceutique, hommes (n=487)
	Femmes (n=560)	Hommes (n=840)			
Hypothèse 1					
Contraintes industrielles →					
Contraintes physiques	+	+	NS	+	+
Autonomie décisionnelle	-	-	-	-	-
Utilisation des compétences	-	-	-	-	-
Demande psychologique	NS	NS	NS	-	-
Soutien social de la hiérarchie	-	NS	NS	NS	NS
Soutien social des collègues	-	NS	NS	-	NS
Contraintes marchandes →					
Contraintes physiques	-	-	NS	NS	NS
Autonomie décisionnelle	+	+	+	+	+
Utilisation des compétences	+	+	+	+	+
Demande psychologique	+	+	+	+	+
Soutien social de la hiérarchie	NS	NS	NS	NS	NS
Soutien social des collègues	NS	NS	NS	NS	NS
Hypothèse 2					
Autonomie décisionnelle → Stress perçu	NS	NS	NS	ne	NS
Utilisation des compétences → Stress perçu	NS	NS	NS	ne	NS
Demande psychologique → Stress perçu	+	+	+	ne	+
Soutien social de la hiérarchie → Stress perçu	NS	NS	NS	ne	NS
Soutien social des collègues → Stress perçu	NS	NS	NS	ne	-
Hypothèse 3					
Autonomie décisionnelle → Contraintes physiques	NS	NS	NS	-	-
Utilisation des compétences → Contraintes physiques	-	-	-	-	-
Demande psychologique → Contraintes physiques	NS	+	+	NS	+
Hypothèse 4					
Contraintes physiques ↔ Soutien social de la hiérarchie	NS	NS	NS	-	NS
Contraintes physiques ↔ Soutien social des collègues	NS	NS	NS	-	NS
Hypothèse 5					
Contraintes physiques → Douleurs de l'épaule	+	+	+	NS	+
Stress perçu → Douleurs de l'épaule	NS	+	NS	ne	+
Autonomie décisionnelle → Douleurs de l'épaule	ne	ne	ne	NS	ne
Utilisation des compétences → Douleurs de l'épaule	ne	ne	ne	-	ne
Demande psychologique → Douleurs de l'épaule	ne	ne	ne	NS	ne
Soutien social de la hiérarchie → Douleurs de l'épaule	ne	ne	ne	NS	ne
Soutien social des collègues → Douleurs de l'épaule	ne	ne	ne	NS	ne

→ : relation supposée causale.

↔ : relation supposée bidirectionnelle.

NS : non significatif.

ne : non étudié.

+ : significatif au seuil de 5 % et association positive.

- : significatif au seuil de 5 % et association négative.

2. Forces et limites

2.1. Champ de l'enquête

Les données de Cosali, utilisées dans les trois articles de cette thèse, proviennent d'une seule région française. Cependant, la structure socio-économique des Pays de la Loire est diversifiée et proche de celle de la France métropolitaine dans son ensemble (Ha et al. 2009).

En outre, le fait d'avoir sélectionné des individus exerçant une activité professionnelle a pu introduire un biais de sélection. Ce biais, appelé « effet du travailleur en bonne santé » (*healthy worker effect*), « traduit le fait que la présence d'un travailleur à un poste résulte d'une sélection sur son aptitude à travailler [...] et qu'il est par conséquent en meilleure santé que la population générale » (Bouyer 2009). Ce biais a pu sous-estimer certaines associations.

Les données de grandes enquêtes auraient pu être utilisées dans cette thèse telle que l'enquête sur les conditions de travail de la Dares (Annexe 6). Cependant, même si le recueil des facteurs organisationnels y est meilleur que dans les trois enquêtes utilisées dans cette thèse, aucune de ces enquêtes, à l'exception des cohortes Constances et Coset, ne permet un recueil simultané des douleurs de l'épaule (uniquement) et des postures des bras (travail avec les bras au-dessus des épaules, travail avec les bras éloignés du corps). Pour les contraintes physiques, une solution aurait été l'utilisation de matrices emploi-expositions (MEE) lorsque l'intitulé de l'emploi est disponible (combinaison de la profession et du secteur d'activité). Dans le cadre du consortium de recherche Comett, une MEE est en cours de construction pour les expositions physiques en utilisant les données de la cohorte Constances (Evanoff et Descatha 2017).

L'exploitation des données des cohortes Constances, pour les assurés du régime général (Zins et al. 2010), et Coset, pour les assurés du régime agricole (Coset-MSA) et du régime des indépendants (Coset-RSI) (Santin et al. 2014) permettrait d'obtenir des résultats complémentaires à ces travaux de thèse.

2.2. Taux de participation

Dans l'enquête Cosali, plus de 90 % des salariés tirés au sort par les médecins du travail ont accepté de participer et dans les deux entreprises, le taux de participation est relativement élevé : 90 % dans l'entreprise automobile et environ 85 % dans l'entreprise pharmaceutique.

La représentativité de la cohorte Cosali lors de la phase d'inclusion était jugée satisfaisante par rapport à l'ensemble des salariés de la région des Pays de la Loire vus par la médecine du travail (Roquelaure et al. 2005, 2006). Les femmes étaient sous-représentées dans l'échantillon par rapport à la population salariée de la région, ceci s'explique probablement par le manque d'inclusion de salariés dans deux secteurs d'activité fortement féminisés, la santé et l'éducation, ces deux secteurs étant caractérisés par un manque de médecins du travail.

Le taux de participation à la phase de suivi par auto-questionnaire dans Cosali était satisfaisant (63 %) compte tenu du fait que le suivi des salariés n'avait pas été programmé, des difficultés du suivi longitudinal en milieu de travail sur une période de 5 à 7 ans, de la réorganisation des services de santé au travail et de la crise économique. La surreprésentation des femmes et des catégories sociales les plus favorisées chez les répondants des études concernant la santé est classiquement retrouvée dans la littérature (Goldberg et Luce 2001).

Le nombre important de données manquantes a pu biaiser les résultats obtenus. Des méthodes d'imputation des données manquantes auraient pu être effectuées. Une thèse sur les facteurs de risque professionnels des TMS du coude et du genou utilisant les données de Cosali (Herquelot 2015) a montré que les résultats sur cas complets et avec imputations multiples de type MAR (*missing at random*) étaient similaires. De plus, une analyse de sensibilité sur le mécanisme de données manquantes MNAR (*missing not at random*) a montré une bonne robustesse des résultats pour les modèles de Poisson univariés et multivariés.

2.3. Expositions professionnelles

2.3.1. Facteurs organisationnels

Les facteurs organisationnels recueillis dans le questionnaire Cosali étaient extraits de plusieurs enquêtes françaises (Anact et al. 1996; Roquelaure et al. 1997; Leclerc et al. 1998; INRS 2000; Roquelaure et al. 2001a; Cassou et al. 2002; Dares 2015) et les questionnaires des deux autres enquêtes ont repris ce questionnaire en l'adaptant à leur activité. D'après le rapport de mise en place du réseau de surveillance des TMS en Pays de la Loire, il était envisagé de recueillir des items sur le travail en juste-à-temps, les marges de manœuvre concernant les modes opératoires et les gestes pour réaliser la tâche, le choix du moment des pauses et le télétravail (Roquelaure et al. 2001b). Cependant, en raison de la longueur de l'auto-questionnaire, ces items n'ont finalement pas été retenus.

Les 16 variables prises en compte dans le premier article de cette thèse ont été choisies en fonction de la littérature (Daubas-Letourneux et Thébaud-Mony 2002; Moati et Pouquet 2002; Lorenz et Valeyre 2005; Amossé et Coutrot 2008; Bunel et al. 2008; Valeyre et al. 2009) et des données disponibles dans l'auto-questionnaire. Les questions étaient issues d'études françaises de la Dares et du *Job Content Questionnaire* de Karasek. L'intégralité des variables a été recueillie au niveau individuel, certaines font état de caractéristiques subjectives (latitude décisionnelle) alors que d'autres font état de caractéristiques objectives (rythme de travail imposé, travail en équipe postée, répétitivité des tâches et polyvalence). Une limite de l'étude était que le recueil des données a été effectué uniquement au niveau du salarié et aucune information n'était recueillie au niveau de l'entreprise. On peut supposer que la perception du salarié sur son travail n'est pas la même que celle du directeur d'entreprise et que l'activité perçue ne reflète pas l'activité réelle. En raison du nombre important de salariés inclus dans Cosali, il n'avait pas été envisagé d'interroger les entreprises via le directeur, un représentant du personnel ou le supérieur hiérarchique des salariés inclus (les 3 710 salariés inclus travaillaient dans plus de 1 500 entreprises). Dans les deux entreprises étudiées dans l'article 3, cette solution n'avait pas été envisagée par les investigateurs pour le volet épidémiologique.

Dans l'enquête de l'Anact-Inserm (Anact et al. 1996), une variable caractérisant la dépendance organisationnelle avait été créée à partir de cinq variables : choix du moment des pauses, interruption hors pauses possible, cadence imposée par une machine, possibilité de faire varier la quantité et le rythme de travail. L'ensemble de ces variables n'étant pas disponible dans les questionnaires des trois enquêtes de cette thèse, cette variable n'a ainsi pas pu être créée et analysée.

Le questionnaire d'inclusion de Cosali date de 2001 et plusieurs questions qui paraissent pertinentes aujourd'hui n'ont pas été recueillies. Par exemple, des variables indispensables pour identifier des organisations de type *lean production*, tels que le travail en juste-à-temps, l'andon ou l'autonomisation, n'étaient pas disponibles. Cependant, les entreprises ayant adopté le *lean* n'utilisent la plupart du temps que certains outils de cette méthode (Landsbergis et al. 1999; Brännmark et Håkansson 2012; Koukoulaki 2014) et ainsi il aurait été difficile d'obtenir une classe de type *lean* dans la classification. Dans l'enquête Sumer, des questions relatives au *lean* ont été ajoutées seulement en 2017 (précédente enquête en 2010) : « Existe-t-il un dispositif formalisé de production en « juste à temps » ? (ex : zéro stock, flux tirés ou tendus, réduction des délais de production, étiquetage (kanban), SMED, ...) ».

Dans les SEM, les contraintes industrielles et les contraintes marchandes ont été modélisés. D'autres variables auraient pu être étudiées, par exemple la polyvalence. Cependant, la manière dont elle a été évaluée ne permet pas de savoir comment elle a été mise en œuvre. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour concevoir des questionnaires évaluant plus précisément l'activité et le geste effectué chez les salariés effectuant une rotation des tâches.

2.3.2. Facteurs psychosociaux

Les facteurs psychosociaux ont été recueillis uniquement au moyen du questionnaire *Job Content Questionnaire* de Karasek dans les trois enquêtes. Ce questionnaire est le plus fréquemment utilisé pour l'étude de l'association entre les TMS et les facteurs psychosociaux au travail (Hauke et al. 2011; Lang et al. 2012; Kraatz et al. 2013). Cependant, certains aspects qui touchent plus particulièrement les femmes ne sont pas abordés dans ce questionnaire comme par exemple la conciliation entre la vie professionnelle et la vie familiale, les exigences émotionnelles, ou le harcèlement (Stock et al. 2013). D'autres questionnaires auraient pu être envisagés. L'INRS a répertorié plusieurs questionnaires de prévention du stress au travail (Langevin et al. 2011) tels que les questionnaires :

- Déséquilibre "efforts/récompenses" (Questionnaire dit de Siegrist)
- Working conditions and control questionnaire (WOCCQ)
- TMS de l'INRS
- Leymann (situations de violence psychologique au travail)
- Evaluation des représentations des déterminants organisationnelles et psychosociaux de l'activité (QERDOPS)
- Vécu du travail (VT)
- Inventaire de description de l'activité professionnelle (IDAP)

- Copenhague psychosocial questionnaire (COPSOQ)
- Nursing Work Index - Extended Organization (NWI-EO)

Le questionnaire *Organizational Policies and Practices* (OPP), développé par Amick et al. (Amick et al. 2000), aurait aussi pu être envisagé. Des questions telles que « Les employés sont consultés par l'employeur lors de décisions à prendre ou lors de la planification », « Les conditions de travail non sécuritaires sont identifiées et corrigées rapidement » ou « Les tâches sont planifiées de façon à minimiser les mouvements répétitifs » sont issues de ce questionnaire. Cependant, il a été validé en français canadien en 2003 alors que le questionnaire d'inclusion de Cosali a été élaboré en 2001 (Truchon et al. 2003).

2.3.3. Contraintes physiques

Pour recueillir les expositions physiques, un auto-questionnaire a été utilisé. En raison du nombre important de salariés inclus et de la variété des emplois, des méthodes observationnelles et biomécaniques n'étaient pas envisageables pour recueillir ces expositions. En effet, ces méthodes nécessitent de sélectionner le moment approprié au cours de la journée de travail, en faisant en sorte qu'il soit représentatif de l'intégralité de celle-ci. Cependant, il peut exister une variabilité des expositions professionnelles en fonction de la semaine, du mois ou de la saison. Les questionnaires offrent ainsi une meilleure compréhension de la variabilité de l'exposition au travail. Stock et al. a montré une bonne qualité de la reproductibilité pour les questions sur le travail avec les bras en l'air et l'accord avec des méthodes observationnelles ou des entretiens en face à face était modéré à bon (Stock et al. 2005). Cependant, l'étude de Zare et al., menée au sein de la même entreprise automobile que celle étudiée dans cette thèse, a montré pour les postures, un accord faible entre les déclarations des salariés par auto-questionnaire et les mesures biomécaniques et un accord médiocre entre les mesures biomécaniques et l'outil d'observation de l'entreprise (Zare et al. 2017).

L'entretien en face-à-face aurait permis de questionner le travailleur sur chacune des tâches effectuées. Cependant, l'enquêteur peut influencer les réponses données par l'enquêté. De plus, ce mode de recueil nécessite de former un ou plusieurs enquêteurs et il peut exister une variabilité inter-enquêteurs. En outre, elle constitue une méthode coûteuse nécessitant du temps (Stock, 2005, Wiktorin, 1999).

Enfin, l'évaluation des expositions physiques par le médecin du travail, comme dans l'enquête Sumer de la Dares, n'a pas été retenue par les investigateurs du réseau de surveillance des TMS afin de ne pas alourdir la charge de travail des médecins du travail et de faciliter leur adhésion au réseau de surveillance.

Les salariés avec des douleurs de l'épaule sont susceptibles de surestimer leur exposition aux contraintes physiques (Stock et al. 2005). Ce biais de classement est éliminé dans les articles 2 et 3 de cette thèse pour l'enquête Cosali qui ne porte que sur des salariés qui ne déclaraient pas de douleurs de l'épaule à l'inclusion.

Les principaux facteurs de risque physiques de SCR étaient recueillis dans les trois enquêtes. Cependant, aucune notion d'intensité n'était précisée, cela aurait permis d'affiner les associations mises en évidence. Il existe par

exemple aujourd'hui des applications pour Smartphone permettant de recueillir les postures et mouvements des bras (Yang et al. 2017).

2.4. Événements de santé

En raison du design de la cohorte Cosali, le diagnostic du SCR au suivi n'a pas pu être étudié pour tester le modèle conceptuel. En effet, sur les 2 332 individus ayant répondu à l'auto-questionnaire de suivi et les 1 611 ayant bénéficié d'un examen clinique, seulement 1 175 salariés ont bénéficié des deux modes de recueil, engendrant ainsi une perte de puissance statistique importante. De plus, pour ces 1 175 salariés, le délai entre le remplissage de l'auto-questionnaire (dans lequel le niveau de stress était recueilli) et l'examen clinique (au cours duquel le SCR était diagnostiqué) variait de 0 à 3,5 ans (moyenne de 1,6 an, écart-type de 0,9 ans et médiane de 1,6 an), il ne semblait donc pas pertinent d'étudier l'effet du stress sur le diagnostic de SCR avec un tel délai.

Dans les deux autres enquêtes, il n'avait pas été retenu que les médecins du travail diagnostiquent les TMS-MS pour des raisons de faisabilité. Dans l'entreprise de l'industrie automobile, un seul médecin du travail était présent pour 473 salariés et dans l'entreprise de l'industrie pharmaceutique, deux médecins du travail étaient présents pour environ 1 500 salariés. Par conséquent, le recueil des douleurs de l'épaule a été réalisé au moyen d'un auto-questionnaire de type Nordique dans ces deux enquêtes.

Cependant, il a été montré que la déclaration de douleurs de l'épaule peut varier en fonction de divers facteurs (genre, âge, etc.) et que la fiabilité des réponses diminuait avec la durée de rappel concernée (Miranda et al. 2006). Il a donc été retenu d'analyser les douleurs chroniques (plus de 30 jours/trois mois au cours des 12 derniers mois) et les douleurs récentes (intensité supérieure ou égale à 2 au cours des sept derniers jours) qui sont moins susceptibles d'engendrer des biais de mémoire.

2.5. Analyses statistiques

2.5.1. Classification de variables

Afin de classer les salariés de Cosali selon leur exposition aux facteurs organisationnels et psychosociaux, une approche par classification ascendante hiérarchique (CAH) des variables suivie par une CAH des individus a été retenue. La CAH de variables a été préférée à l'analyse des correspondances multiples (ACM) qui a été adoptée dans d'autres études de classification de formes d'organisation du travail (Daubas-Letourneux et Thébaud-Mony 2002; Moati et Pouquet 2002; Lorenz et Valeyre 2005; Amossé et Coutrot 2008; Bunel et al. 2008; Valeyre et al. 2009). En effet, la CAH de variables permet de classer les variables en groupes homogènes sans contraintes d'orthogonalité, contrairement à l'ACM, et une variable synthétique, qui peut être interprétée comme un gradient, est obtenue pour chaque classe de variables (Chavent et al. 2012). L'étude de Kuentz-Simonet et al. a comparé les deux méthodes et a conclu que, bien que les deux méthodes fournissent des critères internes de validité proches, l'interprétation avec la classification de variables est plus aisée (Kuentz-Simonet et al. 2012).

Il a été fait le choix de stratifier les CAH (variables et salariés) selon la catégorie socioprofessionnelle puis d'agrèger les classes ainsi obtenues comme l'avait fait Amossé et al. (Amossé et al. 2014). Cette méthode a

permis de ne pas obtenir des classes « fortement liées » à la catégorie socioprofessionnelle. En effet, une analyse préliminaire sans stratification avait également identifiée une classe de type taylorien, elle comportait 86 % d'ouvriers contre 64 % dans la classe de type taylorien obtenue avec la stratification selon la catégorie socioprofessionnelle. Cependant, l'agrégation des classes ne repose pas sur des critères statistiques mais sur l'observation de variables sur ou sous-représentées dans les classes ce qui peut constituer une faiblesse de ce travail.

2.5.2. Modèles à équations structurelles

Une force de ce travail repose sur l'utilisation de SEM. Cette méthode est une alternative aux modèles de régression multivariée conventionnelle tels que les régressions logistiques ou les régressions de Poisson. Elle permet l'étude simultanée de relations à la fois directes et indirectes où des variables peuvent être à la fois explicative et à expliquer. Les résultats obtenus sont satisfaisants du point de vue des indices d'adéquation du modèle, mais des modèles alternatifs étaient susceptibles de fournir des indices d'adéquation du modèle équivalents voire meilleurs. De plus, un modèle à équations structurelles ne garantit pas la véracité des liens causaux mis en évidence.

