

PROGRAMME D'IMPULSION "RISQUES POUR LA SANTE"
SERVICES FEDERAUX DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES,
TECHNIQUES ET CULTURELLES

1990-1994

Contrat n° HH/10/024

**PATHOLOGIE MUSCULOSQUELETTIQUE DU MEMBRE
SUPERIEUR**

Unité Hygiène et Physiologie du Travail

Université Catholique de Louvain

Promoteur: Professeur J. Malchaire

RAPPORT FINAL

- Février 1995 -

TABLE DES MATIERES

PREMIERE PHASE - ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE

CHAPITRE I - INTRODUCTION

CHAPITRE II - MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE III - RESULTATS

I. Caractéristiques personnelles et psychosociales

II. Problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs et de la nuque

III. Analyse multivariée

CHAPITRE IV - DISCUSSION

CHAPITRE V - CONCLUSIONS

DEUXIEME PHASE - ETUDE PROSPECTIVE

CHAPITRE I - INTRODUCTION

CHAPITRE II - MATERIEL ET METHODES

I. Sélection de la population

II. Protocole d'étude

A. Le questionnaire

B. L'examen clinique

C. Les tests fonctionnels et sensitifs

1. Mesurage des forces

2. Mesurage des angulations du poignet

3. Mesurage du seuil aesthésiométrique

4. Mesurage du seuil de perception des vibrations

5. Mesurage du temps de latence moteur

III. L'analyse de poste

A. Etalonnage des goniomètres

B. Etalonnage du Muscle-Tester ME3000

C. Protocole de mesurage

D. Analyse des enregistrements

IV. Les postes de travail

A. Chargement de racks de four dans une industrie de composants céramiques

B. Encodage de virements

- C. Boucherie
- D. Chargement et déchargement de lignes dans l'industrie du verre
- E. Couture de housses et coussins de sièges de voiture
- F. Sellerie
- G. Conditionnement des produits pharmaceutiques
- H. Encodage et mise à jour des dossiers dans le secteur bancaire
- I. Pâtisserie
- J. Travail de bureau
- V. Le traitement des données 41

CHAPITRE III - RESULTATS DE L'ETUDE TRANSVERSALE

- I. La population et ses caractéristiques
 - A. Effectif et caractéristiques personnelles
 - B. Caractéristiques générales de la population et associations entre les différentes variables
 - 1. L'état de santé
 - 2. La santé psychique
 - 3. Les maladies chroniques
 - 4. Les accidents
 - 5. Les facteurs héréditaires
 - 6. Les facteurs hormonaux
 - 7. Le tabagisme
 - 8. Les hobbies
 - 9. Le travail
- II. Les affections musculosquelettiques
 - A. Prévalences des TMS relevés par le questionnaire
 - B. Relations entre prévalences de TMS et les données du questionnaire
 - C. TMS relevés lors de l'examen clinique
- III. Les tests fonctionnels et sensitifs
 - A. Moyennes des différents tests
 - B. Situation de l'échantillon par rapport aux seuils
 - C. Analyse multivariée entre les paramètres fonctionnels et les données du questionnaire
 - D. Corrélations entre paramètres de l'examen fonctionnel

CHAPITRE IV - RESULTATS DE L'ANALYSE DE POSTE

- I. Présentation de la population
- II. Caractéristiques des gestes professionnels
 - A. Moyennes globales
 - B. Moyennes des facteurs professionnels par poste de travail
 - C. Représentations graphiques
- III. Comparaison des postes de travail
 - A. Les angles de mouvement
 - B. Les forces
 - C. La répétitivité
 - D. Les vitesses de mouvement
- IV. Corrélations entre les facteurs de risque professionnels

CHAPITRE V - RESULTATS DE L'ETUDE PROSPECTIVE

- I. Bilan prospectif de l'effectif
- II. Incidences relevées par le questionnaire
- III. Incidences relevées par l'examen clinique

IV. Analyses de régression logistique

A. La nuque

1. Analyses de régression univariées
2. Analyse de régression multivariée

B. Les épaules

1. Analyses de régression univariées
2. Analyse de régression multivariée

C. Les coudes

1. Analyses de régression univariées
2. Analyse de régression logistique multivariée

D. Les poignets

1. Comparaison entre le groupe ultérieurement atteint et les travailleurs sans TMS des poignets
 - a. Caractéristiques personnelles et fonctionnelles
 - b. Contraintes professionnelles
 - c. Analyses univariées
2. Analyse de régression logistique multiple
 - a. Le questionnaire
 - b. Les analyses de postes
 - c. Les tests fonctionnels
3. Influence des contraintes professionnelles sur les paramètres fonctionnels

CHAPITRE VI - DISCUSSION

I. Partie transversale

- A. Prévalences relevées par le questionnaire
- B. Prévalences relevées lors de l'examen clinique
- C. Les tests fonctionnels
- D. Association entre l'examen fonctionnel et les paramètres personnels

II. Etude prospective

- A. Analyse de poste
- B. Les incidences
- C. Modèles de régression logistique
- D. Troubles musculosquelettiques des poignets
 1. Comparaison entre groupes
 2. Influence des différentes variables sur l'incidence des plaintes aux poignets
 - a. Concernant les données du questionnaire
 - b. Concernant les analyses de postes
 3. Influence des paramètres de postes sur les tests fonctionnels

CHAPITRE VII - CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE I

**PROGRAMME D'IMPULSION "RISQUES POUR LA SANTE"
SERVICE FEDERAUX DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES ET CULTURELLES
1990-1994**

Contrat n° HH/10/024

PATHOLOGIE MUSCULOSQUELETTIQUE DU MEMBRE SUPERIEUR

Unité Hygiène et Physiologie du Travail

Université Catholique de Louvain

Promoteur: Professeur J. Malchaire

RAPPORT FINAL

- Février 1995 -

PREMIERE PHASE

ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE

CHAPITRE I : INTRODUCTION

La littérature scientifique récente abonde d'articles consacrés à des études épidémiologiques relatives aux problèmes musculosquelettiques en général. On a assisté en effet ces dernières années à une augmentation considérable des prévalences de maux de dos et de troubles de la nuque ou des membres supérieurs (TMS). Ces études ont cherché à mettre en évidence les secteurs d'activité les plus atteints et les facteurs tant professionnels que non professionnels qui y sont en général associés. Par contre, très peu d'études prospectives (3 selon Stock (1991)) ont à ce jour été menées de manière scientifiquement incontestables qui permettent d'établir de façon irréfutable la relation de causalité entre ces facteurs de risques potentiels et les lésions et problèmes constatés.

Nous avons mené à bien une telle étude prospective de trois années, portant sur quelque 200 travailleurs - hommes et femmes - de divers secteurs, exposés à des efforts importants, de manière répétitive, dans des postures a priori défavorables.

Avant d'entamer l'étude prospective, une enquête de prévalence de plaintes de la nuque et des articulations des membres supérieurs dans différents secteurs industriels belges a été réalisée (Brusco et Malchaire 1993). Elle a recherché également à formuler les hypothèses de relation entre les pathologies mentionnées et les principaux facteurs suspectés d'entraîner une augmentation de risque.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Quatre secteurs industriels ont été concernés par l'étude: la sidérurgie, la construction automobile, le secteur alimentaire et le secteur tertiaire.

618 travailleurs masculins de la sidérurgie ont été sélectionnés au hasard parmi un effectif de 2500. Une limite d'âge de 40 ans fut fixée dans cette étude pour des raisons étrangères à la présente recherche.

Dans le secteur de la construction automobile, 10% des effectifs des quatre ateliers principaux furent sélectionnés au hasard: il s'agit des ateliers de tôlerie, garnissage et finition pour les hommes (243) et de coupe couture pour les femmes (24).

Le groupe sélectionné dans l'industrie alimentaire a été composé de 163 hommes et 84 femmes constituant l'effectif de bouchers, boulangers, pâtisseries, assortisseurs, dans différents magasins choisis au hasard.

Enfin, le groupe du tertiaire a compris, d'une part, 85 personnes dont 75% de femmes faisant de l'encodage et 279 travailleurs dont 54% de femmes occupées à différentes tâches administratives dans le secteur des assurances. Ces échantillons furent sélectionnés au hasard et constituent environ 20% des effectifs disponibles dans les entreprises concernées.

L'étude a consisté en une interview de chaque travailleur avec un interviewer - souvent le médecin du travail -, interview au cours duquel était rempli un questionnaire de quelque 120 questions se rapportant:

1. aux caractéristiques personnelles. Cette partie reprend l'âge, l'ancienneté dans l'entreprise, le poids, la taille. L'ancienneté dans l'entreprise permet d'estimer la durée d'exposition aux facteurs professionnels.
2. à l'état de santé. Une appréciation subjective de son état de santé est demandée au sujet; la présence ou non de maladies chroniques nécessitant la prise de médicaments; les accidents de vie privée ou de travail; leur gravité et les séquelles qu'ils ont occasionnées. Le nombre de consultations médicales durant les 12 derniers mois (pour des raisons différentes) a aussi fait l'objet d'une question.
3. aux caractéristiques psychosociales. Les questions posées portaient sur l'indice de tabagie, l'état civil, le pays d'origine, le nombre d'enfants, la formation scolaire en terme de cycle d'études, des hobbies demandant des efforts physiques importants, les sports pratiqués, la satisfaction personnelle et l'état psychologique du travailleur, investigué par la fatigue, l'irritabilité, les troubles de mémoire, la qualité du sommeil et les céphalées.
4. aux activités professionnelles actuelles. Une estimation de la charge physique du poste a été demandée au travailleur: le choix portait sur les possibilités suivantes: sédentaire, légère, moyenne ou lourde. Pour éviter toute appréciation trop individuelle, une explication des termes a été donnée aux travailleurs:
 - sédentaire qualifiant les postes à effort physique léger (travail administratif);
 - lourd qualifiant les postes où la contrainte physique est importante (bûcheron, boucher, ...).

Les efforts de levage, des épaules, des coudes et des poignets ont été évalués par le travailleur, de même que la répétition des gestes, l'utilisation d'outils vibrants et le maintien de postures fixes ou non.

Le travailleur a pu porter un jugement sur son environnement de travail (bon, moyen, mauvais), sur le niveau d'attention requis par son travail et sur la monotonie engendrée par celui-ci.

La personne interrogée a eu à estimer sa fatigue après une journée de travail ainsi que son état de tension et la répercussion éventuelle au niveau du dos, des épaules, des coudes ou des poignets.

5. aux activités professionnelles antérieures, avec les mêmes questions que pour le poste de travail actuel.
6. aux affections lombaires.
7. aux antécédents musculosquelettiques des membres supérieurs. Pour chaque région (nuque, épaule, coude, poignet et dos), les épisodes douloureux survenus au cours de la vie, au cours des 12 derniers mois et durant les 7 derniers jours ont été investigués. Les personnes interrogées devaient en préciser la fréquence d'apparition, le caractère et le diagnostic évoqué au moment de l'épisode douloureux.

Pour caractériser la douleur, les alternatives de réponse étaient la fatigue, les douleurs localisées aiguës ou diffuses. La durée nécessaire à la disparition des symptômes a été également prise en compte pour l'estimation de la gravité de l'épisode. Le choix était: moins de 2 heures, le lendemain, plus de 24 heures. La

fréquence d'apparition des épisodes a aussi été investiguée: rarement, parfois, souvent ou toujours.

Ces différents paramètres ont permis le calcul d'un indice s'exprimant sur une échelle de 4 points, allant de l'absence de problème (score I) au problème le plus grave (score IV). Le travailleur devait également faire part du diagnostic évoqué lors de l'épisode douloureux.

Un choix de réponse était offert soit en terme d'intensité (ex.: charge de travail: légère, moyenne, lourde) ou de fréquence (ex.: déprimé: jamais, parfois, souvent, toujours) et une réponse était choisie par l'interviewer en accord avec la personne.

Sept médecins du travail participèrent à l'étude. Il fut vérifié avec chacun d'eux que le questionnaire était compris de la même manière.

Les données ont été dépouillées par ordinateur de manière à calculer les prévalences, à déterminer les associations éventuelles entre prévalences et facteurs de risque (tables de contingence et tests du Chi-2) et à étudier les associations par régression logistique multiple (calcul des rapports de prévalences).

CHAPITRE III : RESULTATS

I. CARACTERISTIQUES PERSONNELLES ET PSYCHOSOCIALES

Au total, 1496 personnes ont été interrogées. Le secteur de la sidérurgie est largement représenté (41% de l'échantillon); le secteur de l'alimentaire, de la construction automobile et du tertiaire sont représentés de manière égale (17 à 19% pour chacun). Dans le tertiaire nous avons jugé utile a posteriori de séparer l'échantillon en deux groupes: l'encodage, qui comprend des personnes travaillant exclusivement sur écran terminal, et le secteur tertiaire à proprement parler. Le secteur de l'encodage est nettement plus limité: près de 6% seulement de l'échantillon total.

La prédominance du sexe masculin est évidente et est à mettre en relation avec la nature du travail.

Le tableau 1 donne les caractéristiques d'âge, poids, taille et durée d'exposition des différents groupes. Il existe des différences très importantes tenant aux structures et à l'âge des entreprises: les prévalences brutes rapportées ci-dessous ne seront donc pas strictement comparables et une tentative sera faite de les corriger en fonction des âges et des anciennetés, généralement corollaires de l'âge.

Il en est de même d'autres facteurs et notamment des facteurs psychologiques et de comportement, tels que la fatigue anormale, l'irritabilité, les troubles du sommeil et de la mémoire, globalement plus fréquents dans le secteur de l'encodage qui est le plus âgé, et moins fréquents parmi les travailleurs de la sidérurgie (limités à 40 ans). Ces symptômes sont également plus fréquents chez les femmes ($p < 0,05$), en moyenne plus âgées que les hommes.

Tableau 1 : Caractéristiques personnelles et psychosociales de l'échantillon global et des différents groupes (moyennes et écarts types ou pourcentage d'occurrence).

	Global	Sidérurgie	Alimentaire	Automobile	Encodage	Administratif
Taille de l'échantillon	1496	618	247	267	85	279
Age (ans)	34,2±8,0	31,8±5,0	35,3±8,5	30,4±8,2	42,7±5,8	40,0±8,1
Taille (cm)	171,6±8,5	173,9±7,1	168,8±9,5	174,3±7,6	165,1±8,3	168,6±8,8
Poids (kg)	73,9±14,0	77,5±12,4	71,5±15,5	76,2±12,5	64,8±13,5	68,7±14,1
Ancienneté (ans)	12,6±8,1	11,2±6,2	11,3±7,8	8,0±7,1	23,9±6,4	17,4±7,7
Tabagie (%)	47,0	52,3	48,6	48,3	34,1	36,6
Sports (%)	41,4	37,2	36,4	44,2	58,8	47,3
Facteurs psychologiques (%)	14,3	8,4	11,8	10,6	24,1	13,7

II. PROBLÈMES MUSCULOSQUELETTIQUES DES MEMBRES SUPERIEURS ET DE LA NUQUE

Le tableau 2 donne les prévalences des troubles musculosquelettiques des membres supérieurs (TMS) au cours des 12 derniers mois, classées suivant leur localisation (la nuque, l'épaule, le coude et le poignet) et pour les différents secteurs industriels: il s'agit des réponses à la question "Avez-vous souffert de TMS?". Les données brutes montrent qu'un travailleur sur trois environ aurait connu des TMS durant les 12 derniers mois et que cette prévalence est surtout importante dans les secteurs de l'encodage et de l'alimentaire. Cela se vérifie pour les trois régions: épaules, coudes et poignets. Pour la nuque, par contre, les secteurs les plus touchés sont encore celui de l'encodage, mais aussi celui du tertiaire.

La figure 1 illustre les prévalences estimées cette fois en fonction de l'indice de gravité obtenu par combinaison des réponses relatives au caractère de la gêne-douleur, à la durée et à la fréquence des épisodes. Il existe peu de différences par rapport aux prévalences brutes étant donné que le nombre de personnes se plaignant faiblement est négligeable par rapport à l'ensemble des plaintes.

L'ordre respectif des différents secteurs en ce qui concerne les plaintes est le même dans les deux cas.

Figure 1 : Prévalences des problèmes musculosquelettiques (indices de gravité élevés) pour chaque localisation et chaque secteur professionnel (%)

Tableau 2 : Prévalences des problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs (TMS) durant les 12 derniers mois, selon leur localisation et pour les différents secteurs professionnels (en %).

	Global	Sidérurgie	Alimentaire	Automobile	Encodage	Administratif
Nuque	30,5	30,9	27,1	23,2	43,5	35,8
Epaules	15,9	12,8	24,7	14,2	30,6	12,2
Coudes	9,2	7,4	12,1	9,0	12,9	9,7
Poignets	17,1	15,7	22,7	21,0	24,7	9,3
TMS	33,8	29,9	42,9	36,7	47,1	27,2

Cette figure met en évidence également l'importance des problèmes de nuque qui - sauf dans le secteur de l'automobile et, encore de façon marginale - sont toujours plus fréquents que les problèmes aux épaules ou aux coudes ou aux poignets.

En ce qui concerne les diagnostics tels que rapportés par les travailleurs interrogés (voir tableau 3), pour les plaintes au cours des 12 derniers mois, au niveau de la nuque, il s'agit le plus fréquemment du syndrome du cou raide (syndrome tensionnel de la nuque) (14% avec un maximum de 25% dans le secteur de l'encodage) et dans une moindre mesure l'ostéoarthrose (8,1%). En ce qui concerne les épaules, le diagnostic fait la plupart du temps défaut, mais la pathologie la plus mentionnée est la polyarthrite scapulo-humérale (3,7%). Il en va de même pour les coudes où l'épicondylite latérale (4,3%) est la plus citée. Enfin, pour les poignets, les sujets parlent de tendinites (6,7%) sans précision quant à leur localisation exacte. Le syndrome du canal carpien (2,7%) intervient en second lieu avec des prévalences bien inférieures, sauf en ce qui concerne le secteur du montage automobile (6,4%).

Ces informations ne peuvent être prises qu'à titre indicatif, puisque le médecin du travail ne procédait pas à un examen clinique et que les dossiers médicaux sont muets la plupart du temps sur les motifs d'absence des travailleurs.

Peu de différences apparaissent entre les deux sexes et elles ne se révèlent guère chargées de sens étant donnée la liaison importante entre sexe et activité professionnelle.

Tableau 3
Nature des affections musculosquelettiques durant les 12 derniers mois (données manquantes pour la sidérurgie) (en %)

Caractéristiques	Global	Alimentaire	Automobile	Encodage	Tertiaire
Nuque					
Tension neck syndrome				25,0	7,3
Ostéoarthrose				11,3	13,1
Traumatisme-fracture				1,6	1,1
Autre				8,1	11,3
Epaules					
Affection sus épineuse	1,9	3,3	2,6	0,0	0,4
Tendinite	0,6	0,8	0,8	0,0	0,0
Syndrome acromioclaviculaire	1,2	1,2	2,6	0,0	0,0
Polyarthrite scapulo-humérale	3,7	5,4	1,5	0,0	5,4
Traumatisme - fracture	1,6	2,9	1,9	0,0	0,4
Autre	7,6	9,1	4,2	27,1	5,4
Coudes					
Epicondylite latérale	4,3	5,0	4,9	1,6	4,0
Epicondylite médiale	0,8	0,8	1,5	1,6	0,0
Traumatisme - fracture	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0
Autre	4,4	4,1	2,2	9,5	4,7
Poignets					
Tendinite	6,7	13,3	7,9	3,3	0,7
Kyste synovial	0,7	1,2	0,4	3,3	0,0
Syndrome canal carpien	2,7	0,8	6,4	0,0	1,5
de Quervain	0,7	0,0	2,2	0,0	0,0
Fracture scaphoïde	0,3	0,0	0,7	0,0	0,4
Fracture semilunaire	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0
Autre fracture	0,5	0,0	1,1	0,0	0,4

Raynaud	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autre	5,2	5,4	1,9	13,3	5,1
Bas du dos					
Autre	4,5	3,1	2,2	6,3	7,7
Fatigue	16,2	17,5	19,1	20,6	11,0
Mal atypique	8,8	10,5	10,9	6,3	4,8
Arthrose	6,8	7,0	4,9	9,5	7,7
Lumbago	7,0	12,7	5,6	0,0	4,8
Hernie discale	1,9	0,4	1,9	1,6	2,9
Sciatalgie sus genoux	1,3	0,4	1,1	0,0	2,2
Sciatalgie sous genoux	2,0	0,0	2,6	9,5	1,5

La figure 2 donne les probabilités de problèmes musculosquelettiques corrigées en fonction de l'âge et ramenées à l'âge moyen du groupe global soit 35 ans. On constate que les différences entre groupes s'amenuise mais que subsiste une tendance à plus de TMS dans les secteurs de l'encodage et de l'alimentaire.

III. ANALYSE MULTIVARIEE

Le tableau 4 donne les résultats de l'analyse multivariée réalisée au moyen du modèle de régression logistique multiple, les variables dépendantes étant les probabilités d'affections musculosquelettiques au cours des 12 derniers mois aux différentes localisations: nuque, épaules, coudes, poignets et TMS en général. Les variables indépendantes en sont les facteurs d'exposition sélectionnés parmi les caractéristiques générales, de santé, psychosociales et du poste de travail (actuel et antérieur), auxquelles ont été rajoutés les types d'industries étudiés (sidérurgie, alimentaire, encodage et automobile).

Un faible nombre de facteurs apparaissent associés systématiquement avec les pathologies aux différentes localisations.

L'âge apparaît lié à une aggravation de la probabilité de problèmes de la nuque et des épaules, mais pas des coudes et des poignets. Son effet se retrouve éventuellement par l'intermédiaire de l'ancienneté au poste pour les problèmes aux coudes, mais la relation reste nulle pour les problèmes de poignets.

Les distinctions entre secteurs ressortant clairement du tableau 2 ne sont pas mises en évidence par l'analyse multivariée statistique qui ne montre qu'une augmentation du risque au niveau de la nuque pour le secteur sidérurgique (rapport de prévalences: 1,8, $p < 0,001$).

Les différences entre sexes se confirment pour la nuque, tandis que les facteurs psychosociaux restent associés positivement tant pour la nuque que pour les TMS dans leur ensemble. On peut encore relever l'association avec les efforts, ainsi qu'avec la monotonie et la fatigue mentale et, dans un autre registre, les outils vibrants (essentiellement pour les poignets) lors de travaux antérieurs.

Figure 2 : Prévalences des problèmes musculosquelettiques (indices de gravité élevés) ramené à l'âge de 35 ans et pour chaque localisation et chaque secteur professionnel (%)

Tableau 4 : Rapports de prévalences et niveaux de probabilité pour les variables significatives dans les modèles de régression logistique de la probabilité de problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs aux différentes localisations et en général

	Nuque	Epaules	Coudes	Poignets	TMS
Sidérurgie					
Alimentation					
Encodage					
Sexe					
Age (ans)	1,3***	1,5***			1,5***
Poids					1,1***
Taille					0,8***
Ancienneté (ans)			1,9***		
Mauvais état de santé					
Hobbies					1,3***
Facteurs psychologiques					2,3***
Travail actuel					
Charge de travail					0,7***
Efforts physiques					2,2***
Répétitivité					
Outils vibrants					
Monotonie					1,6***
Concentration					0,7***
Fatigue mentale					1,5***
Travail antérieur					
Charge de travail					
Répétitivité					1,3***
Outils vibrants					1,8***

* < 5% ** < 1% *** < 0,1%

CHAPITRE IV : DISCUSSION

Les prévalences rapportées ci-dessus sont en général inférieures à celles rapportées par d'autres études (Hagberg et Wegman 1987; Ohlsson et coll. 1989), qu'il s'agisse de problèmes de nuque, d'épaules, de coudes ou de poignets.

La prévalence des affections de la nuque est forte dans les deux secteurs de type administratif (encodage et tertiaire). Les prévalences observées, de près de 40%, corroborent les observations de Hagberg et Wegman (1987) (42,5% chez les encodeurs). Dans le secteur industriel de type assemblage (automobile), les taux de 23,2% (12 mois) et 15,7% (7 jours) sont inférieurs à ceux observés par Ohlsson et coll. (1989) (39% et 21%).

Les taux observés pour les prévalences des affections de l'épaule sont globalement de moitié inférieurs à ceux relevés dans d'autres études. Le taux de 55% (12 mois) relevé par Ohlsson et coll. (1989) dans un atelier d'assemblage n'est guère corroboré par les taux observés en sidérurgie ou en construction automobile (<20%).

Le taux de 62% observé par Linton et Kamwendo (1989) chez des secrétaires est également supérieur aux taux observés dans les secteurs encodage et surtout tertiaire (respectivement égaux à 30,6% et 12,2%).

La même observation peut être faite pour les affections du coude. La présente étude ne montre guère de différences d'un secteur à l'autre et le taux moyen de 9% est sensiblement inférieur aux moyennes observées par Ohlsson et coll. (1989) et Bovenzi et coll. (1991), qui rapportaient respectivement 21% et 16%. Seules les études de Roto et Kivi (1984) et Dimberg (1987) qui combinaient questionnaire et examen clinique présentent des taux de prévalence assez similaires (respectivement égaux à 8,9% et 7,4%).

Le syndrome du canal carpien est nettement moins fréquent dans cette étude que dans d'autres études antérieures (Cannon et coll. 1981, Margolis et Kraus 1987, Ohlsson et coll. 1989). A cet égard, seules les études combinant questionnaire et examens complémentaires débouchent sur des résultats plus comparables situés entre 6 et 20% (Silverstein et coll. 1987, Punnett et coll. 1985, Barnhart et coll. 1991, Bovenzi et coll. 1991).

La raison pour cette différence quasi systématique doit probablement être trouvée dans la technique utilisée pour collecter l'information: des interviews ont été réalisées au lieu d'un simple questionnaire rempli par le travailleur. Cette technique a permis de garder des échantillons aléatoires représentatifs et a abouti à des données mieux contrôlées, l'interrogateur assistant le travailleur, en fonction d'une compréhension rigoureuse des items proposés, dans le choix des réponses. Il pourrait être avancé que cette technique introduit un effet interrogateur et celui-ci doit certes exister quels qu'aient été les essais de normaliser la compréhension et la passation du questionnaire. Il est cependant estimé que la fiabilité et la représentativité globale des données s'en sont trouvées accrues. Il est à signaler que nos prévalences se rapprochent beaucoup plus des données obtenues par les études qui ont combiné questionnaires et examens complémentaires (Dimberg 1987; Roto et Kivi 1984; Silverstein et coll. 1986 et 1987).

En ce qui concerne les facteurs de risque, l'étude souligne à nouveau la relation entre problèmes musculosquelettiques en général, mais surtout au niveau de la nuque, et les facteurs de type psychologique, tels que la tendance à la dépression, la perte de sommeil, de mémoire, les maux de tête et l'irritabilité. Cette relation n'est pas observée pour les problèmes de poignets. Ce lien apparaît surtout pour le seul secteur de l'encodage où les symptômes sont nettement plus fréquents qu'ailleurs et où les pathologies dominantes sont localisées au niveau de la nuque et des épaules.

Ces observations semblent confirmer des études récentes qui discuteraient les interactions probables entre la charge mentale ou tension psychologique au travail et l'apparition du "tension neck syndrome" (Kilbom et coll. 1986, Kilbom 1990, Toomingas et coll. 1992, Waersted et Björklund 1991). Aucun autre facteur psychosocial ou touchant à la personnalité des sujets n'apparaît significatif. Le sexe n'apparaît associé avec les plaintes que pour la nuque.

Parmi les facteurs liés aux conditions de travail actuelles, on relèvera l'opinion du travailleur sur sa charge de travail et ses efforts.

Les liaisons les plus importantes sont constatées dans le cas des problèmes de poignet où répétitivité, monotonie et fatigue mentale sont associées positivement. Par contre, l'usage d'outils vibrants donne lieu à un rapport de prévalences inférieur à 1, indiquant une association négative liée certainement à un artefact ou un effet confondant.

Il est à remarquer que l'ancienneté n'apparaît pas comme un facteur lié fortement, contrairement à ce qui a été observé dans d'autres études (Ohlsson et coll. 1989).

CHAPITRE V : CONCLUSIONS

L'étude épidémiologique met en évidence des prévalences de plaintes pour problèmes musculosquelettiques qui, bien qu'inférieures en général à celles rapportées dans la littérature, démontrent la sévérité du problème. Ces prévalences de plaintes pour problèmes relativement sévères (en fréquence, en durée et en gravité) sont les plus importantes au niveau de la nuque (27%), puis des épaules et poignets (15%) et enfin des coudes (9%). C'est surtout dans le domaine de l'encodage (47%) que les prévalences sont les plus importantes, suivi du secteur alimentaire (42%) et automobile (37%).

Au cours de l'étude prospective, une attention particulière continuera à être portée d'une part au contexte psychosocial du travailleur et d'autre part aux contraintes de travail, en particulier de forces, de répétitivité et de posture.

DEUXIEME PHASE : ETUDE PROSPECTIVE

CHAPITRE I : INTRODUCTION

L'étude épidémiologique décrite en première partie a montré l'ampleur du problème des troubles musculosquelettiques (TMS) dans divers secteurs industriels en Belgique.

Comment prévenir ces TMS?

La prévention primaire consiste à agir sur les postes de travail de manière à diminuer les facteurs professionnels de risque. Ceux-ci sont plus ou moins bien connus en principe: angulations extrêmes, forces importantes, répétitivité. Ils ne sont cependant guère connus quantitativement:

- que peut-on admettre comme angulations du poignet en déviation radio-cubitale ainsi qu'en flexion-extension?
- faut-il réduire la fréquence des angulations extrêmes ou les angulations moyennes?
- de quelles amplitudes moyenne et extrême peut être la force exercée?
- comment définir de façon opérationnelle la répétitivité?
- qu'en est-il de la vitesse de mouvement?
- sur lequel de ces paramètres est-il le plus avantageux d'agir dès lors qu'une solution globale ne serait pas acceptable?

Nous tenterons d'apporter une réponse à ces questions.

La prévention secondaire consiste à observer les travailleurs exposés de manière à détecter le plus précocement possible les signes de TMS. Un certain nombre de tests ont été développés en ce qui concerne les TMS des poignets et des études ont montré leur association avec ces TMS. Il s'agit des forces de préhension manuelle et bidigitale, des vitesses de conduction nerveuse sensitive et motrice, des tests aesthésiométriques étudiant la discrimination tactile entre 2 pointes et les tests de sensibilité tactile aux vibrations. Les questions qui se posent concernent les mérites respectifs de ces techniques pour la détection précoce de TMS.

Pour répondre à ces questions, une étude prospective de 3 ans a été conduite comprenant:

- un questionnaire destiné à documenter l'ensemble des facteurs confondants tels que l'âge, le poids, l'ancienneté, la pratique de sports, le profil psychologique et la survenue de TMS;
- un examen clinique dirigé vers les TMS;
- une analyse de poste avec mesure des angles, force, répétitivité et vitesses;
- la batterie des tests fonctionnels cités ci-dessus.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I. SELECTION DE LA POPULATION

Quatorze postes de travail caractérisés par des niveaux différents de force, de répétitivité et de postures contraignantes pour les poignets ont été choisis. Il s'agit de huit postes pour les hommes et six pour les femmes. Le nombre de postes occupés par les femmes est inférieur, étant donné l'impossibilité de trouver des postes très contraignants où travaillent un nombre suffisamment élevé de femmes.

Le nombre de 8 postes a été choisi au départ de manière à former un plan factoriel à deux niveaux (élevé - faible) pour les trois facteurs de risque professionnels: force, répétitivité et angulations extrêmes des poignets. Par poste de travail, un effectif d'une quinzaine de personnes, représentatif de l'ensemble des travailleurs, a été sélectionné dans le but de garder un effectif minimal de 10 personnes à la fin de l'étude.

Sur 206 personnes sélectionnées, 201 participants ont été retenus sur base d'un examen clinique orienté vers le membre supérieur et destiné à sélectionner les sujets ne présentant au départ aucune pathologie musculosquelettique au niveau des poignets et susceptibles donc d'être observés durant l'étude prospective.

Les 201 personnes et 14 postes de travail ont été rencontrés dans 9 entreprises différentes dont 5 ont participé au volet épidémiologique de l'étude.

Les postes concernent:

- 1.l'assemblage de sièges de voitures (hommes)
- 2.le travail de couture (femmes) dans l'industrie automobile
- 3.le placement d'objets sur des racks de four (hommes)
- 4.le mirage de vitrages de voitures (hommes)
- 5.le travail de boucher (hommes)
- 6.le travail en pâtisserie (hommes et femmes)
- 7.le travail de conditionnement dans l'industrie pharmaceutique (femmes)
- 8.le travail de bureau classique (hommes et femmes)
- 9.le travail d'encodage (hommes et femmes) selon deux techniques.

II. PROTOCOLE D'ETUDE

L'ensemble des travailleurs a été soumis à trois reprises à un an d'intervalle à:

- a.une anamnèse au moyen d'un questionnaire;
- b.un examen clinique orienté vers le membre supérieur;
- c.différents tests fonctionnels et sensitifs dirigés vers le poignet.

Tous les travailleurs ont été convoqués individuellement. L'entretien et les tests se sont déroulés dans un local isolé, calme, à l'écart des différents postes de travail.

Chaque personne fut préalablement informée des objectifs et du déroulement de l'étude, du mode de sélection des participants et de la confidentialité des résultats. Ils ont été laissés totalement libres de participer ou non à l'étude. La majorité des travailleurs a également participé à l'analyse de poste qui a eu pour objectif de quantifier les contraintes de travail au niveau des poignets.

A. Le questionnaire

Le questionnaire utilisé dans le cadre de l'étude prospective est une version raccourcie du questionnaire utilisé lors de l'étude épidémiologique.

Ce questionnaire a été conçu sur base du modèle scandinave (Kuorinka et coll. 1987) et a été rempli lors d'une interview avec un kinésithérapeute.

La version raccourcie du questionnaire comprend un total de 95 questions et reprend celles du questionnaire épidémiologique se rapportant:

- 1.aux caractéristiques personnelles;
- 2.à l'état de santé;

3. aux caractéristiques psychosociales (tabagie, hobbies, sport et état psychologique du travailleur);
4. aux affections lombaires;
5. aux antécédents musculosquelettiques du membre supérieur.

Un certain nombre de questions orientées vers le syndrome du canal carpien ont été rajoutées et concernent:

1. la symptomatologie (présence de paresthésies, gêne dans les activités domestiques et professionnelles, changement de poste, ...);
2. les facteurs de risque extra-professionnels: le caractère héréditaire, hormonal (essentiellement chez la femme, à savoir la ménopause, la grossesse, la prise de contraceptifs), ainsi que l'implication des poignets dans les hobbies (mouvements répétitifs, en force, en amplitudes extrêmes et l'utilisation d'outils vibrants).

B. L'examen clinique

Les taux de prévalence rapportés dans la littérature sont le plus souvent basés sur les plaintes des sujets. Il est généralement plus difficile de comparer les taux de prévalence établis à partir d'examens cliniques, car les méthodes et les critères de diagnostic sont différents et/ou insuffisamment expliqués.

Afin de standardiser l'approche, nous avons entrepris de définir de façon précise les critères de diagnostic pour les pathologies musculosquelettiques des membres supérieurs. Cet examen clinique, qui a fait l'objet d'une publication destinée aux médecins du travail (Cock et Masset 1994) a été conçu sur base d'une revue de la littérature. Ce sont principalement les travaux de chercheurs finlandais qui ont été retenus (Viikari-Juntura 1983; Kroemer 1989; Waris et coll. 1979; Waris 1980). L'étude comparative des pathologies et des critères de diagnostic a permis de retenir, d'une part, une liste de pathologies les plus pertinentes dans le monde du travail et, d'autre part, de proposer des critères de diagnostic nécessaires ou facultatifs. Cette recherche bibliographique a été complétée et affinée par les avis et expériences de deux médecins orthopédistes.

L'examen clinique a eu pour but de cibler les pathologies touchant les structures les plus vulnérables du membre supérieur et de la nuque susceptibles d'être lésées au travail: les articulations, les muscles, les tendons et les nerfs. L'esprit a été de restreindre l'examen aux pathologies les plus rencontrées dans le milieu du travail et de limiter les tests et les examens sophistiqués pour que l'examen clinique puisse s'intégrer dans un examen médical périodique effectué par le médecin du travail. En outre, cet examen a cherché à diagnostiquer les atteintes à un stade relativement précoce.

L'examen clinique d'une durée approximative de 15 à 30 minutes comprend une anamnèse, une inspection des tissus mous du membre supérieur, un examen palpatoire, des tests de mobilité et certaines épreuves spécifiques.

Les pathologies recherchées, par région anatomique, sont les suivantes:

Pour la nuque: l'ostéoarthrose cervicale, le syndrome tensionnel de la nuque (ou tension neck syndrome).

Pour la région du cou: le syndrome du défilé thoraco-brachial.

Pour les épaules: la tendinite de la coiffe des rotateurs, la ténosynovite du long chef du biceps brachial, -l'épaule gelée, -le syndrome de l'articulation acromio-claviculaire.

Pour les coudes: les épicondylites latérale et médiale.

Pour les poignets: les ténosynovites (y compris le doigt en ressort et le syndrome de de Quervain), le syndrome du canal carpien, le syndrome de la loge de Guyon.

C. Les tests fonctionnels et sensitifs

Les tests, au nombre de 5, sont orientés vers le poignet et plus spécifiquement vers la détection du syndrome du canal carpien. Ils ont toujours été exécutés bilatéralement.

Ces tests ont été sélectionnés à nouveau sur base d'une revue de la littérature et de façon à répondre aux critères suivants:

- constituer un outil de détection précoce du syndrome du canal carpien;
- être facilement applicables en entreprise et donc être transportables;
- être rapides afin de répondre aux contraintes temporelles imposées par les entreprises.

1. Mesurage des forces

La force de préhension globale ou "grasp" est mesurée à l'aide d'un dynamomètre hydraulique de type JAMAR, modèle PC 5030 J1. Cet effort est effectué avec le bras le long du corps, l'avant-bras à l'horizontale, le coude fléchi à 90°, le poignet en position neutre et le dynamomètre, dont la poignée est réglée au deuxième cran, dans la main (Mathiowetz 1990). L'effort demandé est un effort progressif pour atteindre le maximum que le sujet maintient quelques secondes. Un encouragement verbal accompagne les quatre essais effectués dont les trois derniers sont moyennés. La force de préhension globale est exprimée en kg sur une échelle allant de 0 à 90 kg.

La force de préhension digitale ou "pinch" est mesurée à l'aide d'un dynamomètre hydraulique de type JAMAR pinch gauge, modèle PC 5030 HPG.

Cet effort est effectué avec le bras le long du corps, l'avant-bras à l'horizontale en supination avec la jauge de force entre l'index et le pouce. Les trois autres doigts sont maintenus fléchis et le dynamomètre est porté par le kinésithérapeute afin que le sujet n'ait qu'à exercer progressivement son effort de prise bidigitale. La force moyenne de trois essais est également exprimée en kg.

2. Mesurage des angulations du poignet

Les mesurages des angulations du poignet ont été réalisés à l'aide d'un goniomètre électronique PENNY & GILES, type M110, qui donne un signal électrique proportionnel au mouvement angulaire. Le goniomètre est constitué de deux jauges de contrainte montées dans un câble extensible entre deux masselottes à fixer sur la main et l'avant-bras. Cet ensemble est relié à son tour à un moniteur digital qui permet la lecture immédiate de la valeur de l'angle de déviation. Le goniomètre permet de mesurer les angles de déplacement des poignets dans les deux axes de mouvement, c.à.d. les déviations radio-cubitales et les flexions-extensions. La gamme d'angulations va de 0 à 180° par axe de mouvement. La précision des mesures est de l'ordre du degré.

Les mesurages s'effectuent chez un sujet en position assise dont l'avant-bras repose en pronation sur une table. L'examineur étalonne le goniomètre avant d'installer une masselotte sur le troisième métacarpien et l'autre dans l'alignement sur l'avant-bras. Une fois le goniomètre installé, les valeurs de départ (celles correspondant donc à la neutralité articulaire) sont notées. Ensuite, on demande au sujet de déplacer la main dans l'axe radio-cubital, ainsi que dans l'axe de flexion-extension, au maximum de chaque capacité articulaire. Les valeurs affichées sont notées et corrigées selon l'étalonnage de départ. Le test est appliqué à gauche et à droite et les valeurs obtenues sont comparées avec les valeurs de référence.

3. Mesurage du seuil aesthésiométrique

Le seuil aesthésiométrique ou le mesurage de la distance de discrimination de deux pointes est effectué au moyen d'un aesthésiomètre LAFAYETTE comprenant une échelle de 0 à 13,5 cm, avec une précision de 0,5 mm.

Le sujet est invité à s'asseoir et à déposer le dos de la main sur la table, en écartant les doigts. L'examineur ajuste la distance entre deux pointes et dépose l'appareil, avec son propre poids de 25 g environ, sur la pulpe de l'extrémité du doigt. A chaque fois, le sujet, en aveugle, doit dire s'il ressent une ou deux pointes de contact. La stimulation est appliquée sur la pulpe du majeur et de l'auriculaire de chaque main, afin d'opérer une distinction entre les nerfs médian et cubital. Pour standardiser l'administration du test, on part systématiquement d'une distance de 3 mm qui est augmentée ou diminuée progressivement, à raison de 0,5 mm, jusqu'à arriver au seuil aesthésiométrique, c.à.d. à la distance minimale où l'application des deux pointes de stimulation sur la peau est ressentie distinctement. La distance retenue comme seuil est donc celle pour laquelle le sujet ressent 3 fois sur 3 de façon positive les deux pointes.

4. Mesurage du seuil de perception des vibrations

Le mesurage de la sensibilité aux vibrations a été effectué à l'aide d'un audiomètre Madsen Micromate 64 modifié quant aux fréquences générées et dont les écouteurs ont été remplacés par un exciteur. Cet exciteur est muni d'une tige filetée d'une section de 5 mm⁵ qui exerce une pression constante égale à 20 grammes sur la pulpe du doigt. Sa fonction est de transmettre la stimulation vibratoire. L'audiomètre a une gamme dynamique de 50 à 160 dB et a été modifié pour générer les basses fréquences de 8, 16, 31,5, 63, 125, 250 et 500 Hz.

Le sujet s'installe en position assise et dépose le bras sur la table d'évaluation. Cette table présente un orifice permettant le contact entre la pulpe du doigt et l'exciteur. Le sujet doit placer l'extrémité du doigt sur la tige. Cette position étant maintenue par le sujet, l'examineur envoie des sollicitations vibratoires à 31,5, 63, 125 et 250 Hz. Tout comme lors d'un examen audiométrique, l'examineur modifie l'intensité du signal en vue de déterminer

le seuil de sensibilité pour les différentes fréquences. En réponse, le sujet est invité à pousser, avec sa main libre, sur un bouton donnant un signal lumineux. Le sujet doit pousser le bouton pendant tout le temps qu'il perçoit la vibration et le relâcher lorsqu'il n'a plus de sensation. Le seuil de perception est déterminé par le niveau de vibration le plus faible auquel le sujet perçoit par trois fois consécutives la vibration.

Le test exigeant beaucoup de concentration, on demande au sujet de mettre des coquilles pour s'isoler du bruit et de fermer les yeux. On le place face à une surface pauvre en stimulations visuelles (par ex. face à un mur) de façon à être vu par l'examineur, sans que lui-même puisse suivre les manipulations réalisées par l'examineur.

Le test a été appliqué systématiquement sur les troisième et cinquième doigts de chaque main (tact. maj. et tact. aur.), afin de pouvoir comparer les valeurs pour les nerfs médian et cubital de façon bilatérale.

L'appréciation des valeurs obtenues peut être faite de deux façons différentes:

- .en comparant chaque seuil individuel à la valeur de sensibilité considérée comme normale selon la littérature;
- .en faisant une somme pondérée à partir des seuils les plus représentatifs du vibrogramme, c'est-à-dire des seuils à 63, 125 et 250 Hz.

L'expression que nous avons utilisée est:

$$I(dB) = \frac{(I(I_{63}) + 2(I_{125}) + I(I_{250}))}{4}$$

Un poids double a donc été attribué à 125 Hz qui est la fréquence où apparaissent les premières modifications en cas de syndrome du canal carpien.

5. Mesurage du temps de latence moteur

Le mesurage de la vitesse de conduction nerveuse a toujours été le test de référence pour diagnostiquer le syndrome du canal carpien, mais il s'avère difficilement réalisable en entreprise. Aussi a-t-il été décidé de mesurer le temps de latence moteur (TLM) grâce à un stimulateur portable. Le mesurage est effectué à l'aide d'un électroneuromètre digital Nervepace Neutron Medical, modèle S100. Cet appareil portable, réglable en intensité et en sensibilité envoie à l'aide d'un stimulateur une stimulation de 0,5 milliseconde.

Durant le test, le sujet est invité à s'asseoir et à poser le bras sur la table. La peau est nettoyée avec de l'alcool pour enlever la graisse et faciliter la mise en place des électrodes de surface. L'électrode de référence est placée sur le dos de la main, tandis que les deux électrodes de réception sont, soit placées sur le trajet du court abducteur du pouce, soit sur le trajet de l'abducteur de l'auriculaire. L'application de la stimulation électrique est faite au moyen de deux électrodes métalliques qui sont placées au-dessus du nerf médian ou cubital selon le nerf visé, à 3 cm du pli de flexion distale du poignet, donc avant le passage par le canal carpien ou la loge de Guyon respectivement. Du gel pour électrode de stimulation est appliqué à cet endroit pour réduire la résistance de la peau. L'intensité de la stimulation est progressivement augmentée jusqu'à produire une contraction franche du muscle. Dans cette condition, le lecteur digital affiche le temps de latence moteur exprimé en millisecondes, avec une précision de mesurage de 0,1 ms. Une moyenne est calculée à partir de 5 valeurs n'ayant pas une différence supérieure à 0,2 ms.

III. L'ANALYSE DE POSTE

Parallèlement au suivi prospectif, une analyse aux postes de travail a été effectuée afin de quantifier et de caractériser les contraintes professionnelles imposées aux travailleurs.

L'étude de ces contraintes a été restreinte aux poignets et aux principaux facteurs professionnels cités dans la littérature (Thompson et Phelps 1990; Bleecker 1986; Kroemer 1989; Joseph 1989; Putz-Anderson 1988; Silverstein et coll. 1986, 1987, Pelmeur et coll. 1992) à l'origine des troubles musculosquelettiques et plus spécifiquement du syndrome du canal carpien (SCC). Ces facteurs d'exposition professionnelle sont:

- la force manuelle,
- les angulations du poignet,
- la répétitivité gestuelle.

Pour effectuer l'analyse de ces principaux facteurs, le sujet est équipé de goniomètres Penny and Giles et

d'électrodes de surface au niveau des avant-bras.

Avant d'équiper le sujet, les différents appareils sont étalonnés près du poste de travail, afin d'inclure l'effet éventuel des conditions climatiques (en particulier chez les bouchers).

A. Etalonnage des goniomètres

Les goniomètres sont ensuite placés sur les deux poignets comme expliqué précédemment. Ils sont reliés à un enregistreur FM TEAC HR30G. Ainsi seront enregistrés en continu des mouvements des poignets réalisés dans les axes de déviations radio-cubitales et de flexion-extension. L'étalonnage consiste à enregistrer les signaux correspondant aux angles de référence de 0°, +90° et -90°, pour chaque canal. On mesure de plus les angles de déplacements maximaux des poignets au moyen du lecteur digital utilisé lors de l'examen fonctionnel. Ceci permettra d'exprimer les angulations observées au poste de travail en pourcentage des angulations maximales.

B. Etalonnage du Muscle-Tester ME3000

L'activité musculaire est enregistrée à l'aide d'un data logger portable ME3000 Muscle Tester qui permet l'enregistrement de la contraction de deux groupes musculaires, en continu et en même temps. L'activité électrique est captée à l'aide de trois électrodes de surface appliquées sur la peau préalablement nettoyée à l'alcool. La première électrode, de masse, est fixée sur l'épitrachée. Les deux autres sont placées sur la face antérieure de l'avant-bras au niveau du muscle grand palmaire. Ces deux dernières électrodes sont fixées sur le tiers proximal de l'avant-bras, sur une trajectoire oblique qui relie l'épitrachée à la moitié du poignet lorsque l'avant-bras est placé en supination.

L'étalonnage est ensuite réalisé pour déterminer la relation EMG-Force (kg). Cet étalonnage a lieu au cours d'un test d'effort, réalisé à l'aide du dynamomètre de force utilisé lors de l'examen fonctionnel. Un effort de préhension maximal constant de 10 secondes est demandé au sujet. Trois efforts, séparés par deux minutes de récupération, sont réalisés afin d'établir une moyenne de la force maximale développée, en kg et en iv. Le ME 3000 amplifie, filtre le signal électrique, puis calcule la valeur RMS (Root Mean Square) ou valeur efficace en iv. L'EMG enregistre le signal moyenné toutes les secondes. L'étalonnage précédant l'observation a permis d'exprimer cet EMG en valeur relative.

C. Protocole de mesurage

Le sujet est appareillé et les câbles (goniomètres et EMG) sont reliés aux différents appareils (EMG, enregistreur FM, alimentation et amplification).

Tous ces appareils sont placés, au moyen d'une ceinture, dans le dos du travailleur, afin de gêner le moins possible l'exécution du travail. Après équipement, la personne est suivie à son poste de travail où elle effectue sa tâche journalière.

Pendant toute la période d'analyse, l'examineur note les changements de cycle ou d'opération, l'heure et la durée de chaque cycle et des observations générales. La durée d'analyse est déterminée selon la nature du travail et sera précisée pour chaque poste dans la section décrivant ces postes: l'enregistrement a eu lieu pendant 2 ou 3 cycles de travail au minimum.

Au départ, il avait été projeté de suivre quelque trois travailleurs par poste de travail, à deux reprises, dans le but de définir les contraintes moyennes ainsi que les différences inter et intraindividuelles.

Une analyse globale de poste par observation a été effectuée chez quelques travailleurs pour trois postes de travail. L'analyse comprenait une évaluation des postures (de la nuque, des différentes articulations du membre supérieur et du tronc), des forces utilisées et de la répétitivité. L'analyse a fait l'objet d'un travail de fin d'études (Dutra Leao 1994) qui a montré qu'il n'existait pas de différences intraindividuelles entre matin et après-midi, ainsi que d'un jour à l'autre, hormis lors des changements de type de travail. Une observation par travailleur semblait dès lors donner des résultats satisfaisants.

Les premières analyses, exploitées dans le travail de fin d'études de Amaral Gonçalves (1992), ont montré par contre qu'il y avait de grandes variations interindividuelles entre les personnes effectuant un même travail. C'est pourquoi, dans la mesure du possible, il a été décidé de suivre l'ensemble des personnes participant à l'étude. Etant donné l'investissement temporel des analyses de postes, elles ont été échelonnées sur les deux années de

l'étude prospective.

D. Analyse des enregistrements

Les données ont ensuite été analysées en laboratoire. Les étapes de l'analyse, assez complexe, ont été les suivantes:

- transfert des données de l'EMG sur ordinateur;
- acquisition et moyennage des signaux des enregistrements des angles en fonction du temps, ainsi que des signaux d'étalonnage initiaux. L'échantillonnage angulaire a été effectué à raison de 10 points par seconde. Pour arriver à la même base de temps que le signal myoélectrique, une moyenne a été calculée toutes les secondes.
- encodage des caractéristiques et des performances des travailleurs (FMV, angulations maximales, ...);
- vérification de la cohérence des analyses, des pertes de signaux, des fluctuations, ...;
- dépouillement des données après délimitations des intervalles à analyser;
- impression des résultats par sujet et gestion des différents fichiers.

Selon Marras et Schoenmarklin (1991), la vitesse et l'accélération des mouvements des poignets discriminent assez bien les différents postes quant au risque de développement du syndrome du canal carpien. L'analyse a dès lors inclus le calcul de la vitesse du mouvement, en dérivant le signal angulaire enregistré lors de l'analyse de poste.

Les facteurs considérés comme étant représentatifs de la contrainte biomécanique des poignets ont été les suivants.

Pour la force:

- la force utilisée en moyenne par le travailleur et exprimée à partir de l'enregistrement EMG, en valeur relative (en pourcentage du signal EMG maximal développé lors de l'étalonnage);
- le pourcentage de temps pendant lequel le sujet a travaillé avec une force supérieure à 20% de l'EMGmax (Putz-Anderson 1988).

Pour les angulations du poignet.

- l'angle moyen adopté par le travailleur:
 - .en déviations radiales (m. rad.), cubitales (m. cub.), en extension (m.ext.) et en flexion (m. flex.)
 - .pour les deux axes de mouvement, radio-cubital (m.radcub) et flexion-extension (m. flexExt.)
 - .en relatif (en % de l'angle de déplacement maximal individuel);
- le pourcentage de temps pendant lequel le sujet a travaillé dans des angulations dépassant certains seuils préétablis:
 - .pour les déviations radiales, cubitales, en extension et en flexion
 - .pour les deux axes de mouvement: en radio-cubital et flexion-extension
 - .pour les axes de mouvement combinés: radio-cubital ou flexion-extension
 - .pour les axes combinés et une force supérieure à 20% de la FMV.

Les seuils correspondent à des angles limites au delà desquels l'amplitude de mouvement est considérée comme extrême et susceptible d'engendrer certains dommages (Armstrong 1986), tels que le syndrome du canal carpien. Ces limites ont été fixées à 50% des déviations radio-cubitales maximales et à 65% des flexions-extensions maximales développées par le travailleur lors de l'étalonnage des goniomètres. Ces seuils ont été choisis d'après des limites décrites par Armstrong (1986) (égales à 9° en déviation radiale, 19° en déviation cubitale et 45° pour les angles de flexion-extension), rapportées aux angulations maximales moyennes développées par les travailleurs lors de la première campagne de mesures fonctionnelles. Ceci a permis d'utiliser des seuils en terme de "pourcentage d'une valeur maximale individuelle" et non plus de constantes préétablies.

Pour la répétitivité:

- le nombre de changements d'état par unité de temps (min)

- .pour l'axe de déviation radio-cubitale
- .pour l'axe de flexion-extension
- .pour la force
- .pour les deux axes combinés (radio-cubital ou flexion-extension)
- .pour ces deux axes et la force.

Le changement d'état peut avoir lieu en angulations comme en force. Il correspond au passage d'une angulation extrême, c.à.d. supérieure aux limites décrites ci-dessus, à une angulation plus neutre ou vice versa, ou au passage d'une force inférieure à 20% de la FMV (force maximale volontaire) à une force supérieure ou vice versa.

Pour la vitesse:

- la vitesse moyenne du mouvement
- .pour les déviations radiale, cubitale, en flexion et en extension;
- .pour les axes de mouvement en déviation radiocubitale et de flexion-extension;
- le pourcentage de temps pendant lequel la vitesse du mouvement dépasse certains seuils préétablis. Les seuils ont été calculés sur base de l'étude menée par Marras et Schoenmarklin (1991), qui présente des vitesses moyennes de mouvement, dans les deux axes, chez des travailleurs occupant des postes à haut risque et quasi sans risque de SCC. Une valeur intermédiaire a déterminé le premier seuil de discrimination entre les postes à haut risque des autres: ce seuil a été fixé à 90°/s pour la vitesse en déviation radio-cubitale et à 150°/s pour la vitesse en flexion-extension. Un second seuil a été adopté pour affiner la discrimination: 30°/s et 50°/s respectivement pour les deux axes de mouvement précités.

IV. LES POSTES DE TRAVAIL

A. Chargement de racks de four dans une industrie de composants céramiques

Il s'agit d'un travail très répétitif qui consiste à prendre les pièces en céramique pour les déplacer d'un chariot au rack d'un four. Les travailleurs chargent environ 3600 pièces par jour. Les conditions de travail sont variables en fonction de la forme des pièces (ronde, ovale, ...), du nombre de pièces à prendre (seule ou deux pièces superposées) et de leur poids (entre 200 g et 1300 g). Ces pièces sont à déposer sur des "fonds" préalablement placés sur les différents étages du rack de chargement. Le travail, effectué par des hommes, demande une certaine précision.

Le train de chargement comprend 4 étages: les étages du milieu (#2 et #3) ne posent pas de problème majeur; par contre, les étages extrêmes (#1 et #4) ajoutent à l'exécution de la tâche une contrainte posturale. L'étage #1, fort bas, demande la flexion du tronc; l'étage #4, fort haut, exige des travailleurs de monter sur une marche pour y accéder.

Il s'agit d'un travail en position debout qui requiert des mouvements répétitifs et de grandes amplitudes au niveau des épaules, des coudes et des poignets et, de façon moins importante, du tronc.

L'organisation du travail ne prévoit pas de système de rotation de postes, alors qu'il a été montré qu'il s'agit d'une des stratégies les plus faciles à adopter lorsqu'on cherche à diminuer l'exposition à une situation contraignante.

La durée de l'analyse de poste a été de 35 à 45 minutes, pendant lesquelles les travailleurs ont chargé à peu près 140 pièces par étage. Les quatre étages ont été analysés.

B. Encodage de virements

Il s'agit d'un travail en position assise consistant en l'encodage de virements sur terminal d'ordinateur. La contrainte biomécanique de la tâche présente une légère variation suivant le système d'encodage utilisé. Deux systèmes ont été observés.

Premier système: poste d'encodage classique; manipulation manuelle systématique des virements. L'écran est mobile, le clavier est déposé sur une table fixe et le siège est réglable.

Deuxième système: la manipulation des virements est sporadique. Il s'agit d'un système automatique de roulement des virements: l'employé charge la machine (avec un bloc de virements), les virements "circulent", un à un, entre le clavier et l'écran; puis, une fois que le bloc a été encodé, l'employé le remplace par un autre. L'encodage dans ce cas est partiel et principalement numérique, étant donné une lecture optique préalable des virements. Le plan de

travail est réglable en hauteur, l'écran est mobile et le siège réglable.

La cadence de travail est un peu plus élevée dans le deuxième système que dans le premier; en moyenne 150 par rapport à 130 virements par heure. Les mouvements répétitifs au niveau des doigts constituent la condition la plus contraignante de ce poste. La main droite est beaucoup plus sollicitée que la gauche du fait qu'il s'agit principalement de données numériques.

Ce poste occupe des hommes et des femmes. L'analyse de poste a duré au total 30 minutes. Elle a compris 15 minutes d'analyse sur le premier système et 15 minutes sur le second système.

C. Boucherie

Il s'agit du découpage des quartiers (avants et arrières) de viande de boeuf.

Cette tâche étant bimanuelle, la contrainte biomécanique est importante à gauche comme à droite. La main droite fait la découpe et le désossement. A la contrainte statique due à la prise de l'outil de coupe, s'ajoute la contrainte de force et les mouvements extrêmes du poignet. Lors du travail au crochet, l'abduction ou flexion de l'épaule dépassent souvent 90°. La main gauche exerce quant à elle un travail de traction presque continu (pour arracher la viande de l'os), dont l'exigence en force est importante.