Une validation externe des résultats de Cosali a pu être effectuée à partir de données indépendantes provenant de deux grandes entreprises appartenant à des groupes internationaux, le taux de participation y était élevé (85 et 90 %) et la taille des échantillons suffisante pour réaliser les analyses.

Pour l'article 2, une variable latente a été créée à partir de deux variables observées (mesurées par auto-questionnaire) : déclaration de douleurs de l'épaule de plus de 30 jours au cours des 12 derniers mois et déclaration de douleurs de l'épaule au cours des 7 derniers jours avec une intensité supérieure ou égale à 2. Cependant, cette variable latente n'a pas pu être reproduite dans la troisième analyse en raison d'un problème de spécification du modèle pour Cosali (hommes de l'industrie) et l'entreprise de l'industrie automobile. Pour pallier à ce problème, il a été fait le choix d'étudier une variable à trois modalités décrivant la douleur chronique de l'épaule : pas de douleurs de l'épaule, douleurs de l'épaule non chroniques et douleurs de l'épaule chroniques. En appliquant le modèle de l'article 3 (sans variable latente pour les douleurs de l'épaule) à la population d'étude de l'article 2 (hommes de Cosali), les relations observées dans l'article 2 étaient retrouvées avec cependant une différence, la relation entre les contraintes physiques et les douleurs de l'épaule devenait non significative (Figure 26).

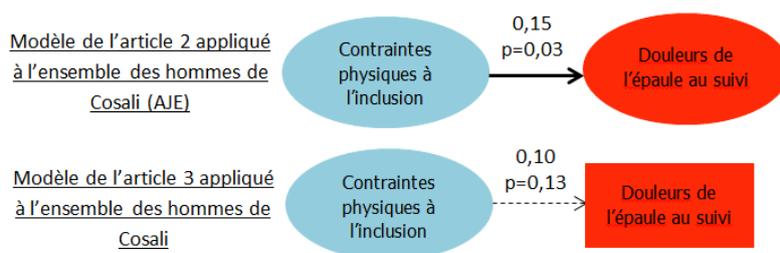


Figure 26 : Illustration de la différence entre les résultats du modèle de l'article 2 et ceux du modèle de l'article 3 appliqué à la population d'étude de l'article 2, chez les hommes

La méthode contrefactuelle proposée par VanderWeele aurait pu être utilisée (VanderWeele et Vansteelandt 2014) pour comparer les résultats obtenus via les SEM, mais n'a pas été implémentée faute de temps. Cette méthode est adaptée aux médiateurs de différents types (continue et catégorielle) et aux variables d'intérêt binaires mais elle ne permet pas de détailler les différents chemins de médiation. Une comparaison des deux méthodes a été réalisée dans le projet de recherche Temis, financé par l'Anses et coordonné par Alexis Descatha (Inserm, U1168 UMS 011) (Descatha et al. 2016). L'analyse des données de Cosali et de Gazel a montré des résultats proches (Descatha 2011; Herquelot et al. 2015).

3. Perspectives

3.1. Amélioration de la modélisation des facteurs de risque de TMS

Les SEM, développés dans les années 1970 dans le domaine des sciences sociales, permettent d'étudier plusieurs relations simultanément mais sont encore peu utilisés pour l'étude des TMS. En mettant en œuvre cette méthodologie, cette thèse a permis de mettre en évidence les liens qui existent entre les facteurs professionnels et les douleurs de l'épaule mais a aussi permis d'explorer les différents liens qui existent entre les facteurs professionnels organisationnels, psychosociaux et physiques. Ainsi, afin d'améliorer la compréhension des relations entre différents facteurs professionnels et personnels et les TMS, cette thèse encourage l'utilisation des méthodes statistiques adaptées pour étudier de manière globale des relations supposées causales entre plusieurs variables, tels que les SEM ou l'analyse dynamique des chemins (Dumas et al. 2014).

Cette thèse marque la fin de l'exploitation des données de Cosali pour l'étude des déterminants des TMS de l'épaule. Les données issues de grandes cohortes pourraient être analysées afin de confirmer les résultats obtenus. Les cohortes Constances, pour les assurés du régime général (Zins et al. 2010), et Coset, pour les assurés du régime agricole (Coset-MSA) et du régime des indépendants (Coset-RSI) (Santin et al. 2014), utilisent les mêmes questions à l'inclusion que Cosali pour le recueil des problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement et des contraintes physiques. Dans ces deux enquêtes, le questionnaire *Job Content Questionnaire* de Karasek n'est pas administré mais le questionnaire de Siegrist qui mesure le déséquilibre « efforts-récompenses » (Siegrist et al. 2004) est présent. Concernant les facteurs organisationnels, la question « travail répétitif sous contrainte de temps (à la chaîne, produit ou pièce qui se déplace, machine à cadence automatique, rythme imposé par une norme stricte...)? » pourrait être un proxy des contraintes industrielles et

la question « Êtes-vous tous les jours ou presque en contact physique ou téléphonique avec du public (usagers, patients, voyageurs, clients...) ? » pourrait être un proxy des contraintes marchandes. L'équipe de recherche Ester devrait avoir prochainement accès aux données de Constances (une demande d'autorisation a été effectuée auprès de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) en février 2016). Pour les cohortes Coset, le recueil des données devrait débiter au dernier trimestre 2017.

Il serait pertinent d'appliquer un modèle conceptuel différent selon les localisations des TMS, les mécanismes de survenue pouvant être différents selon qu'il s'agisse de lésions tendineuses (SCR par exemple) ou nerveuses (SCC par exemple). Des SEM prenant en compte l'exposition à des agents chimiques neurotoxiques pourraient être implémentés pour étudier le SCC.

Enfin, des SEM adoptant une approche multi-niveaux pourraient être mis en œuvre afin d'étudier l'influence de variables recueillies auprès d'un groupe d'individus (Muthén et Muthén 2012). Par exemple, des entreprises pourraient être sélectionnées et un recueil des données pourrait être réalisé en interrogeant le dirigeant de l'entreprise (taille de l'établissement, normes, etc.), des chefs d'équipe et des travailleurs.

3.2. Amélioration des interventions de prévention des TMS

Les TMS de l'épaule sont fréquents dans la population active et l'identification des facteurs distaux et proximaux est importante afin de mieux les prévenir. Les facteurs organisationnels apparaissent comme un élément clé dans la compréhension de la survenue des TMS en influençant en cascade les conditions de travail auxquelles les travailleurs doivent faire face. Il a été montré que les interventions de prévention des TMS unidimensionnelles, portant par exemple uniquement sur l'aménagement des postes de travail ou des exercices de stretching, étaient peu à modérément efficaces pour réduire le risque de TMS (Hoe et al. 2012; Van Eerd et al. 2016). Afin d'être plus efficace, les interventions devraient être multidimensionnelles en intégrant les composantes organisationnelle et psychosociale tout autant que la composante biomécanique. Cette thèse a contribué à identifier des leviers organisationnels utiles pour mettre en place une politique de prévention efficace.

3.3. Elaboration de nouveaux questionnaires

3.3.1. Facteurs organisationnels

Afin d'améliorer la compréhension de la chaîne des déterminants des TMS, il est nécessaire que les enquêtes épidémiologiques s'intéressant aux TMS recueillent davantage de données sur les facteurs organisationnels. La première partie de cette thèse a montré la difficulté d'identifier des formes d'organisation du travail à partir des variables disponibles dans le questionnaire Cosali. A partir des données de Sumer 2003, la MEE Sumex 2 a été construite pour 13 contraintes organisationnelles (ainsi que pour 83 nuisances chimiques et trois nuisances physiques) : travail le dimanche ou jour férié, travail de nuit, horaires différents d'un jour à l'autre, horaires déterminés par l'entreprise, horaires à la carte, horaires libres, horaires non connus pour le lendemain, ne disposent pas de 48h consécutives de repos, astreintes, travail en équipes (travail posté), polyvalence, contact avec le public et tensions avec le public (en permanence ou régulièrement). Néanmoins, ces contraintes organisationnelles se focalisent particulièrement sur les contraintes horaires (9 sur 13). Au cours de cette thèse,

un recensement des questions relatives aux facteurs organisationnels et psychosociaux dans huit enquêtes nationales et internationales a été réalisé (Annexe 7). Des questions sur l'implémentation du *lean* ou l'utilisation de normes de qualité précises ont par exemple été recensées. Ce listing de questions nécessiterait d'être travaillé en collaboration avec des ergonomes, des sociologues du travail, des économistes du travail, etc. afin d'aboutir à des questions pertinentes pour la caractérisation de formes d'organisation du travail mais aussi pour évaluer leur impact sur la qualité de vie (globale et au travail).

3.3.2. Marges de manœuvre

Les organisations du travail favorables à la préservation de la santé sont celles qui permettent, d'une manière générale, d'augmenter les marges de manœuvre des travailleurs. Disposer de marges de manœuvres permettrait au travailleur de protéger sa santé par un évitement de l'exposition aux risques par des changements des modes opératoires. (Coutarel et al. 2003; Bourgeois 2006; St-Vincent et al. 2011; Roquelaure 2017b). Les questionnaires utilisés dans cette thèse n'ont pas recueilli cette information, aussi les marges de manœuvre n'ont pas pu être étudiées.

Un séminaire de recherche organisé par l'équipe d'Ergonomie et de conception des Systèmes (Ercos) de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard s'est déroulé les 15 et 16 février 2017. Il avait comme thématique principale les marges de manœuvre et a réuni une vingtaine de chercheurs et préventeurs de diverses disciplines (médecine, ergonomie, épidémiologie, etc.) dont Maxime Norval, doctorant en ergonomie au sein de l'équipe Ester. Ce dernier y a présenté une partie de son travail de thèse consistant à répertorier des indicateurs de la marge de manœuvres. Cette liste d'indicateurs sera retravaillée au cours du dernier semestre 2017 par des membres de l'équipe Ester afin d'essayer de les rapprocher de questions issues de grandes enquêtes épidémiologiques (Annexe 7). Puis, un groupe de travail, en cours d'élaboration, aura pour mission de juger de la pertinence des questions retenues et d'en proposer de nouvelles afin d'évaluer les « capacités d'ajustement des stratégies opératoires »¹¹ appréhendable par des travailleurs de diverses professions et secteurs d'activité. Une méthode par consensus pourrait être envisagée afin d'aboutir à ce questionnaire.

3.4. Exploration de nouveaux indicateurs

Les douleurs de l'épaule déclarées par auto-questionnaire ont été étudiées pour les trois articles de cette thèse et le SCR diagnostiqué par les médecins du travail de la région des Pays de la Loire uniquement pour le premier article. Il est prévu à terme de ne plus analyser la cohorte Cosali au profit de la cohorte Constances qui présente de nombreux avantages (grande taille, suivi annuel, accès aux bases de données médico-administratives, etc.). Dans Constances, les problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement sont recueillis à partir d'un questionnaire de type Nordique à l'inclusion. Au suivi, divers problèmes de santé au cours des 12 derniers mois (qu'il y ait eu ou non un arrêt de travail et qu'il y ait ou non un traitement) sont recueillis par auto-

¹¹ Ce nom a été choisi par l'équipe Ester et peut être amené à être modifié. Il est ressorti du séminaire de Montbéliard que la notion de « marges de manœuvre » est difficile à définir et ne renvoie pas à la même notion selon les disciplines.

questionnaire annuel dont la sciatique, les douleurs au bas du dos, les douleurs au niveau du cou, les douleurs articulaires ou musculaires de l'épaule, les douleurs articulaires ou musculaires du coude et de la main, les douleurs articulaires ou musculaires du genou et de la hanche et le syndrome du canal carpien.

Cependant, d'autres indicateurs pourraient être envisagés. L'unité associée entre l'équipe Ester et la DST de Santé publique France mène actuellement une réflexion sur la construction d'indicateurs de surveillance du SCR à partir des données du Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie (Sniiram). Ce travail est mené dans le cadre de la thèse d'exercice de médecine du travail de Sophie Deham. Des membres du Groupe rhumatologique français de l'épaule (GREP) ont été interrogés par questionnaire postal au sujet de leurs habitudes de codage (Classification commune des actes médicaux, CCAM). Plusieurs codes actes chirurgicaux ont été identifiés permettant de repérer les patients opérés pour un SCR. Ce travail sera complété en 2017 par la validation des codes sélectionnés pour identifier les SCR en retournant aux dossiers médicaux des patients du CHU d'Angers.

En complément, les arrêts de travail longs pour pathologie de l'épaule pourraient être étudiés. Cependant, les raisons des arrêts de travail pour maladie ordinaire ne sont pas systématiquement renseignées. En conséquence, les arrêts longs pour AT/MP dont la cause est un TMS de l'épaule pourraient être étudiés (Fouquet 2016). Ils peuvent être identifiés dans les bases de données des régimes de Sécurité sociale.

Trois indicateurs de TMS de l'épaule pourraient ainsi être analysés :

- les problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement au niveau de l'épaule déclarés par les individus inclus dans de grandes enquêtes (par exemple, les cohortes Constances et Coset),
- les SCR nécessitant une intervention chirurgicale repérés dans le Sniiram,
- les arrêts de travail longs pour AT/MP pour un TMS de l'épaule repérés dans les bases de données des régimes de Sécurité sociale.

Enfin, l'impact socioprofessionnel des TMS reste mal documenté en raison du manque d'études longitudinales. Il serait ainsi intéressant d'étudier la qualité de vie des travailleurs atteints de TMS, leur situation vis-à-vis de l'emploi ou encore leur durée d'arrêt maladie.

4. Conclusion

Il est à craindre que l'incidence des TMS continue à croître dans les années à venir en raison de l'intensification des conditions de travail, de l'allongement des carrières professionnelles et du vieillissement de la population active (Volkoff et Gollac 1996; Brunet et al. 2015; Roquelaure 2017a). Le taux d'activité des personnes âgées de 50 à 64 ans est ainsi passé de 57 % en 2005 à 64 % en 2015 (Beck et Vidalenc 2016).

L'objectif de cette thèse était de déterminer les facteurs professionnels associés aux TMS de l'épaule, en s'intéressant particulièrement aux facteurs organisationnels. Ce travail a été nourri par des réflexions menées avec des chercheurs issus de différentes disciplines (épidémiologie, biostatistiques, ergonomie et médecine) lors de séminaires de travail et de congrès scientifiques internationaux (Self, Premus, Adelf-Epiter et ICOH). Les facteurs organisationnels apparaissent comme un élément clé dans la compréhension de la survenue des TMS en influençant en cascade les conditions d'exposition aux facteurs professionnels psychosociaux et physiques auxquelles les travailleurs doivent faire face. Bien que la littérature ergonomique supporte ce postulat (Bellemare et al. 2002; Bourgeois 2006; St-Vincent et al. 2011), la littérature épidémiologique manque encore de preuves validées sur de grands échantillons.

Des études longitudinales sont nécessaires pour confirmer les associations observées dans cette thèse. L'enquête Cosali a montré les difficultés d'un suivi épidémiologique longitudinal via les services de santé au travail (Sérazin et al. 2014) et cette thèse marque la fin de l'exploitation des données de cette enquête pour l'étude des déterminants des TMS de l'épaule. Les cohortes généralistes offrent une alternative intéressante pour l'étude des associations entre les TMS et les facteurs de risque professionnels et personnels. Le modèle conceptuel présenté dans ce document pourrait être appliqué aux données des cohortes Constances et Coset. De plus, des modèles à équations structurelles (SEM) pourraient être implémentés pour d'autres pathologies, telles que le SCC. Des modèles SEM multi-niveaux pourraient également être envisagés.

Afin d'améliorer la compréhension de la chaîne des déterminants des TMS, il est nécessaire d'étudier davantage les facteurs organisationnels, ainsi que les « capacités d'ajustement des stratégies opératoires » (ou marges de manœuvre). Un travail sur le recensement des questions relatives aux facteurs organisationnels et psychosociaux a été réalisé au cours de cette thèse (Annexe 7) et devra être retravaillé. Un questionnaire pourrait ainsi être développé afin d'améliorer la mesure des facteurs organisationnels et des « capacités d'ajustement des stratégies opératoires ».

Bibliographie

1. Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail. Troubles de la nuque et des membres supérieurs d'origine professionnelle. E-76-05-535-FR-C. 2007;2p.
2. Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé. Pathologies non opérées de la coiffe des rotateurs et masso-kinésithérapie. Paris; 2001.
3. Algava E, Davie E, Loquet J, Vinck L. Conditions de travail : reprise de l'intensification du travail chez les salariés. Dares Analyses. 2014;(49):1-11.
4. Amick B, Habeck R, Hunt A, Fossel A, Chapin A, Keller R, et al. Measuring the Impact of Organizational Behaviors on Work Disability Prevention and Management. Journal of Occupational Rehabilitation. 2000;10(1):21-38.
5. Amorim LDAF, Fiaccone RL, Santos CAST, Santos TN dos, Moraes LTLP de, Oliveira NF, et al. Structural equation modeling in epidemiology. Cad Saude Publica. 2010;26(12):2251-62.
6. Amossé T, Coutrot T. En guise de conclusion. L'évolution des modèles socioproductifs en France depuis 15 ans : le néotaylorisme n'est pas mort. In: Les relations sociales en entreprise - Un portrait à partir des enquêtes « Relations professionnelles et négociations d'entreprise ». 2008. p. 423-51.
7. Amossé T, Wolff L, Cartron D, Castell L, Célérier S, Zara-Meylan V. Formes d'organisation et santé au travail en entreprise - Configurations d'organisation du travail et risques professionnels en entreprise (2005-2011) [Internet]. Colloque : Les relations professionnelles à l'épreuve des pratiques, des lois et du contexte économique; 2014 [cité 29 juill 2016]. Disponible sur: http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/Colloque_REPONSE_Session_2_2.pdf
8. Anact. Les méthodes d'organisation du travail : le Lean en question [Internet]. Travail et changement, le bimestriel du Réseau Anact pour l'amélioration des conditions de travail.; 2013 p. 15. Report No.: 351. Disponible sur: <http://www.anact.fr/portal/pls/portal/docs/1/13954380.PDF>
9. Anact. L'entreprise libérée : une véritable innovation managériale? [Internet]. 2015 [cité 29 mai 2017]. Disponible sur: <https://www.anact.fr/lentreprise-liberee-une-veritable-innovation-manageriale>
10. Anact, Inserm, INRS, Dares, CCMSA. Affections périarticulaires des membres supérieurs et organisation du travail. Résultats de l'enquête épidémiologique. Documents pour le médecin du travail. 1996;(65 TF 63):14-31.
11. Andersen JH, Kaergaard A, Mikkelsen S, Jensen UF, Frost P, Bonde JP, et al. Risk factors in the onset of neck/shoulder pain in a prospective study of workers in industrial and service companies. Occup Environ Med. 2003;60(9):649-54.
12. Aptel M, Cail F, Aublet-Cuvelier A. Les troubles musculosquelettiques du membre supérieur (TMS-MS). Guide pour les préventeurs. Vol. ED 957. INRS; 2011.
13. Aptel M, Cnockaert J-C. Liens entre les Troubles Musculo-Squelettiques du membre supérieur et le stress. BTS NEWSLETTER. 2002;(19-20):57-63.
14. Aptel M, Gerling A, Cail F. Méthode de prévention des troubles musculosquelettiques du membre supérieur et outils simples Dossier médico-technique - I - Méthode de prévention. Généralités et principes. Documents pour le médecin du travail. 2000;(83):189-94.
15. Aptel M, Vézina N. Quels modèles pour comprendre et prévenir les TMS? Pour une approche holistique et dynamique. Actes du 2ème congrès francophone sur les TMS, Montréal. 2008;

16. Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, Hagberg M, Jonsson B, Kilbom A, et al. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*. 1993;19(2):73-84.
17. Arnaudo B, Léonard M, Sandret N, Cavet M, Coutrot T, Rivalin R. L'évolution des risques professionnels dans le secteur privé entre 1994 et 2010 : premiers résultats de l'enquête Sumer. *Dares Analyses*. 2012;(23):1-10.
18. Arnaudo B, Léonard M, Sandret N, Cavet M, Coutrot T, Rivalin R, et al. Les risques professionnels en 2010 : de fortes différences d'exposition selon les secteurs. *Dares Analyses*. 2013;(10):1-12.
19. Askenazy P. Les désordres du travail: enquête sur le nouveau productivisme. Seuil; 2004.
20. Askenazy P, Caroli E. Pratiques « innovantes », accidents du travail et charge mentale: résultats de l'enquête française « Conditions de travail 1998 ». *Perspect Interdiscip Sur Trav Santé [Internet]*. 2003 [cité 4 avr 2014];(5-1). Disponible sur: <http://pistes.revues.org/3349>
21. Askenazy P, Caroli E. Innovative Work Practices, Information Technologies, and Working Conditions: Evidence for France. *Ind Relat J Econ Soc*. 2010;49(4):544-65.
22. Association française de normalisation. Manutention manuelle: ergonomie et prévention des risques : recueil, normes & réglementation. La Plaine-Saint-Denis: Afnor éd.; 2012.
23. Assurance maladie - Risques professionnels Rhônes-Alpes. Les Troubles MusculoSquelettiques [Internet]. Forum CHSCT du 23 octobre 2012, Atelier TMS; 2012. Disponible sur: <http://risques-pme.fr/ckfinder/userfiles/files/Productions%20partenariales/2012%20Diaporama%20TMS%20pour%20CHSCT-RHONE%20ALPES.pdf>
24. Bao SS, Kapellusch JM, Merryweather AS, Thiese MS, Garg A, Hegmann KT, et al. Impact of Work Organizational Factors on Carpal Tunnel Syndrome and Epicondylitis. *J Occup Environ Med*. 2016a;58(8):760-4.
25. Bao SS, Kapellusch JM, Merryweather AS, Thiese MS, Garg A, Hegmann KT, et al. Relationships between job organisational factors, biomechanical and psychosocial exposures. *Ergonomics*. 2016b;59(2):179-94.
26. Bard H. Physiopathologie, réparation, classification des tendinopathies mécaniques. In: Bard H, Cotten A, Rodineau J, Saillant G, Railhac J, éditeurs. *Tendons et entheses*. Montpellier: Sauramps médical; 2003. p. 165-77.
27. Beaudreuil J, Dhénain M, Coudane H, Mlika-Cabanne N. Clinical practice guidelines for the surgical management of rotator cuff tears in adults. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2010;96(2):175-9.
28. Beck S, Vidalenc J. Une photographie du marché du travail en 2015 - Le chômage se stabilise, mais les chômeurs de longue durée restent nombreux. *Insee Première [Internet]*. 2016;(1602). Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1560271>
29. Bellemare M, Marier M, Montreuil S, Allard D, Prévost J. La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques [Internet]. Montréal (Canada): IRSST; 2002 p. 126. Report No.: Études et recherches / Rapport R-292. Disponible sur: <http://www.irsst.qc.ca/-publication-irsst-la-transformation-des-situations-de-travail-par-une-approche-participative-en-ergonomie-une-recherche-intervention-pour-la-prevention-des-troubles-r-292.html>
30. Beran TN, Violato C. Structural equation modeling in medical research: a primer. *BMC Res Notes*. 2010;3:267.
31. Bernard B. Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper-extremity, and low back. [Internet]. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control

and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Report No. 97-141; 1997. Disponible sur: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/>

32. Blanchet M. Industrie 4.0 Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique. *Outre-Terre*. 2016;(46):62-85.
33. Bodin J, Ha C, Chastang J-F, Descatha A, Leclerc A, Goldberg M, et al. Comparison of risk factors for shoulder pain and rotator cuff syndrome in the working population. *Am J Ind Med*. 2012a;55(7):605-15.
34. Bodin J, Ha C, Petit Le Manac'h A, Sérazin C, Descatha A, Leclerc A, et al. Risk factors for incidence of rotator cuff syndrome in a large working population. *Scand J Work Environ Health*. 2012b;38(5):436-46.
35. Bodin J, Ha C, Sérazin C, Descatha A, Leclerc A, Goldberg M, et al. Effects of Individual and Work-related Factors on Incidence of Shoulder Pain in a Large Working Population. *J Occup Health*. 2012c;54(4):278-88.
36. Bongers P, Kremer A, ter Laak J. Are psychosocial factors, risk factors for symptoms and signs of the shoulder, elbow, or hand/wrist?: A review of the epidemiological literature. *Am J Ind Med*. 2002;41(5):315-42.
37. Bongers PM. The cost of shoulder pain at work. *BMJ*. 2001;322(7278):64-5.
38. Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol*. 1987;56(6):679-85.
39. Bourgeois F. *Troubles musculosquelettiques et travail: quand la santé interroge l'organisation*. Lyon: ANACT; 2006.
40. Bouyer J. *Épidémiologie: principes et méthodes quantitatives*. Paris; Cachan: Lavoisier; 2009.
41. Bozdogan K. Evolution of the Lean Enterprise System: A Critical Synthesis and Agenda for the Future [Internet]. 2010. Disponible sur: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/82085>
42. Brännmark M, Håkansson M. Lean production and work-related musculoskeletal disorders: overviews of international and Swedish studies. *Work Read Mass*. 2012;41 Suppl 1:2321-8.
43. Bressol E. *Organisation du travail et nouveaux risques pour la santé des salariés: avis du Conseil économique et social sur le rapport*. Frankreich, éditeur. Paris: Dir. des Journaux officiels; 2004. (Journal officiel de la République Française Avis et rapports du Conseil Economique et Social).
44. Brière J, Fouquet N, Ha C, Imbernon E, Plaine J, Rivière S, et al. Des indicateurs en santé travail. Les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur en France [Internet]. Saint-Maurice: Santé publique France; 2015 p. 51. Disponible sur: <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Travail-et-sante/2015/Des-indicateurs-en-sante-travail>
45. Brunet R, Petit A, Roquelaure Y. Les troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs. In: Thébaud-Mony A, Davezies P, Vogel L, Volkoff S, éditeurs. *Les risques du travail: pour ne pas perdre sa vie à la gagner*. Paris: la Découverte; 2015. p. 330-45.
46. Bunel M, Dayan J-L, Desage G, Perraudin C, Valeyre A, Centre d'études de l'emploi (France). *Formes d'organisation du travail et relations de travail*. 2008.
47. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels. *Rapport de gestion 2012*. Paris: CnamTS; 2013 p. 93.
48. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels. *Rapport de gestion 2013*. Paris: CnamTS; 2014 p. 117.

49. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels. Rapport de gestion 2015 [Internet]. Paris: CnamTS; 2016 p. 141. Disponible sur: http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_telecharger/brochures/RAPPORT-AT-MP-2015.pdf
50. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels - Mission Statistiques. Risque MP : Tableaux de sinistralité de l'année 2007 par CTN, n° de risque, n° de tableau MP et syndrome [Internet]. Paris: CnamTS; 2008 p. 14. Disponible sur: http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_telecharger/brochures/RAPPORT-AT-MP-2015.pdf
51. Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés - Direction des risques professionnels - Mission Statistiques. Risque Maladie professionnelle : Sinistralité de l'année 2015 par CTN, code NAF, tableau de MP et syndrome [Internet]. Paris: CnamTS; 2016 p. 38. Disponible sur: http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_telecharger/brochures/RAPPORT-AT-MP-2015.pdf
52. Carayon P, Smith MJ, Haims MC. Work organization, job stress, and work-related musculoskeletal disorders. *Hum Factors*. 1999;41(4):644-63.
53. Caroly S, Coutarel F, Escriva E, Roquelaure Y, Schweitzer J, Daniellou F (coord). La prévention durable des TMS. Quels freins? Quels leviers d'actions? 2008. (Direction générale du travail).
54. Carton M, Santin G, Leclerc A, Gueguen A, Goldberg M, Roquelaure Y, et al. Prévalence des troubles musculo-squelettiques et des facteurs biomécaniques d'origine professionnelle : premières estimations à partir de Constances. *Bull Epidémiol Hebd*. 2016;(35-36):630-9.
55. Cassou B, Derriennic F, Monfort C, Norton J, Touranchet A. Chronic neck and shoulder pain, age, and working conditions: longitudinal results from a large random sample in France. *Occup Environ Med*. 2002;59(8):537-44.
56. Cercier E, Fouquet N, Bodin J, Chazelle E, Geoffroy-Perez B, Brunet R, et al. Prévalence des symptômes musculo-squelettiques du membre supérieur chez les travailleurs de l'agriculture en France en 2010 : résultats de la phase pilote de Coset-MSA. *Bull Epidémiol Hebd*. 2015;(8-10):134-41.
57. Chavent M, Kuentz V, Liquet B, Saracco J. ClustOfVar: An R Package for the Clustering of Variables. *J Stat Softw*. 2012;50(13):1-16.
58. Chevalier P, Collobert J, Fouchard C, Gesbert M, Gicquaud N, Rodrigues A, et al. Forces et faiblesses caractérisant l'économie des Pays de la Loire. *Insee Pays de la Loire*; 2009. Report No.: 32.
59. Cleland J, Koppenhaver S, Pillu M. Examen clinique de l'appareil locomoteur: Tests, évaluations et niveaux de preuve. Elsevier Masson; 2012.
60. Collobert J. La filière bois en Pays de la Loire : bilan et perspectives. *Insee Pays de la Loire*. 2008;(69).
61. da Costa BR, Vieira ER. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am J Ind Med*. 2010;53(3):285-323.
62. Côté JN. A critical review on physical factors and functional characteristics that may explain a sex/gender difference in work-related neck/shoulder disorders. *Ergonomics*. 2012;55(2):173-82.
63. Cottraux J, Blackburn IM. Psychothérapies cognitives des troubles de la personnalité. Elsevier Masson; 2006.
64. Coutarel F, Daniellou F, Dugué B. Interroger l'organisation du travail au regard des marges de manœuvre en conception et en fonctionnement. La rotation est-elle une solution aux TMS ? *Perspect Interdiscip Sur Trav Santé* [Internet]. 2003 [cité 25 juill 2015];5(2). Disponible sur: <http://pistes.revues.org/3328>

65. Coutrot T. L'entreprise néo-libérale, nouvelle utopie capitaliste ? Enquête sur les modes d'organisation du travail. Paris: Découverte; 1998. (Textes à l'appui).
66. Coutrot T. Réorganisation du travail : un régime à bout de souffle. In: Thébaud-Mony A, Davezies P, Vogel L, Volkoff S, éditeurs. Les troubles musculo-squelettiques des membres supérieurs. Paris: la Découverte; 2015. p. 17-27.
67. Dalbøge A, Frost P, Andersen JH, Svendsen SW. Surgery for subacromial impingement syndrome in relation to occupational exposures, lifestyle factors and diabetes mellitus: a nationwide nested case-control study. *Occup Environ Med.* 10 mai 2017;
68. Dares. Catalogue des enquêtes réalisées par la Dares [Internet]. Paris: Ministre du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social; 2015 p. 80. Disponible sur: http://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/catalogue_des_enquetes_realisees_par_la_dares_edition_2015_-2.pdf
69. Daubas-Letourneux V, Thébaud-Mony A. Organisation du travail et santé dans l'Union européenne [Internet]. Dublin; 2002. (Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de Vie et de Travail en Europe). Disponible sur: www.eurofound.europa.eu/pubdocs/2002/06/fr/1/ef0206fr.pdf
70. Dayan J-L, Desage G, Perraudin C, Valeyre A. La pluralité des modèles d'organisation du travail, source de différenciation des relations de travail. In: Les relations sociales en entreprise - Un portrait à partir des enquêtes « Relations professionnelles et négociations d'entreprise ». 2008. p. 334-52.
71. Delépine A. TMS du membre supérieur, le geste a la parole. 16e Journée de l'Institut interuniversitaire de médecine du travail Paris Ile-de-France (Paris, 18 mars 2009) Notes de congrès. *Doc Méd Trav.* 2009;(119):337-46.
72. Demetrescoux R. La boîte à outils du lean. Paris: Dunod; 2015.
73. Deriennic F, Leclerc A, Mairiaux P, Meyer J, Ozguler A. Lombalgies en milieu professionnel: quels facteurs de risque et quelle prévention? Editions INSERM. Paris; 2000.
74. Descatha A. TeM(I)S-ESP : Etude des liens entre Troubles Musculo-Squelettiques, Environnement Social et Professionnel [Internet]. 2011. Report No.: APR EST-11-107-DESCATHA. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/EST-2011-107-DESCATHA.pdf>
75. Descatha A, Herquelot E, Carton M, Sabbath EL, Goldberg M, Zins M, et al. Is physically arduous work associated with limitations after retirement? Findings from the GAZEL cohort. *Occup Environ Med.* mars 2016;73(3):183-6.
76. Descatha A, Roquelaure Y, Chastang JF, Evanoff B, Melchior M, Mariot C, et al. Validity of Nordic-style questionnaires in the surveillance of upper-limb work-related musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health.* 2007;33(1):58-65.
77. Diseases WEC on I and C of W-R, Organization WH. Identification et prévention des maladies liées à la profession : rapport d'un Comité d'experts de l'OMS [réuni à Genève du 28 novembre au 2 décembre 1983]. Identification and control of work-related diseases : report of a WHO expert committee [meeting held in Geneva from 28 November to 2 December 1983] [Internet]. 1985 [cité 10 avr 2017]; Disponible sur: <http://www.who.int/iris/handle/10665/40231>
78. Dumas O, Siroux V, Moual NL, Varraso R. Approches d'analyse causale en épidémiologie. /data/revues/03987620/v62i1/S0398762013011413/ [Internet]. 2014 [cité 13 avr 2017]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/868060>
79. Durand J-P. Italie : spécialisation flexible et dépassement du fordisme. *Rev Déconomie Ind.* 1991;58(1):47-63.

80. Edimansyah BA, Rusli BN, Naing L, Rusli BAM, Winn T, Ariff BRHTM. Self-perceived Depression, Anxiety, Stress and Their Relationships with Psychosocial Job Factors in Male Automotive Assembly Workers. *Ind Health*. 2008;46(1):90-100.
81. Eijkelhof BHW, Huysmans MA, Bruno Garza JL, Blatter BM, van Dieën JH, Dennerlein JT, et al. The effects of workplace stressors on muscle activity in the neck-shoulder and forearm muscles during computer work: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(12):2897-912.
82. Elfering A, Grebner S, Gerber H, Semmer NK. Workplace observation of work stressors, catecholamines and musculoskeletal pain among male employees. *Scand J Work Environ Health*. 2008;34(5):337-44.
83. Evanoff B, Descatha A. Troubles musculo-squelettiques : développement d'une matrice sur les contraintes biomécaniques dans la cohorte Constances [Internet]. 4ème journée scientifique des cohortes Constances et Gazel; 2017 [cité 27 mai 2017]. Disponible sur: http://www.constances.fr/assets/pdf/JS2017/13_Evanoff_.pdf
84. Fairris D, Brenner M. Workplace transformation and the rise in cumulative trauma disorders: Is there a connection? *J Labor Res*. 2001;22(1):15-28.
85. Finney S, DiStefano C. Nonnormal and categorical data in structural equation models. In: Hancock GR, Mueller RO, éditeurs. *Structural equation modeling: a second course*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing, Inc; 2006. p. 269-314. (Quantitative methods in education and the behavioral sciences).
86. Fouquet N. Quel indicateur pertinent pour la surveillance épidémiologique et la prévention des troubles musculo-squelettiques en lien avec le travail ? : application à la lombalgie [Internet] [phdthesis]. Université d'Angers; 2016 [cité 31 mai 2017]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/s112480>
87. Frantin E. *La démarche LEAN méthode, exemples, simulations*. Paris: Ellipses; 2012.
88. Frost P, Bonde JPE, Mikkelsen S, Andersen JH, Fallentin N, Kaergaard A, et al. Risk of shoulder tendinitis in relation to shoulder loads in monotonous repetitive work. *Am J Ind Med*. 2002;41(1):11-8.
89. Goldberg M, Luce D. Les effets de sélection dans les cohortes épidémiologiques. Nature, causes et conséquences. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2001;49:477-92.
90. Gollac M. Organisation du travail, conditions de travail et santé. *ADSP*. 2006;(57):54-6.
91. Grosjean V, Leïchlé J, Théveny L. Les nouvelles formes d'organisation du travail : opportunités ou illusions? *HST*. 2016;(245).
92. Guignon N, Niedhammer I, Sandret N. Les facteurs psychosociaux au travail - Une évaluation par le questionnaire de Karasek dans l'enquête SUMER 2003. *Doc Pour Médecin Trav*. 2008;(115):389-98.
93. Guilleux A. Méthodes pour l'identification et la prise en compte de l'évolution de la perception des patients vis-à-vis de leur état de santé (response shift) au niveau de l'item dans les études longitudinales. [Internet]. Nantes; 2016 [cité 7 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2016NANT1015>
94. Ha C, Roquelaure Y. Réseau expérimental de surveillance épidémiologique des troubles musculo-squelettiques dans les Pays de la Loire. Protocole de la surveillance dans les entreprises (2002-2004). Saint Maurice : Institut de veille sanitaire; 2007.
95. Ha C, Roquelaure Y, Leclerc A, Touranchet A, Goldberg M, Imbernon E. The French Musculoskeletal Disorders Surveillance Program: Pays de la Loire network. *Occup Environ Med*. 2009;66(7):471-9.
96. Hagberg M, Kuorinka I. Les lésions attribuables au travail répétitif, LATR: ouvrage de référence sur les lésions musculo-squelettiques liées au travail. Éditions MultiMondes; 1995.