Le travail se fait en position debout; le plan de travail a été réglé en hauteur mais l'espace de travail, d'environ 1 m⁵, est assez restreint. En moyenne, chaque travailleur découpe 8 quartiers de viande par jour, à raison d'environ 45 minutes par quartier.

Les bouchers sont des hommes.

Pour l'analyse de poste, on a suivi le travail des bouchers pendant environ 1h30, c.à.d. pendant la découpe de deux quartiers.

D. Chargement et déchargement de lignes dans l'industrie du verre

Il s'agit du chargement et du déchargement des vitres de voiture à l'entrée et à la sortie d'un four de trempage. Le poids des vitres est d'environ 3 kg.

Le chargement consiste à prendre les vitres déposées verticalement sur un chariot et à les déposer horizontalement sur un tapis roulant. Le déplacement de la vitre demande au niveau des poignets des mouvements de grandes amplitudes et répétitifs. La cadence est de quelque 6 vitres par minute.

Le déchargement consiste à prendre la vitre sur le tapis roulant à la sortie du four et à la déposer horizontalement sur le chariot de stockage, après avoir effectué un contrôle visuel. Pour le contrôle visuel, le travailleur doit exposer la vitre devant une lampe d'éclairage afin de détecter les éventuels défauts. La lampe étant à quelque 2,5 m par rapport au sol, le travailleur doit soulever la vitre au-dessus du niveau des épaules.

Le travail est effectué en position debout avec peu de déplacements. Toutes les 2 heures, les travailleurs (du sexe masculin) changent du poste de chargement au poste de déchargement et vice versa.

L'analyse de poste a été effectuée pendant 15 minutes au chargement et 15 minutes au déchargement de la ligne.

E. Couture de housses et coussins de sièges de voiture

Le travail consiste à coudre les différentes pièces de tissus et à y introduire les profils métalliques ou en PVC afin de former la housse. Il s'agit d'un travail en position assise dont la main gauche est très sollicitée pour la manipulation des tissus. Elle doit exercer une force importante au niveau des doigts surtout lorsqu'il faut fixer le profil. Cette tâche exige fréquemment des prises digitales et, de temps en temps, l'utilisation de ciseaux. Le temps du cycle (confection de l'ensemble des housses pour une voiture) varie entre 15 et 20 minutes. Les femmes ont un nombre déterminé de housses à coudre par jour.

Suite à des restructurations et pour des raisons économiques, ce poste a, à ce jour, disparu. Les femmes ont, soit quitté volontairement l'usine, soit été déplacées dans d'autres ateliers.

F. Sellerie

Le travail consiste à assembler des sièges pour voiture et à recouvrir ceux-ci des housses provenant de la coupe couture. Quatre postes de travail ont été choisis et les tâches à effectuer sont les suivantes:

- . placement de 4 tringles métalliques sur l'envers de la housse;
- . fixation via ces tringles de la housse sur la mousse;

- . retournement de la housse;
- . placement du support métallique du fond;
- . agrafage de la housse sur le support.

Les quatre postes se distinguent par le type de voiture, la pièce assemblée (siège ou dossier) et par la taille des pièces:

poste 1: assemblage des dossiers arrières, modèle A,

poste 2: sièges arrières, modèle A,

poste 3: sièges arrières, modèle B,

poste 4: dossiers arrières, modèle B.

Les hommes changent de poste de travail toutes les semaines.

Le travail est effectué en position debout et requiert de fréquents efforts de pincement et de traction au niveau des doigts, de même que des mouvements du poignet de grandes amplitudes. Sporadiquement, les travailleurs utilisent la paume de la main comme un marteau, ce qui entraîne un risque de lésion important pour les structures de la main et du poignet.

Ce poste a également disparu de l'entreprise pour les raisons évoquées pour le poste de couture.

L'analyse de poste a duré 1 heure. Les hommes ont été suivis pendant 15 minutes à chaque poste de travail.

G. Conditionnement des produits pharmaceutiques

Trois lignes de production ont fait l'objet de cette étude:

Ligne #1: emballage des bidons dans des caisses de carton

.poste 1: chargement de la ligne (chaque bidon pèse 2,5 litres et les travailleuses prennent en général 2 bidons dans chaque main). Ce poste occupe une femme.

.poste 2: mise des bidons en caisse, effectuée par 2 ou 3 femmes. Chaque caisse contient 4 bidons. La fermeture de la caisse se fait également à ce poste.

.poste 3: étiquetage et mise des caisses sur palette (chaque caisse pèse environ 10 kg; la palette n'est pas réglable en hauteur, ce qui entraîne une contrainte additionnelle pour le dos). Tâche réalisée par une ou deux femmes. Les bidons emballés varient d'un demi litre à 10 litres. Les bidons de 2,5 litres sont néanmoins les plus fréquents.

La cadence est de quelque 4800 bidons par jour. Quatre à six personnes travaillent sur la ligne en tournant toutes les 20 minutes, c.à.d., tous les 200 bidons environ. L'organisation du travail a prévu un système de rotation tel que chaque équipe se trouve une semaine sur deux sur cette ligne, considérée comme la plus contraignante.

Ligne #2: mise en boîte des petits flacons (vaccins)

.poste 1:chargement de la ligne (flacons) effectué par une personne,

.poste 2:dépliage de la boîte en carton et mise de 20 flacons par boîte. Deux personnes y travaillent et s'occupent également du poste 3.

.poste 3:introduction de la posologie et fermeture de la boîte,

.poste 4:mise d'étiquettes et mise des boîtes dans des containers en frigolite pouvant contenir 48 lots de 20 flacons.

Quatre personnes travaillent sur cette ligne. Les postes exigent la station debout. La cadence est beaucoup plus importante qu'à la ligne 1.

Ligne #3: emballage de produits divers (p.e. seringues, flacons)

.poste 1:dépliage du carton et mise des lots préemballés de flacons ou de seringues dans le carton,

.poste 2:mise de la posologie et fermeture du carton,

.poste 3:étiquetage et mise des cartons en boîte et sur palette.

Quatre personnes travaillent sur cette ligne, toutes en position assise. La cadence est aussi importante que sur la ligne 2.

Les temps d'analyse ont été de 1 h 45. Pour chaque ligne, les différents postes ont été analysés pendant une dizaine de minutes.

H. Encodage et mise à jour des dossiers dans le secteur bancaire

Deux postes de travail ont été sélectionnés:

- Poste #1:** il s'agit de l'encodage de bulletins de versement. Les employés, dans ce cas des femmes, sont assises devant un terminal d'ordinateur et encodent manuellement des blocs de plusieurs bulletins de façon très répétitive. Aucun rythme de travail n'est imposé.
- Poste #2:** encodage et traitement de dossiers. Des hommes effectuent à ce poste un travail beaucoup plus varié. L'encodage sur l'ordinateur ne se limite pas à la transcription des données numériques, mais à la consultation et au traitement de certains dossiers.

L'analyse a duré 35 à 45 minutes.

I. Pâtisserie

L'atelier de pâtisserie peut être subdivisé en trois parties. Il comprend:

- une ligne de production spécialisée dans la préparation de gâteaux, de mokas, de bûches de fin d'année, etc...
- une ligne de production spécialisée dans la garniture de tartes, la fabrication de pâtisseries telles que les éclairs, les cornets, les merveilleux, les carrés à la confiture, le conditionnement ainsi que la mise sur palettes des produits emballés;
- un atelier où le travail est varié: il s'agit de la préparation des pâtes, de la cuisson et du conditionnement de ces pâtes à tarte, à éclairs et feuilletée.

On distingue deux types de travailleurs: les pâtissiers (des hommes) et les "manoeuvres" (des hommes et des femmes).

Les postes à la **ligne de gâteaux** sont les suivants:

- poste #1:** disposition du gâteau cake sur un biscuit préalablement enrobé de sirop. Le tout est déposé sur la ligne (une femme);
- poste #2:** enrobage de chocolat, de moka ou de crème (pâtissiers);
- poste #3:** découpe du gâteau en parts égales (ex.: petites bûches) (une femme);
- poste #4:** enrobage de crème sur les côtés du gâteau (2 personnes);
- poste #5:** garniture sur le gâteau (1 à 2 femmes);
- poste #6:** conditionnement individuel des gâteaux. Ce poste, occupé par 2 femmes, se trouve en bout de ligne, à la sortie du congélateur. Le froid y est une contrainte supplémentaire. Ces gâteaux sont rassemblés dans des cartons et mis sur palettes.

Les postes à la **ligne des tartes** suivent le plus souvent la séquence suivante:

- poste #1:** dépose des emballages vides sur la ligne, ainsi qu'un fond en papier par emballage;
- poste #2:** dépose des tartes dans les emballages;
- poste #3:** fermeture des emballages de plastique qui passent sous l'étiqueteuse automatique;
- poste #4:** superposition des emballages dans des caisses à empiler sur des palettes.

C'est le travail effectué par les manoeuvres.

Les pâtissiers ont été suivis pendant la fabrication des merveilleux, le travail de garniture de crème fraîche à la poche, ...

Pour ces deux premières lignes le personnel change de poste après chaque pause, c.à.d. trois fois par jour.

En atelier, chaque travailleur effectue un travail bien précis, entre autres:

- cuisson de la pâte (entrée et sortie de racks du four),
- disposition des fonds de tarte à l'entrée de la ligne de congélation,
- emballage de ces fonds surgelés dans des caisses,

-coulée de la pâte des éclairs.

Les temps d'analyse ont varié de 45 à 60 minutes.

Les contraintes biomécaniques sont, grosso modo, les mêmes pour les trois types de travail: position debout permanente, mouvements répétitifs et de grandes amplitudes au niveau des poignets. Pour les pâtisseries, la contrainte en force est plus importante lors du travail à la poche.

J. Travail de bureau

Il s'agit d'un travail administratif qui comprend les tâches suivantes:

.traitement de dossiers,

.encodage sur l'ordinateur ou par écrit,

.communications téléphoniques avec des clients et avec d'autres services internes,

.expédition du courrier, etc...

Le travail peut être considéré comme un travail assez varié où, a priori, la contrainte biomécanique au niveau des membres supérieurs est faible. Cette condition nous a amené à prendre ce poste de travail comme poste de référence.

L'analyse a porté sur 45 minutes. Ce poste est occupé par des hommes et des femmes.

V. LE TRAITEMENT DES DONNEES

Les données et les résultats de l'étude prospective seront dans la suite de ce rapport présentés en trois parties successives.

La première partie reprendra les résultats de la première année, dans le but de caractériser la population participant au volet prospectif, de présenter les prévalences des plaintes des membres supérieurs et l'état fonctionnel des 201 travailleurs initialement sélectionnés.

Il s'agira donc essentiellement d'une analyse descriptive des données du questionnaire, des examens clinique et fonctionnels.

La deuxième partie concernera exclusivement l'analyse des contraintes aux postes de travail. Chaque poste sera décrit quantitativement pour les contraintes professionnelles décrites précédemment. L'ensemble des résultats sera globalisé et les postes classés.

Le troisième et dernier volet de l'étude reprendra les résultats de l'analyse prospective proprement dite. Il s'agira de déterminer le nombre de personnes développant des troubles musculosquelettiques pendant les douze derniers mois sur une période de deux ans. Dans un premier temps, les taux d'incidence des plaintes seront déterminés pour la nuque, les épaules, les coudes et les poignets. Ensuite, grâce à différents modèles de régression logistique, l'apparition des troubles musculosquelettiques au niveau des poignets sera étudiée en fonction des données du questionnaire, des contraintes imposées par le poste de travail et de l'état fonctionnel antérieur du travailleur.

Le but final est de permettre l'ébauche d'un modèle multivarié de prédiction du risque d'atteinte musculosquelettique au niveau des poignets.

CHAPITRE III

RESULTATS DE L'ETUDE TRANSVERSALE

I. LA POPULATION ET SES CARACTERISTIQUES

A. Effectif et caractéristiques personnelles

Un total de 201 personnes (109 hommes et 92 femmes) ont participé à la première campagne de mesurages. Ces 201 travailleurs sont répartis parmi les 14 postes de travail qui totalisent, chacun, une quinzaine de personnes. L'effectif est cependant moindre pour 3 postes (la boucherie, le secteur pharmaceutique et celui de composants céramiques) où la population active, sans troubles musculosquelettiques au niveau des poignets, est limitée à quelque 10 personnes.

Les tableaux 5 et 6 présentent les moyennes d'âge, d'ancienneté en entreprise et au poste, de taille et de poids de l'échantillon, dans sa globalité, par sexe et par poste.

TABLEAU 5

Caractéristiques moyennes d'âge, d'ancienneté, de taille et de poids de l'échantillon total et par sexe (moyennes et écarts types)

	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	Ancienneté en entreprise (ans)	Ancienneté au poste (ans)
Global (n=201)	36,5(7,5)	70,1(14,8)	169,3(9,1)	14,9(8,0)	9,7(7,7)
Hommes (n=109)	36,5(7,3)	77,3(14,0)	174,6(7,5)	14,7(7,7)	9,2(7,2)
Femmes (n=92)	36,4(7,8)	61,6(10,7)	162,9(6,4)	15,0(8,4)	10,3(8,2)

TABLEAU 6

Caractéristiques moyennes d'âge, d'ancienneté, de poids et de taille par poste de travail (moyennes et écarts types)

Postes de travail	n	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	Ancienneté en entreprise (ans)	Ancienneté au poste (ans)
1.Hommes du tertiaire	15	39,1(4,0)	73,4(9,1)	173,7(9,2)	15,6(2,8)	15,3(3,1)
2.Femmes du tertiaire	16	39,1(5,7)	60,4(10,1)	164,4(6,1)	18,8(6,2)	18,0(6,5)
3.Hommes du secteur bancaire	13	42,2(6,0)	76,6(20,0)	173,4(6,6)	22,1(5,0)	17,7(9,8)
4.Femmes du secteur bancaire	17	43,2(6,0)	61,1(8,5)	160,8(7,7)	24,4(6,1)	16,4(11,1)
5.Hommes encodeurs	15	37,3(1,8)	75,3(10,9)	173,9(5,7)	18,0(2,4)	4,1(1,4)
6.Femmes encodeuses	16	38,2(1,3)	61,4(11,8)	162,1(6,6)	19,0(2,3)	4,5(1,7)
7.Industrie des composants céramiques (hommes)	11	30,6(8,7)	73,9(13,5)	177,0(9,9)	7,8(8,8)	2,3(2,1)
8.Industrie du verre (hommes)	13	31,4(9,3)	78,5(8,1)	173,1(9,7)	9,4(7,3)	3,9(2,5)
9.Secteur pharmaceutique (femmes)	9	37,4(9,6)	60,8(10,8)	162,6(6,1)	13,9(5,7)	10,9(5,6)
10.Couture (femmes)	18	28,4(6,0)	60,1(8,5)	164,1(5,7)	5,4(3,6)	4,9(3,7)
11.Femmes dans l'atelier de pâtisserie	16	33,1(7,3)	65,6(14,5)	163,4(5,8)	8,5(5,2)	7,5(4,7)
12.Hommes pâtisseries	16	39,1(6,5)	76,0(11,9)	174,9(5,5)	14,8(10,9)	9,3(6,4)
13.Sellerie (hommes)	15	30,8(2,7)	78,5(11,8)	174,2(5,1)	10,3(3,0)	9,7(2,8)
14.Bouchers (hommes)	11	41,4(6,5)	88,3(22,6)	177,8(8,8)	19,6(4,3)	10,1(8,0)

L'âge

Les sujets sont âgés de 18 à 58 ans avec une moyenne égale à $36,5 \pm 7,5$ ans. Le tableau 5 montre qu'il n'y a pas de différence d'âge entre hommes et femmes. Par contre, il ressort du tableau 6 qu'il y a des différences d'âge importantes entre les 14 postes de travail. On remarque entre autres que les personnes plus âgées font partie des secteurs tertiaire (administratifs) et d'encodage. Les bouchers et les pâtisseries sont également plus âgés que la moyenne de la population.

L'ancienneté

L'ancienneté moyenne dans l'entreprise est environ de 15 ± 8 ans alors qu'au poste de travail actuel elle est de 10 ± 8 ans.

Les mêmes observations peuvent être faites qu'en ce qui concerne l'âge. En effet, l'ancienneté est fortement corrélée avec l'âge des travailleurs.

On observe toutefois, dans le secteur de l'encodage, une grande différence entre l'ancienneté en entreprise et celle au poste de travail actuel, créé lors de l'achat de nouvelles machines d'encodage il y a 4 ans environ: l'encodage, au départ entièrement manuel, s'est vu limité dès lors à l'utilisation du clavier numérique du fait de l'apparition de la lecture optique.

Le poids

Le poids des sujets oscille entre 40 et 130 kg avec une moyenne égale à $70,1 \pm 14,8$ kg. Il existe une forte différence entre hommes et femmes qui pèsent respectivement 77 ± 14 kg et 62 ± 11 kg. Les différences observées entre les postes de travail (tableau 6) sont plutôt un effet du sexe que du poste lui-même.

La taille

La taille des travailleurs varie de 149 à 196 cm avec une moyenne égale à 169 ± 9 cm. Encore une fois, la différence est significative entre les hommes et les femmes, plus petites.

B.Caractéristiques générales de la population et associations entre les différentes variables

L'interview avec chaque travailleur et le remplissage du questionnaire ont été réalisés à trois reprises au cours de l'étude prospective. Les résultats obtenus la première année ont permis de déterminer des taux de prévalence et sont présentés dans ce chapitre afin de décrire la population participante en ce qui concerne l'état de santé et certaines habitudes de vie. Le tableau 7 présente ces prévalences, en pourcentage, pour l'ensemble de la population et par sexe.

TABLEAU 7
Caractéristiques générales de l'échantillon global et par sexe (prévalences en %)

	Global (n=201)	Hommes (n=109)	Femmes (n=92)
Santé	74,6	77,0	71,7
Santé psychique:			
irritabilité	11,0	8,9	13,8
céphalées	14,8	12,2	18,5
fatigue anormale	9,7	5,6	15,4
troubles de la mémoire	6,5	3,3	10,8
troubles du sommeil	18,7	16,7	21,5
Maladies chroniques	18,4	15,6	21,7
Accidents	43,3	52,3	32,6
Facteurs héréditaires:			
maladies chroniques	65,0	61,0	70,1
troubles musculosquelettiques M.S.	10,2	8,5	12,7
Facteurs hormonaux	23,4	0,0	58,2
Tabagisme	47,3	51,4	42,4
Hobbiesport	33,3	43,1	21,7
sports de raquette	5,8	8,5	1,8
mouvements répétitifs	13,1	9,8	18,2
mouvements en force	21,9	30,5	9,1
mouvements amples	5,8	8,5	1,8
outils vibrants	7,3	12,2	0,0
Travail fatigant	64,5	66,7	61,5

1. L'état de santé

Trois quart de l'échantillon estiment, globalement, avoir une santé bonne ou excellente dont 10,4% jugent leur santé excellente. 23,9% des travailleurs estiment avoir une santé moyenne et 1,5% une mauvaise santé. On n'observe pas de différences entre les hommes et les femmes. L'analyse par poste de travail a montré que 36% des bouchers seulement ont un jugement favorable de leur santé.

Une analyse univariée systématique a été menée afin de mettre en évidence les associations entre les différentes

variables du questionnaire. Cette analyse (test chi carré) montre qu'il existe une association positive entre l'âge et l'état de santé: l'accroissement de l'âge étant accompagné d'une dégradation de l'état de santé (seuil de signification $p < 0,05$). L'influence de l'âge sur la santé pourrait expliquer le jugement défavorable des bouchers qui font partie des personnes les plus âgées de l'échantillon.

2. La santé psychique

La santé psychique recouvre cinq facteurs qui sont: l'irritabilité, les céphalées, la fatigue anormale et les troubles du sommeil et de la mémoire.

Un regroupement en deux classes a été réalisé afin d'avoir d'une part les personnes qui se plaignent rarement ou occasionnellement et d'autre part celles qui se plaignent de manière assez systématique (souvent à toujours). On observe globalement que les prévalences de plaintes systématiques sont assez faibles et qu'il n'existe aucune différence entre hommes et femmes: 11% sont irrités sans raison particulière, 9,7% sont anormalement fatigués, 18,7% ont des troubles de sommeil et 6,5% de mémoire.

Il ressort de l'analyse univariée (tests chi carré) une association positive entre l'âge et les troubles du sommeil ainsi qu'entre les troubles de mémoire et l'état de santé (avec un seuil de signification inférieur à 5%). 14,8% des travailleurs souffrent de maux de tête au minimum une fois par semaine.

3. Les maladies chroniques

18,4% de l'échantillon souffrent de maladies chroniques. Ces maladies regroupent toute pathologie nécessitant la prise régulière de médicaments (origine cardiaque, allergique, troubles circulatoires, articulaires, métaboliques ou autres).

Parmi les postes de travail, on observe une grande variabilité des prévalences qui oscillent de 0% (hommes de la sellerie et des composants céramiques) à 45,5% (bouchers).

Statistiquement, les maladies chroniques sont associées ($p < 0,01$) à l'état de santé, à l'âge ainsi qu'à l'ancienneté en entreprise. Ceci explique les taux élevés pour les groupes les plus âgés ainsi que l'influence de la maladie sur le jugement de la santé.

4. Les accidents

43,3% des travailleurs ont été accidentés en dehors ou sur les lieux du travail au cours de leur vie. 6,5% des accidents ont eu lieu durant les douze mois précédant l'étude.

19% des accidents ont été jugés peu graves, 20,5% moyennement graves et 4% très graves. Dans 84% des cas, il ne reste aucune séquelle.

Les accidents concernent surtout les hommes (52,3% pour 32,6% chez les femmes).

5. Les facteurs héréditaires

65% des travailleurs ont dans leurs antécédents familiaux des personnes souffrant de maladies chroniques (telles que diabète, hypertension, goutte, troubles de la glande thyroïde, polyarthrite, ...). Dans 10,2% des cas, des membres de leur famille ont souffert de troubles musculosquelettiques ayant nécessité une opération: kyste synovial, tendinite ou syndrome du canal carpien. Ce dernier concerne presque la moitié des cas (4,4%).

6. Les facteurs hormonaux

Ces facteurs ne concernent que les femmes et 58,2% d'entre elles ont un système hormonal modifié. Dans la majorité des cas (50,9%), les modifications sont dues à la prise de contraceptifs oraux. Pour les autres travailleuses, les causes sont la grossesse (3,6%), la ménopause (1,8%) et une hystérectomie (1,8%).

7. Le tabagisme

47,3% des travailleurs fument et pour 13,9%, plus d'un paquet de cigarettes par jour. On n'observe aucun lien avec l'âge ou le sexe. Par contre, les fumeurs semblent être irrités davantage que les non fumeurs ($p < 0,05$).

8. Les hobbies

Les hobbies couvrent le sport et les activités extraprofessionnelles. 40,8% de l'échantillon pratiquent un sport, dont 33,3% au minimum une fois par semaine et 7,4% en compétition. Les hommes sont plus sportifs que les femmes (43,1 et 21,7%). Les prévalences varient beaucoup selon le poste, allant de 0% (femmes du secteur pharmaceutique) à 69,2% (hommes du secteur bancaire). Parmi les sportifs, 5,8% exercent régulièrement un

sport de raquette (tennis ou squash principalement).

Les activités extraprofessionnelles, très variées, ont été caractérisées par les mouvements contraignants qu'elles engendrent au niveau des poignets. C'est ainsi que 13% des travailleurs ont des activités qui engendrent des mouvements répétitifs pour les poignets. 5,1% des travailleurs exerceraient ces mouvements plus de 5 heures par semaine. 22% des activités extraprofessionnelles exigent des efforts au niveau des doigts et des mains: dans la moitié des cas, ces activités dureraient plus de 5 heures par semaine. Pour 5,8% des travailleurs, ces activités requièreraient des amplitudes extrêmes des poignets et, dans 7,3% des cas, l'emploi d'outils vibrants: les durées sont cependant en général faibles, c.à.d. inférieures à 5 heures par semaine.

Les différences entre hommes et femmes concernent les mouvements en force et l'utilisation d'outils vibrants, nettement plus fréquents chez les hommes.

9. Le travail

Plus de la moitié des travailleurs (64,5%) jugent leur travail moyennement ou très fatigant, dont 14,2% très fatigant.

Le jugement du travail comme étant fatigant est positivement associé à l'ancienneté au poste de travail ainsi qu'à la nature du travail ($p < 0,01$).

II. LES AFFECTIONS MUSCULOSQUELETTIQUES

A. Prévalences des TMS relevés par le questionnaire

Les prévalences des problèmes musculosquelettiques de la nuque et des membres supérieurs ont été établies pour la période des 12 derniers mois, des 7 derniers jours et de la vie (à l'exception des 12 derniers mois). Le tableau 8 présente les résultats. Il est à rappeler qu'il ne s'agit pas d'un groupe de sujets choisi au hasard et représentatif de la population, mais d'un groupe sélectionné sur base de l'examen clinique du poignet, ne présentant aucun TMS à ce niveau et qui sera suivi au cours de l'étude prospective.

De plus, il faut insister sur le fait que les prévalences sont à interpréter avec prudence étant donné le faible échantillon de personnes par poste de travail.

TABLEAU 8

Prévalences des plaintes au cours de la vie, des 12 derniers mois et des 7 derniers jours, par localisation et par côté (en %)

Localisation	Vie	12 mois	7 jours
Nuque	26,9	31,3	14,4
Epaules	16,4	19,9	7,5
Epaule gauche	9,5	13,9	5,0
Epaule droite	13,9	15,9	6,0
Coudes	11,9	14,4	5,0
Coude gauche	5,0	6,0	1,5
Coude droit	8,5	10,4	4,0
Poignets	18,4	18,9	7,0
Poignet gauche	11,4	10,9	4,0
Poignet droit	13,5	15,4	5,0
TMS	39,3	42,3	16,9
Dos	56,7	55,2	22,5

Les prévalences pour la région des épaules, des coudes et des poignets sont données globalement (plaintes par personne à gauche ou à droite), mais également par côté.

Il ressort du tableau 8 que les prévalences au cours de la vie sont très proches de celles relevées sur les 12 derniers mois, qui sont certainement plus fiables. Les taux sont nettement plus faibles, quelle que soit la localisation, pour les plaintes des 7 derniers jours.

Les prévalences relevées sur les 12 derniers mois sont fort proches des résultats obtenus lors de l'étude épidémiologique. La même tendance selon la localisation est retrouvée. En effet, la région de la nuque est la plus touchée (31,3%), suivie des épaules et des poignets (19,9 et 18,9%) et enfin des coudes avec 14,4%.

Une personne sur deux environ (42,3%) souffre d'au moins une région du membre supérieur et plus de la moitié des travailleurs (55,2%) souffrent du bas du dos.

L'analyse globale montre également qu'il existe certaines différences entre les hommes et les femmes en ce qui concerne les plaintes au niveau de la nuque et des poignets. En effet, les femmes se plaignent plus de la nuque que les hommes (respectivement 44,6% et 20,2% de plaintes) et inversement les femmes sont moins atteintes au niveau des poignets (7,6% et 17,9%).

La comparaison n'est cependant strictement valable que pour les hommes et les femmes qui effectuent les mêmes tâches, soit pour les 32 femmes et 30 hommes dans les secteurs tertiaires et d'encodage. Dans ces cas, les différences statistiques disparaissent.

Le tableau 9 présente les prévalences relevées sur les 12 derniers mois, par poste de travail et par côté.

En ce qui concerne la *nuque*, le secteur de l'encodage est le plus touché (en moyenne environ une personne sur deux), ainsi que les femmes de la pâtisserie (56,3%), du secteur pharmaceutique (44,4%) et du secteur tertiaire (43,8%). Pour les autres postes de travail, les plaintes se limitent à un peu moins d'une personne sur cinq.

Les plaintes au niveau des *épaules* varient fortement selon les postes et oscillent entre 0% (hommes du secteur tertiaire) et 45,5% (bouchers). Globalement, il y a peu de différence entre l'épaule gauche et droite. On remarque cependant que pour le poste de couture, les plaintes à droite sont deux fois plus nombreuses qu'à gauche (11,1% et 5,6%).

TABLEAU 9

Prévalences des TMS par région, par côté et par poste de travail (en %)

Erreur ! Signet non défini.	Nuque	Epaules	Epaule gauche	Epaule droite	Coudes	Coude gauche	Coude droit	Poignets	Poignet gauche	Poignet droit	TMS	Dos
Tertiaire: hommes	20,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	6,7	46,7
femmes	43,8	18,8	0,0	18,8	12,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	62,5
Banque: hommes	15,4	23,1	15,4	15,4	15,4	7,7	7,7	0,0	0,0	0,0	23,1	76,9
femmes	47,1	29,4	11,8	29,4	11,8	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	29,4	58,8
Encodage: hommes	46,7	20,0	20,0	13,3	40,0	0,0	40,0	20,0	13,3	13,3	66,7	60,0
femmes	62,5	31,3	18,8	31,3	25,0	12,5	12,5	25,0	12,5	25,0	56,3	37,5
Composants céramiques	0,0	9,1	9,1	0,0	9,1	0,0	9,1	45,5	27,3	45,5	63,6	63,6
Industrie du verre	15,4	15,4	7,7	7,7	15,4	15,4	15,4	23,1	7,7	23,1	53,8	46,2
Pharmacie: femmes	44,4	22,2	22,2	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	66,7
Couture	16,7	11,1	5,6	11,1	5,6	5,6	0,0	11,1	5,6	5,6	27,8	55,6
Pâtisserie: femmes	56,3	31,3	31,3	25,0	6,3	6,3	0,0	25,0	18,8	18,8	43,8	62,5
hommes	18,8	18,8	18,8	12,5	6,3	6,3	6,3	18,8	18,8	0,0	31,3	56,3
Sellerie	20,0	6,7	6,7	0,0	6,7	0,0	6,7	46,7	26,7	46,7	60,0	26,7
Bouchers	18,2	45,5	36,4	36,4	45,4	18,2	36,4	63,6	27,3	54,5	90,9	63,6

Les prévalences pour les *coudes* varient également assez bien, allant de 0% (femmes du secteur pharmaceutique) à 45,4% (bouchers). Selon le poste, les plaintes sont plus élevées à droite qu'à gauche.

En ce qui concerne les *poignets*, ce sont à nouveau les bouchers qui se plaignent le plus (63,6%), suivis des hommes de la sellerie (46,7%) et de l'industrie des composants céramiques (45,5%). Ce sont des postes contraignants pour les poignets: en force, pour les deux premiers et en répétitivité pour le dernier. Parmi les travailleurs occupant ces postes de travail, une personne sur deux environ se plaint du poignet droit. Dans les secteurs bancaire, pharmaceutique et tertiaire, les plaintes sont inexistantes. A nouveau, il faut rappeler qu'il s'agit d'un groupe sélectionné pour l'absence de symptômes cliniques aux poignets. Les prévalences ci-dessus sont donc une sous-estimation des prévalences réelles dans ces populations. On doit donc s'étonner des prévalences de plaintes relativement élevées trouvées malgré cette sélection.

Globalement, on observe que tous les secteurs sont touchés par les problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs (*TMS*). Les secteurs les plus touchés sont la boucherie (91%), l'encodage (67% pour les hommes et entre 30 et 56% pour les femmes), l'industrie des composants céramiques (64%), la sellerie (60%) et l'industrie du verre (54%). Le secteur le moins concerné est le tertiaire (de 7 à 25%).

Globalement, l'ensemble des postes est concerné par les plaintes au niveau du *bas du dos* dans une proportion égale à plus ou moins 60%, hormis les hommes de la sellerie et les femmes de l'encodage qui se plaignent dans une moindre mesure.

En ce qui concerne la nature des plaintes, les pathologies les plus souvent évoquées sont les mêmes que celles citées lors de l'étude épidémiologique, c.à.d. pour:

-la nuque: "le tension neck syndrome" (10,5%) et l'ostéoarthrose cervicale (5%). Le "tension neck syndrome" atteint jusqu'à 23,5% des femmes du secteur bancaire, 22% du secteur pharmaceutique et presque 20% des femmes de l'encodage et en pâtisserie. L'ostéoarthrose atteint 22% des femmes du secteur pharmaceutique et 12,5% des deux derniers secteurs précités.

-les épaules: la périarthrite scapulo-humérale et la tendinite de la coiffe des rotateurs. Ce sont essentiellement les bouchers qui souffrent des épaules et 12,5% des femmes du secteur tertiaire.

-les coudes: l'épicondylite latérale (3,5%). Encore une fois, ce sont les bouchers qui en souffrent le plus (18%), suivis des hommes de l'encodage (13%), de la sellerie et des femmes des secteurs tertiaire et de l'encodage (6%).

-les poignets: les ténosynovites (3,5%) et le syndrome du canal carpien (0,5%). La moitié des bouchers souffrent de ténosynovites et 6,7% des hommes de l'encodage sont également concernés.

B. Relations entre prévalences de TMS et les données du questionnaire

Des analyses d'association (tests chi carré) ont été effectuées systématiquement entre la présence de TMS durant les 12 derniers mois, pour les différentes régions corporelles et l'ensemble des données du questionnaire. Le tableau 10 présente, par région, les résultats.

Dans ces analyses, le sens des associations a toujours été positif suggérant une association entre le facteur et l'existence de TMS.

TABLEAU 10

Association entre les TMS et les données du questionnaire (signification) Tests chi carré

	Ancienneté poste	Ancienneté entreprise	Poids	Céphalées	Jugement santé moy. ou mauv.	Troubles sommeil	Travail fatigant
Nuque				*	**		
Epaules					**	*	
Coudes		**					
Poignets	*		*				**
TMS						*	**
LBP					**		*

* p<0,05 ** p<0,01

Il ressort du tableau 10 que les personnes souffrant de la nuque sont également celles qui ont tendance à se plaindre plus de céphalées et à avoir un jugement plus négatif de leur état de santé. Ce jugement est également moins bon chez les travailleurs souffrant des épaules qui, par ailleurs, présentent également plus fréquemment des troubles du sommeil.

Les anciennetés en entreprise et au poste semblent associées à l'augmentation des plaintes respectivement au niveau des coudes et des poignets.

Les travailleurs qui se plaignent des poignets ont tendance à trouver leur travail fatigant et semblent être plus lourds que les autres.

Les personnes souffrant du dos ont également un mauvais jugement de leur état de santé et estiment leur travail plus fatigant.

C. TMS relevés lors de l'examen clinique

L'examen clinique effectué au niveau de la nuque et des membres supérieurs a permis de mettre en évidence les pathologies dont souffraient les travailleurs le jour de l'examen. Le tableau 11 donne les résultats des observations.

Les prévalences sont nettement plus faibles que celles relevées par questionnaire au cours des 12 derniers mois. Cependant, comme l'avait montré ce relevé par questionnaire, c'est la région de la nuque qui est la plus atteinte, bien que l'ostéoarthrose (4,5%) paraisse cette fois plus fréquente que le syndrome tensionnel de la nuque (3,4%). Au niveau des épaules, des tendinites du sus-épineux ont été relevées chez 2% des sujets. Pour les coudes, c'est également l'épicondylite latérale qui est la plus diagnostiquée (1%). Aucun trouble au niveau des poignets n'est bien sûr détecté, puisque cela était la condition d'inclusion dans l'échantillon pour l'étude prospective.

En plus des pathologies et du nombre de personnes concernées, le tableau 11 présente également les postes de travail qu'occupent ces travailleurs.

Les troubles au niveau de la nuque sont essentiellement mis en évidence chez des personnes occupées à des tâches administratives ou d'encodage.

Les travailleurs souffrant des épaules sont surtout des femmes qui ont des tâches plus manuelles à effectuer (telles que le conditionnement, la coupe couture, la pâtisserie). Les épicondylites ne concernent que 3 personnes (2 hommes et 1 femmes) occupant des postes différents.

III. LES TESTS FONCTIONNELS ET SENSITIFS

A. Moyennes des différents tests

Le tableau 12 reprend pour les différents tests fonctionnels, d'une part, les moyennes obtenues pour l'ensemble de l'échantillon ainsi que par côté et par sexe et, d'autre part, les valeurs de référence trouvées dans la littérature. Les auteurs repris sont Hoppenfeld et Hutton (1984) pour les angulations, Rosier et Blair (1984) pour les temps de latence moteur, et Mathiowetz dans Amudsen (1990) pour les forces. Il n'existe pas de norme dans la littérature pour l'aesthésiométrie et la tactilométrie, étant donné des modes d'application différents. Néanmoins, certains auteurs citent des seuils au delà desquels le test est considéré comme anormal à savoir 6 mm pour l'aesthésiométrie (Steinberg et coll. 1992, Bell-Krotoski 1990b; Callahan 1990) et 105 dB pour la tactilométrie (Lundborg et coll. 1986)

En ce qui concerne *les angles*, les moyennes obtenues sont très proches des valeurs de référence, hormis la flexion qui est plus petite (62,5° au lieu de 80°). Globalement, les travailleurs sont aussi souples à gauche qu'à droite, sauf pour l'extension dont l'amplitude est plus importante à gauche. La seule différence significative entre hommes et femmes concerne la flexion pour laquelle les femmes sont plus souples (65° et 60,3°).

Pour *l'aesthésiométrie*, les moyennes obtenues (3,2 et 3,3 mm) sont très nettement inférieures au seuil de 6 mm correspondant à une perte de sensibilité tactile. Il n'a pas été relevé de différence entre les côtés gauche et droit, que ce soit pour le majeur ou l'auriculaire. Par contre, en ce qui concerne l'auriculaire, les femmes sont plus sensibles que les hommes (de l'ordre du demi mm). Cette différence n'est pas aussi prononcée pour le majeur.

En ce qui concerne *les temps de latence moteur (TLM)*, les résultats sont inférieurs et donc meilleurs que les valeurs citées par Rosier et Blair (1984).

Pour le temps de latence moteur du médian, Steinberg et coll. (1992) ont obtenus une valeur moyenne de 3,6 ms

pour leur groupe contrôle, moyenne très proche de celle obtenue dans le cadre de notre étude (3,7 ms).

TABLEAU 12

Références et moyennes des tests fonctionnels et sensitifs (globalement, par côté et par sexe)

Tests	Références		Moyennes	Droite	Gauche	Hommes	Femmes
Déviaton cubitale (?)	30		34,4(6,4)	34,6(6,7)	34,1(6,2)	34,0(6,6)	34,9(6,2)
Déviaton radiale (?)	20		18,5(6,0)	18,4(5,7)	18,6(6,3)	18,0(6,0)	19,1(6,0)
Extension (?)	70		70,9(12,4)	69,1(11,4)	72,7(13,1)	70,3(12,5)	71,6(12,2)
Flexion (?)	80		62,5(11,9)	62,5(12,1)	62,4(11,7)	60,3(11,8)	65,0(11,4)
Aesthésiométrie majeur (mm)	/		3,2(0,7)	3,2(0,7)	3,2(0,7)	3,3(0,7)	3,1(0,7)
Aesthésiométrie auriculaire (mm)	/		3,3(0,8)	3,2(0,8)	3,3(0,8)	3,4(0,8)	3,0(0,7)
TLM médian (ms)	4,1(0,3)		3,6(0,5)	3,7(0,5)	3,6(0,5)	3,8(0,5)	3,5(0,4)
TLM cubital (ms)	3,3(0,2)		2,8(0,3)	2,7(0,3)	2,8(0,3)	2,9(0,3)	2,6(0,2)
Force grasp (kg)	Dr	G	41,2(11,6)	42,3(12,0)	40,0(11,0)	Dr 50,8(8,5) G 48,1(7,6)	Dr 32,4(6,7) G 30,7(5,9)
	H	F					
	54,4(10,9)	51,3(9,9)					
	33,7(4,9)	30,1(5,3)					
Force pinch (kg)	H	8,2(1,6)	8,0(1,7)	6,5(1,8)	6,6(2,0)	6,4(1,7)	7,6(1,6)
	F	5,3(1,1)	5,4(1,1)				5,3(1,1)
Tactilométrie majeur (dB)	/		103(7)	104(7)	102(7)	104(6)	102(7)
Tactilométrie auriculaire (dB)	/		104(7)	105(7)	103(6)	105(6)	102(7)

Si les auteurs ont des moyennes parfois différentes, ils sont par contre unanimes quant aux seuils à ne pas dépasser en cas de normalité. Ces limites valent 4,5 ms pour le TLM du nerf médian et 3,9 ms pour le TLM du nerf cubital (Rosier et Blair 1984, Steinberg et coll. 1992, Feierstein 1988).

Il existe une légère différence entre les TLM des médian droit et gauche qui est un rien meilleur. Ce TLM est également meilleur chez les femmes (3,5 ms pour 3,8 ms chez les hommes). Cette différence est aussi significative pour le TLM du nerf cubital (2,6 ms versus 2,9 ms).

En ce concerne *les forces*, les normes ont été très clairement établies par Mathiowetz (1990) par classe d'âge, par côté et par sexe. Les moyennes de référence citées sont celles de la classe d'âge de 35 à 39 ans, moyennes dont se rapprochent fortement celles obtenues dans le cadre de notre étude.

L'effet sexe est évident que ce soit pour la préhension globale (grasp) ou bidigitale (pinch), les hommes étant plus forts que les femmes (de \pm 18 kg pour le grasp et 2 kg pour le pinch). Par contre, l'influence du côté n'existe que pour la préhension globale. L'échantillon a globalement plus de force à droite qu'à gauche.

En ce qui concerne *la tactilométrie*, des classes ont été calculées en fonction de courbes normales et pathologiques définies par Lundborg et coll. (1986). La classe normale comprend les valeurs inférieures à 105 dB, ce qui est le cas pour nos moyennes. Il existe une influence du côté et un effet sexe qui est assez prononcé. Globalement, les sujets sont plus sensibles à gauche qu'à droite.

Globalement, on observe pour l'ensemble de l'échantillon que les résultats des tests fonctionnels et sensitifs sont très proches des références bibliographiques se rapportant aux sujets normaux. Certaines personnes cependant présentent des résultats qui s'éloignent de cette moyenne. Le paragraphe suivant aborde ce point.

B. Situation de l'échantillon par rapport aux seuils

Le tableau 13 reprend le pourcentage de personnes pour lesquelles les tests fonctionnels donnent des valeurs supérieures ou inférieures à certains seuils.

Ces seuils correspondent aux valeurs limites acceptables au delà ou en dessous desquelles les résultats des tests doivent être considérés comme anormaux. Certaines limites sont citées dans la littérature telles que:

.pour l'aesthésiométrie: 6 mm;

.pour les temps de latence moteur: 4,5 et 3,9 ms respectivement pour les nerfs médian et cubital;

.pour la tactilométrie: trois classes ont été calculées à partir des courbes de normalité définies par Lundborg et coll. (1986). La limite est égale à 105 dB; au delà, les classes correspondent à une perte de perception vibratoire, d'abord aux hautes fréquences, ensuite aux basses fréquences. La classe 1 reprend les résultats globaux allant de 106 à 119 dB, la classe 2 de 120 à 129 dB et la classe 3 les valeurs supérieures à 130 dB.

.pour les tests fonctionnels de forces et d'angulations, les seuils ont été calculés par rapport à la moyenne et correspondent à la moyenne moins 1,65 fois l'écart type, soit le pourcentile P5 statistique.

Globalement, il ressort du tableau 13 que pour très peu de personnes (en moyenne 5%) les résultats des tests fonctionnels et sensitifs sont proches de l'"anormal".

Ce nombre augmente cependant pour le test de tactilométrie et atteint 35% pour la classe 1. Le nombre de personnes en classe 2, s'éloignant donc plus des valeurs normales, est de 1,8% pour l'auriculaire. 12% des sujets ont un TLM supérieur ou égal à 4,5 ms pour le nerf médian, ce qui est un signe d'atteinte nerveuse voire de S.C.C. On ne peut bien sûr pas conclure à partir d'un seul test négatif.

TABLEAU 13 : Valeurs limites de normalité et pourcentage de personnes s'éloignant de la moyenne

Tests	Limites	%
Déviaton cubitale	23,8?	5,0
Déviaton radiale	8,5?	4,5
Extension	50,4?	5,2
Flexion	42,9?	4,7
Aesthésiométrie majeur et auriculaire	6 mm	0,0
TLM médian	4,5 ms	12,0
TLM cubital	3,9 ms	0,7
Grasp hommesDr	36,8 kg	4,7
G	35,6 kg	1,9
Femmes Dr	21,4 kg	2,2
G	21,0 kg	5,4
Pinchhommes	5,5 kg	7,5
	3,4 kg	2,2
femmes	106-119 dB	35,3
Tactilométrie majeurclasse 1	>120 dB	0,2
classe 2	106-119 dB	34,5
Tactilométrie auriculaireclasse 1	>120 dB	1,8
classe 2		

C. Analyse multivariée entre les paramètres fonctionnels et les données du questionnaire

Des analyses de régression linéaire multiple ont été effectuées afin d'étudier les relations éventuelles entre les données du questionnaire (variables indépendantes) y compris la présence de plaintes au niveau des poignets au cours des 12 derniers mois et les différents tests fonctionnels et sensitifs (variables dépendantes). L'analyse de régression pas à pas a permis de calculer un modèle par test fonctionnel, ne reprenant que les variables indépendantes qui lui sont significativement associées (pour $p < 0,05$). Ces variables sont présentées au tableau 14, ainsi que leur niveau de signification et le sens de l'association.

Seul le seuil aesthésiométrique au niveau de l'auriculaire semble significativement associé aux plaintes TMS du poignet. Ce fait doit être considéré comme heureux, l'objectif étant de suivre de manière prospective un groupe de sujets initialement sans atteinte au niveau du poignet.

L'influence du côté et du sexe a déjà été discutée dans la première partie de ce chapitre (A). Il ressort encore du tableau 14 que:

- l'âge a tendance à être associé à une diminution des performances angulaires en extension, à une augmentation du seuil de discrimination des 2 pointes, à une augmentation du TLM (mais uniquement pour le nerf médian) et à une augmentation du seuil de perception des vibrations au niveau du majeur et de l'auriculaire (tactilométrie).
- une augmentation du poids corporel serait associée à une diminution de l'angle de mobilité pour l'axe de flexion extension, à une augmentation du seuil de discrimination des 2 pointes pour le majeur ainsi qu'à une augmentation du TLM du nerf médian. Elle serait associée également à une augmentation des forces de préhension globale et bidigitale.
- la taille ne semble associée qu'avec les caractéristiques en extension et le TLM du nerf médian.
- il est encore intéressant de noter que les travailleurs qui se plaignent de paresthésies ont des tests sensitifs moins bons. En effet, ils ont tendance à avoir des seuils tactilométriques et des TLM plus élevés que ce soit au niveau cubital ou du médian.

D. Corrélations entre paramètres de l'examen fonctionnel

Une matrice de corrélation entre les variables de l'examen fonctionnel a été calculée afin de préciser la part d'information spécifique ou commune apportée par les différents tests. Le tableau 15 présente les coefficients de corrélation calculés entre les variables fonctionnelles.

Dans l'ensemble, ces coefficients de corrélation sont faibles, ce qui indique que les tests sont très complémentaires. Ces coefficients sont toutefois plus élevés pour les tests sensitifs (R est supérieur à 0,5) lorsque l'on compare les nerfs médian et cubital (pour l'aesthésiométrie, la tactilométrie et le TLM). Il y a également une part d'information commune apportée par les forces de préhension globale et bidigitale ($R=0,63$).

Les résultats des tests effectués à droite sont également corrélés aux résultats obtenus à gauche, sauf pour les déviations radiales où R est inférieur à 0,4.

TABLEAU 14

Analyse multivariée entre les paramètres fonctionnels et les données du questionnaire (signification)

	Fumeur	Age	Poids	Taille	Côté Dr:1 G: 2	Maladie chronique	Santé	Sexe H:1 F:2	Sport	Ancienneté entreprise	Paresthésies	Plaintes poignets 12 mois
Déviaton cubitale												
Déviaton radiale												
Extension		- ***	- *		+ ***							
Flexion			- ***	+ ***		- *		+ ***				
Aesthesiométrie									- *			
majeur		+ ***	+ ***									+ **
auriculaire		+ ***						- ***			+ **	
TLM cubital								- ***			+ ***	
TLM médian		+ *	+ ***	- *	- *			- ***		- ***		
Grasp	+ *		+ ***		- ***		+ **	- ***				
Pinch			+ **					- ***				
Tactilométrie												
majeur		+ ***			- *			- ***			+ *	
auriculaire		+ ***			- *		- **	- ***			+ **	

* p<0,05 ** p<0,01 *** p<0,001

TABLEAU 15

Matrice de corrélation entre les variables de l'examen fonctionnel

CHAPITRE IV : RESULTATS DE L'ANALYSE DE POSTE

I. PRESENTATION DE LA POPULATION

Etant donné l'investissement temporel qu'elles nécessitent, les analyses de poste ont été échelonnées sur les deux années de l'étude prospective. Au moment de ces analyses, certaines personnes avaient quitté le poste de travail voire l'entreprise ou encore étaient absentes ou indisponibles. C'est pourquoi l'effectif ayant participé aux études de poste a été de 152 personnes seulement, soit 76% de l'échantillon total.

Le tableau 16 reprend le nombre de travailleurs par poste, ainsi que leurs caractéristiques d'âge, de poids, de taille et de force.

Les postes de travail ont été classés a priori, sur base de l'observation des tâches, du poste apparemment le moins contraignant au plus contraignant. Il ressort de ce tableau qu'en moyenne 50 à 92% des personnes ont été vues aux différents postes, les effectifs les plus faibles concernant les postes de couture et de pâtisserie. Les causes principales sont la suppression du poste de couture et les refus ainsi que les absences dans l'atelier de pâtisserie. Les moyennes d'âge, de poids et de taille, très proches de celles représentant l'ensemble de la population, sont respectivement 36,5 ans, 70,6 kg et 170 cm. Les hommes, au nombre de 87, sont à nouveau plus grands et plus lourds que les 65 femmes. Par contre, la différence d'âge est minime (1,5 ans).

TABLEAU 16

Caractéristiques d'âge, de poids, de taille et de force des personnes ayant participé à l'analyse de poste (par poste, globalement et par sexe)

Les deux dernières colonnes donnent les forces maximales volontaires moyennes (FMV) développées par les travailleurs lors du test d'effort effectué avant les mesures au poste de travail. Ces forces maximales moyennes sont très significativement supérieures chez les hommes (respectivement 51 kg et 31,5 kg pour la main droite et 49 kg et 29,3 kg pour la main gauche). Elles sont très proches de celles obtenues lors de l'examen fonctionnel de l'étude transversale (tableau 12), de sorte que l'on peut conclure que l'échantillon est tout à fait représentatif de l'ensemble de la population et que la mesure des forces est reproductible.

En parallèle avec les mesures de FMV, le signal électromyographique maximal a été relevé au cours de l'effort dynamométrique. Les données absolues ne sont pas présentées, le signal EMG dépendant de très nombreux facteurs dont des facteurs physiologiques (type de fibres musculaires, ...), biomécaniques (l'articulation et le muscle impliqués, ...), techniques (placement des électrodes, ...), et individuels (âge, sexe, poids, ...). Néanmoins, l'EMG de surface est utilisée en valeur relative car il reste le seul moyen pratique pour évaluer indirectement l'ampleur de la force mise en jeu pendant la réalisation du travail. La relation force - EMG étant peu précise, nous avons choisi pour l'analyse de poste d'interpréter les résultats en force par l'intermédiaire du signal EMG exprimé en pourcentage de l'EMG maximal.

II. CARACTERISTIQUES DES GESTES PROFESSIONNELS

A. Moyennes globales

Le tableau 17 reprend, pour l'ensemble des 152 analyses de poste, les moyennes obtenues à droite ainsi qu'à gauche, pour les facteurs professionnels mesurés, à savoir les angles de mouvement, les forces développées, la répétitivité et les vitesses de mouvement. Les résultats sont présentés distinctement à droite et à gauche, les travaux effectués n'étant pas toujours symétriques et les contraintes professionnelles étant alors différentes entre les deux côtés.

La comparaison des moyennes obtenues à droite et à gauche a été effectuée par un test t. La signification statistique de cette comparaison est reprise dans la dernière colonne du tableau 17. On peut déjà conclure que pour la majorité des facteurs de contrainte professionnelle exploités ultérieurement, il existe une différence significative entre les mains droites et gauches.

Les angles de mouvement sont exprimés en degrés (paramètres 1 à 6), en pourcentage de l'angle maximal

développé lors de l'étalonnage (7-12) et en pourcentage de temps que le sujet travaille en angulation extrême (13-19). En moyenne, les poignets sont à 11° dans l'axe de déviation radio-cubitale et à 28° dans l'axe de flexion-extension. Les pourcentages moyens de l'angle maximal individuel varient globalement de 17 à 49% entre les différents postes et valent en moyenne 42% dans l'axe de déviation radio-cubitale (39,5% à droite et 44,4% à gauche) et 38,5% en flexion-extension (40,1% à droite et 36,8% à gauche). Ces pourcentages sont significativement plus élevés à gauche qu'à droite dans les deux axes.

TABLEAU 17

Tableau des moyennes des contraintes professionnelles (droite et gauche)

Les pourcentages de temps pendant lesquels les sujets travaillent avec les poignets en angulations extrêmes (paramètres 17 et 18) sont assez faibles: 32% dans l'axe radio-cubitale et 14% dans l'axe de flexion-extension. Les moyennes sont significativement différentes à droite et à gauche pour le premier axe (respectivement 29% et 34,5%) alors qu'elles sont du même ordre de grandeur en flexion-extension (15,2% et 12,4%). Dans cet axe, les pourcentages représentent essentiellement le temps passé en extension extrême. Globalement, les sujets travaillent pendant 41% du temps en angulation extrême, quel que soit l'axe.

La force développée au travail est caractérisée d'une part par le pourcentage de EMGmax lors du test d'effort initial et d'autre part par le pourcentage de temps pendant lequel le sujet travaille avec une force supérieure à 20% de son signal EMG maximal. En moyenne, les personnes travaillent à 22% de EMGmax à droite et à 16% à gauche. La force utilisée est significativement supérieure à droite qu'à gauche et dépasse, en moyenne, la limite de pénibilité fixée à 20% de EMGmax. Les travailleurs utilisent une force importante pendant 33% du temps à droite et 25% du temps à gauche. Globalement le travail semble plus contraignant en force pour la main droite.

En combinant les deux facteurs d'angulations et de forces, on observe que les personnes travaillent pendant 13% du temps à droite et 10% du temps à gauche en angulation extrême (quel que soit l'axe) et en force extrême.

La répétitivité (paramètres 23 à 27) est calculée d'un point de vue angles, forces et en combinant les deux facteurs. Les travailleurs changent à peu près 16 fois par minute de niveau d'angulation et dépassent le seuil de 20% de EMGmax plus ou moins 9 fois par minute. La répétitivité est en moyenne 2 à 3 fois supérieure dans l'axe de déviation radio-cubitale qu'en flexion-extension. Les répétitivités globales (angles et forces) à droite et à gauche sont similaires et valent en moyenne 22 changements d'état par minute.

La vitesse de mouvement est, quant à elle, exprimée en degré par seconde ainsi qu'en pourcentage de temps où elle dépasse un certain seuil (paramètres 28 à 33). En moyenne, elle est significativement supérieure à gauche pour l'axe de déviation radio-cubitale et vaut 30°/s pour 27°/s à droite. Par contre, elle est supérieure à droite pour la flexion-extension (45°/s pour 39°/s à gauche). Les pourcentages de temps pendant lesquels les vitesses dépassent le premier seuil (égal à 90°/s pour la déviation radio-cubitale et à 150°/s pour la flexion-extension) sont très faibles (inférieurs à 5% du temps). Ces pourcentages atteignent 28 à 41% du temps lorsqu'on prend comme limite les seuils de 30°/s et 50°/s respectivement pour les deux axes de mouvement.

L'ensemble de ces moyennes permet d'une part de fixer l'ordre de grandeur des différentes contraintes professionnelles et d'autre part de situer les postes de travail sur une échelle de risque. Cette classification est abordée ultérieurement dans ce chapitre.

B. Moyennes des facteurs professionnels par poste de travail

Les variables caractérisant les différentes contraintes professionnelles sont nombreuses et fortement corrélées. Il était dès lors nécessaire de choisir les plus pertinentes sur base de leur puissance de discrimination entre les postes de travail. Cette discrimination a été étudiée par analyse de variance et il a été retenu pour chaque groupe de facteurs professionnels (angles, force, répétitivité et vitesse), les deux paramètres les plus discriminants. Les tableaux 18 et 19 présentent, par poste de travail, les moyennes et les écarts type de ces paramètres pour la main droite.

Pour **les angles** et dans les 2 axes, les moyennes exprimées en pourcentage de l'angle maximal ont été retenues, en remarquant que les angles en flexion-extension discriminent nettement mieux les postes entre eux que ceux en déviation radio-cubitale. On observe, par poste de travail, une très grande variabilité interindividuelle se marquant par un écart type important. Il en sera de même pour les autres facteurs de contrainte professionnelle.

Pour la **force**, c'est à nouveau la valeur relative moyenne de l'EMG qui s'avère le paramètre le plus discriminant ainsi que le pourcentage du temps pendant lequel ce pourcentage de EMGmax dépasse le seuil de 20%.

TABLEAU 18

Moyennes et écarts type, par poste de travail, des facteurs de contrainte professionnels

TABLEAU 19

Moyennes et écarts type, par poste de travail, des vitesses de mouvement

En ce qui concerne la **répétitivité**, le paramètre caractérisant le nombre de transitions angulaires dans les deux axes, ainsi que celui combinant les angles et la force apportent l'information la plus complète et discriminent le plus fortement entre postes. Le poste de l'industrie des composants céramiques semble nettement le plus répétitif avec des gestes atteignant 26 transitions par minute à 32 par minute lorsque l'on combine les angles et la force.

En ce qui concerne la **vitesse**, les paramètres retenus comme les plus discriminants sont les moyennes en $^{\circ}/s$ dans les deux axes. Le tableau 19 met à nouveau en évidence une variabilité interindividuelle qui, dans le cas de la vitesse, est cependant moins importante.

Bien que les valeurs moyennes diffèrent, la classification des postes de travail et les variations interindividuelles évoluent de la même façon en ce qui concerne la main gauche.

C. Représentations graphiques

Les figures 3 à 6 illustrent les déplacements angulaires effectués par le poignet droit pendant une minute représentative de la tâche effectuée à quatre postes de travail différents.

Les tracés supérieurs représentent les déplacements dans l'axe de flexion-extension: dans les quatre postes illustrés, les sujets travaillent essentiellement avec le poignet en extension. Le tracé inférieur représente les déplacements en déviation radio-cubitale: les déplacements négatifs majoritaires correspondent à la déviation cubitale.

La figure 3 concerne le poste d'encodage de virements: le poignet reste en extension et proche de la neutralité dans l'axe de déviation radio-cubitale. On observe également que les mouvements sont peu amples. Ces relevés correspondent bien à l'observation de la tâche: le clavier numérique, peu étendu, ne nécessite guère de mouvements du poignet dans l'axe radio-cubital, mais bien dans le sens antéro-postérieur au dessus des touches, avec le poignet en extension, pour permettre la frappe.

Les figures 4 et 5 représentent les déplacements du poignet droit lors des tâches répétitives de chargement des composants céramiques et des vitres de voitures.