97. Hagberg M, Silverstein B, Wells R, Smith M, Hendrick H, Carayon P, et al. Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention. London (United Kingdom): Taylor & Francis; 1995.
98. Harkness EF, Macfarlane GJ, Nahit ES, Silman AJ, McBeth J. Mechanical and psychosocial factors predict new onset shoulder pain: a prospective cohort study of newly employed workers. *Occup Environ Med.* 2003;60(11):850-7.
99. Hauke A, Flintrop J, Brun E, Rugulies R. The impact of work-related psychosocial stressors on the onset of musculoskeletal disorders in specific body regions: A review and meta-analysis of 54 longitudinal studies. *Work Stress.* 2011;25(3):243-56.
100. Haute Autorité de Santé. Prise en charge chirurgicale des tendinopathies rompues de la coiffe des rotateurs de l'épaule chez l'adulte. Recommandations pour la pratique clinique. Saint-Denis-La-Plaine : HAS; 2008.
101. van der Heijden GJ. Shoulder disorders: a state-of-the-art review. *Baillière's Best Pract Res Clin Rheumatol.* 1999;13(2):287-309.
102. Herquelot E. Facteurs de risque professionnels des troubles musculo-squelettiques aux coudes et aux genoux [Internet] [phdthesis]. Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines; 2015 [cité 21 mai 2017]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01179196/document>
103. Herquelot E, Leclerc A, Roquelaure Y, Descatha A. Using Causal Models for the Calculation of Direct and Indirect Effects: An Example From Occupational Health. *J Occup Environ Med Am Coll Occup Environ Med.* 2015;57(6):e62-63.
104. Hoe VCW, Urquhart DM, Kelsall HL, Sim MR. Ergonomic design and training for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;8:CD008570.
105. Hooper D, Coughlan J, Mullen M. Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *Electronic Journal of Business Research Methods.* 2008;6(1):53-60.
106. Hopman K, Krahe L, Lukersmith S, McColl A, Vine K. Clinical practice guidelines for the management of rotator cuff syndrome in the workplace. Port Macquarie (Australia): University of New South Wales; 2013 p. 80.
107. Hsu C, Sheu WH. Diabetes and shoulder disorders. *J Diabetes Investig.* 2016;7(5):649-51.
108. Hu L, Bentler PM. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Struct Equ Model Multidiscip J.* 1999;6(1):1-55.
109. Huang GD, Feuerstein M, Kop WJ, Schor K, Arroyo F. Individual and combined impacts of biomechanical and work organization factors in work-related musculoskeletal symptoms. *Am J Ind Med.* 2003;43(5):495-506.
110. INRS. Méthode de prévention des troubles musculosquelettiques du membre supérieur et outils simples. *Doc Méd Trav.* 2000;(83):187-223.
111. Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes). Tableaux économiques des Pays de la Loire - Edition 2001-2002 [Internet]. Nantes: Direction régionale de l'INSEE; 2002 [cité 20 févr 2017]. Disponible sur: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6475581t>
112. Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes). Tableaux économiques des Pays de la Loire - Edition 2003-2004 [Internet]. Nantes: Direction régionale de l'INSEE; 2003 [cité 15 mars 2017]. Disponible sur: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6475649z>

113. Institut national de la statistique et des études économiques - Direction régionale (Nantes). Tableaux économiques des Pays de la Loire - Edition 2005-2006 [Internet]. Nantes: Direction régionale de l'INSEE; 2005 [cité 20 févr 2017]. Disponible sur: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6475581t>
114. International Labour Office, Labour Administration LI and OS and HB. Stress au travail: un défi collectif. Genève: BIT; 2016.
115. Kaergaard A, Andersen JH. Musculoskeletal disorders of the neck and shoulders in female sewing machine operators: prevalence, incidence, and prognosis. *Occup Environ Med.* 2000;57(8):528-34.
116. Karasek R, Brisson C, Kawakami N, Houtman I, Bongers P, Amick B. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *J Occup Health Psychol.* 1998;3(4):322-55.
117. Karsh B-T. Theories of work-related musculoskeletal disorders: Implications for ergonomic interventions. *Theor Issues Ergon Sci.* 2006;7(1):71-88.
118. Kim HM, Teefey SA, Zelig A, Galatz LM, Keener JD, Yamaguchi K. Shoulder Strength in Asymptomatic Individuals with Intact Compared with Torn Rotator Cuffs. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(2):289-96.
119. Kjellberg A, Wadman C. The role of the affective stress response as a mediator of the effect of psychosocial risk factors on musculoskeletal complaints—Part 1: Assembly workers. *Int J Ind Ergon.* 2007;37(4):367-74.
120. Klein T, Long K. Document de travail (2013-03) - Conditions de travail, organisation du travail et usages des TIC selon les métiers. Paris: Centre d'analyse stratégique; 2013. Report No.: N°2013-03.
121. Koukoulaki T. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: an examination of sociotechnical trends over 20 years. *Appl Ergon.* 2014;45(2):198-212.
122. Kraatz S, Lang J, Kraus T, Münster E, Ochsmann E. The incremental effect of psychosocial workplace factors on the development of neck and shoulder disorders: a systematic review of longitudinal studies. *Int Arch Occup Environ Health.* 2013;86(4):375-95.
123. Kuentz-Simonet V, Lyser S, Candau J, Deuffic P, Chavent M, Saracco J. Une approche par classification de variables pour la typologie d'observations : le cas d'une enquête agriculture et environnement. *J Société Fr Stat.* 2013;154(2):37-63.
124. Kuentz-Simonet V, Lyser S, Chavent M, Saracco J, Candau J, Deuffic P. Classification de variables qualitatives pour la compréhension de la prise en compte de l'environnement par les agriculteurs. In Paris; 2012 [cité 11 déc 2014]. p. 27. Disponible sur: <http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00035661>
125. Kuijpers T, van der Windt DAWM, van der Heijden GJMG, Bouter LM. Systematic review of prognostic cohort studies on shoulder disorders. *Pain.* 2004;109(3):420-31.
126. Kumar S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics.* 2001;44(1):17-47.
127. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon.* 1987;18(3):233-7.
128. Lamy S, Descatha A, Sobaszek A, Caroly S, De Gaudemaris R, Lang T. Role of the work-unit environment in the development of new shoulder pain among hospital workers: a longitudinal analysis. *Scand J Work Environ Health.* 2014;40(4):400-10.
129. Landsbergis PA, Cahill J, Schnall P. The impact of lean production and related new systems of work organization on worker health. *J Occup Health Psychol.* 1999;4(2):108-30.

130. Lang J, Ochsmann E, Kraus T, Lang JWB. Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems: a systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Soc Sci Med* 1982. 2012;75(7):1163-74.
131. Langevin V, François M, Boini S, Riou A. Les questionnaires dans la démarche de prévention du stress au travail. *Doc Méd Trav*. 2011;23-35.
132. Larsman P, Kadefors R, Sandsjö L. Psychosocial work conditions, perceived stress, perceived muscular tension, and neck/shoulder symptoms among medical secretaries. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86(1):57-63.
133. Larsman P, Lindegård A, Ahlborg G. Longitudinal relations between psychosocial work environment, stress and the development of musculoskeletal pain. *Stress Health*. 2011;27(3):e228-37.
134. Larsman P, Sandsjö L, Klipstein A, Vollenbroek-Hutten M, Christensen H. Perceived work demands, felt stress, and musculoskeletal neck/shoulder symptoms among elderly female computer users. The NEW study. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96(2):127-35.
135. Larsson B, Søggaard K, Rosendal L. Work related neck-shoulder pain: a review on magnitude, risk factors, biochemical characteristics, clinical picture and preventive interventions. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21(3):447-63.
136. Lebart L, Morineau A, Piron M. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. 3e (8 septembre 2000). Paris: Dunod; 2000. (Sciences Sup).
137. Leclerc A, Chastang J-F, Niedhammer I, Landre M-F, Roquelaure Y. Incidence of shoulder pain in repetitive work. *Occup Environ Med*. 2004;61(1):39-44.
138. Leclerc A, Franchi P. Travail répétitif: emploi et santé. Quelles différences entre hommes et femmes? les Cahiers du Mage. 1996;(4/96):35-44.
139. Leclerc A, Franchi P, Cristofari MF, Delemotte B, Mereau P, Teyssier-Cotte C, et al. Carpal tunnel syndrome and work organisation in repetitive work: a cross sectional study in France. Study Group on Repetitive Work. *Occup Environ Med*. 1998;55(3):180-7.
140. Lei P-W, Wu Q. Introduction to Structural Equation Modeling: Issues and Practical Considerations. *Educ Meas Issues Pract*. 2007;26(3):33-43.
141. Leider PC, Boschman JS, Frings-Dresen MHW, van der Molen HF. Effects of job rotation on musculoskeletal complaints and related work exposures: a systematic literature review. *Ergonomics*. 2015;58(1):18-32.
142. Leroyer A. *Evolutions et Relations en Santé au Travail - Rapport descriptif national 2014-2015*. GIS Evrest; 2016 p. 53.
143. Linaker CH, Walker-Bone K. Shoulder disorders and occupation. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2015;29(3):405-23.
144. Littlewood C, May S, Walters S. Epidemiology of rotator cuff tendinopathy: a systematic review. *Shoulder Elb*. 2013;5(4):256-65.
145. Liu L, Chen SG, Tang SC, Wang S, He LH, Guo ZH, et al. How Work Organization Affects the Prevalence of WMSDs: A Case-control Study. *Biomed Environ Sci BES*. 2015;28(9):627-33.
146. Lorenz E, Valeyre A. Les formes d'organisation du travail dans les pays de l'Union européenne. *Trav Empl*. 2005;102:91-105.

147. Luime JJ, Koes BW, Miedem HS, Verhaar JAN, Burdorf A. High incidence and recurrence of shoulder and neck pain in nursing home employees was demonstrated during a 2-year follow-up. *J Clin Epidemiol.* 2005;58(4):407-13.
148. Luime JJ, Kuiper JI, Koes BW, Verhaar JAN, Miedema HS, Burdorf A. Work-related risk factors for the incidence and recurrence of shoulder and neck complaints among nursing-home and elderly-care workers. *Scand J Work Environ Health.* 2004;30(4):279-86.
149. Lundberg U. Psychophysiology of work: stress, gender, endocrine response, and work-related upper extremity disorders. *Am J Ind Med.* 2002;41(5):383-92.
150. Lundberg U, Forsman M, Zachau G, Eklöf M, Palmerud G, Melin B, et al. Effects of experimentally induced mental and physical stress on motor unit recruitment in the trapezius muscle. *Work Stress.* 2002;16(2):166-78.
151. Lux A, Daille-Lefevre M, François M, Lemarie J, Marsot J, Morvan E. Lean manufacturing - Quelle place pour la santé et la sécurité au travail? Paris: INRS; 2013 p. 52. Report No.: ED 6144.
152. MacCallum RC, Austin JT. Applications of structural equation modeling in psychological research. *Annu Rev Psychol.* 2000;51(1):201.
153. MacDonald LA, Härenstam A, Warren ND, Punnett L. Incorporating work organisation into occupational health research: an invitation for dialogue. *Occup Environ Med.* 2008;65(1):1-3.
154. Malchaire J, Cock N, Vergracht S. Review of the factors associated with musculoskeletal problems in epidemiological studies. *Int Arch Occup Environ Health.* 2001;74(2):79-90.
155. Malhotra N, Décaudin J-M, Bouguerra A, Bories D. *Études marketing.* Paris: Pearson Education; 2014.
156. Mansiaux Y. Analyse d'un grand jeu de données en épidémiologie: problématiques et perspectives méthodologiques [Internet]. Paris 6; 2014 [cité 7 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.theses.fr/2014PA066272>
157. Marklund S, Bolin M, von Essen J. Can individual health differences be explained by workplace characteristics? A multilevel analysis. *Soc Sci Med.* 2008;66(3):650-62.
158. Mayer J, Kraus T, Ochsmann E. Longitudinal evidence for the association between work-related physical exposures and neck and/or shoulder complaints: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health.* 2012;85(6):587-603.
159. Memmi S, Sandret N, Niezborala M, Lesuffleur T, Niedhammer I. L'organisation du travail à l'épreuve des risques psychosociaux. *Références en santé au travail.* 2016;(145):53-64.
160. Messing K, Stock SR, Tissot F. Should studies of risk factors for musculoskeletal disorders be stratified by gender? Lessons from the 1998 Québec Health and Social Survey. *Scand J Work Environ Health.* 2009;35(2):96-112.
161. Ministère des affaires sociales et de la santé. Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes. 2015 p. 888p. Report No.: N° 2015/ 9bis.
162. Ministère du travail. Les chiffres-Clés et Statistiques [Internet]. 2015 [cité 20 mai 2017]. Disponible sur: <http://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques/troubles-musculo-squelettiques-tms/de-quoi-parle-t-on/article/les-chiffres-cles-et-statistiques>
163. Ministère du travail. Troubles musculo-squelettiques (TMS) [Internet]. [cité 20 mai 2017]. Disponible sur: <http://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques/troubles-musculo-squelettiques-tms/>

164. Miranda H, Gold JE, Gore R, Punnett L. Recall of prior musculoskeletal pain. *Scand J Work Environ Health*. 2006;32(4):294-9.
165. Miranda H, Punnett L, Viikari-Juntura E, Heliövaara M, Knekt P. Physical work and chronic shoulder disorder. Results of a prospective population-based study. *Ann Rheum Dis*. 2008;67(2):218-23.
166. Miranda H, Viikari-Juntura E, Heistaro S, Heliövaara M, Riihimäki H. A population study on differences in the determinants of a specific shoulder disorder versus nonspecific shoulder pain without clinical findings. *Am J Epidemiol*. 2005;161(9):847-55.
167. Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, Takala EP, Riihimäki H. A prospective study of work related factors and physical exercise as predictors of shoulder pain. *Occup Environ Med*. 2001;58(8):528-34.
168. Moati P, Pouquet L. Les nouvelles pratiques organisationnelles révèlent-elles l'émergence d'un nouveau modèle productif? *Economie appliquée*. 2002;55(3):63-90.
169. van der Molen HF, Foresti C, Daams JG, Frings-Dresen MHW, Kuijer PPFM. Work-related risk factors for specific shoulder disorders: a systematic review and meta-analysis. *Occup Environ Med*. 29 juill 2017;
170. Molinié A-F, Gaudart C, Pueyo V, Dion FL. La vie professionnelle : âge, expérience et santé à l'épreuve des conditions de travail. Première édition. Toulouse: Octares Editions; 2012.
171. Muthén L, Muthén B. *Mplus User's guide* (7th ed.). Los Angeles: Muthén & Muthén; 2012.
172. National research council. *Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities*. Washington DC: National Academy Press; 2001.
173. Neer CS. Impingement lesions. *Clin Orthop*. 1983;(173):70-7.
174. Niedhammer I, Chastang JF, Gendrey L, David S, Degioanni S. [Psychometric properties of the French version of Karasek's « Job Content Questionnaire » and its scales measuring psychological pressures, decisional latitude and social support: the results of the SUMER]. *Santé Publique Vandoeuvre-Lès-Nancy Fr*. 2006;18(3):413-27.
175. Niedhammer I, Landre MF, Leclerc A, Bourgeois F, Franchi P, Chastang JF, et al. Shoulder disorders related to work organization and other occupational factors among supermarket cashiers. *Int J Occup Environ Health*. 1998;4(3):168-78.
176. Nizard J, Noël E. *L'épaule douloureuse non traumatique*. Elsevier Masson; 2000.
177. NORA Organization of Work Team Members. *The Changing Organization of Work and the Safety and Health of Working People* [Internet]. Cincinnati: NIOSH; 2002. (NIOSH Publication). Report No.: 116. Disponible sur: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-116/>
178. Nordander C, Hansson G-Å, Ohlsson K, Arvidsson I, Balogh I, Strömberg U, et al. Exposure-response relationships for work-related neck and shoulder musculoskeletal disorders--Analyses of pooled uniform data sets. *Appl Ergon*. 2016;55:70-84.
179. Ohlsson K, Attewell RG, Johnsson B, Ahlm A, Skerfving S. An assessment of neck and upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. *Ergonomics*. 1994;37(5):891-7.
180. Palmer KT, Harris EC, Linaker C, Cooper C, Coggon D. Optimising case definitions of upper limb disorder for aetiological research and prevention: a review. *Occup Environ Med*. 2012;69(1):71-8.
181. Park B-C, Cheong H-K, Kim E-A, Kim SG. Risk Factors of Work-related Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Male Shipyard Workers: Structural Equation Model Analysis. *Saf Health Work*. 2010;1(2):124-33.

182. Punnett L, Cherniack M, Henning R, Morse T, Faghri P, CPH-NEW Research Team. A conceptual framework for integrating workplace health promotion and occupational ergonomics programs. *Public Health Rep Wash DC* 1974. 2009;124 Suppl 1:16-25.
183. van Rijn RM, Huisstede BM, Koes BW, Burdorf A. Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder--a systematic review of the literature. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(3):189-201.
184. Rivière S, Penven E, Cadéac-Birman H, Roquelaure Y, Valenty M. Underreporting of musculoskeletal disorders in 10 regions in France in 2009. *Am J Ind Med*. 2014;57(10):1174-80.
185. Roquelaure Y. Biomécanique professionnelle et ceinture scapulaire. In: Hérisson C, éditeur. *Ceinture scapulaire et pathologies professionnelles*. Paris: Masson; 2003.
186. Roquelaure Y. Musculoskeletal disorders: a major challenge for occupational risk prevention in Europe. ETUI, Brussels [Internet]. 2015; Disponible sur: <https://www.etui.org/Publications2/Policy-Briefs/European-Economic-Employment-and-Social-Policy/Musculoskeletal-disorders-a-major-challenge-for-occupational-risk-prevention-in-Europe>
187. Roquelaure Y. Promoting a Shared Representation of Workers' Activities to Improve Integrated Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Saf Health Work*. 2016;7(2):171-4.
188. Roquelaure Y. L'organisation du travail et le management en question. *HST*. 2017a;(246):22-8.
189. Roquelaure Y. Troubles Musculo-Squelettiques, Risques Psychosociaux et Organisation du travail en milieu industriel. En préparation.; 2017b.
190. Roquelaure Y, Bodin J, Ha C, Petit Le Manac'h A, Descatha A, Chastang J, et al. Personal, biomechanical, and psychosocial risk factors for rotator cuff syndrome in a working population. *Scand J Work Environ Health*. 2011;37(6):502-11.
191. Roquelaure Y, Gabignon Y, Gillant JC, Delalieux P, Ferrari C, Méa M, et al. Transient hand paresthesias in Champagne vineyard workers. *Am J Ind Med*. 2001a;40(6):639-45.
192. Roquelaure Y, Ha C, Leclerc A, Touranchet A, Sauteron M, Melchior M, et al. Epidemiologic surveillance of upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis Rheum*. 2006;55(5):765-78.
193. Roquelaure Y, Ha C, Sauteron M. Réseau expérimental de surveillance épidémiologique des troubles musculo-squelettiques dans les Pays de la Loire. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2005.
194. Roquelaure Y, Ha C, Touranchet A. Réseau expérimental de surveillance épidémiologique des troubles musculo-squelettiques (TMS) d'origine professionnelle. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2001b p. 83.
195. Roquelaure Y, Mariel J, Fanello S, Boissière J-C, Chiron H, Dano C, et al. Active epidemiological surveillance of musculoskeletal disorders in a shoe factory. *Occup Environ Med*. 2002;59(7):452-8.
196. Roquelaure Y, Mechali S, Dano C, Fanello S, Benetti F, Bureau D, et al. Occupational and personal risk factors for carpal tunnel syndrome in industrial workers. *Scand J Work Environ Health*. 1997;23(5):364-9.
197. Rosseel Y. lavaan :an R package for structural equation modeling. *J Stat Softw*. 2012;48(2):1-36.
198. Sadeghian F, Raei M, Ntani G, Coggon D. Predictors of incident and persistent neck/shoulder pain in Iranian workers: a cohort study. *PLoS One*. 2013;8(2):e57544.

199. Santin G, Geoffroy B, Bénézet L, Delézire P, Chatelot J, Sitta R, et al. In an occupational health surveillance study, auxiliary data from administrative health and occupational databases effectively corrected for nonresponse. *J Clin Epidemiol.* 2014;67(6):722-30.
200. Sauter S, Swanson N. An ecological model of musculoskeletal disorders in office work. In: Moon S, Sauter S, éditeurs. *Beyond Biomechanics: Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office Work.* London ; Bristol, PA: Taylor & Francis; 1996. p. 3-21.
201. Seitz AL, McClure PW, Finucane S, Boardman ND, Michener LA. Mechanisms of rotator cuff tendinopathy: intrinsic, extrinsic, or both? *Clin Biomech Bristol Avon.* 2011;26(1):1-12.
202. Sérazin C. Réseau de surveillance en entreprise dans les Pays de la Loire - Etude de représentativité. Document de travail; 2011.
203. Sérazin C, Ha C, Bidron P, Gillard A-C, Tilliette C, Tassy V, et al. [Difficulties of a longitudinal epidemiological follow-up study in French occupational medicine]. *Santé Publique Vandoeuvre-Lès-Nancy Fr.* 2014;26(1):33-43.
204. Siegrist J, Starke D, Chandola T, Godin I, Marmot M, Niedhammer I, et al. The measurement of effort-reward imbalance at work: European comparisons. *Soc Sci Med.* 2004;58(8):1483-99.
205. Silva L, Andréu JL, Muñoz P, Pastrana M, Millán I, Sanz J, et al. Accuracy of physical examination in subacromial impingement syndrome. *Rheumatol Oxf Engl.* 2008;47(5):679-83.
206. Silverstein BA, Viikari-Juntura E, Fan ZJ, Bonauto DK, Bao S, Smith C. Natural course of nontraumatic rotator cuff tendinitis and shoulder symptoms in a working population. *Scand J Work Environ Health.* 2006;32(2):99-108.
207. Simoneau S, St-Vincent M, Chicoine D, Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail-secteur fabrication de produits en métal et produits électriques, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec. Les LATR mieux les comprendre pour mieux les prévenir [Internet]. Saint-Léonard: Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail-secteur fabrication de produits en métal et produits électriques; 2001 [cité 14 mars 2017]. Disponible sur: <http://accesbib.uqam.ca/cgi-bin/bduqam/transit.pl?&noMan=25065105>
208. Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MH. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health.* 2001;27 Suppl 1:1-102.
209. Smedley J, Inskip H, Trevelyan F, Buckle P, Cooper C, Coggon D. Risk factors for incident neck and shoulder pain in hospital nurses. *Occup Environ Med.* 2003;60(11):864-9.
210. Smith M, Carayon P. Work organization, stress, and cumulative trauma disorders. In: Moon S, Sauter S, éditeurs. *Beyond Biomechanics: Psychosocial Aspects of Musculoskeletal Disorders in Office Work.* London ; Bristol, PA: Taylor & Francis; 1996. p. 23-42.
211. Speed C. Shoulder pain. *Clin Evid [Internet].* 2006 [cité 8 janv 2014];2006. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2907630/>
212. Stock S, Nicolakakis N, Messing K, Turcot A, Raiq H. What is the relationship between work-related musculoskeletal disorders and psychosocial workplace factors? An overview of different ways of conceptualizing these factors and a proposal for a new model. *Perspect Interdiscip Sur Trav Santé [Internet].* 2013 [cité 16 nov 2015];(15-2). Disponible sur: <https://pistes.revues.org/3407>
213. Stock SR, Fernandes R, Delisle A, Vézina N. Reproducibility and validity of workers' self-reports of physical work demands. *Scand J Work Environ Health.* 2005;31(6):409-37.
214. St-Vincent M, Vézina N, Bellemare M, Denis D, Ledoux E, Imbeau D. *L'intervention en ergonomie.* Québec: Éditions MultiMondes; 2011.

215. Svendsen SW, Bonde JP, Mathiassen SE, Stengaard-Pedersen K, Frich LH. Work related shoulder disorders: quantitative exposure-response relations with reference to arm posture. *Occup Environ Med.* 2004;61(10):844-53.
216. Thébaud-Mony A, Davezies P, Vogel L, Volkoff S. Les risques du travail: pour ne pas perdre sa vie à la gagner. Paris: la Découverte; 2015.
217. Thiese MS, Hegmann KT, Kapellusch J, Merryweather A, Bao S, Silverstein B, et al. Associations between Distal Upper Extremity Job Physical Factors and Psychosocial Measures in a Pooled Study. *BioMed Res Int.* 2015;2015:643192.
218. Thomas T, Descatha A, Roquelaure Y. Le nouveau T57A : les points clés de la mise à jour du tableau des troubles musculosquelettiques de l'épaule d'origine professionnelle. *La Lettre du Rhumatologue.* 2013;(389):4-6.
219. Tola S, Riihimäki H, Videman T, Viikari-Juntura E, Hänninen K. Neck and shoulder symptoms among men in machine operating, dynamic physical work and sedentary work. *Scand J Work Environ Health.* 1988;14(5):299-305.
220. Truchon M, Fillion L, Gélinas C. Validation of a French Canadian version of the Organizational Policies and Practices (OPP) questionnaire. *Work Read Mass.* 2003;20(2):111-9.
221. Valeyre A. Conditions de travail et santé au travail des salariés de l'Union européenne : des situations contrastées selon les formes d'organisation. Noisy-le-Grand: Centre d'études de l'emploi; 2006. (Documents de travail du CEE). Report No.: 73.
222. Valeyre A, Lorenz E, Cartron D, Csizmadia P, Gollac M, Illéssy M, et al. Working conditions in the European Union: Work organisation. Luxembourg: Office for official publications of the European communities, «European foundation for the improvement of living and working conditions»; 2009.
223. Van Eerd D, Beaton D, Cole D, Lucas J, Hogg-Johnson S, Bombardier C. Classification systems for upper-limb musculoskeletal disorders in workers: a review of the literature. *J Clin Epidemiol.* 2003;56(10):925-36.
224. Van Eerd D, Munhall C, Irvin E, Rempel D, Brewer S, van der Beek AJ, et al. Effectiveness of workplace interventions in the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders and symptoms: an update of the evidence. *Occup Environ Med.* 2016;73(1):62-70.
225. VanderWeele T, Vansteelandt S. Mediation Analysis with Multiple Mediators. *Epidemiol Methods.* 2014;2(1):95-115.
226. Viikari-Juntura E, Shiri R, Solovieva S, Karppinen J, Leino-Arjas P, Varonen H, et al. Risk factors of atherosclerosis and shoulder pain - Is there an association? A systematic review. *Eur J Pain.* 2008;12(4):412-26.
227. Volkoff S, Gollac M. ~Citius, altius, fortius~ [L'intensification du travail]. *Actes Rech En Sci Soc.* 1996;114(1):54-67.
228. Walker-Bone K, Palmer KT, Reading I, Coggon D, Cooper C. Prevalence and impact of musculoskeletal disorders of the upper limb in the general population. *Arthritis Rheum.* 2004;51(4):642-51.
229. Wang P, Rempel DM, Harrison RJ, Chan J. Work-organisational and personal factors associated with upper body musculoskeletal disorders among sewing machine operators. *Occup Environ Med.* 2007;64(12):806-13.
230. Warren N, Dillon C, Morse T, Hall C, Warren A. Biomechanical, psychosocial, and organizational risk factors for WRMSD: population-based estimates from the Connecticut upper-extremity surveillance project (CUSP). *J Occup Health Psychol.* 2000;5(1):164-81.

231. Westgaard RH, Winkel J. Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – A systematic review. *Appl Ergon.* 2011;42(2):261-96.
232. Whittle S, Buchbinder R. In the clinic. Rotator cuff disease. *Ann Intern Med.* 2015;162(1):ITC1-15.
233. Widanarko B, Legg S, Devereux J, Stevenson M. The combined effect of physical, psychosocial/organisational and/or environmental risk factors on the presence of work-related musculoskeletal symptoms and its consequences. *Appl Ergon.* 2014;45(6):1610-21.
234. van der Windt DA, Thomas E, Pope DP, de Winter AF, Macfarlane GJ, Bouter LM, et al. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med.* 2000;57(7):433-42.
235. Yang L, Grooten WJA, Forsman M. An iPhone application for upper arm posture and movement measurements. *Appl Ergon.* 2017;pii: S0003-6870(17)30046-7.
236. Zare M, Biau S, Brunet R, Roquelaure Y. Comparison of three methods for evaluation of work postures in a truck assembly plant. *Ergonomics.* 2017;1-13.
237. Zins M, Bonenfant S, Carton M, Coeuret-Pellicer M, Guéguen A, Gourmelen J, et al. The CONSTANCES cohort: an open epidemiological laboratory. *BMC Public Health.* 2010;10:479.

Table des illustrations

Figure 1 : Anatomie de la coiffe des rotateurs (Source : https://simple.wikipedia.org/wiki/Shoulder)	7
Figure 2 : Physiopathologie des tendinopathies mécaniques (Source : Roquelaure, d'après (Bard 2003)).....	10
Figure 3 : Evolution du nombre de maladies professionnelles (MP) reconnues entre 2000 et 2015 (nombre de syndromes) – Régime général de sécurité sociale (RGSS)	12
Figure 4 : Exemple de mannequin utilisé dans les études épidémiologiques pour recueillir les problèmes de type courbatures, douleurs, gêne, engourdissement (Source : Cosali, Cohorte des salariés ligériens)	14
Figure 5 : Organisation du travail selon le NIOSH (NORA Organization of Work Team Members 2002; Stock et al. 2013)	22
Figure 6 : Reproduction du modèle de Hagberg et al. 1995	52
Figure 7 : Reproduction du modèle de Sauter et Swanson 1996	53
Figure 8 : Reproduction du modèle de Carayon et al. 1999	53
Figure 9 : Reproduction du modèle du National Research Council 2001	54
Figure 10 : Reproduction du modèle de Bellemare et al. 2002	55
Figure 11 : Reproduction du modèle de Karsh, 2006	56
Figure 12 : Reproduction du modèle de MacDonald et al. 2008	57
Figure 13 : Reproduction du modèle de Punnett et al. 2009	57
Figure 14 : Reproduction du modèle organisationnel des situations génératrices de TMS (Aptel et al. 2000), d'après Franchi, 1997.....	58
Figure 15 : Reproduction du modèle de Stock et al. 2013	59
Figure 16 : Reproduction du modèle de Roquelaure 2016	60
Figure 17 : Modèle conceptuel de survenue de douleurs de l'épaule	64
Figure 18 : Schéma d'organisation de la cohorte Cosali	73
Figure 19 : Exemple de dendrogramme issu d'une classification ascendante hiérarchique de 16 variables qualitatives	81
Figure 20 : Exemple de l'évolution du critère de classification de 16 variables qualitatives	81
Figure 21 : Exemple de stabilité des partitions pour une classification de 16 variables qualitatives	82
Figure 22 : Décomposition de l'inertie selon le théorème de Huygens (en noir : inertie totale, en rouge : inertie intra-classes, en vert : inertie : inter-classes) (Source : Lebart et al. 2000)	83
Figure 23 : Exemple d'histogramme des indices de niveau	83
Figure 24 : Exemple de diagramme de chemin (Source : Lei et Wu 2007)	84
Figure 25 : Description des cinq classes mises en évidence dans l'étude Cosali en fonction des variables organisationnelles et psychosociales	89
Figure 26 : Illustration de la différence entre les résultats du modèle de l'article 2 et ceux du modèle de l'article 3 appliqué à la population d'étude de l'article 2, chez les hommes	172

Table des tableaux

Tableau 1 : TMS en fonction de la localisation des symptômes des membres supérieurs retenus par le consensus européen Saltsa pour la surveillance des TMS liés au travail	6
Tableau 2 : Tableau 57 – Paragraphe A du Régime général de la sécurité sociale : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail - Epaule	11
Tableau 3 : Prévalence des TMS de l'épaule diagnostiqués dans la population générale de Southampton (Royaume-Uni) âgée de 25 à 64 ans	13
Tableau 4 : Prévalence des TMS de l'épaule diagnostiqués en population active	13
Tableau 5 : Taux de prévalence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule en population active	16
Tableau 6 : Taux d'incidence des symptômes musculo-squelettiques de l'épaule en population active	18
Tableau 7 : Définitions des facteurs organisationnels et des facteurs psychosociaux	20
Tableau 8 : Evolution des contraintes organisationnelles dans les enquêtes <i>Sumer</i> et <i>Conditions de travail</i> (%)	27
Tableau 9 : Evolution des contraintes physiques dans les enquêtes <i>Sumer</i> et <i>Conditions de travail</i> (%).....	30
Tableau 10 : Facteurs intrinsèques et extrinsèques prédisposant aux lésions tendineuses d'hyperutilisation	30
Tableau 11 : Revues de la littérature et méta-analyses ayant étudié les facteurs personnels et professionnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule et définitions des niveaux de preuve utilisés.....	33
Tableau 12 : Synthèse des caractéristiques personnelles et des comportements de santé associées aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensées dans des revues de la littérature	36
Tableau 13 : Synthèse des facteurs médicaux associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS recensés dans des revues de la littérature	38
Tableau 14 : Synthèse des facteurs relatifs aux traits de personnalité associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature	38
Tableau 15 : Synthèse des facteurs organisationnels associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature.....	40
Tableau 16 : Synthèse des facteurs psychosociaux associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature et méta-analyses	46
Tableau 17 : Synthèse des contraintes physiques associés aux symptômes musculo-squelettiques et aux TMS de l'épaule recensés dans des revues de la littérature	49
Tableau 18 : Répartition des secteurs d'activité selon la nomenclature économique de synthèse (NES) des salariés dans les Pays de la Loire et en France métropolitaine au 31 décembre 2004	62
Tableau 19 : Répartition des catégories socioprofessionnelles des actifs (salariés et non-salariés) dans les Pays de la Loire et en France métropolitaine en 1999	63
Tableau 20 : Preuves biomédicales et épidémiologiques des cinq hypothèses du modèle conceptuel testé	65
Tableau 21 : Répartition des médecins du travail et des salariés inclus dans Cosali (2002-2005)	69
Tableau 22 : Répartition des salariés inclus dans Cosali (2002-2005) et des actifs occupés de la région des Pays de la Loire en 1999, par professions et catégories socioprofessionnelles (PCS)	72

Tableau 23 : Répartition des salariés inclus dans Cosali (2002-2005) et des salariés occupés de la région des Pays de la Loire en 1999, par secteur d'activité	73
Tableau 24 : Taux de réponse à l'auto-questionnaire de suivi en 2007-2009 chez les 2 161 hommes et les 1 549 femmes inclus en 2002-2005 dans l'étude Cosali (caractéristiques à l'inclusion)	75
Tableau 25 : Enquêtes et facteurs professionnels étudiés dans les trois parties de cette thèse.....	77
Tableau 26 : Résumé des associations observées dans les modèles à équations structurelles	165

Listes des sigles et abréviations

Anact	Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail
CAH	Classification ascendante hiérarchique
CCAM	Classification commune des actes médicaux
CCMSA	Caisse centrale de la mutualité sociale agricole
CES	Centre d'examens de santé
CFI	<i>Comparative fit index</i>
CnamTS	Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés
Cnil	Commission nationale de l'informatique et des libertés
Constances	Cohorte des consultants des CES
Cosali	Cohorte de salariés ligériens
Coset-MSA	Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail - Mutualité sociale agricole
Coset-RSI	Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail - Régime social des indépendants
Cupid	<i>Cultural and Psychosocial Influences on Disability</i>
Dares	Direction de l'animation de la recherche et des études statistiques
DST	Direction santé travail (de Santé publique France)
Estev	Enquête santé travail et vieillissement
Evrest	Evolutions et relations en santé au travail
NFI	<i>Normed fit index</i>
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
JCQ	Job Content Questionnaire
MEE	Matrice emploi-expositions
MP	Maladie professionnelle
NAF	Nomenclature d'activités française
NES	Nomenclature économique de synthèse
NFI	<i>Normed fit index</i>
NNFI	<i>Non-normed fit index</i>
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
OIT	Organisation internationale du travail
OREGE	Outil de Repérage et d'Evaluation des Gestes
PCS	Professions et catégories socioprofessionnelles
RA	Régime agricole
RGSS	Régime général de sécurité sociale
RMSEA	<i>Root mean square error of approximation</i>
RNI	<i>Relative noncentrality index</i>

RPE	<i>Rating of perceived exertion.</i>
SCC	Syndrome du canal carpien
SEM	<i>Structural equation modeling</i> : modèle à équations structurelles
SCR	Syndrome de la coiffe des rotateurs
SMS	Symptômes musculo-squelettiques
Sniiram	Système national d'information inter-régimes de l'assurance maladie
Sumer	Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels
TLI	<i>Tucker Lewis Index</i>
TMS	Trouble musculo-squelettique
Prim	Project on research and intervention in monotonous work

Glossaire

5S	Initiales de cinq termes japonais qui désignent les étapes d'une méthode d'organisation, de rangement et de nettoyage des postes de travail et de leur environnement : <i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i> (Lux et al. 2013).
Abduction	Mouvement qui écarte un membre du plan médian. Norme EN 1005-1. (Association française de normalisation 2012)
Actes répétitifs	Caractéristique d'une tâche lorsqu'une personne répète continuellement le même cycle de travail, les mêmes techniques et les mêmes mouvements. Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
Adduction	Mouvement qui rapproche un membre du plan médian. Norme EN 1005-1. (Association française de normalisation 2012)
Biomécanique	Ensemble des réactions du corps mises en jeu pour réaliser une action mécanique externe (Deriennic et al. 2000).
Cycle de travail	Séquence d'actions techniques qui sont toujours répétées de la même façon. Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
Force	Effort physique fourni par l'opérateur, nécessaire à l'exécution des actions techniques. Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
Kanban	« Etiquette » en japonais. Un système Kanban est un système de management de la production par reconstitution d'un stock dans lequel le client est venu prélever son besoin. Par un système de cartes de prélèvement ou de fabrication, on s'assure de ne produire que ce dont le client a besoin, dans une logique de flux tiré (Lux et al. 2013).
Kaizen	Philosophie d'amélioration continue destinée à supprimer les « gaspillages » et simplifier les processus. Elle s'appuie sur la participation des opérateurs à des analyses sur le terrain (Lux et al. 2013).
Marge de manœuvre	Les possibilités de varier ses façons de faire pour s'adapter à la situation de travail. Autrement dit, l'espace de régulation de la personne en activité de travail. Cet espace varie selon les caractéristiques de la personne et selon les exigences des tâches et les moyens offerts par le milieu de travail. (St-Vincent et al. 2011)
Période de récupération	Période de repos suivant une période d'action et permettant une récupération du (des) muscle(s). Norme EN 1005-1. (Association française de normalisation 2012)
Posture	Position du corps, de segments ou articulations du corps. Norme EN 1005-1. (Association française de normalisation 2012)
Posture statique	Posture maintenue pendant une période excédant 4 secondes. Ceci s'applique aux variations légères ou nulles autour d'un niveau fixe de force développée par les muscles

ou d'autres éléments corporels. Norme EN 1005-1. (Association française de normalisation 2012)

Postures et mouvements	Positions et mouvements d'un ou de plusieurs segments corporels ou articulations nécessaires à l'exécution des actions techniques. Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> : démarche pour le changement rapide de série ou d'outillage, en moins de dix minutes (Lux et al. 2013).
Tâche répétitive	Tâche caractérisée par des cycles de travail répétés. Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
Temps de cycle	Temps écoulé entre le moment où un opérateur commence un cycle de travail et le moment où il commence le même cycle de travail (en secondes). Norme EN 1005-5. (Association française de normalisation 2012)
Traits de personnalité	Ensemble des traits physiques et moraux par lesquels une personne est différente des autres ; aspect par lequel quelqu'un affirme une originalité plus ou moins accusée (définition du Larousse)
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> : cartographie des flux de valeur de l'entreprise : matérialisation de matière et d'information pour identifier les gaspillages (Lux et al. 2013).