9 chargements de composants céramiques environ sont représentés à la figure 4. Le schéma montre clairement la répétitivité du geste avec un temps de cycle proche de 6 secondes. Le travail s'effectue essentiellement avec le poignet en extension importante lors de la dépose des composants céramiques et plus faible lors de la prise. Les déplacements en déviation s'observent dans toute la gamme d'angulations, la déviation radiale étant particulièrement importante lors de la dépose des objets.

FIGURE 3

Déplacements angulaires du poignet droit pendant l'encodage

FIGURE 4

Déplacements angulaires du poignet droit au chargement de composants céramiques

FIGURE 5

Déplacements angulaires du poignet droit au chargement de vitres de voitures

FIGURE 6

Déplacements angulaires du poignet droit lors du conditionnement de flacons dans l'industrie pharmaceutique

Le temps de cycle est un peu plus long (± 10 s) au poste de chargement des vitres de voiture et la figure 5 ne compte que 6 chargements effectués en une minute. Les mouvements des poignets sont fort amples dans les deux axes: ils correspondent au renversement de la vitre qui, initialement verticale, est déposée horizontalement sur la ligne: le poignet pivote de déviation radiale extrême à déviation cubitale extrême, tout en restant en extension.

La dernière figure (6) représente les déplacements du poignet droit lors du conditionnement de petits flacons de 10 ml, à raison de 20 flacons par carton. Il s'agit d'un mouvement d'aller-retour entre la prise des flacons sur la ligne face au sujet et la dépose dans un petit carton disposé à l'avant du corps. Ces personnes travaillent avec de faibles extensions du poignet et principalement en déviation cubitale. L'exécution des mouvements est assez rapide et ample.

Ces graphiques représentent donc quatre tâches fort différentes en ce qui concerne les déviations adoptées, les amplitudes de mouvement et la répétitivité. Ils montrent qu'il est possible de discriminer assez facilement le type de travail effectué au niveau des poignets.

III. COMPARAISON DES POSTES DE TRAVAIL

Le but de la présente section est d'analyser comment se répartissent les postes de travail en fonction des différents facteurs de contrainte professionnelle. Cette comparaison a été effectuée sur base des facteurs au sein de chaque groupe de contrainte professionnelle (angles, force, répétitivité et vitesse) discriminant le mieux les différents postes.

A. Les angles de mouvement

Les figures 7 et 8 représentent les moyennes, par poste de travail, pour les poignets droits et gauches, obtenues pour les angles moyens en déviations radio-cubitale (fig. 7) ainsi que pour le pourcentage de temps passé en angulation extrême (supérieur à 50% de l'angle maximal) (fig. 8).

FIGURE 7

Moyennes en déviation radio-cubitale par poste de travail et par côté
(% de l'angle max)

FIGURE 8

Moyennes des pourcentages de temps passés en déviation radio-cubitale extrême, par poste et par côté

Les moyennes relatives (en pourcentage du maximum) (mDr) en déviation radio-cubitale s'avèrent peu discriminantes. Si l'on admet la valeur limite de 50% pour ces moyennes, on relève que deux postes pour la main droite (femmes du secteur pharmaceutique et bouchers) et deux autres pour la main gauche (femmes encodeuses et bouchers) seraient à risque, et ce, essentiellement, pour les déviations radiales (tableau 20).

Une même discrimination peut être effectuée sur base d'une valeur limite de 25% du temps passé en angulation extrême (tdp): seuls 3 postes pour la main droite s'avèrent donner des résultats inférieurs à cette limite (tableau 20), à savoir les femmes en milieu bancaire, les femmes à l'encodage et les hommes en verrerie.

TABLEAU 20

Classification des postes à risque pour les différentes variables de l'analyse de poste

Les figures 9 et 10 représentent les angles moyens en flexion-extension (mFr) et le pourcentage de temps passé en flexion-extension extrême (supérieur à 65% de l'angle maximal) (tfp). En fait, l'angle moyen adopté en flexion est très faible et le pourcentage du temps passé en flexion extrême quasi inexistant.

La valeur limite d'angulation relative dans cet axe serait égale à 65%: aucun poste ne présente de moyenne supérieure à ce seuil, les valeurs les plus élevées, proches de 50% étant plutôt observées pour les postes du secteur administratif. Lorsque la valeur seuil de 25% du temps au delà d'une angulation extrême en flexion-déviation est adoptée, seuls deux postes du tertiaire apparaissent à risque plus élevé.

B. Les forces

Les figures 11 et 12 reprennent les moyennes du signal EMG exprimé en pourcentage de EMGmax (mEMGr) et le pourcentage de temps pendant lequel le sujet travaille avec une force supérieure à 20% de EMGmax (tEMGp).

On remarque que les postes de travail se répartissent distinctement en deux groupes, que ce soit pour la moyenne ou le pourcentage de temps ou encore pour la main droite ou gauche. Les postes d'encodage, administratifs et de chargement de composants céramiques apparaissent cette fois les moins contraignants. Par contre, le poste des encodeuses dans le secteur bancaire ressort, paradoxalement, comme étant plus contraignant pour la main droite.

Cette distinction en deux groupes correspond à l'adoption d'une valeur de 20% de EMGmax comme valeur discriminante entre postes à faible risque et à risque plus élevé (tableau 20). La même discrimination est observée lorsque le seuil de 25% du temps passé au delà d'un EMG relatif de 20% est adoptée.

FIGURE 9

Moyennes des angles en flexion-extension par poste et par côté (% de l'angle max)

FIGURE 10

Moyennes des pourcentages de temps passés en flexion-extension extrême

FIGURE 11

Moyennes du signal EMG par poste et par côté (en % de l'EMG max)

FIGURE 12

Moyennes des pourcentages de temps passés au delà de 20% de l'EMG max

C. La répétitivité

La figure 13 représente la répétitivité angulaire, en force et combinée (angles et force).

En ce qui concerne les angles, on remarque que la répétitivité est faible en flexion-extension pour l'ensemble des postes, hormis le chargement de composants céramiques. Deux groupes de postes se distinguent à nouveau avec les postes du tertiaire moins répétitifs.

Cette distinction se remarque également en ce qui concerne la répétitivité musculaire et combinée (angles et EMG). Si l'on admet pour cette dernière (Rep) la valeur de 25 transitions par minute comme valeur discriminante (limite rapportée par Hammer dans Pelmeur et coll. 1992), l'ensemble des postes se répartit comme indiqué au tableau 20,

D. Les vitesses de mouvement

Les figures 14 et 15 représentent d'une part les vitesses moyennes en déviation radio-cubitale (Vd) et en flexion-extension (Vfi) et d'autre part le pourcentage de temps pendant lequel la vitesse angulaire dépasse les seuils de 30°/s et 50°/s (tVd et tVf) respectivement. Ces valeurs limites discriminent fort bien les postes, en gros, entre postes tertiaires et postes industriels (tableau 20). Pour ce qui concerne le pourcentage du temps en vitesse élevé, le seuil de 25% adopté ici comme pour les autres paramètres permet une moins bonne discrimination entre postes de travail.

FIGURE 13

Répétitivité moyenne en angle, force et combinée par poste et par côté

FIGURE 14

Moyennes des vitesses de mouvement par poste et par côté (en ?/s)

FIGURE 15

Moyennes des pourcentages de temps en vitesse extrême, par poste et par côté

IV. CORRELATIONS ENTRE LES FACTEURS DE RISQUE PROFESSIONNELS

Une matrice de corrélation a été calculée entre les principales variables de l'analyse de postes afin de préciser les liens existant entre ces variables (tableau 21).

En ce qui concerne les angles, exprimés en pourcentage de l'angle maximal (en déviation radio-cubitale et en flexion-extension), les coefficients de corrélation sont globalement très faibles. Cela indique que les déplacements angulaires apportent une information spécifique, complémentaire par rapport aux autres facteurs. Pour ce qui est de la force, il est clair que la moyenne et le pourcentage de temps pendant lequel le sujet travaille avec une force importante sont fortement liés ($R=0,89$). La corrélation avec les facteurs angulaires, de répétitivité et de vitesse est faible, hormis pour la vitesse de mouvement en flexion-extension.

TABLEAU 21

Matrice de corrélation entre les principales variables de l'analyse de poste

La répétitivité et la vitesse de mouvement sont fortement et logiquement corrélées entre eux. En effet, une répétitivité plus importante signifie un plus grand nombre d'exécutions par minute, obtenu par un accroissement de la vitesse de mouvement.

Les facteurs professionnels les plus pertinents, fournissant un maximum d'information propre, semblent être la moyenne des angulations, de la force ainsi que la répétitivité angulaire.

Le tableau 22 reprend également la matrice de corrélation pour les variables dichotomisées à l'origine de la classification des postes de travail (tableau 20). Il ressort de ce tableau que les coefficients sont également très faibles pour les déviations radio-cubitales (MDR), ainsi que pour les pourcentages de temps passés en déviation et en flexion-extension extrêmes (TDP et TFP). Par contre, la force exprimée en moyenne (MEMGR) ou en pourcentage de temps (TEMGP) est très corrélée avec les autres paramètres de vitesse (VD, VFL, TVF) et de répétitivité (REP), qui sont également fortement corrélés entre eux.

TABLEAU 22

Matrice de corrélation entre les variables dichotomisées de l'analyse de poste

CHAPITRE V : RESULTATS DE L'ETUDE PROSPECTIVE

I. BILAN PROSPECTIF DE L'EFFECTIF

Parmi les 201 personnes sélectionnées au départ, 182 et 155 respectivement ont participé au protocole effectué lors de la deuxième et de la troisième année de l'étude prospective. La répartition des échantillons est présentée, par poste de travail, au tableau 23.

TABLEAU 23

Effectif par classe et par année ayant participé à l'étude prospective

	1ère année	2ème année	3ème année
Hommes du tertiaire	15	13	14
Femmes du tertiaire	16	13	13
Hommes du secteur bancaire	13	12	11
Femmes du secteur bancaire	17	16	16
Hommes encodeurs	15	15	8
Femmes encodeuses	16	12	11
Industrie de composants céramiques	11	14	10
Hommes de l'industrie du verre	13	13	9
Femmes du secteur pharmaceutique	9	7	6
Couture (femmes)	18	17	8
Femmes dans l'atelier de pâtisserie	16	13	11
Hommes pâtisseries	16	13	12
Sellerie (hommes)	15	14	15
Boucherie (hommes)	11	10	11
TOTAL	201	182	155

Six personnes ont été rajoutées lors de la deuxième année afin de réajuster le nombre de participants au poste de chargement de composants céramiques et de combler les nombreuses mutations provoquées par des changements de postes de travail. En moyenne, pour la troisième année, le nombre de personnes par poste est proche de la dizaine, comme il en avait été décidé au départ de l'étude.

Un bilan des causes d'absence a été effectué afin d'étudier la possibilité d'un biais provoqué par le "Healthy worker effect". Les causes sont reprises dans le tableau 24 qui précise également le nombre de personnes concernées, pour les deux dernières années de l'étude. Il en ressort que la cause principale d'absence est le changement de poste de travail. Ce sont principalement les postes de couture (qui a disparu) et d'encodage (dont le personnel a été réduit) qui sont concernés.

TABLEAU 24

Causes d'absentéisme et nombre de non participants par année

Causes	2ème année	3ème année
TMS	2	4
Maladie	7	7
Refus	2	4
Congés	5	4
Changement de poste	4	23
Restructuration avec fin de contrat	5	10
TOTAL	25	52

D'autres personnes n'ont pu être revues pour cause de restructuration avec des licenciements, des maladies (comprenant les refroidissements, les opérations et les congés de maternité), des refus (principalement provoqués par une surcharge de travail à accomplir) ou encore parce qu'étant en congé de récupération. 6 personnes au total n'ont pu reparticiper à une des phases de l'étude pour cause de TMS (troubles musculosquelettiques). En aucun cas, ces troubles n'ont concerné les poignets. En effet, les diagnostics évoqués ont été des cervicalgies, une épaule gelée, une sciatalgie et une fracture de la cheville.

Par rapport à l'effectif de départ comprenant 201 sujets, 138 ont participé aux trois années de l'étude prospective. 63 personnes ont été absentes que ce soit la deuxième et/ou la troisième année.

Une analyse systématique (test Chi-carré) a été effectuée quant aux caractéristiques personnelles et fonctionnelles relevées la première année, afin de mettre en évidence d'éventuelles différences entre ces deux groupes, différences qui auraient pu influencer l'absentéisme ultérieur de certains travailleurs. Il ressort de cette analyse que, statistiquement, les personnes absentes se distinguent un peu des autres. En effet, les personnes "absentes" sont plus jeunes, ont une ancienneté moins importante et ont des tests fonctionnels plus performants à savoir une amplitude angulaire plus grande en déviation cubitale à droite et en extension à gauche ainsi qu'une meilleure perception aux vibrations pour l'ensemble des doigts testés.

Ces performances peuvent être expliquées pour l'extension et la perception aux vibrations par l'effet de l'âge qui influence fortement ces paramètres (voir tableau 14). On peut donc en conclure que les personnes absentes, à l'une ou l'autre occasion, n'ont pas plus de plaintes mais représentent un échantillon aléatoire déterminé par les restructurations qui visent en premier lieu les travailleurs les plus jeunes.

II. INCIDENCES RELEVÉES PAR LE QUESTIONNAIRE

Les incidences présentées au tableau 25 représentent le nombre de personnes, par poste de travail, ayant nouvellement développé des TMS pendant les 12 derniers mois sur une période de deux ans.

TABLEAU 25

Incidences des TMS relevés par questionnaire, par côté et par localisation

Il ressort du tableau 25 des incidences élevées pour la nuque (20,4%), suivie des poignets (13 et 10% respectivement pour les poignets droit et gauche), des épaules (respectivement 7 et 5%) et des coudes (respectivement 4,6 et 2%). Le dos reste majoritaire avec 27,5% de nouvelles plaintes.

Pour les membres supérieurs, les poignets semblent être la région anatomique la plus touchée.

En ce qui concerne **la nuque**, on remarque encore une fois que le poste d'encodage est le plus touché (31 et 40% respectivement pour les hommes et les femmes) ainsi que les femmes de l'atelier de pâtisserie (30%) et les hommes de l'industrie du verre (32%).

Aucune femme du secteur pharmaceutique ne développe de nouvelles plaintes au niveau de la nuque.

En ce qui concerne **les épaules**, les incidences varient de 0 à 21%. Il ressort du tableau que ce sont les hommes de l'industrie du verre qui se plaignent le plus avec des incidences égales à 12,5% pour l'épaule droite et 21% pour l'épaule gauche. Les hommes du secteur tertiaire et d'encodage ainsi que les femmes de l'atelier de pâtisserie se plaignent également assez bien de l'épaule droite (entre 10 et 15%).

Pour **les coudes**, ce sont les bouchers qui se plaignent le plus, avec des incidences nettement supérieures à l'incidence moyenne, égales à 25 et 19% respectivement pour les coudes droit et gauche. Pour 11 des 14 postes, il n'y a aucune nouvelle plainte à déplorer en ce qui concerne au moins un des coudes.

Pour ce qui est **des poignets**, les incidences les plus élevées concernent tout d'abord les bouchers (20 et 29% respectivement pour les poignets droit et gauche), la sellerie (25 et 15%), les femmes du secteur bancaire (25 et 16%), les hommes du secteur tertiaire (23 et 12%) et les hommes de l'industrie du verre (15 et 21%).

Les femmes encodeuses ne souffrent pas des poignets.

Une analyse systématique (tests chi carré) a montré qu'il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les incidences à droite et à gauche et entre hommes et femmes, quelle que soit la localisation anatomique concernée.

Comme pour les prévalences, c'est essentiellement la région du dos qui est la plus touchée avec des incidences variant entre 7% (poste de couture) et 50% (hommes du secteur tertiaire).

III. INCIDENCES RELEVÉES PAR L'EXAMEN CLINIQUE

Les incidences de TMS relevés par l'examen clinique sont nettement moins importantes que celles relevées par le questionnaire.

En ce qui concerne **la nuque**, la survenue de TMS concerne 8 travailleurs. Un "syndrome tensionnel de la nuque" est évoqué chez 6 de ces 8 personnes. Les secteurs les plus touchés sont, à nouveau, les secteurs d'encodage et tertiaire (pour 6 personnes).

Pour la région **des épaules**, trois femmes présentent des troubles différents à savoir une tendinite du sus-épineux, un syndrome acromio-claviculaire et une périarthrite scapulo-humérale. Les postes concernés sont la pâtisserie, le

secteur bancaire et la couture.

La région **des coudes** est une région dont souffrent assez peu les travailleurs. Deux épicondylites latérales et une médiale sont à signaler dans ce volet prospectif. Les postes occupés par ces personnes sont l'encodage pour deux d'entre elles et la boucherie.

La région **des poignets** est celle dont souffrent le plus les travailleurs. Au total, 16 personnes ont développé une pathologie au niveau des poignets. Six d'entre elles ont développé un kyste synovial, cinq personnes souffrent de ténosynovite dont quatre de syndrome de De Quervain et 4 personnes ont présenté tous les signes évocateurs d'un syndrome du canal carpien (SCC). Parmi ces quatre dernières personnes, l'une d'entre elles présente un SCC bilatéral.

Le poste le plus touché est celui de la boucherie (5 personnes), suivi du secteur tertiaire (3 personnes), de la sellerie, de l'industrie du verre et du secteur d'encodage (2 personnes) et enfin le conditionnement pharmaceutique et la pâtisserie (1 personne).

IV. ANALYSES DE REGRESSION LOGISTIQUE

Des analyses de régression univariées ont tout d'abord été effectuées systématiquement afin d'identifier la relation simple et directe entre les variables du questionnaire et la survenue ultérieure de troubles musculosquelettiques.

Des analyses multivariées ont ensuite permis d'étudier le risque de développement de troubles musculosquelettiques en fonction de l'ensemble des caractéristiques personnelles et professionnelles. L'analyse a été réalisée en introduisant d'abord les variables du questionnaire dans le modèle, en supprimant l'une après l'autre les variables non significatives, c'est-à-dire avec un niveau de signification $p > 0,15$. Ont été ensuite introduits dans ce modèle tous les postes de travail, qui sont comparés à la tâche effectuée par les femmes dans le secteur tertiaire, prise comme référence.

Les postes de travail où l'incidence de plaintes est nulle ou quasi nulle (un cas) sont assimilés, dans le modèle, au poste de référence. Après élimination d'un poste à la fois, on aboutit au modèle final qui permet d'établir le lien statistique entre les variables et la survenue de plaintes (avec $p < 0,15$).

Les différentes régions anatomiques sont abordées l'une après l'autre dans ce chapitre en commençant par la nuque et en terminant par les poignets pour lesquels interviennent les analyses de postes et les examens fonctionnels.

A. La nuque

1. Analyses de régression univariées

Le tableau 26 reprend les résultats des analyses et comprend les odds ratios (O.R.), leur intervalle de confiance à 95%, ainsi que la signification.

3 variables seulement semblent liées à la survenue de troubles musculosquelettiques au niveau de la nuque:

- un travailleur en moyenne ou mauvaise santé a trois fois plus de risque d'en souffrir;
- une personne ayant eu un accident jugé grave a également deux fois plus de risque de souffrir de la nuque;
- il en est de même pour un sujet qui juge son travail moyennement à très fatigant.

TABLEAU 26

**Analyses de régression univariées entre la survenue de plaintes à la nuque et les paramètres du questionnaire
(O.R., intervalle de confiance et le niveau de signification)**

	O.R.	Intervalle de confiance	P (en %)
Age			NS
Poids			NS
Taille			NS
Sexe			NS
Ancienneté entreprise			NS
Ancienneté poste			NS
Santé	3,12	1,20-8,13	2,0
Maladie chronique			NS
Accident	2,36	1,00-5,56	NS
Gravité accident			4,9

Fumeur			NS
Sport			NS
Sport membre supérieur			NS
Héréditaire: maladies chroniques			NS
TMS poignets			NS
Hobbies: répétitivité			NS
efforts			NS
amplitudes extrêmes poignets			NS
outils vibrants			NS
Facteurs psychologiques			NS
Travail fatigant	2,17	0,92-5,10	7,7

Les facteurs psychologiques, comprenant l'irritabilité, les céphalées, les troubles de sommeil et de mémoire ainsi que la fatigue anormale, ont été additionnés et dichotomisés afin de créer une variable psychologique globale. Elle n'est pas associée à la survenue de problèmes de la nuque.

2. Analyse de régression multivariée

Le tableau 27 indique les variables intervenant dans le modèle de régression logistique final et précise pour chacune d'elles le odds ratio, l'intervalle de confiance à 95% et la signification. En ce qui concerne le questionnaire, ce sont les mêmes variables que décrites précédemment qui sont associées à l'apparition de troubles musculosquelettiques au niveau de la nuque, à savoir, un mauvais état de santé, la gravité des accidents et le jugement du travail comme étant fatigant.

TABLEAU 27

Analyse de régression multiple entre la survenue de plaintes à la nuque et les paramètres du questionnaire et les postes de travail (O.R., intervalle de confiance et niveau de signification)

Paramètres du questionnaire	O.R.	Intervalle de Confiance	P (en %)
Santé	3,23	1,22-8,55	1,8
Gravité des accidents	2,45	1,02-5,89	4,5
Travail fatigant	1,99	0,83-4,81	12,4
Femmes encodeuses	7,13	0,72-70,68	9,3
Industrie composants céramiques	0,24	0,05-1,08	6,3

En ce qui concerne les postes de travail, les femmes du poste d'encodage sont plus à risque alors que le poste de chargement de composants céramiques est négativement associé à l'apparition de troubles au niveau de la nuque.

Cette tendance est retrouvée lorsqu'on analyse les incidences de plaintes (tableau 25) très élevées pour le premier poste et très faible pour le second.

B. Les épaules

1. Analyses de régression univariées

L'effectif, en nombre d'épaules, est de 312. Le tableau 28 reprend les odds ratios, les intervalles de confiance à 95% et la signification statistique ($p < 15\%$) pour les différentes données du questionnaire. Il ressort de ce tableau que 3 variables sont positivement liées à la survenue de troubles musculosquelettiques aux épaules. Il s'agit du sexe (les hommes ayant 1,7 fois plus de risque de développer des pathologies), des facteurs psychologiques (les personnes souffrant de certains troubles psychologiques ont 3 fois plus de risque) et le travail jugé fatigant.

TABLEAU 28

Analyses de régression univariées entre la survenue de plaintes aux épaules et les données du questionnaire (odds ratio, intervalle de confiance à 95% et signification)

Variables indépendantes	O.R.	Intervalle de confiance à 95%	P (en %)
Age	1,71	0,83-3,52	NS
Poids			NS
Taille			NS
Sexe			14,3
Ancienneté entreprise			NS
Ancienneté poste			NS
Santé			NS
Maladie chronique			NS
Accident			NS
Gravité accident			NS
Fumeur			NS
Sport			NS
Sport membre supérieur			NS
Héréditaire:			NS
maladies chroniques			
TMS poignets			NS
Hobbies:			NS
répétitivité			
efforts			
amplitudes extrêmes poignets			
outils vibrants			NS
Facteurs psychologiques	3,03	0,88-10,48	7,9
Travail fatigant	2,36	1,02-5,45	4,5

2. Analyse de régression multivariée

Le tableau 29 décrit les variables intervenant dans le modèle de régression logistique final.

En ce qui concerne les données du questionnaire, ce sont les mêmes variables psychologiques, de travail jugé fatigant ainsi que le sexe qui sont associées à la survenue de TMS au niveau des épaules.

TABLEAU 29

Analyse de régression logistique multiple entre la survenue de plaintes au niveau des épaules et les données du questionnaire ainsi que les postes de travail (O.R., intervalle de confiance et niveau de signification)

Questionnaires et postes	O.R.	Intervalle de confiance	P (en %)
Sexe	1,71	0,83-3,52	14,3
Facteurs psychologiques	3,37	0,96-11,88	5,89
Travail fatigant	2,31	1,00-5,35	5,09
Industrie du verre: bras droit	3,31	0,84-13,04	8,80
Industrie du verre: bras gauche	7,08	2,09-24,05	0,17
Hommes secteur tertiaire: bras droit	2,98	0,77-11,55	11,50
Hommes encodeurs: bras droite	4,41	1,26-15,39	2,01

Le sexe a été volontairement retiré du modèle logistique avant l'introduction des différents postes de travail. En effet, l'information apportée par le sexe est comprise dans la variable postes étant donné que, dans notre classification, les postes occupés par les femmes et par les hommes ont été considérés séparément, même si la tâche de travail à accomplir est la même.

Les postes à risque pour les épaules sont essentiellement occupés par des hommes. Les secteurs qui ressortent de l'analyse, de façon très significative ($p < 0,05$), sont la verrerie (pour l'épaule gauche) et l'encodage (pour l'épaule droite).

Les postes du secteur tertiaire (pour l'épaule droite) sont également des postes à risque.

C. Les coudes

1. Analyses de régression univariées

Le tableau 30 décrit les variables du questionnaire qui ont un lien direct avec l'incidence de plaintes au niveau des coudes. Ce tableau comprend le odds ratio, l'intervalle de confiance à 95% et la signification statistique du lien entre les variables et la survenue des plaintes. L'effectif ayant participé à l'analyse, en nombre de coudes, est de 333. Il ressort du tableau 30 que la probabilité de développer des troubles musculosquelettiques au niveau des coudes est plus grande à droite, chez les hommes et chez les travailleurs qui jugent leur état de santé moyen à mauvais, leur travail fatigant et qui, dans le cadre d'activités extraprofessionnelles utilisent leurs poignets en amplitude extrême (à l'origine de tensions musculaires pouvant avoir des répercussions au niveau des coudes).

TABLEAU 30 : Analyses de régression univariées entre la survenue de plaintes aux coudes et les données du questionnaire (odds ratio, intervalle de confiance à 95% et signification)

Variables indépendantes	O.R.	Intervalle de confiance à 95%	P (en %)
Côté			6,5
Age			NS
Poids	2,39	0,95-6,02	NS
Taille			NS
Sexe	2,24	0,85-5,88	10,1
Ancienneté entreprise			NS
Ancienneté poste			NS
Santé			6,5
Maladie chronique	2,44	0,95-6,28	NS
Accident			NS
Gravité accident			NS
Fumeur			NS
Sport			NS
Sport membre supérieur			NS
Héréditaire: maladies chroniques			NS
TMS poignets			NS
Hobbies: répétitivité			NS
efforts			NS
amplitudes extrêmes poignets	2,67	0,72-9,94	14,17
outils vibrants			NS
Facteurs psychologiques			NS
Travail fatigant	12,54	1,65-95,17	1,45

2. Analyse de régression logistique multivariée

Le tableau 31 reprend les résultats de l'analyse logistique multivariée et précise à nouveau les O.R., les intervalles de confiance à 95% ainsi que la signification statistique.

TABLEAU 31 Analyse logistique multivariée entre la survenue de plaintes au niveau des coudes et les données du questionnaire ainsi que les postes de travail (O.R., intervalle de confiance et niveau de signification)

Questionnaires et postes	O.R.	Intervalle de confiance	P (en %)
Côté	2,47	0,97-6,29	5,86
Sexe	2,68	0,99-7,22	5,18
Santé	2,84	1,07-7,58	3,65
Travail fatigant	11,21	1,46-85,98	2,01
Boucherie: bras droit	40,83	6,53-255,48	0,01
Boucherie: bras gauche	25,24	4,72-134,96	0,02
Femmes tertiaire: bras droit	7,85	1,40-44,13	1,93
Hommes tertiaire: bras droit	8,56	1,50-48,66	1,55
Sellerie: bras droit	9,22	1,61-52,70	1,25
Ind. composantes céramiques: bras droit	5,83	1,05-32,33	4,38

Pour la même raison qu'évoquée précédemment, le sexe et le côté, significativement liés à la survenue de plaintes, sont éliminés du modèle avant de faire intervenir les postes de travail. Les membres supérieurs gauche et droit ont également toujours été considérés séparément.

Les personnes ayant une moins bonne santé ainsi qu'un travail jugé fatigant sont à risque pour la survenue de troubles musculosquelettiques au niveau des coudes comme c'était déjà le cas pour la nuque.

Les six postes de travail ressortant dans le modèle avec des OR importants ($>5,8$ et un maximum de 40,8 pour la boucherie) sont liés de façon très significative avec la survenue de troubles au niveau des coudes ($p<5\%$). Les bouchers, dont l'incidence des plaintes est très importante (22%), ont une probabilité plus grande de développer ces troubles à droite ainsi qu'à gauche. Les autres secteurs comprenant le tertiaire (hommes et femmes), la sellerie et l'industrie des composants céramiques sont plus à risque pour le coude droit.

D. Les poignets

L'ensemble des facteurs associés aux TMS des poignets, et plus particulièrement au SCC, cités dans la littérature ont été relevés d'une part par le questionnaire pour les facteurs de risque extraprofessionnels et d'autre part par l'analyse quantitative au poste de travail pour les facteurs de risque professionnels. Le tout a été complété par différents tests fonctionnels et sensitifs dans le but éventuel d'une détection précoce du SCC.

Cette section, consacrée aux poignets, est divisée en deux parties.

La première, plus descriptive, a pour but de cibler les différences entre le groupe sans TMS du poignet et le groupe développant des plaintes, pour l'ensemble des facteurs de risque.

La deuxième partie quantifie, d'une part, l'association entre les paramètres fonctionnels et professionnels et la survenue des TMS en tenant compte des caractéristiques personnelles de chacun et, d'autre part, l'association entre les paramètres fonctionnels et professionnels.

Compte tenu des corrélations et associations nombreuses entre les différents paramètres, il a été impossible de présenter un seul modèle final. C'est pourquoi les résultats sont présentés en étapes successives.

1. Comparaison entre le groupe ultérieurement atteint et les travailleurs sans TMS des poignets

Signet non défini.

a. Caractéristiques personnelles et fonctionnelles

Le tableau 32 reprend les effectifs des deux groupes (avec et sans TMS ultérieurs des poignets) relevés sur la période des 12 derniers mois, la moyenne du groupe non atteint, la différence (en pour-cent) entre les moyennes des deux groupes de personnes ainsi que la signification statistique de cette différence, pour les caractéristiques personnelles et les tests fonctionnels.

TABLEAU 32 : Différences entre les groupes ultérieurement atteint et non atteint pour les caractéristiques personnelles et les tests fonctionnels

Il ressort du tableau 32 que les deux groupes ne diffèrent en rien en ce qui concerne les caractéristiques personnelles (c'est-à-dire âge, poids, taille et ancienneté). Pour les tests fonctionnels, les travailleurs ayant développé des TMS au niveau des poignets semblent avoir été antérieurement moins performants en mobilité angulaire, surtout en déviation cubitale, en extension et en flexion. Paradoxalement, ces mêmes personnes développaient une force de préhension bidigitale (ou pinch) plus importante. Cette différence de 12%, calculée sur des mesures de force dont la gamme de variation est de 10 kg et dont les moyennes oscillent autour des 5 kg, est égale à 0,7 kg, ce qui, en pratique, ne semble plus significatif. Aucun autre test fonctionnel ne différencie les deux groupes de personnes.

b. Contraintes professionnelles

Le tableau 33 reprend, pour l'ensemble des paramètres professionnels les plus pertinents, les moyennes calculées pour les travailleurs ayant participé à l'analyse de poste, sans TMS des poignets, la différence (en pour-cent) des moyennes entre les deux groupes (avec et sans TMS ultérieurs), ainsi que la signification statistique de cette différence. La majorité des variables de l'analyse de poste ne discriminent absolument pas les deux groupes de personnes. Le seul paramètre pour lequel les conditions semblaient au départ, en moyenne, plus contraignantes pour les travailleurs avec plaintes ultérieures est le pourcentage de temps pendant lequel les sujets travaillent avec une vitesse supérieure à 50%/s dans l'axe de flexion-extension.

TABLEAU 33 : Différences entre les groupes ultérieurement atteint et non atteint pour les moyennes de

l'analyse de poste

c. Analyses univariées

Comme pour les autres régions anatomiques, des analyses univariées ont été effectuées entre l'incidence des plaintes et les différentes variables du questionnaire prises isolément, afin de déterminer l'influence propre de chacune d'entre elles sur la survenue de plaintes.

Le tableau 34 décrit les résultats de cette analyse de régression univariée. Les odds ratios et les intervalles de confiance à 95% sont précisés pour les variables significativement liées aux plaintes avec $p < 15\%$. Il ressort de ce tableau que la probabilité de développer des TMS au niveau des poignets est plus grande pour les travailleurs de grande taille, de sexe masculin et ayant des problèmes de santé.

TABLEAU 34 : Analyses de régression logistique univariées entre la survenue de plaintes aux poignets et les données du questionnaire (O.R., intervalle de confiance à 95% et signification

Variabiles indépendantes	O.R.	Intervalle de confiance	P (en %)
Côté			NS
Age			NS
Poids	1,02	0,99-1,05	NS
Taille	1,84	1,07-3,18	10,30
Sexe			2,79
Ancienneté dans l'entreprise			NS
Ancienneté au poste			NS
Santé	1,61	0,86-3,02	13,68
Maladie chronique	2,48	1,34-4,58	0,37
Accident	0,63	0,36-1,09	0,98
Gravité de l'accident			NS
Fumeur			NS
Sport	2,19	0,95-5,07	NS
Sport membre supérieur			6,64
Héréditaire: maladies chroniques			N.S.
TMS poignets			N.S.
Hobbies: répétitivité	1,82	0,99-3,34	NS
efforts	2,41	0,88-6,57	5,19
amplitudes extrêmes poignets			NS
outils vibrants			8,63
Facteurs psychologiques			NS
Travail fatigant	2,88	1,52-5,49	0,13

Pour certains travailleurs, ces problèmes sont associés initialement avec un jugement négatif de l'état de santé en général alors que d'autres souffrent de maladies chroniques. Par contre, les accidents sont négativement associés à la survenue de plaintes de TMS des poignets.

Les variables présentant encore une association avec la survenue de plaintes sont la pratique d'un sport de raquette (nécessitant la sollicitation des poignets), ainsi que les activités extraprofessionnelles impliquant des efforts au niveau des poignets et l'utilisation d'outils vibrants. Le travail jugé moyennement à très fatigant est également très significativement associé à la survenue de TMS des poignets.

Ce jugement subjectif émis par les travailleurs est d'ailleurs la seule variable associée à la survenue de TMS, quelle que soit la localisation.

Les analyses univariées montrent également que les facteurs héréditaires ne sont absolument pas associés au développement de TMS des poignets. Il en est de même pour l'ancienneté.

2. Analyse de régression logistique multiple

a. Le questionnaire

Le tableau 35 indique les variables du questionnaire intervenant dans le modèle de régression logistique multiple final et reprend pour chacune d'elles le odds ratio, l'intervalle de confiance à 95% et la signification statistique. Il ressort de ce modèle final une probabilité de développer des TMS aux poignets plus grande pour les travailleurs de sexe masculin, pour les personnes souffrant de maladies chroniques, de troubles psychologiques, exerçant un sport de

raquette, et jugeant leur travail fatigant.

Le sport en général ainsi que les accidents sont négativement associés à la survenue de TMS.

Les plaintes semblent plus importantes à droite qu'à gauche mais avec un niveau de signification égal à 12,3%.

TABLEAU 35 : Analyse logistique multivariée entre l'incidence de plaintes au poignet et les variables du questionnaire

Variables du questionnaire	O.R.	Intervalle de confiance à 95%	p (en %)
Côté	1,54	0,89-2,69	12,25
Sexe	2,45	1,32-4,54	0,46
Maladies chroniques	2,89	1,50-5,55	0,15
Accident	0,48	0,27-0,87	1,64
Sport	0,54	0,27-1,08	8,03
Sport membre supérieur	2,82	1,03-7,72	4,42
Facteurs psychologiques	3,17	0,86-11,68	8,36
Travail fatigant	2,62	1,34-5,14	0,49

b. Les analyses de postes

A ce modèle final est rajoutée isolément **chaque variable de l'analyse de poste** afin de préciser l'influence de ces conditions de travail sur l'incidence des plaintes aux poignets, compte tenu des caractéristiques personnelles précitées. Les variables n'ont pas été introduites ensemble étant donné les corrélations importantes entre elles (cfr. tableaux 21 et 22). Il en est de même pour le côté qui a été retiré volontairement du modèle, à cause des corrélations importantes avec les variables de l'analyse de poste.

Quatre analyses ont été successivement réalisées:

1. avec la variable "poste";
2. avec les moyennes des différents paramètres (angles, forces, ...) à chaque poste;
3. avec ces paramètres dichotomisés en faible ou élevé comme exposé précédemment (tableau 20);
4. avec les valeurs individuelles de ces paramètres.

Le tableau 36 présente les résultats.

Il ressort du tableau 36 que globalement 16 des 28 **postes** sont associés au développement des TMS des poignets.

TABLEAU 36

Analyses univariées entre l'incidence des plaintes et les variables de l'analyse de poste, compte tenu du questionnaire

Pour les poignets droit et gauche, les postes concernés sont la boucherie, l'industrie du verre et des composants céramiques, la sellerie, la pâtisserie (hommes), l'encodage bancaire (femmes) et le secteur tertiaire (hommes). Deux postes supplémentaires sont concernés pour le poignet droit: le secteur tertiaire (femmes) et l'encodage de virements (hommes). Les associations sont dans l'ensemble statistiquement très significatives ($p < 5\%$) hormis pour les poignets droits des bouchers ($p = 7,8\%$) et des hommes de l'industrie des composants céramiques ($p = 11,7\%$).

Lorsque les **valeurs moyennes** des paramètres par poste de travail sont introduites dans le modèle, ce sont les variables de force, de vitesse et de répétitivité qui sont associées aux TMS ultérieurs, compte tenu toujours des facteurs de risque extraprofessionnels relevés par le questionnaire.

Les odds ratios et les intervalles de confiance présentés au tableau 36 se rapportent à une variation du paramètre de l'analyse de poste égale à 10 (10%, 10%/s ou 10 exécutions par minute selon le paramètre).

Toutes les variables caractérisant la force sont associées aux plaintes, à savoir, l'EMG moyen, le pourcentage de temps en force extrême ($> 20\%$ EMG max) et le pourcentage de temps en angulations et force extrêmes.

Les trois paramètres de répétitivité (angulaire, en force et combinée) sont également liés à la survenue des TMS des poignets.

Pour la vitesse, c'est dans l'axe de flexion-extension que la liaison est la plus importante, que ce soit pour la vitesse moyenne et surtout pour le pourcentage de temps pendant lequel la vitesse des mouvements en flexion-extension

dépasse 50°/s: un sujet qui augmente de 10% le temps pendant lequel il travaille au delà de ce seuil a 1,5 fois plus de chance de développer des TMS.

Lorsqu'on introduit les paramètres de l'analyse de **poste dichotomisés** (à risque et à moindre risque), ce sont essentiellement les postes classés à risque pour les facteurs de force (moyenne EMG et pourcentage de temps en force extrême) qui sont associés à la survenue de plaintes. Les travailleurs occupés à des tâches exigeant certains efforts dans les poignets ont, en moyenne, 1,7 fois plus de risque de développer des TMS.

Paradoxalement, le pourcentage de temps passé en déviation extrême semble négativement associé à la survenue des TMS mais le niveau de signification n'est que de 14,3%.

Lorsque les **variables individuelles** sont introduites dans le modèle, il n'y a qu'un seul paramètre qui semble associé à la survenue de TMS: il s'agit du pourcentage de temps pendant lequel la vitesse de mouvement en flexion-extension dépasse 50°/s dont le O.R. vaut 1,6 pour une augmentation de 10% du temps ($p < 10\%$).

Paradoxalement, les résultats individuels n'apportent pas une information supplémentaire par rapport aux moyennes exprimées par poste de travail.

c. Les tests fonctionnels

Comme pour les variables de l'analyse de poste, les résultats des différents tests fonctionnels ont été introduits, indépendamment de l'analyse de poste, dans le modèle afin de cibler les tests associés à la survenue de TMS au niveau des poignets.

Etant donné les corrélations importantes qui existent entre les paramètres fonctionnels (cfr tableau 15) essentiellement pour les tests sensitifs et de force, il a été décidé d'ajouter au modèle de régression multiple sur base du questionnaire chaque variable fonctionnelle une par une.

Le tableau 37 reprend les odds ratios (pour une variation de 10° et de 1kg), les intervalles de confiance à 95% et la signification statistique.

Il ressort du tableau 37 que seuls les angles de mouvement, hormis la déviation radiale, sont associés à la survenue des TMS au niveau des poignets.

Encore une fois, le pinch ($p=12\%$) n'est lié aux plaintes que par une augmentation des performances. Aucun test sensitif ne semble associé au développement ultérieur de plaintes.

TABLEAU 37

Analyses logistiques univariées entre la survenue de plaintes et les tests fonctionnels compte tenu du questionnaire

3. Influence des contraintes professionnelles sur les paramètres fonctionnels Erreur ! Signet non défini.

La dernière étape a cherché à quantifier l'influence des contraintes professionnelles sur successivement les différents tests fonctionnels en tenant compte des caractéristiques personnelles.

Les résultats repris aux tableaux 38, 39 et 40 présentent le sens des associations ainsi que la signification statistique respectivement pour les résultats dichotomisés, pour les moyennes par poste de travail et pour les valeurs individuelles de l'analyse de poste.

Globalement, il ressort des tableaux que la majorité des facteurs professionnels ont une influence allant dans le sens de la détérioration des tests fonctionnels, hormis pour la force de préhension globale (grasp). En ce qui concerne les angles ce sont essentiellement la déviation cubitale et la flexion qui sont touchés. Lorsqu'on prend les variables individuelles de l'étude de poste, la relation avec la flexion disparaît. Pour les tests sensitifs, on remarque qu'ils sont tous associés aux vitesses de mouvement principalement dans l'axe de flexion-extension ainsi qu'au pourcentage de temps pendant lequel les sujets travaillent avec une vitesse supérieure à 50°/s dans le même axe. Ce dernier paramètre ne semble pas influencer l'aesthésiométrie qui, par contre, est associée aux vitesses et aux pourcentages de temps au delà de 30°/s en déviation radio-cubitale.

TABLEAU 38 : Associations entre les tests fonctionnels et les paramètres dichotomisés de l'analyse de poste

Les tests sensitifs orientés vers le nerf médian sont également influencés par la répétitivité des mouvements.

La contrainte de force (EMG moyen et pourcentage de temps en EMG extrême) semble également influencer les

paramètres fonctionnels précités à savoir la déviation cubitale, la flexion et l'ensemble des tests sensitifs hormis l'aesthésiométrie de l'auriculaire.

Les tableaux 38 et 39 présentent assez logiquement les mêmes résultats alors que le tableau 40, qui reprend l'influence des variables individuelles et montre nettement moins d'associations entre les paramètres fonctionnels et professionnels.

TABLEAU 39

Associations entre les tests fonctionnels et les moyennes des paramètres de l'analyse de poste

TABLEAU 40 : Associations entre les tests fonctionnels et les paramètres individuels de l'analyse de poste

CHAPITRE VI : DISCUSSION

I. PARTIE TRANSVERSALE

A. Prévalences relevées par le questionnaire

Les prévalences relevées par le questionnaire lors de la première année de l'étude prospective sont supérieures mais très proches de celles relevées dans le cadre du volet épidémiologique. Il ne s'agit cependant pas strictement des mêmes situations industrielles, puisque de nouveaux postes de travail, à risque, ont été introduits pour le volet prospectif de l'étude: le chargement de composants céramiques, de vitrages de voiture, le conditionnement pharmaceutique et l'encodage. Les postes sidérurgiques n'ont, par contre, pas fait partie du volet prospectif.

Les prévalences relevées sont néanmoins encore inférieures aux valeurs citées dans la littérature (cfr. volet épidémiologique).

Les différences peuvent provenir, comme cela a déjà été précisé, de la façon dont les plaintes ont été relevées (interview) ainsi que des conditions spécifiques de travail pas toujours similaires à celles étudiées dans la revue de la littérature.

B. Prévalences relevées lors de l'examen clinique

Les prévalences sont commentées pour toutes les localisations anatomiques hormis pour les poignets où, selon les critères de sélection de l'étude prospective, aucun trouble n'était admis.

Ces prévalences sont nettement inférieures aux taux relevés par l'intermédiaire des questionnaires et plus proches des valeurs citées dans la littérature par des auteurs ayant utilisé les mêmes critères de diagnostic.

Pour **la nuque**, les prévalences de cervicarthrose égales à 4,5% corroborent l'étude de Viikari-Juntura (1983) effectuée chez les bouchers (5%), de Bovenzi (1991) effectuée dans le milieu hospitalier (3,2%) et la revue de littérature de Hagberg et Wegman (1987) où les valeurs vont de 1 à 5% selon les secteurs visés.

Pour le syndrome tensionnel de la nuque, les prévalences varient plus selon les études (5 à 38%). Les valeurs obtenues dans le cadre de cette étude (3,4%) se rapprochent le plus des valeurs citées par Viikari-Juntura (1983) (5%) qui ne vise que la population des bouchers. Les autres postes de travail comparables aux postes de l'étude, cités par Hagberg et Wegman (1987), ont des prévalences allant jusqu'à 11% pour le secteur tertiaire et 38% pour l'encodage. Ce sont également les postes les plus touchés dans le cadre de notre étude même si les prévalences relevées sont inférieures.

Pour **les épaules**, deux pathologies ont principalement été diagnostiquées avec des prévalences égales à 2,2% pour la tendinite du sus-épineux et 0,6% pour le syndrome acromio-claviculaire. Dans la littérature, la tendinite du sus-épineux est diagnostiquée dans 2,7% des cas par Viikari-Juntura (1983) et entre 1 et 17% des cas par Hagberg et Wegman (1987) (dont 1% pour le secteur de l'encodage, 2% pour le tertiaire et 3% pour les bouchers).

Par contre, le syndrome acromio-claviculaire ne semble toucher que la population exposée aux vibrations avec des prévalences proches de 11% (Bovenzi 1991). La ténosynovite du biceps semble plus fréquente selon ces études précitées (entre 0,9 et 3,2%).

En ce qui concerne **les coudes**, les prévalences d'épicondylites citées dans la littérature varient de 0,8% (Viikari-Juntura et coll. 1991) à 6,4% (Bovenzi 1991) et valent 1,5% pour cette étude.

Les prévalences sont donc nettement plus proches de celles citées dans la littérature et les écarts peuvent provenir des secteurs professionnels visés différents des nôtres.

C. Les tests fonctionnels

Les tests fonctionnels et sensitifs ont été choisis suite à une revue de la littérature approfondie. Cette recherche s'est orientée vers les tests ayant un pouvoir de détection précoce du SCC, dans le but de fournir un outil de prévention aux médecins du travail.

Un ensemble de tests ont été choisis et non un seul test car, comme l'affirme Bell-Krotoski (1990a), le choix d'un test, même objectif, peut ne pas apporter toute l'information nécessaire ou peut contenir une variable non connue rendant l'interprétation du test difficile. Dans le cas du SCC, le diagnostic est également difficile à faire car les

signes cliniques différent et le choix des tests dépend des altérations des fonctions de la main tributaires de l'évolution du syndrome. En effet, suivant le siège de la lésion et la disposition topographique du nerf, la compression du médian s'exprime par des troubles sensitifs le long du nerf et de ses branches terminales, par des troubles moteurs dans le territoire musculaire de sa branche thénarienne et par des troubles vaso-moteurs dans le territoire vasculaire de l'arcade palmaire superficielle.

Les affections des fibres motrices diminuent la capacité de transmettre des signaux vers l'unité motrice du muscle; de cette façon, la lésion sur le nerf moteur réduit le contrôle de l'activité musculaire et la capacité d'exercer une force.

Lorsqu'il s'agit des fibres sensitives, c'est l'information afférente provenant des capteurs périphériques et se dirigeant vers le système nerveux central qui est altérée. Cette information est très importante pour le fonctionnement de la main parce qu'elle renseigne sur la force, la pression exercée, la position et les mouvements de la main (Kroemer 1989).

Les troubles vaso-moteurs comprennent de l'oedème des doigts au réveil, ainsi que des phénomènes de sudation paroxystique ou permanente des paumes.

Un ensemble de tests a donc été choisi afin d'aborder le sujet d'une façon plus globale et complète, c.à.d. d'un point de vue sensitif et fonctionnel.

Callahan (1990), Gelberman et coll. (1983) et Szabo et coll. (1984) proposent initialement comme batterie de tests:

- la vitesse de conduction nerveuse
- la perception aux vibrations
- le seuil de discrimination des deux pointes
- la force exercée par le court abducteur du pouce.

L'ensemble de ces tests ainsi que l'expérience d'autres auteurs ont permis la sélection finale des tests suivants pour l'étude prospective:

1. Les forces de préhension globale et bidigitale ont été mesurées afin de tester les capacités fonctionnelles des travailleurs ainsi que l'intégrité de la branche motrice du nerf. Cette branche innerve la majorité des muscles fléchisseurs du poignet et des doigts ainsi que l'opposant et les fléchisseurs du pouce (le long fléchisseur et la partie superficielle du court fléchisseur). Une étude menée par Fernandez (1991) montre une perte statistiquement significative de 42% chez des sujets atteints de SCC en comparaison avec une population contrôle, pour la force de préhension globale. Paradoxalement, les personnes souffrant de SCC n'ont pas une force de préhension bidigitale plus faible.

2. Les angulations maximales sont réduites, d'après cette même étude, pour la population atteinte de SCC. Ces diminutions angulaires se marquent surtout pour l'axe de flexion-extension (dont la différence des moyennes vaut globalement 75%) et pour la déviation cubitale (avec une différence entre les populations égale à 22%). L'auteur conclut en affirmant que les personnes atteintes de SCC ont une capacité de travail réduite, nécessitant une force et des amplitudes de mouvement plus importantes. Ces dires corroborent les constatations de Armstrong et Chaffin (1979) qui affirment que la population atteinte de SCC utilise en moyenne 18% plus de force qu'une population contrôle. Les forces et les angles de mouvement constituent donc de bons indicateurs des capacités fonctionnelles.

3. La perception aux vibrations: l'évaluation de la sensibilité aux vibrations a été fréquemment utilisée dans le suivi médical des neuropathies d'origine toxique (p.e. le dysfonctionnement du nerf radial lors de l'intoxication au plomb), d'origine métabolique (dans le diabète sucré), ainsi que dans la surveillance du processus de régénération nerveuse (Dellon 1981, Lundborg et coll. 1986).

Plus récemment, la vibrométrie a fait incursion dans le domaine des affections nerveuses d'origine professionnelle, particulièrement dans la compression du nerf médian.

Aujourd'hui, le test de sensibilité aux vibrations est considéré comme le test donnant les premiers signes objectifs du syndrome du canal carpien, et sa contribution au dépistage précoce de cette affection est soulignée par plusieurs auteurs: Bleecker et Agnew 1987; Dellon 1981; Grunert et coll. 1990; Jetzer 1991; Lundborg et coll. 1986; Szabo et coll. 1984.

Dellon, en 1981, affirmait que, lors d'un processus d'ischémie suite à un syndrome compressif, les fibres myélinisées du nerf sont les premières à être atteintes. L'altération de ce type de fibres entraîne une modification plus ou moins importante de la sensibilité aux vibrations. Ce même auteur a également trouvé des altérations dans la perception de la stimulation vibratoire chez 72% de sujets suspects d'être atteints du syndrome du canal carpien.

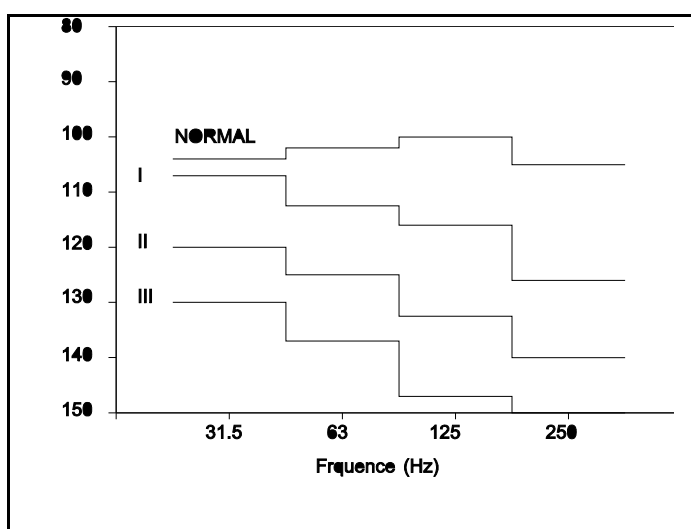
Pour comprendre la philosophie du test il s'avère nécessaire de faire un bref rappel physiologique.

Il existe, à peu près, 17000 unités de mécano-récepteurs distribuées sur la peau de chacune des mains. Ces récepteurs sont classifiés en quatre groupes selon les caractéristiques de réponse. Les récepteurs FA (fast adapting) sont d'adaptation rapide et répondent seulement quand il s'agit d'une stimulation dynamique. Les récepteurs SA (slowly adapting) sont d'adaptation lente mais répondent aussi à la stimulation statique. Tant les récepteurs SA que FA peuvent être subdivisés en: Type I si leur zone de réception est petite et bien déterminée ou, Type II si leur zone de réception est plus large et avec des bornes moins bien déterminées (Lundström 1986). Les récepteurs SA I et SA II répondent aux vibrations de basses fréquences (entre 0,1 et 60 Hz) et les récepteurs FA I et FA II aux hautes fréquences (entre 31,5 et 65 Hz pour FA I et supérieures à 65 Hz pour FA II) (Lundborg et coll. 1987).

La vibrométrie permet d'obtenir la courbe de sensibilité aux vibrations, en déterminant le seuil de perception pour différentes fréquences (généralement entre 8 et 500 Hz).

Le tracé normal donne des seuils de sensibilité à peu près identiques à toutes les fréquences (voir figure 16). La première phase de la pathologie se marque pour une élévation légère mais systématique des seuils de sensibilité vers les hautes fréquences. Dans un stade plus avancé, l'altération reste légère à 16 et 31,5 Hz mais devient très importante (30 à 40 dB) à 125 et 250 Hz. Au stade le plus sévère, il peut ne plus y avoir de réponse aux fréquences supérieures (Lundborg et coll. 1986).

FIGURE 16 : Courbe de sensibilité aux vibrations



Quelques études ont montré une bonne corrélation entre la diminution de la sensibilité aux vibrations et les symptômes compatibles avec le syndrome du canal carpien: Lundborg et coll. 1986; Jetzer 1991; Lundborg et coll. 1987.

Comme le précisent ces mêmes auteurs, la perception aux vibrations ne permet pas de poser le diagnostic du SCC mais donne une indication pour une évaluation médicale plus complète.

Les pourcentages élevés de personnes appartenant à la classe I, dans le cadre de notre étude, s'expliquent par la sensibilité du test qui cible le moindre problème vasculaire ou neurologique. D'après

l'étude de Lundborg et coll. (1986), les sujets en classe I ne se plaignent pas de douleurs, ont une aesthésiométrie normale, pas de faiblesse ni d'atrophie musculaire. La seule plainte est la paresthésie nocturne dont les origines peuvent être variées.

Aucun système de globalisation du profil tactilométrique ne semble avoir été présenté dans la littérature. Cela semble cependant nécessaire et, par analogie avec le domaine audiométrique pour l'évaluation du déficit auditif, nous avons défini le déficit moyen de sensibilité tactile par l'expression suivante:

Les valeurs de déficit moyen correspondant aux 4 classes définies à la figure 16 sont dès lors 101, 117, 132 et 145 dB.

4. Temps de latence moteur: même si les études de conduction nerveuse restent un outil de diagnostic très précieux, la mesure de la vitesse de conduction nerveuse reste difficilement applicable en entreprise; elle est

coûteuse, l'appareil encombrant et elle nécessite une certaine expérience dans le domaine (Rosier et Blair 1984; Steinberg et coll. 1992). Beaucoup moins complexe, l'évaluation de la conduction des fibres motrices est réalisée à l'aide de l'électroneuromètre digital qui donne de façon instantanée la mesure du temps de latence moteur.

Le temps de latence moteur mesuré par l'électroneuromètre est légèrement plus long que celui mesuré par l'électrodiagnostic classique (Rosier et Blair 1984; Steinberg et coll. 1992; Feierstein 1988). L'explication de cette différence, non significative, provient du compteur digital. En effet, il s'arrête près, mais pas juste au moment, du déclenchement du potentiel d'action musculaire. Le décalage est de l'ordre de 0,25 ms (Steinberg et coll. 1992; Feierstein 1988).

Plusieurs études ont cependant montré une très bonne corrélation statistique entre les deux méthodes (Steinberg et coll. 1992; Rosier et Blair 1984; Beckenbaugh et Simonian 1991). Bien sûr, la mesure du TLM ne peut pas remplacer les études d'EMG sensibles classiques qui indiquent entre autre les perturbations des latences ainsi que des amplitudes du signal. Ces derniers restent la manifestation clinique la plus sensible en cas de SCC (Beckenbaugh et Simonian 1991; Feierstein 1988; Steinberg et coll. 1992, Grant et coll. 1992). La comparaison des études sensibles et motrices est intéressante. En effet, différents auteurs affirment que 8 à 10% des sujets avec des signes cliniques du syndrome du canal carpien ne montrent aucune anomalie dans les tests de la conduction nerveuse sensitive. Ces pourcentages atteignent 20% pour les tests moteurs (Steinberg et coll. 1992; Feierstein 1988; Beckenbaugh et Simonian 1991). L'altération de la conduction nerveuse sensitive s'avère plus fréquente que celle de la conduction nerveuse motrice: 90% par rapport à 80% des cas (Steinberg et coll. 1992; Blecker et Agnew 1987; Schottland et coll. 1991).

D'après l'expérience de nombreux auteurs (Beckenbaugh et Simonian

1991; Steinberg et coll. 1992), la mesure du TLM reste un moyen tout à fait satisfaisant pour la détection du SCC en milieu professionnel (voire pour un suivi post-opératoire).

Les études montrent l'utilité de tester la composante motrice du nerf. La sensibilité du test est de 69% et la spécificité atteint 100% (Steinberg et coll. 1992).

Donc, en pratique, du fait de la facilité d'utilisation, de la rapidité, du coût peu élevé et de l'équipement léger, la mesure du TLM reste le test le plus accessible et intéressant.

5. Aesthésiométrie: le seuil de discrimination des deux pointes n'est pas considéré comme étant aussi sensible que les deux derniers tests décrits, pour le dépistage précoce du SCC. Il reste cependant largement utilisé dans l'évaluation de la fonction sensitive.

D'après Callahan (1990), l'aesthésiométrie permet de tester l'habileté manuelle dans des tâches fines (cette théorie semble néanmoins démentie par Dellon (1981)). D'autres auteurs affirment que le test est plus approprié dans le cas de récupération nerveuse suite à une section et ne permet que d'appuyer le diagnostic de SCC pour des cas déjà avancés dans l'évolution du syndrome (Gelberman et coll. 1983; Lundborg et coll. 1986; Szabo et coll. 1984, Dellon 1981).