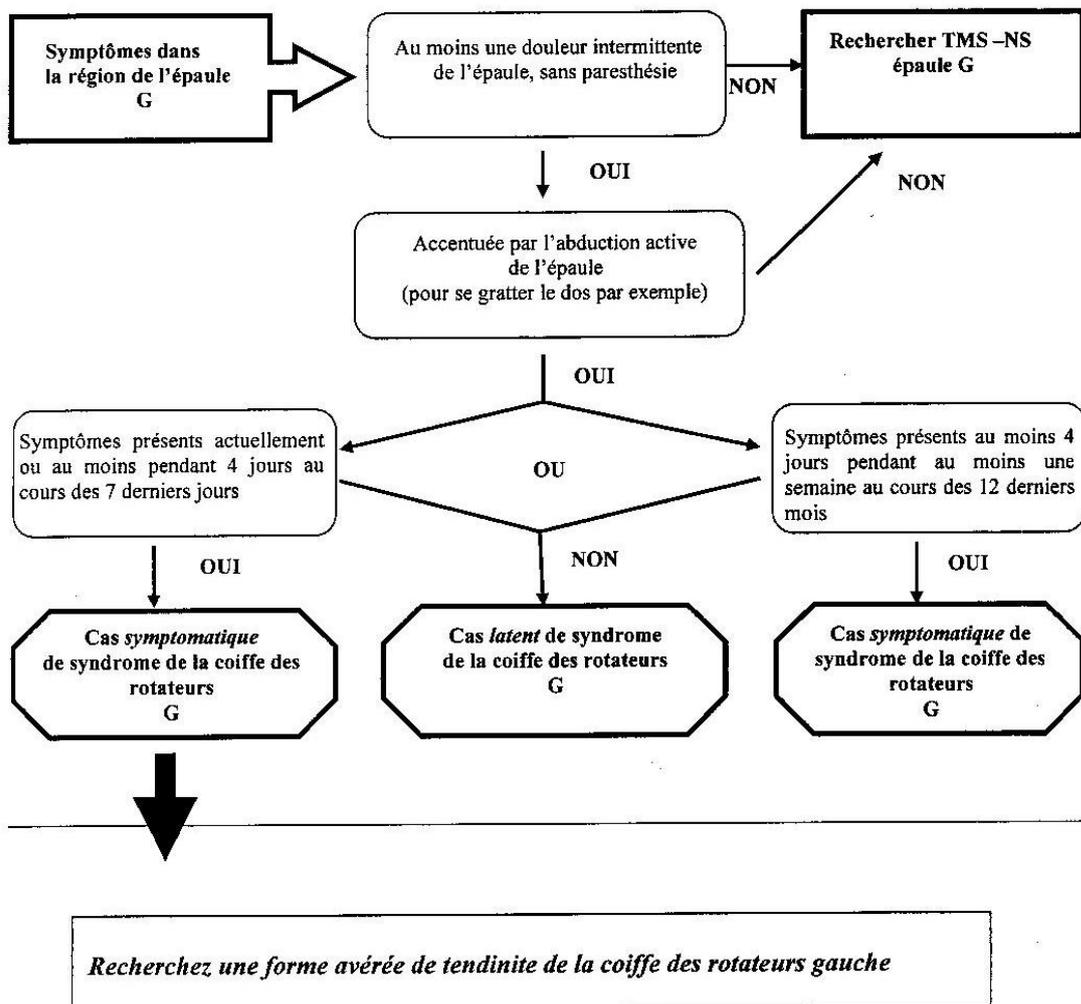
Annexes

Annexe 1 : Protocole d'examen clinique pour le diagnostic d'un syndrome de la coiffe des rotateurs (consensus européen Saltsa)

SYNDROME DE LA COIFFE DES ROTATEURS GAUCHE

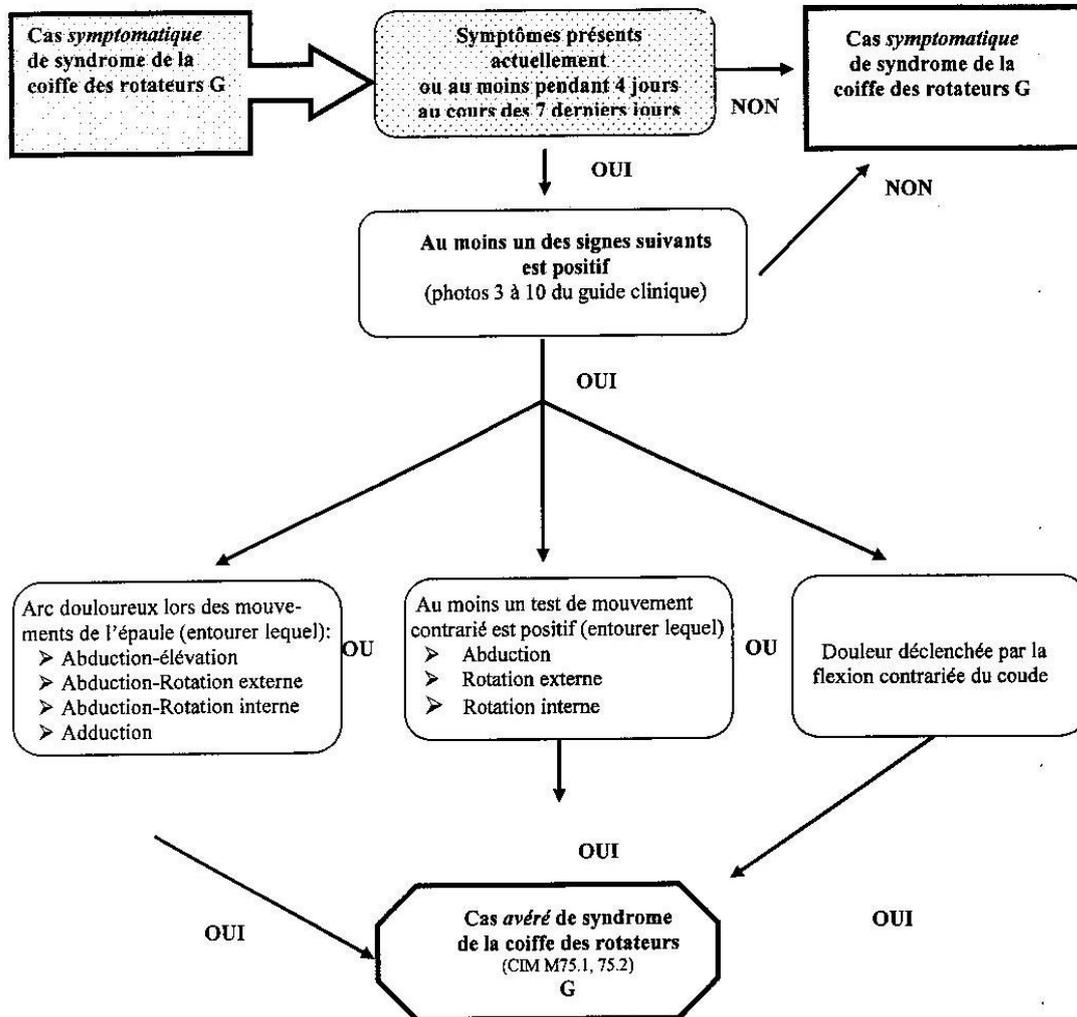
RECHERCHE (entourer) : OUI / NON

I. RECHERCHE D'UNE FORME LATENTE OU SYMPTOMATIQUE



SYNDROME DE LA COIFFE DES ROTATEURS GAUCHE (suite)

II. RECHERCHE D'UNE FORME AVEREE



REMARQUES :

.....

TCRG |

Nom du test	Test de l'arc douloureux lors de l'abduction/élévation de l'épaule D&G
Photo	3
Type de test	Mouvement actif de circumduction de l'épaule pour le syndrome de la coiffe des rotateurs dans le plan de l'omoplate
Position de départ du sujet	Debout avec les bras pendants, les pouces dirigés vers l'avant
Position de départ de l'examineur	Debout, face au sujet, il positionne les membres supérieurs du sujet à 30° vers l'avant
Consigne donnée au sujet	« Levez les bras jusqu'à hauteur des épaules, tournez les paumes vers le haut et levez les bras jusqu'à ce que vos mains se touchent au-dessus de la tête »
Positifs	Douleur au cours du mouvement (entre 60 et 120° d'abduction)



Nom du test	Test d'élévation active de l'épaule 1. abduction / rotation externe Comparaison D / G
Photo	4
Type de test	Mouvement actif de l'épaule, pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Debout
Position de départ de l'examineur	Debout, derrière le sujet
Consigne donnée au sujet	« Placez votre main D derrière la tête et essayez de toucher le haut de l'omoplate G du bout des doigts »
Positifs	Douleur locale de l'épaule D au cours ou à la fin du mouvement



Nom du test	Test d'élévation active de l'épaule 2. abduction / rotation interne Comparaison D / G
Photo	5
Type de test	Mouvement actif de l'épaule pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Debout
Position de départ de l'examineur	Debout, derrière le sujet
Consigne donnée au sujet	« Placez votre main D derrière le dos et essayez de toucher le bas de votre omoplate G du bout des doigts »
Positif si	Douleur locale de l'épaule D au cours ou à la fin du mouvement

5D



5G



Nom du test	Test d'élévation active de l'épaule 3. adduction Comparaison D / G
Photo	6
Type de test	Mouvement actif de l'épaule pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Debout
Position de départ de l'examineur	Debout, face au sujet
Consigne donnée au sujet	"Empaumez le sommet de votre épaule G avec la main D
Positif si	Douleur locale de l'épaule D au cours ou à la fin du mouvement

6D



6G



Nom du test	Abduction contrariée de l'articulation gléno -humérale
Photo	7
Type de test	Résistance isométrique pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Assis, avec le bras D en abduction de 10-20°
Position de départ de l'examineur	Debout à D du sujet. La main G stabilise le sommet de l'épaule D, la main D appuie pour s'opposer à l'abduction du bras D.
Consigne donnée au sujet	<< Maintenez le bras dans cette position et résistez contre ma force >>
Positif si	Douleur locale de l'épaule D et/ou déficit (muscle supra-épineux / <i>sus-épineux</i>)

7D



7G



Nom du test	Rotation externe contrariée de l'articulation gléno -humérale
Photo	8
Type de test	Résistance isométrique pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Assis, bras D contre le corps, coude D fléchi à 90°, poignet D en position neutre
Position de départ de l'examineur et réalisation du test	Debout à D du sujet. La main G contrôle la position du coude, la main D empaume la face dorsale de l'avant-bras D et appuie pour entraîner l'épaule en rotation interne
Consigne donnée au sujet	<< Maintenez le coude D contre votre corps et résistez contre ma force >>
Positif si	Douleur locale de l'épaule D et/ou déficit (muscle infra-épineux / <i>sous-épineux</i>)

8D



8G



Nom du test	Rotation interne contrariée de l'articulation gléno -humérale
Photo	9
Type de test	Résistance isométrique pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Assis, bras D contre le corps, coude D fléchi à 90°, poignet D en position neutre
Position de départ de l'examineur	Debout, face au sujet. La main G contrôle la position du coude du sujet, la main D empaume la face ventrale de l'avant -bras et appuie pour empêcher la rotation interne de l'épaule.
Consigne donnée au sujet	<< Maintenez le coude contre votre corps et résistez contre ma force>>
Positif si	Douleur locale de l'épaule D et/ou déficit (muscle sub -scapulaire / sous -scapulaire)



9D



9G

Nom du test	Flexion contrariée du coude
Photo	10
Type de test	Résistance isométrique pour le syndrome de la coiffe des rotateurs
Position de départ du sujet	Assis, bras D à 90° d'antéflexion, avant -bras D en supination (paume vers le haut), coude D légèrement fléchi
Position de départ de l'examineur et réalisation du test	Debout à G du sujet. La main D stabilise l'articulation gléno -humérale D, la main G empaume la face ventrale de l'avant -bras D et appuie pour étendre le coude.
Consigne donnée au sujet	<< Maintenez le bras D dans cette position et résistez contre ma force>>
Positif si	Douleur locale au -dessus de l'insertion du tendon du biceps brachial et/ou déficit



10D



10G

Annexe 2 : Questionnaire *Job Content Questionnaire* de Karasek

Le questionnaire *Job Content Questionnaire* de Karasek est un instrument utilisé pour évaluer les facteurs psychosociaux au travail (Karasek et al. 1998; Niedhammer et al. 2006; Guignon et al. 2008). Ce questionnaire évalue trois dimensions de l'environnement psychosocial au travail : la latitude décisionnelle, la demande psychologique et le soutien social.

Il existe plusieurs versions du questionnaire, celle utilisée dans cette thèse comporte 26 questions. Les réponses sont présentées à l'aide d'une échelle de type Likert en quatre points : « pas du tout d'accord » (coté 1), « pas d'accord » (coté 2), « d'accord » (coté 3) et « tout à fait d'accord » (coté 4).

L'axe « **latitude décisionnelle** » comporte deux sous-dimensions :

- Utilisation des compétences
 - Q1 - Dans mon travail, je dois apprendre des choses nouvelles
 - Q2 - Dans mon travail, j'effectue des tâches répétitives
 - Q3 - Mon travail me demande d'être créatif
 - Q5 - Mon travail demande un haut niveau de compétence
 - Q7 - Dans mon travail, j'ai des activités variées
 - Q9 - J'ai l'occasion de développer mes compétences professionnelles
- Autonomie décisionnelle
 - Q4 - Mon travail me permet souvent de prendre des décisions moi-même
 - Q6 - Dans ma tâche, j'ai très peu de liberté pour décider comment je fais mon travail
 - Q8 - J'ai la possibilité d'influencer le déroulement de mon travail

Le score de latitude décisionnelle varie de 24 à 96 et est donné par la formule suivante :

Score de latitude décisionnelle = $[2 * [Q1 + (5 - Q2) + Q3 + Q5 + Q7 + Q9]] + [4 * [Q4 + (5 - Q6) + Q8]]$

L'axe « **demande psychologique** » regroupe trois sous-axes :

- Quantité-rapidité
 - Q10 - Mon travail demande de travailler très vite
 - Q12 - On ne me demande pas d'effectuer une quantité de travail excessive (modalités inversées pour le calcul du score)
 - Q13 - Je dispose du temps nécessaire pour exécuter mon travail (modalités inversées pour le calcul du score)
- Complexité-intensité
 - Q14 - Mon travail demande de travailler intensément
 - Q11 - Je reçois des ordres contradictoires de la part d'autres personnes
 - Q15 - Mon travail nécessite de longues périodes de concentration intense

- Morcellement-prévisibilité
 - Q16 - Mes tâches sont souvent interrompues avant d'être achevées, nécessitant de les reprendre plus tard
 - Q17 - Mon travail est très « bousculé »
 - Q18 - Attendre le travail de collègues ou d'autres départements ralentit souvent mon propre travail

Le score de demande psychologique varie de 9 à 36 et est donné par la formule suivante :

$$\text{Score de demande psychologique} = Q10 + Q11 + (5-Q12) + (5-Q13) + Q14 + Q15 + Q16 + Q17 + Q18$$

L'axe « **soutien social** » comporte deux sous-dimensions :

- Soutien social des collègues
 - Q23 - Les collègues avec qui je travaille sont des gens professionnellement compétents
 - Q24 - Les collègues avec qui je travaille me manifestent de l'intérêt
 - Q25 - Les collègues avec qui je travaille sont amicaux
 - Q26 - Les collègues avec qui je travaille m'aident à mener les tâches à bien
- Soutien social de la hiérarchie
 - Q19 - Mon supérieur se sent concerné par le bien-être de ses subordonnés
 - Q20 - Mon supérieur prête attention à ce que je dis
 - Q21 - Mon supérieur m'aide à mener ma tâche à bien
 - Q22 - Mon supérieur réussit facilement à faire collaborer ses subordonnés

Le score de soutien social varie de 8 à 32 et est donné par la formule suivante :

$$\text{Score de soutien social} = Q19 + Q20 + Q21 + Q22 + Q23 + Q24 + Q25 + Q26$$

Les scores des trois dimensions peuvent ensuite être dichotomisés selon la valeur de la médiane de chaque score. Le *job strain* est défini comme la combinaison d'une faible latitude décisionnelle et d'une forte demande psychologique.

Axe « latitude décisionnelle »	Détendus	Actifs
	Passifs	Tendus - <i>Job strain</i>
	Axe « demande psychologique »	

L'*iso strain* est la combinaison d'une situation de *job strain* et d'un faible soutien social.