Dellon (1981) affirme que, pour la moitié des personnes présentant des signes cliniques de SCC, le seuil de discrimination des deux pointes est inférieur à 6 mm, c.à.d. normal. Ce fait provient de la nature de l'aesthésiométrie qui teste la densité d'innervation d'une région (dans ce cas la pulpe du doigt) et non un seuil, et pour laquelle quelques fibres suffisent à la transmission correcte de la sensibilité tactile à l'aire corticale correspondante (Szabo et coll. 1984; Lundborg et coll. 1986).

D.Association entre l'examen fonctionnel et les paramètres personnels

Aucune étude ne parle **des angles de mouvement** hormis celle de Fernandez (1991) qui cible uniquement une population féminine. Aucune association n'est mise en évidence dans cette étude.

Pour les forces, Mathiowetz (dans Amundsen 1990) précise l'effet des différents paramètres sur les performances de force. Les forces sont entre autres influencées par la position du sujet, ainsi que par la position de la poignée du dynamomètre Jamar. Ces deux facteurs sont parfaitement contrôlés et standardisés dans l'étude. Il existe également une influence du sexe et du côté. En moyenne, la main dominante développe 10% plus de force que la main non dominante (Mathiowetz 1990; Janda et coll. 1987). Ces associations se marquent également dans cette étude (tableau 14), hormis pour l'effet côté sur le pinch (qui n'a qu'une petite gamme de variation). Mathiowetz cite également l'influence mineure du poids et de la taille sur la force. D'après l'auteur, ces paramètres n'expliquent

qu'un faible pourcentage de la variation. Dans notre étude, il semble y avoir un effet poids alors que la taille n'influence nullement les performances en force.

Que l'âge n'influence pas la force dans notre étude s'explique par une stabilisation de la force entre 20 et 50 ans, gamme qui couvre l'âge des travailleurs. D'après Mathiowetz, la force augmente de 9 à 16 ans, se stabilise entre 20 et 50 ans et décroît après 50 ans.

En ce qui concerne les **tests sensitifs** (aesthésiométrie et perception des vibrations), de nombreux articles mentionnent une diminution de la perception aux vibrations avec l'accroissement de l'âge (Dellon 1981; Hadlington 1991; Schmidt et Wahren 1990). Cette diminution se marque par un changement des seuils de perception.

L'effet de l'âge se marque très nettement dans l'analyse multivariée aussi bien pour la perception des vibrations que pour l'aesthésiométrie (tous les deux étant des tests de seuil).

Redmond et coll. (1990) ne notent aucun effet côté (gauche vs droit) pour la perception aux vibrations. L'effet côté observé dans l'étude est cependant négligeable étant donné une différence de 2 dB, seulement, sur des moyennes de 104 dB. Par contre, alors qu'aucune référence bibliographique ne le mentionne, les femmes semblent plus sensibles que les hommes.

Pour les mesures du **TLM**, peu d'associations sont relevées dans la littérature. Par contre, les auteurs sont unanimes sur le fait que l'âge influence la conduction nerveuse (Pelmear et coll. 1992; Nathan et coll. 1992a; Chatterjee 1987; Bleecker et Agnew 1987; Osorio et coll. 1994). L'effet âge existe également sur le TLM du médian des travailleurs ayant participé à l'étude, mais il est difficile d'expliquer l'absence de cette influence quant au TLM du nerf cubital. Nathan et coll. (1992 a, b) observent également lors de leurs études un effet de l'âge, de la dominance et du poids, comme c'est le cas pour le TLM du médian. Par contre, ils n'observent à nouveau pas d'influence du sexe sur la conduction nerveuse.

II. ETUDE PROSPECTIVE

A. Analyse de poste

L'analyse des conditions de travail a eu pour buts d'estimer l'exposition aux contraintes professionnelles et de déterminer l'influence de celles-ci sur l'apparition de troubles musculo-squelettiques (Harber et coll. 1992).

La littérature abonde d'études qui ont utilisé de multiples techniques pour décrire le poste de travail. La majorité de ces analyses se font par observation, souvent au moyen d'enregistrements vidéo, et ont l'avantage d'être simples, peu coûteuses et rapides. Par contre, l'analyse par observation ne permet pas de quantifier et de caractériser les contraintes professionnelles. Une méthode comprenant l'EMG, l'enregistrement des contraintes biomécaniques au moyen de goniomètres et la possibilité de gérer l'ensemble permet une description très détaillée pour des tâches très spécifiques. Cette précision n'est pas possible par observation qui reste fort grossière et discrimine difficilement les postes de travail.

L'étude quantitative permet également d'enregistrer en continu et d'analyser plus précisément de nouveaux facteurs de risque tels que la vitesse de mouvement, les durées pendant lesquelles les conditions de travail dépassent certaines limites, ... Elle permet également, non plus de caractériser la tâche de travail dans sa globalité, mais, en théorie du moins, de quantifier les paramètres professionnels de risque pour chaque sujet en tenant compte de ses caractéristiques individuelles (morphologiques, ...) et de ses habitudes de travail (vitesse, ...)

Comme le précisent encore Harber et coll. (1993) et Stetson et coll. (1991), il existe une susceptibilité individuelle à développer des TMS et l'exposition n'est pas uniforme pour tous les sujets. En effet, la complexité des mouvements est grande et les compensations nombreuses. Il est donc intéressant et nécessaire de procéder à des analyses individuelles.

Les techniques d'analyse ont fort évolué mais peu d'auteurs utilisent une méthode complète ciblant l'ensemble des facteurs de risque à savoir les postures, la répétitivité et les efforts. La confrontation des résultats reste donc difficilement faisable.

Essentiellement 4 études sont à la base de la conception de notre méthode d'analyse.

Moore et coll. (1991) ont effectué une recherche en laboratoire dans le but de définir les facteurs professionnels associés aux mécanismes de lésion interne à l'origine de TMS au niveau des poignets. Douze variables ont été obtenues en combinant les mesures expérimentales et des modèles analytiques de la main et de l'avant-bras. Les

mesures expérimentales ont été effectuées à l'aide d'enregistrements vidéo, d'EMG de surface, de goniomètres électroniques, d'un gant muni de capteurs de fibres optiques et de capteurs de force au niveau des outils.

Quatre situations de travail ont été simulées dans deux conditions de posture du poignet (neutre et hyperflexion) et sont définies selon les critères de Silverstein et coll. (1987) à savoir LOF.LOR (peu de force et peu répétitif), LOF-HIR (peu de force, très répétitif), HIF-LOR (très en force, peu répétitif) et HIF-HIR (contraignant en force et en répétition).

Les résultats des analyses quant aux paramètres externes mesurés ne sont pas présentés par les auteurs qui n'exploitent que les variables internes mal définies, à savoir:

- le pic de force au niveau des tendons (N)
- les impulsions de force au niveau des tendons (nbr/hr)
- les déplacements tendineux (cm/hr)
- la vitesse de déplacement (en pic cm/s)
- la pression moyenne normale (N/cm⁵)
- le pic de pression normale (N/cm⁵)
- la pression normale d'impulsion lors de la flexion (N/cm⁵/hr)
- les facteurs de travail (J/cm⁵/hr)
- le pic de puissance (mw/cm⁵)
- la charge statique au niveau des fléchisseurs (% FMV)
- la charge dynamique des fléchisseurs (% FMV)
- la charge de pointe (% FMV).

Des odds ratios sont calculés par ces différentes variables en prenant la situation de travail légère (LOF-LOR) comme référence. Les auteurs concluent en affirmant que les risques de TMS sont les plus élevés pour les conditions en HIF-HIR ainsi que dans des conditions de postures extrêmes.

Silverstein et coll. (1987) ont utilisé des enregistrements vidéo et l'EMG. Les postes ont été caractérisés en répétitivité et en force.

Armstrong et coll. (1979) ont également utilisé la vidéo et l'EMG afin de déduire la force à partir des postures et du signal EMG.

Loslever et coll. (1992) ont décrit une méthodologie d'analyse basée sur l'EMG de surface et un capteur d'angle en flexion-extension. Cette méthodologie a été utilisée par Ranaivosoa et coll. (1992) lors de l'analyse de 29 postes de travail.

Ces auteurs ont défini un ensemble de variables dont certaines sont comparables à celles que nous avons utilisées dans notre étude prospective. Les angles en flexion-extension, la vitesse dans cet axe de mouvement, la force (déduite à partir de l'EMG et des déplacements) et le nombre de "manipulations" (sans définition précise) ont été mesurés. Leurs résultats corroborent les nôtres, en particulier en ce qui concerne la vitesse de mouvement qui, pour eux, varie entre 20°/s et 80°/s et, pour nous, entre 20°/s et 76°/s. L'étude des angles, qu'ils expriment en valeurs absolues, confirme notre observation selon laquelle les amplitudes de mouvements en flexion seraient plus faibles qu'en extension. Selon ces auteurs, les mouvements en flexion atteindraient rarement plus de 45°. Ceci va de paire avec nos résultats: les sujets travaillent en flexion extrême du poignet (65% de l'angle maximal soit en moyenne 41°) pendant un très faible pourcentage du temps (0,3%).

Au terme de cette revue de la littérature, on peut conclure qu'il sera difficile de comparer nos résultats à ceux d'autres chercheurs étant donné l'absence de standardisation des méthodes d'analyse.

Comment se justifient les choix de variables que nous avons effectués?

Les angles ont été préférentiellement exprimés en pourcentages étant donné les variations interindividuelles importantes (avec une gamme de variation maximale de 32,5° pour les déviations et de 68° pour les flexion-extension). Les deux axes de mouvements ont été étudiés, car même si les gestes effectués dans l'axe de flexion-extension sont plus souvent associés au SCC, les déviations radio-cubitales et plus spécifiquement les déviations

cubitales sont également citées comme étant un facteur de risque dans l'apparition du syndrome (Silverstein et coll. 1987).

Les méthodes d'observation concernant **la force** (McAtamney et Corlett 1993; Stetson et coll. 1991) se basent essentiellement sur le poids des objets manipulés. Si ces poids jouent évidemment un rôle dans la contrainte musculaire, ils ne suffisent pas à caractériser la force mise en jeu au niveau des mains, force susceptible de varier d'une personne à l'autre pour un même objet et d'être à l'origine de développements différents de TMS (Moore et coll. 1991).

Certains paramètres sont également associés à une augmentation de la force déployée comme l'utilisation d'outils vibrants (exclue dans nos postes) ou l'emploi de gants de protection (pour les bouchers par exemple) (Keyserling et coll. 1991; Chatterjee 1991).

L'EMG a comme grand avantage de permettre l'estimation indirecte des efforts fournis en continu. Cependant, la validité de cette technique dépend de très nombreux facteurs:

- l'activité musculaire recueillie par les électrodes de surface est la somme des activités des fléchisseurs des doigts et des fléchisseurs du poignet. Etant donné la disposition plus superficielle des fléchisseurs du poignet, le signal EMG est surtout influencé par l'activité de ces fibres et ne permet pas de déduire une force de préhension pure.

- le type d'électrodes ainsi que le positionnement des électrodes influencent également le signal (Basmajian et De Luca 1985). Dès lors, le positionnement des électrodes s'est toujours effectué dans les mêmes conditions, c.à.d. parallèlement aux fibres, sur une droite reliant l'épicondyle médiale à la moitié du poignet, au niveau du tiers proximal de l'avant-bras avec une distance entre les électrodes (centre à centre) de 4 cm.

L'étalonnage pour déterminer l'EMG maximal a toujours été réalisé avec l'avant-bras et le poignet en position neutre, permettant d'exprimer l'activité musculaire développée au travail en valeur relative.

- au travail, les mouvements sont nombreux et le glissement des électrodes par rapport aux fibres n'est pas contrôlé. Ces glissements sont minimes lors des mouvements en flexion-extension ou en déviation du poignet; par contre, ils ont surtout lieu lors de la pro-supination de l'avant-bras. A moins d'encoder systématiquement le passage en pro-supination, ce mouvement n'est pas contrôlé et n'intervient pas dans l'étalonnage.

- un modèle a été développé afin de préciser et de quantifier la relation existant entre l'activité musculaire et la force de préhension, en tenant compte des angles adoptés simultanément par l'articulation du poignet. Pour aboutir au modèle final, les tests ont été réalisés dans onze positions différentes du poignet (combinaisons dans les plans de la déviation radio-cubitale et en flexion-extension) avec deux niveaux relatifs de force 30% et 70% de la FMV (Duque 1992).

Le modèle ne considère ni les mouvements en pro-supination, ni les autres types de prises telles que la préhension bidigitale...

Etant donné l'erreur trop grande dans la déduction de la force à partir du modèle, nous avons décidé d'exprimer l'activité musculaire en pourcentage de l'EMG maximal.

La répétitivité n'a pas été exploitée selon les définitions classiques de Silverstein et coll. (1987) à savoir qu'un travail est répétitif si le temps de cycle est inférieur à 30 s ou si la tâche nécessite les mêmes mouvements pendant plus de la moitié du temps. Ces critères, fort utilisés dans la littérature, ne permettent absolument pas de discriminer entre nos postes de travail qui sont tous considérés comme étant répétitifs.

Cette approche semble la seule possible lors d'une simple observation du poste. Elle ne permet cependant qu'une classification binaire des postes sans tenir compte adéquatement de la répétitivité interne des opérations.

Une autre approche peut être utilisée si l'on dispose des enregistrements continus des angles et des forces. Un travail sera dit répétitif s'il exige un nombre élevé de mouvements ou d'efforts par unité de temps. C'est donc en terme d'angles et de force qu'il faut définir la répétitivité.

Aptel (1993) définit la répétitivité des mouvements comme étant le nombre de changements de direction du poignet dans l'axe de flexion-extension. Ceci ne paraît pas satisfaisant pour deux raisons:

- l'axe en déviation radio-cubitale est négligé, ce qui est regrettable, certaines situations de travail observées se caractérisant par des mouvements très prononcés dans ce second plan.

-la procédure définie par Aptel fait abstraction de l'ampleur du mouvement. Ainsi, une légère oscillation autour du point d'équilibre est considérée de la même façon qu'une variation de grande amplitude. Il nous a paru, dès lors, utile de compter le nombre de mouvements (transitions) au delà des seuils d'amplitude considérés comme étant limites, à savoir 50% et 65% respectivement en déviation et en flexion-extension. Numériquement, cette définition de la répétitivité aboutit à une quantification tout à fait différente de celle d'Aptel et les comparaisons ne sont donc pas possibles.

La procédure définie ci-dessus peut être appliquée pour les deux axes simultanément, avec ou sans la force. Ainsi:

-le paramètre répétitivité angulaire compte-t-il le nombre de mouvements ayant entraîné des angulations au delà des valeurs limites décrites ci-dessus quel que soit le plan.

-la répétitivité en force définit le nombre de fois où l'EMG relatif a été d'une amplitude supérieure à 20% de l'EMGmax.

-tandis que la répétitivité combinée tient compte à la fois des efforts et des mouvements.

La vitesse de mouvement a été calculée pour l'axe de déviation radio-cubitale et en flexion-extension car d'une part elle représente l'aspect dynamique du mouvement (Loslever et coll. 1992) et d'autre part la vitesse est d'après Marras et Schoenmarklin (1991) un bon indicateur quant au risque de développement des TMS au niveau des poignets. Ces auteurs ont comparé deux groupes de personnes (à risque pour le SCC et à moindre risque) occupées à des tâches très répétitives (? 42 répétitions par minute). Alors que les déviations ne différencient pas les postes, les odds ratios calculés pour les vitesses s'élèvent à 3,8 et 2,4 respectivement pour la flexion-extension et les déviations. Quant aux valeurs obtenues, les vitesses sont supérieures à celles de notre étude. La haute répétitivité des tâches est probablement à l'origine de ces vitesses importantes.

En effet, il existe une corrélation entre la vitesse de mouvement et la répétitivité (tableau 21) qui a également été observée par Ranaivosoa et coll. 1992.

La vitesse a été calculée, pour notre étude, en dérivant les déplacements, sans tenir compte des différentes limites et permet ainsi une mesure uniforme des déplacements effectués au travail.

B. Les incidences

Les études prospectives étant très rares, il est difficile de comparer nos résultats à ceux de la littérature qui concernent en général les prévalences et non les incidences.

Les études prospectives sont en effet coûteuses et il est souvent difficile, comme ce fut notre cas, de retrouver les mêmes conditions de travail, voire même les postes de travail d'années en années. Ces études nécessitent également, à plusieurs reprises, la participation des travailleurs au protocole d'étude, réduisant leur présence au poste (Stock 1991). L'absence répétée des travailleurs n'est pas toujours tolérée.

Comme pour les études de prévalences, les incidences relevées par l'examen clinique sont nettement plus faibles que ceux relevés par le questionnaire. Les incidences sont plus faibles que les prévalences relevées lors de l'étude transversale. Elles évoluent cependant globalement de la même manière que ces prévalences parmi les différents postes de travail, avec certaines exceptions: alors que les prévalences de plaintes de la nuque s'élevaient à 44%, pour le secteur pharmaceutique, l'incidence observée est nulle. Le faible échantillon ainsi que la présélection des sujets pour le calcul des incidences pourraient être à l'origine de ce résultat. En effet, les 56% de l'échantillon, initialement sans plaintes, sont les femmes les plus jeunes et jugeant leur santé bonne.

Pour les épaules, les hommes au poste de chargement et déchargement des vitres de voiture ont des incidences très élevées au niveau de l'épaule gauche. Or, lors du contrôle visuel (au déchargement de la ligne), les travailleurs doivent soulever les vitres, de poids variables, au dessus des épaules pour le mirage. L'opération s'effectue au moyen du bras gauche pour pouvoir marquer les défauts de la main droite. Le chargement des vitres sur la ligne nécessite également des élévations répétées des bras lors de la prise des vitres posées à hauteur du tronc.

Pour les coudes et les poignets, le poste présentant les pourcentages les plus élevés de plaintes reste la boucherie. Ce secteur de la boucherie a fait l'objet de plusieurs études quant aux TMS au niveau des coudes et des poignets (Viikari-Juntura et coll. 1991, Kurppa et coll. 1991). L'étude de Kurppa et coll. (1991) est une des

seules qui définit des incidences à partir d'examen cliniques pour une population de bouchers (n=102) comparée à une population occupant des tâches non contraignantes (n=338). L'incidence d'épicondylites est de 6,4% et 1% respectivement pour les deux populations précitées. Les ténosynovites du poignet sont plus fréquentes, les incidences s'élevant à 12,5% et 0,8%. Les incidences, citées dans le cadre de notre étude, s'élèvent à 9% et 36% respectivement pour les épicondylites et ténosynovites relevées par examen clinique chez les bouchers. Nos constatations corroborent celles de la littérature. En effet, ces travailleurs se plaignent plus des poignets que des coudes et de façon plus marquée que l'ensemble des sujets occupés aux autres postes de travail.

Les incidences élevées de plaintes concernant les TMS et particulièrement au niveau des poignets indiquent l'importance du problème dans les entreprises.

C. Modèles de régression logistique

Nous avons utilisé comme variable dépendante les incidences de plaintes relevées au moyen de questionnaires et non les incidences de lésions dépistées par examen clinique. Ces dernières étaient en effet trop faibles, compte tenu de l'effectif global, que pour pouvoir étudier valablement l'influence des paramètres professionnels et fonctionnels. Stock (1991) affirme par ailleurs que les critères de l'examen clinique peuvent conduire à sous-estimer le problème. En effet, étant donné l'apparition et l'évolution progressive des TMS, les plaintes apparaissent avant toute manifestation clinique. Viikari-Juntura (1983) affirme également qu'il faut utiliser des critères simples afin de cibler la pathologie à un stade précoce. Inversement, les plaintes peuvent donner lieu à une sur-estimation du problème (Stock 1991, Nathan et coll. 1992a). Effectivement, les TMS des membres supérieurs sont fréquents, font l'objet de récurrences, peuvent ne pas persister et être associés à d'autres facteurs qu'aux contraintes d'origine professionnelle. C'est pourquoi l'ensemble des facteurs de risque extraprofessionnels ont été collectés.

En ce qui concerne les facteurs de risque pour les régions de la nuque, des épaules et des coudes, seuls les caractéristiques personnelles et les "postes" en tant que tels ont été introduits dans le modèle. L'étude de régression logistique permet de confirmer quels postes de travail sont le plus associés aux TMS.

Pour les régions de la **nuque** et des **épaules**, comme cela a déjà été mentionné et discuté dans le volet épidémiologique, le poste d'encodage est le plus concerné. Pour l'épaule, le secteur tertiaire semble également être à risque ainsi que la verrerie. Alors que cela s'explique parfaitement pour l'industrie du verre où les manutentions sont nombreuses, les raisons sont moins évidentes pour le secteur tertiaire. Le travail y est en fait varié et intensif, la surcharge de travail ayant d'ailleurs été un des motifs pour lequel certaines personnes n'ont pu être revues.

Les postes associés aux TMS des **coudes** sont la boucherie, la sellerie et le chargement de composants céramiques. Ces trois postes nécessitent une utilisation fréquente des avant-bras, que ce soit en force pour les deux premiers ou en répétitivité pour le dernier.

Le jugement du travail comme étant moyennement à très fatigant est associé à l'apparition de problèmes musculosquelettiques aux différentes régions anatomiques. Il est à remarquer que l'avis du travailleur a été sollicité en ce qui concerne la fatigue, dans sa globalité, regroupant les fatigues mentale et physique, pouvant toutes deux être à l'origine de TMS (Kilbom et coll. 1986, Kilbom 1990, Putz-Anderson 1988).

Quant aux paramètres extraprofessionnels, peu sont associés aux TMS: le jugement de l'état de santé, les facteurs psychologiques et le sexe, dont l'association peut être attribuée au type de travail.

D. Troubles musculosquelettiques des poignets

1. Comparaison entre groupes

Peu de variables fonctionnelles ou professionnelles présentent des différences significatives entre le groupe de sujets ayant développé par la suite de TMS et celui sans TMS des poignets.

Pour les **tests fonctionnels**, il est à remarquer que:

-Les tests ont été choisis dans le but d'une détection précoce d'atteinte nerveuse et en particulier du SCC. Les plaintes cependant sont d'origines diverses: tendineuse, fatigue, ostéoarticulaire, ... Pour autant que l'atteinte ne soit pas d'origine neurologique, les tests tels que le TLM, l'aesthésiométrie et la sensibilité aux vibrations ne peuvent annoncer son développement.

-L'aesthésiométrie ne paraît pas avoir un pouvoir de détection précoce de troubles sensitifs. Le seuil de

discrimination des deux pointes n'est modifié que dans des cas avancés de lésions nerveuses et constitue surtout un bon outil dans l'évaluation d'une récupération suite à un traumatisme ayant provoqué une section nerveuse.

- Nathan et coll. (1992a) ont mené deux études de prévalences, à 5 ans d'intervalle, sur une même population et observent une diminution de SCC qui passe de 19 à 15%. Contrairement aux attentes, ils n'ont pas observé une augmentation du taux de SCC ni même des temps de latence sensitifs.
- Les résultats des tests fonctionnels sont dans des gammes normales, que ce soit pour le groupe ayant développé par la suite des TMS ou celui sans TMS. Cela peut signifier que les tests fonctionnels utilisés ne sont pas tout à fait adaptés aux pathologies qui se sont développées par la suite ou que les altérations fonctionnelles se marquent très peu de temps avant l'apparition des symptômes.
- Il reste intéressant de noter que certains angles différencient les deux groupes, comme ce fut le cas dans l'étude menée par Fernandez (1991). L'apparition de plaintes au niveau des poignets a été plus importante pour les travailleurs ayant des amplitudes de mouvement réduites en flexion, extension et en déviation cubitale. De telles diminutions sont donc associées à un plus grand risque de problèmes musculosquelettiques.

Pour les **analyses aux postes de travail**, on remarque que:

- Les différences entre les moyennes des paramètres caractéristiques des postes de travail pour les deux groupes ne sont pas statistiquement significatives, même dans le cas où elles atteignent des valeurs importantes, comme pour le pourcentage de temps pendant lequel le sujet travaille en force extrême (12,3%). Ceci peut s'expliquer par les écarts types importants obtenus (tableau 16), démontrant l'existence d'une grande variabilité individuelle.
- Même si les différences sont non significatives, il ressort du tableau 33 que les personnes travaillant plus en force, en répétitivité et à des vitesses d'exécution plus importantes, ont tendance à développer plus de plaintes. Par contre, ces personnes travaillaient moins longtemps en amplitude angulaire extrême des poignets. Ceci est d'autant plus remarquable que, comme le montre le tableau 32, les amplitudes maximales étaient elles-mêmes plus faibles.
- La seule variable discriminant les deux populations est le pourcentage de temps pendant lequel la vitesse d'exécution des mouvements en flexion-extension dépasse 50°/s: les travailleurs réalisant des vitesses de travail supérieures paraissent avoir présenté plus de cas de TMS. La pratique de vitesses de mouvement importantes serait donc un facteur de risque.

2. Influence des différentes variables sur l'incidence des plaintes aux poignets

a. Concernant les données du questionnaire

Les facteurs de risque extraprofessionnels sont de manière répétée cités dans la littérature (Turner et Buckle 1987, Putz-Anderson 1988, Kroemer 1989, Bleecker 1986). Certains auteurs présentent également la fréquence de certains facteurs dans la population atteinte de SCC. Les facteurs les plus fréquemment cités sont les troubles du métabolisme (diabète, polyarthrite rhumatoïde, ...), le caractère héréditaire, les modifications hormonales (ménopause, grossesse, ...) et le sexe (les femmes semblent plus touchées).

Par contre, des études en milieu du travail ayant pris en considération ces facteurs extraprofessionnels en plus des paramètres professionnels sont plus rares. Les quelques associations présentées ont été obtenues dans le cadre d'études de prévalences et non d'incidences, ce qui ne permet pas une comparaison avec nos résultats. De même, la majorité des études concernent spécifiquement les associations avec le SCC alors que notre étude se rapporte plutôt aux plaintes musculosquelettiques du poignet en général.

Dans le cadre de l'étude prospective, les variables significativement associées ($p < 5\%$) à la survenue de TMS des poignets et décrits par le modèle multivarié sont celles qui, prises isolément, présentaient déjà une association très significative ($p < 5\%$). Ces variables sont le sexe, les maladies chroniques, la pratique d'un sport de raquette, le travail jugé fatigant et les accidents (qui sont négativement associés).

L'effet du sexe peut toujours être attribué au travail étant donné que les tâches effectuées par les femmes et par les hommes ne sont pas les mêmes.

D'après la revue de la littérature effectuée par Hagberg et coll. (1992), les résultats varient selon les études. Ces auteurs précisent que l'effet sexe n'est pas retrouvé si les conditions de travail sont contrôlées. Ce résultat

corrobore les études de Silverstein et coll. (1987) et de Nathan et coll. (1992a), qui n'observent aucun effet du sexe; c'est également notre observation pour les deux postes où hommes et femmes réalisent le même travail.

Les maladies chroniques sont rarement citées dans les études conduites en milieu industriel. Deux études (Cannon et coll. 1981, Silverstein et coll. 1987) n'ont pas démontré l'existence d'une relation entre certaines maladies chroniques et le développement de SCC. Il s'agit pour Cannon et coll. (1981) de diabète et d'hypertension, tandis que Silverstein et coll. (1987) ne précisent pas. Notre étude aboutit à un résultat contraire: l'existence de maladies chroniques, quelles qu'elles soient, semblent être en relation avec la survenue de plaintes. Ces maladies ont été exploitées dans leur ensemble sans distinction. La relation de chacune individuellement reste à préciser.

Les sports incluant des sollicitations du membre supérieur, tel que le tennis ou le squash, sont généralement considérés comme étant associés au développement de TMS (Putz-Anderson 1988, Pujol 1993). Ce facteur confondant n'a, semble-t-il, jamais été pris en compte dans les études conduites en milieu du travail. Bien que le sport de raquette soit plus souvent associé aux épicondylites latérales (d'où la dénomination de "tennis elbow"), il sollicite également fortement le poignet et peut être à l'origine de douleurs ressenties par le sujet. C'est ce que prédit notre modèle de régression logistique.

Le jugement de la fatigue du travail est également associé très significativement au développement de TMS des poignets. Le choix des postes s'est initialement orienté vers les tâches contraignantes pour les poignets (en force, en répétitivité et en angulations extrêmes). On pourrait dès lors s'attendre à ce que tous les travailleurs à ces postes considèrent leur travail comme étant fatigant. Or, c'est seulement le cas de certains, qui par la suite ont développé des plaintes. Il est impossible de déterminer dans quelle mesure les plaintes émises étaient bien des troubles tendineux ou neurologiques ou de simples manifestations de fatigue.

Paradoxalement, les accidents sont négativement associés au développement de TMS, ce qui paraît n'avoir aucune signification biologique, a fortiori du fait qu'aucune distinction n'a été faite entre accidents du membre supérieur et les autres.

Nos résultats corroborent ceux de Silverstein et coll. (1987) quant aux activités extraprofessionnelles et aux modifications hormonales chez la femme qui, contrairement à ce qui est mentionné dans la littérature, ne semblent pas associés aux TMS.

b. Concernant les analyses de postes

Peu d'études rapportées dans la littérature ont comporté des mesures objectives des conditions de travail (Moore et coll. 1991). De plus, comme le mentionne Stock (1991), très peu d'études ont été menées de manière scientifiquement incontestable et permettent d'affirmer une association entre les facteurs de risque professionnels et la survenue de TMS au niveau des poignets. L'évaluation de ces facteurs (en force, en répétitivité et en amplitude extrême) est certes plus difficile à réaliser que l'évaluation de certaines autres expositions professionnelles telles que, par exemple, le bruit (Harber et coll. 1992).

La relation entre postes de travail et développement de TMS a été étudiée de 4 façons différentes, parallèlement à ce qui a été fait dans la littérature.