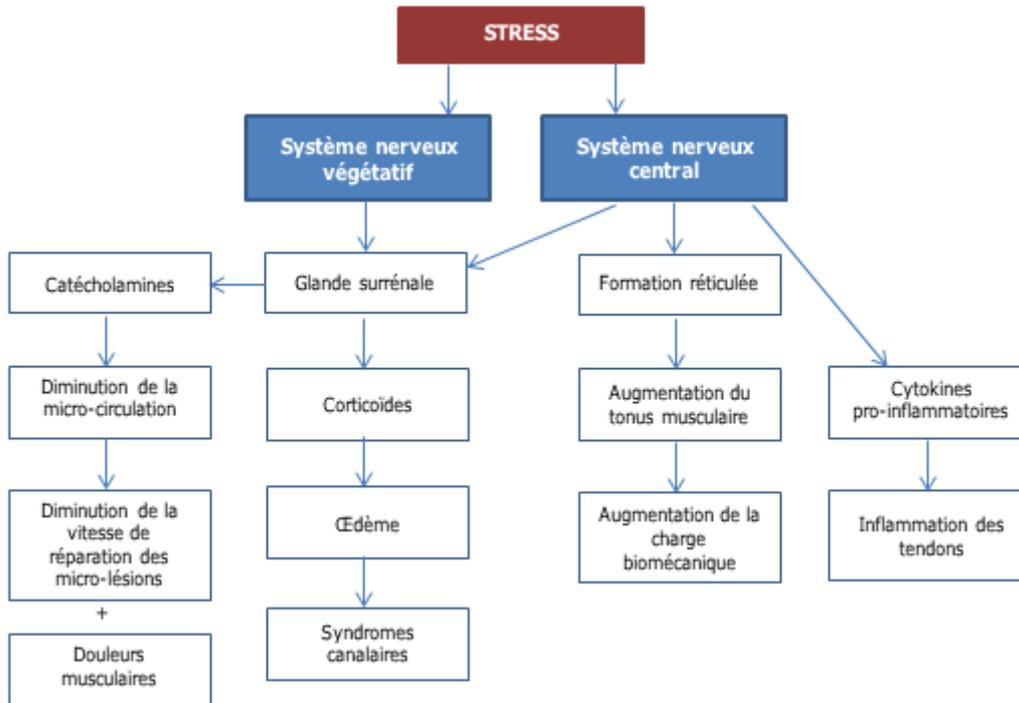
Annexe 3 : Synthèse des facteurs associés aux douleurs de l'épaule et au SCR dans l'enquête Cosali

	Données transversales (phase d'inclusion)		Données longitudinales (phase d'inclusion et de suivi)	
	SCR/Douleurs de l'épaule (Bodin et al. 2012a)	SCR (Roquelaure et al. 2011)	Douleurs de l'épaule (Bodin et al. 2012c)	SCR (Bodin et al. 2012b)
Facteurs organisationnels	<ul style="list-style-type: none"> • Rythme de travail imposé par la cadence automatique d'une machine (+) 		<ul style="list-style-type: none"> • Contrat précaire (++) 	<ul style="list-style-type: none"> • Travail avec des collègues en situation précaire (++)
Facteurs psychosociaux	<ul style="list-style-type: none"> • Forte demande psychologique (+) • Faible utilisation des compétences (+) • Faible soutien social hiérarchique (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte demande psychologique (+) • Faible utilisation des compétences (+) • Faible autonomie décisionnelle (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible latitude décisionnelle (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible soutien social des collègues (++)
Contraintes physiques	<ul style="list-style-type: none"> • Répétitivité des tâches (++) • Forte intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg) (++) • Abduction des bras (++) • Froid (++) 	<ul style="list-style-type: none"> • Répétitivité des tâches (+) • Forte intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg) (++) • Abduction des bras (+++) 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg) (++) • Abduction des bras (+) 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte intensité des efforts physiques (échelle RPE de Borg) (+) • Abduction des bras (++)

RPE : Rating of perceived exertion.

+++ : $OR \geq 3$; ++ : $2 \leq OR < 3$; + : $1 \leq OR < 2$

Annexe 4 : Relation entre stress et TMS selon Aptel et Cnockaert 2002



Annexe 5 : Auto-questionnaire d'inclusion de l'enquête Cosali

ETUDE SUR LES TROUBLES MUSCULO-SQUELETTIQUES EN PAYS DE LA LOIRE – ANNEE 2004

Conformément aux dispositions de la loi sur l'Informatique et les libertés, nous vous informons que votre participation à cette étude n'a aucun caractère obligatoire, c'est pourquoi nous vous demandons de bien vouloir nous donner par écrit votre *consentement pour participer à cette étude*

Je, soussigné(e) NOM _____ PRENOM _____,

déclare accepter de participer à l'étude sur les troubles musculo-squelettiques menée par le Département Santé –Travail -
Ergonomie de la Faculté de Médecine d'Angers sous la responsabilité du Docteur Yves ROQUELAURE et du Docteur
_____.

Fait à _____, le /__ / __ / 200__ /

Signature

Si vous souhaitez des informations complémentaires, vous pouvez en parler avec votre médecin du travail ou nous joindre à l'adresse ci-dessous. De plus, vous pouvez à tout moment demander l'accès aux informations vous concernant auprès du Docteur Yves ROQUELAURE, Centre de coordination régionale du réseau de surveillance des TMS, Département Santé – Travail - Ergonomie, CHU, 49033 ANGERS CEDEX, Téléphone : 02 41 35 34 85 – Télécopie : 02 41 35 34 48

Numéro d'anonymat | 3 | 4 | | | | | | | | | | (ne pas remplir)

8- Durant ***ces 12 derniers mois***, combien de temps, au total, avez-vous souffert ?
 Pour chacune des zones du corps, cochez la case qui correspond le mieux à votre réponse

	Moins de 24 heures	De 1 à 7 jours	De 8 à 30 jours	Plus de 30 jours	En permanence
1. Nuque / cou	<input type="checkbox"/>				
2. Epaule / bras	<input type="checkbox"/>				
3. Coude/ avant-bras	<input type="checkbox"/>				
4. Main / poignet	<input type="checkbox"/>				
5. Doigts	<input type="checkbox"/>				
6. Haut du dos	<input type="checkbox"/>				
7. Bas du dos	<input type="checkbox"/>				
8. Hanche / cuisse	<input type="checkbox"/>				
9. Genou / jambe	<input type="checkbox"/>				
10. Cheville / pied	<input type="checkbox"/>				

9 – Si vous avez souffert de douleurs du bas du dos (lombalgies) ***au moins un jour au cours des 12 derniers mois***, s’agissait-il de ?

- | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Sciaticque, avec des douleurs s’étendant plus bas que le genou | Oui..... <input type="checkbox"/> | Non..... <input type="checkbox"/> |
| Sciaticque, avec des douleurs ne dépassant pas le genou | Oui..... <input type="checkbox"/> | Non..... <input type="checkbox"/> |
| Lumbago (douleur lombaire aiguë localisée) | Oui..... <input type="checkbox"/> | Non..... <input type="checkbox"/> |
| Autre type de lombalgie | Oui..... <input type="checkbox"/> | Non..... <input type="checkbox"/> |

10 – Avez-vous eu, au cours des 7 derniers jours, des problèmes (courbatures, douleurs, gêne, engourdissement) au niveau des zones du corps suivantes ?

Pour chacune des zones du corps, cochez la case correspondante

1. Nuque / cou	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>				
2. Epaule / bras	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
3. Coude/ avant-bras	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
4. Main / poignet	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
5. Doigts	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
6. Haut du dos	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>				
7. Bas du dos	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>				
8. Hanche / cuisse	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
9. Genou / jambe	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>
10. Cheville / pied	Oui... <input type="checkbox"/>	Non... <input type="checkbox"/>	Si oui,	du côté droit... <input type="checkbox"/>	du côté gauche... <input type="checkbox"/>	des deux côtés... <input type="checkbox"/>

Si vous avez répondu *Non* à toutes ces questions, passez directement à la question 12.

11 - Comment évaluez-vous l'intensité de ce problème au moment où vous remplissez le questionnaire, sur l'échelle ci-dessous ?

Pour chacune des zones du corps, entourez la case correspondante

1. Nuque / cou	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
2. Epaule / bras	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
3. Coude/ avant-bras	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
4. Main / poignet	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
5. Doigts	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
6. Haut du dos	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
7. Bas du dos	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
8. Hanche / cuisse	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
9. Genou / jambe	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable
10. Cheville / pied	Ni gêne ni douleur	→	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	←	gêne ou douleur intolérable

CONCERNANT VOTRE TRAVAIL

12 – En quelle année avez-vous commencé votre vie professionnelle ?

□ □ □ □ □

.....

□ □ □

13 – Dans quel département travaillez-vous actuellement ? (notez le numéro du département 44, 49, 53, 72 ou 85).....

14 – Dans quel secteur d'activité travaillez-vous actuellement ?

Cochez une seule case

- 1. Agriculture 1
- 2. Secteur privé non agricole 2
- 3. Secteur public 3

15 – Etes-vous ?

Cochez une seule case

- 1. Manœuvre ou ouvrier(ère) spécialisé(e) (OS1, OS2, OS3, etc.) 1
- 2. Ouvrier(ère) qualifié(e) ou hautement qualifié(e) (P1, P2, P3, TA, OQ) 2
- 3. Agent de maîtrise dirigeant les ouvriers, maîtrise administrative ou commerciale 3
- 4. Agent de maîtrise dirigeant des techniciens ou d'autres agents de maîtrise 4
- 5. Technicien(en), dessinateur(rice), VRP (non cadre) 5
- 6. Instituteur(rice), assistant(e) social(e), infirmier(ère) et autre personnel de catégories B de la fonction publique 6
- 7. Ingénieur ou cadre 7
- 8. Professeur et personnel de catégories A de la fonction publique 8
- 9. Employé(e) de bureau ou employé(e) de commerce 9
- 10. Agent de service, aide soignant(e) ou gardien(ne) d'enfant..... 10
- 11. Autre cas (précisez en clair) : 11

16 – Quel est votre contrat de travail actuel ?

Cochez une seule case

- 1. Emploi sans limite de durée (CDI) 1
- 2. Sous contrat à durée déterminée (CDD) ou autre emploi à durée limitée (contrat saisonnier, etc.) 2
- 3. Intérimaire (placé par une agence d'intérim)..... 3
- 4. Fonctionnaire 4
- 5. Apprenti(e) ou contrat de formation à l'emploi en alternance..... 5
- 6. Stagiaire ou contrat de mesure pour l'emploi 6

17 - Quel emploi occupez-vous actuellement ? (Précisez en clair l'intitulé) : _____

ne pas remplir PCS | _____

18 - Quelle est votre ancienneté dans l'emploi actuel ?

Moins de 1 an ... 1 1 - 2 ans... 2 3 - 10 ans... 3 Plus de 10 ans... 4

19 - Pouvez-vous décrire les principales tâches ou activités que vous devez accomplir dans votre emploi actuel ? _____

20 - Quel nombre d'heures de travail avez-vous effectué lors de la dernière semaine travaillée ? |__|__| heures

21 - Votre durée de travail hebdomadaire est-elle variable ? Oui ... Non ...

22 - Vous arrive-t-il de travailler, certains jours ou certaines semaines, plus longtemps que l'horaire officiellement prévu ? Oui ... Non ...

23 - Quel type d'horaires de travail avez-vous ? (une seule réponse)

Horaire normal ou régulier..... 1
Horaires variables ou décalés..... 2

24 - Travaillez vous en équipe postée? (une seule réponse)

Non 1
Oui, en équipe fixe 2
Oui, en équipe alternante (en 2 x 8, en 3 x 8 ou plus) 3

25 - Quand vous embauchez le matin ou en début de poste, savez-vous quelles sont les tâches que vous aurez à effectuer au cours de votre journée de travail ?

Jamais ... 1 Rarement ... 2 Souvent ... 3 Toujours... 4

26- Travaillez-vous souvent avec des collègues qui se trouvent en situation précaire (CDD, intérimaires) ?

Jamais ... 1 Rarement ... 2 Souvent ... 3 Toujours... 4

7

27 - Occupez-vous différents postes ou fonctions (polyvalence) au cours de votre travail ?

- Presque jamais / jamais 1
1 à 3 jours par mois 2
1 jour par semaine 3
2 à 4 jours par semaine 4
Tous les jours 5

28 - Y a-t-il dans votre travail des changements de fabrication ou de produits ?

- Au cours de la journée Oui ... Non ... Sans objet ...
Au cours d'une heure de travail Oui ... Non ... Sans objet ...

29 - Certains éléments de votre salaire dépendent-ils de la quantité ou de la qualité de votre travail ? Oui ... Non ...

Les questions suivantes se rapportent à une journée typique de travail AU COURS DES 12 DERNIERS MOIS

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

Entourez **le chiffre** correspondant à votre choix sur l'échelle graduée 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

31 - Au cours d'une journée de travail typique, votre rythme de travail vous est-il imposé par ?

- | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 2. La cadence automatique d'une machine | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 3. D'autres contraintes techniques | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 4. La dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 5. Des normes de production, ou des délais, à respecter | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 6. Une demande extérieure (public, client) | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |
| 7. Les contrôles ou une surveillance permanents..... | Oui... <input type="checkbox"/> | Non... <input type="checkbox"/> |

32 - Votre travail nécessite-t-il habituellement de répéter les mêmes actions plus de 2 à 4 fois environ par minute ?

- Jamais ... 1 Moins de 2 heures par jour ... 2 De 2 à 4 heures par jour.... 3 Plus de 4 heures par jour 4

33 – Si votre rythme de travail est imposé par la cadence d'une machine ou le déplacement d'un produit ou d'une pièce, devez vous ?

1. suivre un temps de cycle de travail de 30 secondes ou moins ? oui... 1 non ... 2 sans objet... 2
2. répéter les mêmes gestes la moitié du cycle de travail ? oui... 1 non ... 2 sans objet... 2

34 - Comment évaluez-vous la répétitivité de vos gestes au cours de votre travail sur l'échelle ci-dessous ? (mettez une croix dans la case correspondant à votre choix)

Répétitivité nulle | | | | | | | | | | | Répétitivité maximale

35 - Pouvez-vous interrompre votre travail ou changer de tâche ou d'activité pendant 10 minutes ou plus chaque heure ?

- Jamais ... 1 Rarement ... 2 Souvent ... 3 Toujours... 4

36 - Au cours d'une journée typique de travail, pouvez-vous quitter votre travail des yeux pendant quelques secondes ?

- Jamais ... 1 Rarement ... 2 Souvent ... 3 Toujours... 4

37- Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous faire des gestes précis ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

38- Au cours d'une journée typique de travail, êtes-vous assis ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

39 - Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous vous agenouiller ou vous accroupir ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

40 - Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous vous pencher en avant régulièrement ou de manière prolongée ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

41 - Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous vous pencher sur le côté régulièrement ou de manière prolongée ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

42 - Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous travailler sur des surfaces glissantes ou irrégulières ?

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (< 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour)... 3 Toujours ou presque toujours... 4

43 – Au cours d'une journée typique de travail, combien de temps passez-vous à porter une charge qui pèse ? Cocher la case correspondant ci-dessous

Moins de 10 kg Jamais ou presque jamais. 1 Rarement (moins de 2 heures/ jour).. 2 Souvent (2 à 4 heures/ jour).. 3 Toujours ou la plupart du temps (plus de 4 heures/jour).. 4

10 à 25 kg Jamais ou presque jamais. 1 Rarement (moins de 2 heures/ jour).. 2 Souvent (2 à 4 heures/ jour).. 3 Toujours ou la plupart du temps (plus de 4 heures/jour).. 4

Plus de 25 kg Jamais ou presque jamais. 1 Rarement (moins de 2 heures/ jour).. 2 Souvent (2 à 4 heures/ jour).. 3 Toujours ou la plupart du temps (plus de 4 heures/jour).. 4

44 - Au cours d'une journée typique de travail, combien de temps passez-vous à faire les tâches ou activités suivantes ?

Entourez la case correspondant à la bonne durée pour chaque tâche ou activité décrite ci-dessous

<p>Porter des objets encombrants et volumineux les bras tendus</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Porter des objets difficiles à attraper, instables ou sans poignée</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Pousser ou tirer des charges (cartons, tiroirs, etc.)</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>

45 - Au cours d'une journée typique de travail, conduisez-vous un engin de chantier, un tracteur ou un chariot automoteur ?

Non ou presque jamais ... 1 Moins de 4 heures par jour ... 2 Plus de 4 heures par jour... 3

46 - Au cours d'une journée typique de travail, conduisez-vous un véhicule (automobile, camion, autocar, autobus) sur la voie publique (trajet domicile –travail inclus)?

Non ou presque jamais ... 1 Moins de 4 heures par jour ... 2 Plus de 4 heures par jour... 3

47 – Au cours d'une journée typique de travail, combien de temps passez-vous à manipuler régulièrement une charge ou un objet qui pèse ?

1 à 4 kg Jamais ou presque jamais. 1 Rarement (moins de 2 heures/ jour). 2 Souvent (2 à 4 heures/ jour). 3 Toujours ou la plupart du temps (plus de 4 heures/jour).. 4

Plus de 4 kg Jamais ou presque jamais. 1 Rarement (moins de 2 heures/ jour). 2 Souvent (2 à 4 heures/ jour). 3 Toujours ou la plupart du temps (plus de 4 heures/jour).. 4

48 - Comment estimez-vous la force habituellement requise par votre travail ? (mettez une croix dans la case correspondant au niveau d'effort auquel vous vous situez)

Effort nul | _____ | Effort maximal

49 - Au cours d'une journée typique de travail, utilisez-vous des outils tenus en main ?

Jamais ou presque jamais ... Rarement ... Souvent ... Toujours ou la plupart du temps ...

50 - Au cours d'une journée typique de travail, utilisez-vous des outils vibrants ou devez-vous poser la (es) main(s) sur des machines vibrantes ?

Jamais ou presque jamais ... Rarement ... Souvent ... Toujours ou la plupart du temps ...

51 - Au cours d'une journée typique de travail, devez-vous porter des gants ?

Jamais ou presque jamais ... Rarement ... Souvent ... Toujours ou la plupart du temps ...

52 - Au cours d'une journée typique de travail, manipulez-vous des objets froids (moins de 15° C) ou travaillez-vous au froid (moins de 15° C) ?

Jamais ou presque jamais ... Rarement ... Souvent ... Toujours ou la plupart du temps ...

53 - Au cours de votre travail habituel, utilisez-vous ?

Un écran d'ordinateur ou de contrôle

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (moins de 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour) ... 3 Toujours ou presque toujours ... 4

Un clavier pour saisir des données ou une souris ou un dispositif analogue d'entrée de données (crayon optique, scanner, douchette, etc.)

Non ou presque jamais ... 1 Rarement (moins de 2 heures par jour) ... 2 Souvent (2 à 4 heures par jour) ... 3 Toujours ou presque toujours ... 4

54 - Combien de temps devez-vous adopter les positions suivantes au cours d'une journée typique de travail ? Cochez la case correspondant à la bonne durée pour chaque tâche ou activité décrite ci-dessous

<p>Pencher la tête <i>en avant</i> régulièrement ou de manière prolongée</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Pencher la tête <i>en arrière</i> régulièrement ou de manière prolongée</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Travailler avec un ou deux bras en l'air (au-dessus des épaules) régulièrement ou de manière prolongée</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Attraper régulièrement des objets derrière le dos</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Travailler avec un ou deux bras écartés du corps régulièrement ou de manière prolongée</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>
<p>Reposer vos avant-bras sur un accoudoir ou un plan de travail</p>		<p>Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4</p>

Fléchir le(s) coude(s) régulièrement ou de manière prolongée		Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4
Tourner la main comme pour visser		Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4
Tordre le poignet		Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4
Appuyer ou taper avec la base de la main sur un plan dur ou sur un outil		Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4
Presser ou prendre fermement des objets ou des pièces entre le pouce et l'index		Jamais ou presque jamais <input type="checkbox"/> 1 Rarement (moins de 2 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 2 Souvent (2 à 4 heures / jour)..... <input type="checkbox"/> 3 La plupart du temps (plus de 4 heures/jour) <input type="checkbox"/> 4

Les questions suivantes se rapportent à votre travail habituel au cours des 12 derniers mois

Veillez cocher la case qui correspond le mieux à ce que vous ressentez. Cochez une seule case par question et n'oubliez pas de répondre à toutes les questions.