La première méthode a consisté à considérer les 28 **situations de travail** (14 postes x 2 poignets) au moyen de 27 variables binaires. Un total de 16 situations de travail sont associées aux TMS des poignets. Ceci représente un nombre nettement plus élevé que pour les autres régions anatomiques. Les postes qui ne sont pas repris dans le modèle sont ceux présentant les incidences les plus faibles, voire nulles, au niveau des poignets. Ces 16 postes associés aux TMS concernent essentiellement des hommes.

L'association aux TMS est très significative et caractérisée par des odds ratios allant jusqu'à 21. Pour les poignets droits des bouchers et les hommes au chargement de composants céramiques, l'association est plus légère ($p > 5\%$).

Le fait que tel poste de travail soit associé à un risque accru de TMS ne signifie pas que les facteurs de force, angulation ou répétitivité en soient responsables. D'autres facteurs environnementaux ou psychologiques non définis peuvent influencer la survenue de TMS. Il est d'ailleurs à remarquer qu'à deux exceptions près, l'association est observée au même poste pour les deux poignets.

Une première façon de tenir compte des caractéristiques de force et angulation fut proposée par Silverstein et coll. (1987) qui classifient les postes en élevé (HI) ou faible (LOW). Nous avons procédé de même sur base des moyennes des différents paramètres, en adoptant comme seuils les valeurs préconisées par Armstrong (1986) pour les angles (après traduction en valeurs relatives), par Putz-Anderson (1988) pour les forces (20%), par Hammer (in Pelmeur et coll. 1992) pour la répétitivité (25/min) et enfin par Marras et Schoenmarklin (1991, 1993) pour la vitesse (30°/s en déviation et 50°/s en flexion-extension, soit en fait le tiers des valeurs préconisées par ces auteurs).

Il ressort des études de Silverstein et coll. (1987) que les facteurs de répétitivité et de force sont les plus contraignants. Cependant, l'importance relative de ces deux facteurs de risque dépend de la nature des TMS considérés. En effet, la répétitivité semble un facteur de risque plus important (O.R. = 5,5) que la force (O.R. = 2,9) dans le développement du SCC, alors qu'en considérant globalement les TMS des poignets, les auteurs (Silverstein et coll., 1986) observent l'inverse, à savoir une association plus importante avec la force. Ce fait corrobore nos résultats, qui suggèrent une relation plus forte avec les paramètres de force.

L'approche suivie par Marras et Schoenmarklin (1991, 1993) et Ranaivosoa (1992) est de définir les contraintes aux postes de travail par les **moyennes** des paramètres relevés sur quelques travailleurs. Nos données ont permis d'utiliser cette approche.

Les paramètres associés aux TMS des poignets sont les facteurs de force, de répétitivité et les vitesses de mouvements. Ces résultats confirment ce qu'ont observé de nombreux auteurs tels que: Silverstein et coll. (1987) dans l'étude citée ci-dessus; Thouvenin et coll. (1990) pour une population féminine occupée par le tressage; Armstrong (1987) montrant qu'un travail répétitif et forcé engendre un risque en particulier de ténosynovites (souvent associées au SCC) 29 fois plus important qu'un travail non contraignant. Les vitesses ont été mesurées par Marras et Schoenmarklin (1991, 1993), ainsi que par Ranaivosoa et coll. (1992) et constituent pour ces auteurs l'indice le plus pertinent pour la prédiction du risque. La vitesse moyenne semble associée aux TMS, d'après notre modèle, pour l'axe de flexion-extension. Ce sont également les vitesses dans cet axe qui présentent le risque relatif le plus important dans les études de Marras et Schoenmarklin (1991, 1993). Cela précise l'opinion assez répandue selon laquelle les mouvements donnant lieu au risque le plus élevé de ténosynovites et de SCC sont ceux effectués dans l'axe de flexion extension (Pujol 1993, Armstrong 1986, Putz-Anderson 1988), ces mouvements engendrant des augmentations de pression dans le canal carpien à l'origine de compressions nerveuses.

Marras et Schoenmarklin (1993) et nos résultats suggèrent cependant que, plutôt que la position statique, c'est la composante dynamique qui est importante pour évaluer le risque de TMS.

Les angles, par contre, ne semblent pas associés à la survenue des TMS. Ces résultats corroborent ceux de Silverstein et coll. (1987) et Marras et Schoenmarklin (1991, 1993) qui précisent que les amplitudes des mouvements au travail ne constituent pas de bons prédicteurs du risque et ne permettent pas de différencier les groupes à risque des autres travailleurs.

A priori, disposant de l'analyse de poste pour chaque travailleur, la méthode la plus pertinente pour la prédiction du risque est de mettre en parallèle plaintes et paramètres individuels. L'analyse de régression logistique montre cependant que **les variables individuelles** ne semblent pas apporter d'information complémentaire. Bien au contraire, étant donné qu'un seul paramètre de vitesse est en relation avec la survenue de plaintes.

Le fait que les résultats moyennés soient plus en relation avec la survenue des plaintes que les variables individuelles peut provenir des variations des conditions de travail. En effet, les analyses ont été effectuées à différents moments de la journée et de la semaine, dans des conditions parfois différentes et incontrôlables (de stress, de produits différents, de périodes de repos plus importantes, ...). La moyenne des résultats est donc représentative d'un ensemble de conditions de travail alors que les données individuelles sont spécifiques à un moment donné. Comme le soulignent également Stetson et coll. (1991), les facteurs de risque peuvent varier d'un jour à l'autre. Les moyennes permettraient dès lors d'avoir une meilleure vue d'ensemble.

Ceci rejoint le courant de pensée actuel en ce qui concerne l'évaluation du risque quelle que soit sa nature: en plus d'une variance interindividuelle, on observe une variance intraindividuelle importante liée aux conditions de travail mais également à la pratique ou aux variations de comportement des sujets. L'évaluation correcte nécessiterait

dès lors plusieurs analyses à des jours ou des heures différentes. Etant donné la lourdeur de l'observation, ceci serait difficile, voire impossible.

On pourrait penser dès lors qu'une méthode d'observation plus légère et susceptible d'être répétée pourrait aboutir à des résultats plus fiables. Cette hypothèse a été testée à 4 postes de travail au moyen d'une méthode basée sur les travaux de Rodgers (1992) et McAtamney et Corlett (1993). Les résultats montrent qu'il s'agit là de méthodes trop grossières (échelles de 1 à 4) que pour pouvoir mettre en évidence les différences interindividuelles et a fortiori intraindividuelles (Dutra Leao, 1994).

3. Influence des paramètres de postes sur les tests fonctionnels

Un même ensemble de facteurs de contraintes professionnelles paraît être associé systématiquement avec la détérioration des tests fonctionnels, à savoir la force, la vitesse et la répétitivité. Comme vu précédemment, ce sont les mêmes qui étaient associées à la survenue des TMS au niveau des poignets.

Les facteurs d'exposition professionnelle sont donc en relation à la fois avec la survenue de TMS et la détérioration des capacités fonctionnelles et sensitives. Aucun élément ne permet de constater que les plaintes font suite et, a fortiori, sont la conséquence des diminutions des performances fonctionnelles dont le rôle de prédiction n'est donc pas établi.

Il ne faut cependant pas oublier la sur-estimation possible des plaintes due à la méthode (questionnaire) utilisée pour leur recueil. Un nombre plus élevé de personnes souffrant de SCC, relevé par l'examen clinique, aurait sans doute permis de mieux étudier la valeur prédictive des TMS de ces tests fonctionnels.

CHAPITRE VII : CONCLUSIONS

L'étude prospective, menée sur une période de trois années, a eu comme objectifs de:

- a. cibler l'importance et l'évolution des troubles musculosquelettiques des membres supérieurs (TMS) et plus particulièrement du syndrome du canal carpien (SCC);
- b. quantifier les contraintes professionnelles en angulations, en force, en répétitivité de façon à pouvoir ultérieurement agir sur ces paramètres et permettre une prévention primaire;
- c. déterminer la possibilité d'une détection précoce des TMS grâce à différents tests fonctionnels;
- d. mettre en parallèle l'état de santé musculaire et sensitive des travailleurs et les contraintes imposées par le poste de travail.

Les conclusions sont les suivantes:

- a. Le relevé des TMS, par l'intermédiaire d'un questionnaire et d'un examen clinique, a permis le calcul des prévalences et des incidences.

La première partie du volet prospectif reprend les caractéristiques de la population ainsi que les prévalences de plaintes de la nuque et des membres supérieurs. Ces plaintes sont importantes (entre 14 et 31%), mais ne sont pas représentatives d'une population normale au travail, étant donné la sélection effectuée au départ de l'étude afin de ne retenir que les personnes sans TMS au niveau des poignets.

La deuxième partie reprend l'étude des incidences, les analyses de poste et les différents modèles de régression logistiques.

L'incidence annuelle de plaintes, relevée au moyen du questionnaire, est la plus élevée pour la région des poignets et varie entre 0 et 28,6% selon les secteurs professionnels. Par contre, les incidences obtenues par l'examen clinique, utilisant des critères de diagnostic précis, sont trop faibles pour pouvoir étudier les relations entre les pathologies et les contraintes professionnelles. C'est pourquoi les TMS des poignets ont été caractérisés par les plaintes relevées au moyen des questionnaires.

- b. Les contraintes professionnelles ont été quantifiées en angulations, en force, en vitesse (qui représente la dynamique des mouvements) et également en répétitivité. Ce dernier facteur a été clairement défini en terme de force et d'angle comme étant le nombre de transitions d'un état neutre à un état extrême, effectuées par les poignets, en une minute.

- c. L'ensemble des travailleurs ont été évalués par les différents tests fonctionnels. La pertinence de ces tests pour la détection précoce des TMS n'a pas pu être établie dans le cadre de cette étude. Les seuls tests fonctionnels discriminant le groupe des sujets sans TMS du groupe des travailleurs ultérieurement atteints et qui semblent associés à la survenue des TMS, sont les amplitudes angulaires maximales du poignet, hormis la déviation radiale. Aucun test sensitif ne prédit la survenue de TMS au niveau des poignets. Il est possible que les tests ne soient pas pertinents pour la détection précoce de l'ensemble des TMS du poignet mais soient trop spécifiques au SCC ou encore que les altérations des tests ne se marquent que peu de temps avant l'apparition de ces TMS. Dès lors, il n'est pas possible de prédire, 12 mois auparavant, la survenue des TMS.

- d. D'après le modèle de régression logistique final, la survenue des TMS des poignets est associée à certains paramètres personnels (maladies chroniques, pratique d'un sport de raquette, jugement du travail comme étant fatigant), et professionnels. Malgré des variations interindividuelles importantes, les caractéristiques moyennes par poste de travail permettent relativement bien d'identifier les facteurs professionnels en relation avec le développement de TMS du poignet. Par contre, les données individuelles sont probablement représentatives de situations particulières de travail et ne paraissent pas caractériser le travail dans sa globalité, en tenant compte de certaines variations (type ou qualité du produit, variations propres au sujet ...). La relation entre données personnelles et risque de TMS est beaucoup moins riche.

Les contraintes professionnelles influençant le plus significativement l'apparition des TMS des poignets sont la force utilisée au travail ainsi que la vitesse d'exécution dans l'axe de flexion-extension et, dans une moindre mesure, la répétitivité. Par contre, les amplitudes des mouvements, bien que souvent citées comme facteur de risque professionnel, ne paraissent pas directement associées à l'apparition des TMS.

Ces résultats corroborent ceux obtenus par Silverstein et coll. (1987) et Marras et Schoenmarklin (1991, 1993) et permettent d'identifier les facteurs de risque professionnels sur lesquels il est le plus intéressant d'agir pour diminuer le risque de TMS.

Le paramètre le plus important semble être la force et l'objectif doit être de la réduire en dessous de 20% de la force maximale volontaire (O.R. = 1,92 pour la répétitivité en force, tableau 36). La corrélation entre la force et les paramètres de vitesse et de répétitivité est très importante, de sorte que celles-ci seront également réduites ainsi que le risque global.

La répétitivité angulaire est le second paramètre apparaissant le plus significatif (O.R. = 1,62): il s'agit du nombre de transitions angulaires du poignet au delà de 50% et 65% des angles maximaux en déviation radio-cubitale et en flexion-extension: il y a donc lieu de réduire les angles dans ces deux plans par une meilleure disposition des points de prise ou une forme mieux adaptée des outils de travail (en boucherie par exemple).

Les vitesses de mouvement sont le troisième facteur: le plan le plus important semble être celui des mouvements en flexion-extension (O.R. = 1,29). Une action sur ces vitesses passe par une réduction des impulsions de mouvement, elles-mêmes liées aux amplitudes et aux contraintes de temps. Des aménagements techniques peuvent être apportés aux conditions de travail mais il semble bien que ces vitesses soient tributaires de modes opératoires adoptés par les travailleurs: il sera donc nécessaire d'informer ces travailleurs et de les entraîner à des procédures de travail moins à risque.

e.L'étude prospective a clairement montré l'association entre les contraintes professionnelles et la détérioration des tests fonctionnels, ainsi que la relation entre ces mêmes contraintes et l'apparition des TMS au niveau des poignets.

Paradoxalement ces tests fonctionnels n'ont pas pu prédire l'apparition des TMS.

Dans ce cadre, des études complémentaires sont nécessaires en reconsidérant le nombre d'années d'étude, la fréquence à laquelle les tests fonctionnels et sensitifs sont effectués, le nombre de travailleurs sélectionnés, la base de la sélection,

Valorisation

Certains aspects de l'étude ont fait dès à présent l'objet de publications:

- étude épidémiologique de la première phase (Brusco et Malchaire 1993);
- examen clinique orienté vers les TMS des membres supérieurs (Cock et Masset 1994);
- calcul de la force à partir de l'EMG de surface sur les fléchisseurs des doigts (Duque et coll. 1995);
- étude de la relation entre contrainte de travail et TMS dans certains groupes professionnels (Ismail Abdel Moneim et coll. 1993; Mottard et Malchaire 1994).

Les résultats intermédiaires de l'étude prospective ont fait l'objet de 6 communications à des congrès ou journées scientifiques (voir annexe 1).

Les résultats partiels et l'état d'avancement ont été exploités dans le cadre de 8 travaux de fin d'études de licence en médecine du travail ou de licence en ergonomie (annexe 1).

Les conclusions de l'étude prospective pouvaient difficilement être publiées avant la fin de l'étude. A partir du présent rapport final, trois publications au moins sont projetées:

- 1.une publication dans un journal scientifique international concernant la relation entre contraintes de travail et le risque de développement de TMS;
- 2.une publication dans un journal scientifique international sur la relation entre les résultats des tests fonctionnels et sensitifs et le risque de TMS;
- 3.une publication dans un journal scientifique belge ou français tirant les conclusions de l'étude à l'intention des médecins du travail chargés de la prévention secondaire en entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

- Amaral Gonçalves F., Jacri V., Evaluation des contraintes musculo-tendineuses du poignet dans différents secteurs industriels. Mémoire de Licence en Ergonomie et en Sécurité et Hygiène du Travail, Université Catholique de Louvain, 1992.
- Aptel M., Etude dans une entreprise de montage d'appareils électroménagers des facteurs de risques professionnels du syndrome du canal carpien, I.N.R.S., 1993, pp. 63.
- Armstrong T.J., Chaffin D.B., Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. *J. Occup. Med.*, 1979, 21, 7, 481-486.
- Armstrong T.J., Chaffin D.B., Foulke J.A., A methodology for documenting hand positions and forces during manual work. *J. Biomechanics*, 1979, 12, 131-133.
- Armstrong T.J., Upper-extremity posture: definition, measurement and control. In: Corlett N., Wilson J., Manenica I. (eds) *The ergonomics of working postures*. Taylor and Francis, London, 1986, 59-73.
- Armstrong T.J., Ergonomic considerations in hand and wrist tendinitis. *J. Hand Surg.* 1987, 12A, 830.
- Barnhart S., Demers P.A., Miller M., Longstreth W.T., Rosenstock L., Carpal tunnel syndrome among ski manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1991, 17, 46-52.
- Basmajian J.V., De Luca C., *Muscles alive. Their function revealed by electromyography*. Williams & Wilkins, 1985, pp. 561.
- Beckenbaugh R.D., Simonian P., Clinical efficacy of electroneurometer screening in carpal tunnel syndrome. Proceedings of the 21st Annual Meeting of the American Association of Hand Surgery. 19-22 September, 1991.
- Bell-Krotoski J.A., Sensibility testing: state of the art. In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J., Callahan A.D. (eds) *Rehabilitation of the hand: surgery and therapy*. The C.V. Mosby Co, St. Louis, 1990a, 575-584.
- Bell-Krotoski J.A., Light touch-deep pressure testing using Semmes-Weinstein monofilaments In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J., Callahan A.D. (eds) *Rehabilitation of the hand: surgery & therapy*. The C.V. Mosby Co, St. Louis, 1990b, 585-593.
- Bleecker M.L., Recent developments in the diagnosis of carpal tunnel syndrome and other common nerve entrapment disorders. *Seminars in Occupational Medicine*, 1986, 1, 3, 205-211.
- Bleecker M.L., Agnew J., New techniques for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1987, 13, 385-388.
- Bovenzi M., Zadini A., Franzinelli A., Borgogni F., Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 1991, 34, 5, 547-562.
- Brusco F., Malchaire J., Problèmes musculosquelettiques des membres supérieurs. Facteurs professionnels et extraprofessionnels. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1993, XXX, 4, 181-185.
- Callahan A.D., Sensibility testing: clinical methods In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J., Callahan A.D. (eds) *Rehabilitation of the hand: surgery and therapy*. The C.V. Mosby Co, St. Louis, 1990, 594-610.
- Cannon L.J., Bernacki E.J., Walter S.D., Personal and occupational factors associated with carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.*, 1981, 23, 4, 255-258.
- Chatterjee D.S., A new depth-sense esthesiometer. A comparative study on sensitivity. *Scand. J. Environ. Health*, 1987, 13, 323-325.
- Chatterjee D.S., Vibration and grip force. Proceedings, UK Informal Group Meeting on Human Response to Vibration, HSE, Buxton, 1991.
- Cock N., Masset D., Le diagnostic précoce de troubles musculosquelettiques du membre supérieur en médecine du travail. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1994, XXXI, 2, 93-100.
- Dellon A.L., *Evaluation of sensibility and re-education of sensation in the hand*. Williams & Wilkins, Baltimore/London, 1981.
- Dimberg L., The prevalence and causation of tennis elbow in a population of workers in an engineering industry.

Ergonomics, 1987, 30, 3, 573-580.

Duque Puerta J., Modélisation de la relation EMG-Force de préhension. Mémoire de Licence en Ergonomie, Université Catholique de Louvain, 1992.

Dutra Leao R., Comparaison de méthodes d'analyse du risque musculosquelettique des membres supérieurs. Mémoire de Licence en Ergonomie, Université Catholique de Louvain, 1994.

Feierstein M.S., The performance and usefulness of nerve conduction studies in the orthopedic office. *Orthop. Clinics Of North America*, 1988, 19, 4, 859-866.

Fernandez J.E., Strength and range of motion of females with carpal tunnel syndrome.. *Int. J. Indust. Erg.*, 1991, 7, 323-326.

Gelberman R.H., Szabo R.M., Williamson R.V., Dimich M.P., Sensibility testing in peripheral-nerve compression syndromes. *J. Bone Joint Surg.*, 1983, 65-a, 5, 632-638.

Grant K.A., Congleton J.J., Koppa R.J., Lessard C.S., Huchingson R.D., Use of motor nerve conduction testing and vibration sensitivity testing as screening tools for carpal tunnel syndrome in industry. *J. Hand Surgery*, 1992, 17a, 71-76.

Grunert B.K., Wertsch J.J., Matloub H.S., McCallum-Burke S., Reliability of sensory threshold measurement using a digital vibrogram. *J. Occup. Med.*, 1990, 32, 2, 100-102.

Hadlington A.B., Vibrotactile thresholds in men with VWF but no longer exposed to vibration. *Proceedings, UK Informal Group Meeting on Human Response to Vibration, HSE, Buxton, 1991.*

Hagberg M., Wegman D.H., Prevalence rates and odds ratios of shoulder-neck diseases in different occupational groups. *British Journal of Industrial Medicine*, 1987, 44, 602-610.

Hagberg M., Morgenstern J., Kelsh M., Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome.. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1992, 18, 337-345.

Harber P., Blosswick D., Pena L., Beck J., Lee J., Baker D., The ergonomic challenge of repetitive motion with varying ergonomic stresses. Characterizing supermarket checking work, *J. Occup. Med.*, 1992, 34, 5, 518-528.

Harber P., Blosswick D., Beck J., Pena L., Baker D., Lee J., Supermarket checker motions and cumulative trauma risk. *J. Occup. Med.*, 1993, 35, 8, 805-811.

Hoppenfeld S., Hutton R., *Examen clinique des membres et du rachis.* Masson, Paris, 1984, pp. 302.

Janda D.H., Geiringer S.R., Hankin F.M., Barry D.T., Objective evaluation of grip strength. *J. Occupat. Med.*, 1987, 29, 7, 569-571.

Jetzer T.C., Use of vibration testing in the early evaluation of workers with carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.*, 1991, 33, 2, 117-120.

Joseph B.S., Ergonomic considerations and job design in upper extremity disorders. *State of the Art Reviews*, 1989, 4, 3, 547-557.

Keyserling W.M., Armstrong T.J., Punnett L., Ergonomic job analysis: a structured approach for identifying risk factors associated with overexertion injuries and disorders. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 1991, 6, 5, 353-363.

Kilbom A., Work-related neck and upper limb disorders in female electro-mechanical assembly workers. *Book of Abstracts, 23rd International Congress on Occupational Health, Montreal, Canada, 22-28 September 1990, p. 639.*

Kilbom A., Persson J., Jonsson B.G., Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1986, 1, 37-47.

Kroemer K.H.E., Cumulative trauma disorders, their recognition and ergonomics measures to avoid them. *Applied Ergonomics*, 1989, 20, 4, 274-280.

Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., Vinterberg H., Biering-Sorensen F., Andersson G., Jorgensen K., Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 1987, 18, 3, 233-237.

Kurppa K., Viikari-Juntura E., Kuosma E., Huuskonen M., Kivi P., Incidence of tenosynovitis or peritendinitis and epicondylitis in a meat-processing factory. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1991, 17, 32-37.

Linton S.J., Kamwendo K., Risk factors in the psychosocial work environment for neck and shoulder pain in

secretaries. *J. Occup. Med.*, 1989, 31, 7, 609-613.

Loslever P., Ranaivosoa A., Lepoutre F.X., Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail I. *Méthodologie. Le Travail Humain*, 1992, 55, 3, 277-290.

Lundborg G., Lie-Stenström A.K., Sollerman C., Strömberg T., Pyykkö I., Digital vibrogram: a new diagnostic tool for sensory testing in compression neuropathy. *J. Hand Surgery*, 1986, 11a, 693-699.

Lundborg G., Sollerman C., Strömberg T., Rosén B., A new principle for assessing vibrotactile sense in vibration-induced neuropathy. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1987, 13, 375-379.

Lundström R.J.L., Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to vibration. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1986, 12, 413-416.

McAtamney L., Corlett E.N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 1993, 24, 2, 91-99.

Margolis W., Kraus J.F., The prevalence of carpal tunnel syndrome symptoms in female supermarket checkers. *J. Occup. Med.*, 1987, 29, 12, 953-956.

Marras W.S., Schoenmarklin R.W., Wrist motions and CTD risk in industrial and service environments. In: Quéinnec Y. and Daniellou F. (eds) *Designing for everyone. Proceedings of the 11th Congress of the Int. Ergonomics Association*, 1991, 36-38.

Marras W.S., Schoenmarklin R.W., Wrist motions in industry.. *Ergonomics*, 1993, 36, 4, 341-351.

Mathiowetz V., Grip and pinch strength measurements. In: Amundsen L.R. (ed) *Muscle strength testing. Instrumented and non-instrumented systems*. Churchill Livingstone, New York, 1990, 163-177.

Moore A., Wells R., Ranney D., Quantifying exposure in occupational manual task with cumulative trauma disorder potential. *Ergonomics*, 1991, 34, 12, 1433-1453.

Nathan P.A., Keniston R.C., Myers L.D., Meadows K.D., Longitudinal study of median nerve sensory conduction in industry: relationship to age, gender, hand dominance, occupational hand use, and clinical diagnosis. *J. Hand Surgery*, 1992a, 17a, 850-857.

Nathan P.A., Keniston R.C., Myers L.D., Meadows K.D., Obesity as a risk factor for slowing of sensory conduction of the median nerve in industry. A cross-sectional and longitudinal study involving 429 workers. *J. Occup. Med.*, 1992b, 34, 4, 379-383.

Ohlsson K., Attewell R., Skerfving S., Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1989, 15, 75-80.

Osorio A.M., Ames R.G., Jones J., Castorina J., Rempel D., Estrin W., Thompson D., Carpal tunnel syndrome among grocery store workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 1994, 25, 229-245.

Pelmeur P., Taylor W., Wasserman D.E., Hand-arm vibration. A comprehensive guide for occupational health professionals. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, pp. 226.

Pujol M., Pathologie professionnelle d'hypersollicitation. Atteinte périarticulaire du membre supérieur.. Masson, Paris., 1993, pp. 168.

Punnett L., Robins J.M., Wegman D.H., Keyserling W.M., Soft tissue disorders in the upper limbs of female garment workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1985, 11, 417-425.

Putz-Anderson V., Cumulative trauma disorders - A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. Taylor & Francis, London, 1988, pp. 149.

Ranaivosoa A., Loslever P., Cnockaert J.C., Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail II. Application à des postes générateurs du syndrome du canal carpien. *Le Travail Humain*, 1992, 55, 3, 291-306.

Redmond J., Cros D., Shahani B.T., Variability of quantitative sensory testing: implications for clinical practice. *Henry Ford Hosp. Med. J.*, 1990, 38, 1, 62-67.

Rodgers S.H., A functional job analysis technique. In: Moore J.S., Garg A. (eds) *Ergonomics: Low-back pain, carpal tunnel syndrome, and upper extremity disorders in the workplace. State of the Art Review*, 1992, 7, 4, 679-711.

- Rosier R.N., Blair W.F., Preliminary clinical evaluation of the digital electro-neurometer, *ISA*, 1984, 55-62.
- Roto P., Kivi P., Prevalence of epicondylitis and tenosynovitis among meatcutters. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1984, 10, 203-205.
- Schmidt R.F., Wahren L.K., Multi-unit neural responses to strong finger pulp vibration. II. Comparison with tactile sensory thresholds. *Acta Physiol. Scand.*, 1990, 140, 11-16.
- Schottland J.R., Kirschberg G.J., Fillingim R., Davis V.P., Hogg F., Median nerve latencies in poultry processing workers: an approach to resolving the role of industrial "cumulative trauma" in the development of carpal tunnel syndrome. *J. Occupat. Med.*, 1991, 33, 5, 627-631.
- Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J., Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 1986, 43, 779-784.
- Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J., Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, 1987, 11, 343-358.
- Steinberg D.R., Gelberman R.H., Rydevik B., Lundborg G., The utility of portable nerve conduction testing for patients with carpal tunnel syndrome: a prospective clinical study. *J. Hand Surgery*, 1992, 17, 1, 77-81.
- Stetson D.A., Keyserling W.M., Silverstein B.A., Leonard J.A., Observational analysis of the hand and wrist: a pilot study. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 1991, 6, 11, 927-937.
- Stock S.R., Workplace ergonomic factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper limbs: a meta analysis. *American Journal of Industrial Medicine*, 1991, 19, 87-107.
- Szabo R.M., Gelberman R.H., Williamson R.V., Dellon A.L., Yaru N.C., Dimick M.P., Vibratory sensory testing in acute peripheral nerve compression. *J. Hand Surgery*, 1984, 9a, 1, 104-109.
- Thompson J.S., Phelps T.H., Repetitive strain injuries. How to deal with 'the epidemic of the 1990s', *Postgraduate Medicine*, 1990, 88, 8, 143-149.
- Thouvenin A., Deschamps D., Bonnemère V., Latteux C., Marin M., Nocivité du geste répétitif forcé. *Archives Maladies Professionnelles*, 1990, 51, 4, 251-256.
- Toomingas A., Theorell T., Michelsen H., Nordemar R., Associations between perceived psychosocial job factors and prevalence of musculoskeletal disorders in the neck and shoulder regions. Book of abstracts, PREMUS, International scientific conference on prevention of work-related musculoskeletal disorders, Sweden, May 12-14, 1992 (*Arbete och Hälsa*, 17) p. 289.
- Turner J.P., Buckle P.W., Carpal tunnel syndrome and associated risk factors. A review in: Buckle P. (ed) *Musculoskeletal disorders at work*. Taylor & Francis, London, 1987, 124-132.
- Viihari-Juntura E., Neck and upper limb disorders among slaughterhouse workers. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1983, 9, 283-290.
- Viihari-Juntura E., Kurppa K., Kuosma E., Huuskonen M., Kuorinka I., Ketola R., Könni U., Prevalence of epicondylitis and elbow pain in the meat-processing industry. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1991, 17, 38-45.
- Waersted M., Björklund R.A., Shoulder muscle tension induced by two VDU-based tasks of different complexity. *Ergonomics*, 1991, 34, 2, 137-150.
- Waris P., Occupational cervicobrachial syndromes. A review. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1980, 6, suppl. 3, 3-14.
- Waris P., Kuorinka I., Kurppa K., Luopajarvi T., Virolaine M., Pesonen K., Nummi J., Kukkonen R., Epidemiologic screening of occupational neck and upper limb disorders. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1979, 5, suppl. 3, 25-38.