55 - Dans mon travail, je dois apprendre des choses nouvelles

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

56 - Dans mon travail, j'effectue des tâches répétitives

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

57 - Mon travail me demande d'être créatif

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

58 - Mon travail me permet souvent de prendre des décisions moi-même

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

59 - Mon travail demande un haut niveau de compétence

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

60 - Dans ma tâche, j'ai très peu de liberté pour décider comment je fais mon travail

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

61 - Dans mon travail, j'ai des activités variées

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

62 - J'ai la possibilité d'influencer le déroulement de mon travail

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

63 - J'ai l'occasion de développer mes compétences professionnelles

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

64 - Mon travail demande de travailler très vite

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

65 - Mon travail demande de travailler intensément

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

66 – On ne me demande pas d'effectuer une quantité de travail excessive

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

67 - Je dispose du temps nécessaire pour exécuter mon travail

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

68 - Je reçois des ordres contradictoires de la part d'autres personnes

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

69 - Mon travail nécessite de longues périodes de concentration intense

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

70 - Mes tâches sont souvent interrompues avant d'être achevées, nécessitant de les reprendre plus tard

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

71- Mon travail est très « bousculé »

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

72 - Attendre le travail de collègues ou d'autres départements ralentit souvent mon propre travail

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

73 - Mon supérieur se sent concerné par le bien-être de ses subordonnés

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

74 - Mon supérieur prête attention à ce que je dis

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

75 - Mon supérieur m'aide à mener ma tâche à bien

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

76 - Mon supérieur réussit facilement à faire collaborer ses subordonnés

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

77 - Les collègues avec qui je travaille sont des gens professionnellement compétents

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

78 - Les collègues avec qui je travaille me manifestent de l'intérêt

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

79 - Les collègues avec qui je travaille sont amicaux

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

80 - Les collègues avec qui je travaille m'aident à mener les tâches à bien

Pas du tout d'accord ... 1 Pas d'accord ... 2 D'accord ... 3 Tout à fait d'accord... 4

REMARQUES EVENTUELLES CONCERNANT VOTRE SANTE OU VOTRE TRAVAIL (à écrire au verso)

**Nous vous remercions de votre participation, n'oubliez pas de remettre ce questionnaire à votre médecin du travail
et d'en parler avec lui (elle) si nécessaire**

Annexe 6 : Présence de symptômes musculo-squelettiques et facteurs professionnels dans différentes enquêtes nationales et internationales

	Symptômes musculo-squelettiques*				Période	Facteurs professionnels*					
	Période	Libellé des questions	Fréquence/ Durée	Epaule		Organisa- tionnels	Psycho- sociaux	Physiques : postures pénibles/contraignantes			
								Libellé des questions	Fréquence/ Durée	Epaule	
Conditions de travail 2015 (européenne)	12 derniers mois	Problèmes de santé <ul style="list-style-type: none"> • Mal de dos • Douleurs musculaires dans les épaules, le cou et/ou dans les membres supérieurs (bras, coudes, poignets, mains, etc.) • Douleurs musculaires dans les membres inférieurs (hanches, jambes, genoux, pieds, etc.) 			Principal emploi rémunéré	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Positions douloureuses ou fatigantes • Position assise 	<ul style="list-style-type: none"> • Tout le temps • Presque tout le temps • Environ les 3/4 du temps • Environ la moitié du temps • Environ un quart du temps • Presque jamais • Jamais 		
Conditions de travail 2011 (québécoise)	12 derniers mois	Douleurs importantes qui vous ont dérangé(e) durant vos activités <ul style="list-style-type: none"> • Cou • Dos • MEMBRES SUPÉRIEURS c'est-à-dire aux épaules, bras, coudes, avant-bras, poignets ou mains • MEMBRES INFÉRIEURS, c'est-à-dire aux hanches, cuisses, genoux, jambes, mollets, chevilles ou pieds 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamais • De temps en temps • Souvent • Tout le temps • NSP • NRP 		Emploi principal actuel	X (contraintes horaires)	X	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler les mains au-dessus des épaules • Travailler le dos penché en avant ou de côté, ou avec une torsion du dos (dos «twisté») • Position debout • Position assise 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamais • De temps en temps • Souvent • Tout le temps • NSP • NRP 	X	
Conditions de travail 2013 (française)					Activité professionnelle actuelle	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Debout • Posture pénible ou fatigante • Mouvements douloureux ou fatigants 	<ul style="list-style-type: none"> • Oui • Non • NSP • REFUS 		
SIP 2010	12 derniers mois	Douleurs <ul style="list-style-type: none"> • Cou • Épaule • Coude • Poignet • Main • Jambe 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanche • Genou • Cheville • Pied • Dos • Bras 		Emploi actuel	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Postures pénibles ou fatigantes à la longue : debout prolongé, accroupi, courbé, bras en l'air, en torsion, position forcée 	<ul style="list-style-type: none"> • Toujours • Souvent • Parfois • Jamais 		
Reponse 2010-2011							X				

Sumer 2010				O : Situation habituelle de travail Ps : non précisé Ph : dernière semaine travaillée	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Position debout ou piétinement • Position à genoux • Position fixe de la tête et du cou • Maintien de bras en l'air • Autres contraintes posturales (posture accroupie, en torsion, etc.) • Travail exigeant de façon habituelle une position forcée d'une ou plusieurs articulations 	<ul style="list-style-type: none"> • <2 heures /semaine • 2 à 10 heures/semaine • 10 à 20 heures/semaine • 20 heures ou plus/semaine 	X
Evrest 2016	7 derniers jours	Plaintes ou signes cliniques <ul style="list-style-type: none"> • Epaule • Coude • Poignet / main • Membres inférieurs • Vertèbres cervicales • Vertèbres dorso-lombaires 	X			X	<ul style="list-style-type: none"> • Postures contraignantes • Station debout prolongée 	<ul style="list-style-type: none"> • Non, jamais • Oui, parfois • Oui, souvent 	
Constances et Coset-MSA	12 derniers mois et 7 derniers jours	Problèmes (courbatures, douleurs, gênes, engourdissements) <ul style="list-style-type: none"> • Nuque / cou • Epaule • Coude / Avant-bras • Main / Poignet / Doigts • Bas du dos • Genou / Jambe 	X	O : Période en années Ps : Emploi actuel Ph : Journée typique de travail (12 derniers mois pour Coset-MSA)	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Intensité des efforts physiques (Echelle RPE de Borg) • Travail avec un ou deux bras en l'air (au-dessus des épaules) régulièrement ou de manière prolongée • Travail avec un ou deux bras écartés du corps régulièrement ou de manière prolongée 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamais ou presque jamais • Rarement (moins de 2 heures par jour) • Souvent (2 à 4 heures par jour) • Toujours ou presque 	X

O : Organisationnel ; Ps : Psychosocial ; Ph : Physique ; RPE : Rating of perceived exertion.

*Telles qu'elles apparaissent dans le questionnaire.

<https://www.eurofound.europa.eu/fr/surveys/european-working-conditions-surveys/sixth-european-working-conditions-survey-2015>

<http://www.cnt.gouv.qc.ca/fileadmin/pdf/enquetes-et-recherches/EQCOTESST.pdf>

<http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/enquetes-de-a-a-z/article/conditions-de-travail-edition-2013>

<http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/enquetes-de-a-a-z/article/sante-et-itineraire-professionnel-sip>

<http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/enquetes-de-a-a-z/article/relations-professionnelles-et-negociations-d-entreprise-reponse-edition-2010>

<http://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/enquetes-de-a-a-z/article/surveillance-medicale-des-expositions-aux-risques-professionnels-sumer-edition>

<http://evrest.istnf.fr>

<http://www.constances.fr/>

<http://www.coset.fr/>

Annexe 7 : Extrait du recensement des questions relatives aux facteurs organisationnels et psychosociaux dans de grandes enquêtes (travail en cours)

Dimension	Enquête Conditions de travail 2013	Enquête Sumer 2010	Enquête SIP 2010	Enquête Reponse 2010-2011	Enquête COI 2006	Enquête Conditions de travail européenne 2015	Enquête Conditions de travail québécoise 2011	Enquête Evrest 2016	
Intensité du travail	<p>Votre rythme de travail vous est-il imposé par ...</p> <p>a) ... le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce ?</p> <p>b) ... la cadence automatique d'une machine ?</p> <p>c) ... d'autres contraintes techniques ?</p> <p>d) ... la dépendance immédiate vis-à-vis plusieurs collègues ?</p> <p>e) ...des normes de production ou des délais à respecter en une heure ou plus?</p> <p>f) ...des normes de production ou des délais à respecter en une journée ou plus?</p> <p>g) ... une demande extérieure (clients, public) obligeant à une réponse immédiate ?</p>	<p>114 Votre rythme de travail vous est-il imposé par :</p> <p>a - le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce ?</p> <p>b - la cadence automatique d'une machine ?</p> <p>c - d'autres contraintes techniques ?</p> <p>d - la dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues ?</p> <p>e - Des normes de production ou des délais à respecter en une heure au plus ?</p> <p>f - des normes de production, ou des délais, à respecter en une journée au plus ?</p> <p>g - une demande extérieure obligeant à une réponse immédiate (public, clients, donneurs d'ordre) ?</p>	<p>E 14. Votre rythme de travail est-il imposé par...</p> <p>le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce ?</p> <p>la cadence automatique d'une machine ?</p> <p>d'autres contraintes techniques ?</p> <p>la dépendance immédiate vis-à-vis du travail de collègues ?</p> <p>des normes de production, ou des délais, à respecter en une heure au plus ?</p> <p>des normes de production, ou des délais, à respecter en une journée au plus ?</p> <p>une demande extérieure (clients, public) obligeant à une réponse immédiate ?</p>			<p>59 Votre rythme de travail vous est-il imposé par ...</p> <p>e- le déplacement automatique d'un produit ou d'une pièce, ou la cadence d'une machine</p> <p>f- la dépendance immédiate vis-à-vis du travail d'un ou plusieurs collègues</p> <p>a- des demandes internes (de collègues ou d'autres services) obligeant à une réponse immédiate</p> <p>c- des délais de production ou des normes de production à respecter en une heure au maximum</p> <p>d- des délais de production ou des normes de production à respecter en une journée au maximum</p> <p>b- une demande extérieure (de clients par exemple) qui oblige à une réponse immédiate ?</p>	<p>Q50 En général, votre rythme de travail dépend-il ... ?</p> <p>D. de la vitesse automatique d'une machine ou du déplacement d'un produit</p> <p>A. du travail fait par d'autres collègues</p> <p>B. des exigences directes de gens comme des clients, des passagers, des élèves, des patients, etc.</p>		

Contraintes horaires, d'organisation du temps de travail

Dans le cadre de votre emploi principal, habituellement combien d'heures travaillez-vous par semaine ? (Plus de 40 heures par semaine)	100 Quel nombre d'heures de travail avez-vous effectué la dernière semaine travaillée ?	E 10. Combien d'heures de travail avez-vous réellement effectuées la dernière semaine ordinaire travaillée ?	15 Quel nombre d'heures de travail effectuez-vous habituellement par semaine ?	Q24 Combien d'heures travaillez-vous d'habitude, par semaine, dans votre principal emploi rémunéré ?	Combien d'heures par semaine travaillez-vous habituellement dans votre emploi principal actuel?
Travaillez-vous le dimanche ?	104 Travaillez-vous le dimanche ou les jours fériés, même occasionnellement (entre 0h et 24h) ?		15bis Combien d'heures avez-vous effectué la semaine dernière ? 19 Travaillez-vous le dimanche (entre 0h et 24h) ?	Q37b Et combien de fois par mois travaillez-vous le dimanche ?	
Travailler, même occasionnellement entre minuit et 5h du matin	106 Travaillez-vous la nuit (entre minuit et 5 heures), même occasionnellement ?	Mon travail m'oblige à ne pas dormir entre minuit et 5 h du matin (au moins 50 nuits par an équivalent à « souvent »)	21 Travaillez-vous la nuit (entre 0h et 5h) ?	Q37a Habituellement, combien de fois par mois travaillez-vous la nuit pour au moins 2 heures entre 22 h et 5 h ?	
Travailler, même occasionnellement entre 20h et minuit	107 Travaillez-vous le soir (entre 20 heures et minuit) même occasionnellement ?				Votre horaire régulier est-il : ... de jour ... de soir ... de nuit
Travailler, même occasionnellement entre 5h et 7h du matin					
Travailler tous les jours ou souvent au-delà de l'horaire prévu	111 Vous arrive-t-il de travailler certains jours ou certaines semaines plus longtemps que l'horaire officiellement prévu sans compensation ?				
Travailler plus de 5 jours par semaine				Q26 Combien de jours par semaine travaillez-vous habituellement dans votre principal emploi rémunéré ?	
Dans votre travail, pouvez-vous prendre vos congés quand vous voulez? Ne pas pouvoir s'absenter de votre travail, même					

quelques heures en cas d'imprévu personnel ou familial
Mes horaires de travail ne s'accordent pas bien avec mes engagements sociaux et familiaux en dehors du travail

J'ai du mal à concilier mon travail avec mes obligations familiales

11. Votre travail vous permet-il de vous organiser de manière satisfaisante dans votre vie privée ?

Q44 En général, vos horaires de travail s'accordent-ils très bien, bien, pas très bien ou pas bien du tout avec vos engagements sociaux et familiaux en dehors de votre travail ?
1=Très bien
2=Bien
3=Pas très bien
4=Pas bien du tout
8=N.S.P. / Sans opinion (spontané)
9=Refus (spontané)

Vous arrivez à concilier vie professionnelle et vie hors-travail

À votre connaissance, les mesures suivantes vous sont-elles accessibles dans votre milieu de travail?
La possibilité d'échanger des heures avec un ou une collègue.

Autonomie

Les indications données par vos supérieurs hiérarchiques ce qu'il faut faire. En général, est-ce que ...
1. ils vous disent aussi comment il faut faire
2. ils indiquent plutôt l'objectif du travail et vous choisissez vous-même la façon d'y arriver
Quand au cours de votre travail, il se produit quelque chose d'anormal, est ce que...
1. la plupart du temps, vous réglez personnellement

122 Quand au cours de votre travail, il se produit quelque chose d'anormal, est ce que :
1. La plupart du temps, vous réglez personnellement

18. Quand au cours de votre travail il se produit quelque chose d'anormal, réglez-vous personnellement l'incident ?

54 Lorsque vos supérieurs hiérarchiques vous disent ce qu'il faut faire, est-ce que...
1- ils vous disent aussi comment il faut faire
2- ils indiquent plutôt l'objectif du travail et vous choisissez vous-même la façon d'y arriver

56 En général, quand au cours de votre travail vous rencontrez des difficultés techniques (y compris informatiques), est-ce que...
...vous réglez personnellement

l'incident
2. vous réglez personnellement l'incident mais dans des cas bien précis, prévus d'avance
3. vous faites généralement appel à d'autres (un supérieur, un collègue, un service spécialisé)

l'incident
2. Vous réglez personnellement l'incident mais dans des cas bien précis, prévus d'avance
3. Vous faites généralement appel à d'autres

Pour faire votre travail, avez-vous la possibilité de faire varier les délais fixés ?

124 Pour faire votre travail, avez-vous la possibilité de faire varier les délais fixés?

Travaillez-vous à la chaîne ?

J'effectue un travail répétitif sous contraintes de temps ou un travail à la chaîne

l'incident
56bis Que faites-vous alors?
1- Vous vous débrouillez avec les personnes qui vous entourent
2- vous faites directement appel à des spécialistes de votre entreprise
3- vous faites appel directement à des spécialistes extérieurs à votre entreprise
4- vous en référez à quelqu'un de votre entreprise

Q48 Pouvez-vous me dire si votre travail comporte des tâches brèves et répétitives de moins de...
A. 1 minute
B. 10 minutes

Q64 Laquelle des affirmations suivantes décrit le mieux vos compétences dans votre travail ?
1=J'ai besoin d'une formation complémentaire pour me permettre de faire face à mes responsabilités
2=Mes compétences actuelles correspondent bien à mes responsabilités
3=J'ai les compétences nécessaires pour faire face à des responsabilités plus importantes

Thèse de Doctorat

Julie BODIN

Déterminants professionnels des troubles musculo-squelettiques de l'épaule : intérêt de la prise en compte des facteurs

Occupational risk factors of shoulder disorders: interest in taking into account organizational factors

Résumé

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) sont une des questions les plus préoccupantes en santé au travail. Ils témoignent de l'intensification des conditions de travail qui affecte un nombre croissant de travailleurs. L'objectif de cette thèse était d'étudier les relations complexes entre les facteurs professionnels, notamment organisationnels, et les TMS de l'épaule. Trois populations salariées ont été étudiées : la cohorte Cosali et deux entreprises automobile et pharmaceutique.

L'étude des caractéristiques organisationnelles des situations de travail par classifications ascendantes hiérarchiques des variables et des individus de la cohorte Cosali a identifié une classe d'organisation de type taylorien. Chez ces salariés, les douleurs et TMS de l'épaule étaient plus fréquents.

Des modèles à équations structurelles ont montré que les facteurs organisationnels étaient des déterminants distaux des TMS en influençant l'exposition aux facteurs psychosociaux et physiques, alors que l'exposition aux facteurs physiques influençait à son tour les douleurs de l'épaule. L'application de la méthodologie aux deux populations des entreprises automobile et pharmaceutique a confirmé la pertinence du modèle issu de Cosali.

En conclusion, les facteurs organisationnels sont des déterminants clés de la survenue des TMS de l'épaule en influençant en cascade les conditions d'exposition aux facteurs psychosociaux et physiques auxquels les travailleurs doivent faire face. Ces connaissances épidémiologiques originales améliorent la compréhension de la chaîne de déterminants des TMS et contribueront au ciblage des interventions de prévention sur les déterminants professionnels modifiables.

Mots clés

Troubles musculo-squelettiques, syndrome de la coiffe des rotateurs, douleurs de l'épaule, expositions professionnelles, facteurs organisationnels, classification ascendante hiérarchique, modèle à équations structurelles.

Abstract

Musculoskeletal disorders (MSDs) represent one of the most worrying issues in occupational health. They bear witness to the intensification of working conditions which affects an increasing number of workers. The aim of this thesis was to study the complex relationships between occupational factors and shoulder disorders, with attention paid to organizational factors.

Three working populations were studied: the Cosali cohort, one automobile company and one pharmaceutical company.

The study of the organizational characteristics of work situations by ascendant hierarchical clustering of variables and individuals of the Cosali cohort identified a Taylorist form of work organization. Among these employees, shoulder disorders were more frequent. Structural equation modeling has shown that organizational factors are distal determinants of MSDs by influencing exposure to psychosocial and physical factors, while exposure to physical factors in turn influences shoulder pain. The application of the methodology to the two populations of automotive and pharmaceutical companies confirmed the relevance of the Cosali model.

In conclusion, organizational factors are key determinants of the onset of shoulder disorders by cascading the conditions of exposure to the psychosocial and physical factors that workers face. This original epidemiological knowledge improves understanding of the chain of determinants of MSDs and will contribute to the targeting of prevention interventions on modifiable occupational determinants.

Key Words

Musculoskeletal disorders, rotator cuff syndrome, shoulder pain, occupational exposures, organizational factors, ascendant hierarchical clustering, structural equation model.
