

FEVRIER 2000

N° ISSN 0397 - 4529

185

**SOLLICITATIONS
BIOMECHANIQUES
DES OPERATEURS DANS
LES ATELIERS DE DECOUPE
DE VIANDE**

Sophie SILVIN

**Cette étude, réalisée dans le Laboratoire de
Biomécanique et d'Ergonomie (LBE) de
L'INRS, a donné lieu à une thèse de Doctorat
En Médecine**

**UNIVERSITE Henri Poincaré NANCY I –
FACULTE DE MEDECINE DE NANCY**

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE

**SIEGE SOCIAL :
30, RUE OLIVIER-NOYER, 75680 PARIS CEDEX 14**

**CENTRE DE RECHERCHE :
AVENUE DE BOURGOGNE, 54501 VANDOEUVRE CEDEX**

AVANT-PROPOS

La multiplication des données statistiques et épidémiologiques a permis de connaître les secteurs de production à risque de TMS. Ainsi, l'industrie de transformation de la viande apparaît comme l'un des tout premier secteurs professionnels à risque de TMS. Il n'est donc pas surprenant que les actions de prévention sur les TMS s'orientent en priorité dans cette branche de l'industrie agro-alimentaire. Or, si les données statistiques montrent sans ambiguïté que l'activité de transformation de viande est sollicitante pour le membre supérieur, les caractéristiques de cette sollicitation restent encore mal connues, en particulier, les sollicitations biomécaniques consécutives à l'activité de découpe de viande.

La prévention des TMS passe nécessairement par une caractérisation de la chaîne des déterminants. Il s'agit, en l'occurrence, de connaître outre les facteurs de risque biomécaniques, l'ensemble des phénomènes qui, au poste de travail, déterminent ces facteurs de risque. Seule une analyse rigoureuse de ces événements qui de l'éleveur au client façonnent l'organisation de la production, est susceptible de définir les marges de manœuvre des préventeurs.

Par ailleurs, les conditions de travail dans la découpe de viande présentent des spécificités qui simultanément expliquent le taux élevé de TMS observé dans ce secteur et rendent difficile toute action de prévention. Ces spécificités tiennent à la difficulté d'appréhender les facteurs qui dans le système composé d'une part, par l'opérateur, le produit et le couteau et d'autre part, par les contraintes de production et d'organisation, génèrent des sollicitations importantes pour l'opérateur.

La présente étude vise, non seulement à objectiver les sollicitations biomécaniques subies par des opérateurs lors de la découpe de viande de porc mais aussi à déterminer ce qui, au niveau des éléments qui composent le système opérateur-produit-couteau, génère ces sollicitations biomécaniques. En effet, ce n'est que par la connaissance de ce qui est sollicitant, qu'il sera possible, de façon rationnelle et argumentée, d'ouvrir des pistes de prévention.

Par ailleurs, l'étude s'est déroulée en situation réelle de travail, sans que les conditions de travail des opérateurs aient été modifiées aux dires des opérateurs interrogés. Elle est donc représentative de la réalité des sollicitations subies par les opérateurs.

Cette étude est aussi un axe d'une action plus ambitieuse qui vise, notamment par une approche ergonomique à prendre en compte les problèmes

d'Accident du travail et de Maladie professionnelle dans leur globalité dans la filière viande (cf. études ergonomiques réalisées dans le cadre de l'Action Participative par Branche - filière viande de boucherie).

Grâce à l'étude biomécanique, il est possible de mieux cerner les phénomènes qui rendent la découpe de viande aussi sollicitante. Ainsi, ces informations permettront d'orienter d'autres études dont l'objectif sera de proposer des réponses efficaces de prévention. Il convient donc de la poursuivre à travers d'autres projets. L'INRS avec d'autres partenaires s'y est déjà engagé dans le cadre d'un projet, baptisé CEROM (Conception ERgonomique d'Outils à Main), qui vise à améliorer l'efficacité des couteaux tout en réduisant les sollicitations biomécaniques. Cette étude en est le premier fruit. Elle se veut aussi une illustration de ce que la démarche rationnelle peut apporter à la prévention dans un secteur industriel où l'empirisme est souvent la norme. En effet, tout comme le médecin ne peut soigner sans diagnostic, le préventeur ne peut agir sans comprendre ce qui est en jeu dans les situations de travail.

Dr Michel Aptel
Responsable du Laboratoire de Biomécanique et d'Ergonomie

RESUME

Les TMS, pathologies multifactorielles à composante professionnelle, constituent actuellement en termes de fréquence la première maladie professionnelle et sont devenus un véritable problème de santé publique. Les industries de transformation de la viande sont parmi les plus touchées par ces pathologies d'hypersollicitation. La parcellisation des tâches manuelles, la production en flux tendu imposent des gestes répétitifs réalisés sous contraintes de temps. L'objectif et l'originalité de ce travail sont d'étudier pour la première fois les facteurs biomécaniques (efforts, répétitivité des gestes, positions angulaires) considérés comme les principaux facteurs de risque de TMS. Ils sont évalués au niveau des poignets des opérateurs, à l'aide d'un indice synthétique, au cours des tâches de désossage et de parage. Après une synthèse bibliographique sur les TMS dans la filière viande, les résultats sont présentés. Ainsi l'étude démontre que les sollicitations au cours de la découpe sont non seulement bien supérieures à celles observées au cours de l'activité gestuelle normale de la main mais également supérieures à celles enregistrées dans d'autres secteurs d'activités. Par ailleurs, les résultats démontrent que l'expérience et le pouvoir de coupe sont deux déterminants importants du niveau de sollicitation. Dans une troisième partie, les résultats sont discutés et confrontés aux études épidémiologiques et ergonomiques disponibles dans la littérature.

MOTS CLEFS :

Médecine du Travail/ Appareil locomoteur /poignets/ TMS/ facteurs biomécaniques/ industrie de transformation de la viande de porc.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux	6
Liste des figures	8
INTRODUCTION	10
<u>CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	13
<u>1.1 DONNEES GENERALES SUR LES TMS DES MEMBRES SUPERIEURS</u>	14
1.1.1 Définition	14
1.1.2 Facteurs de risque	14
1.1.2.1. Facteurs professionnels	16
1.1.2.2. Facteurs extra professionnels	17
1.1.2.3. Facteurs personnels	19
1.1.2.4. Conclusion	19
1.1.3 Aspects cliniques	19
1.1.3.1. Atteintes musculaires	21
1.1.3.2. Atteintes tendineuses	21
1.1.3.3. Atteintes nerveuses	21
1.1.3.4. Bursites et hygromas	22
1.1.4 Coûts des TMS	22
<u>1.2 LES TMS DANS LES INDUSTRIES DE TRANSFORMATION DE LA VIANDE</u>	23
1.2.1 Contexte général des industries de transformation de la viande	23
1.2.1.1. Les industries de transformation de la viande de porc	23
1.2.1.2. La filière porcine française	24
1.2.1.3. L'activité d'abattage-découpe	24
1.2.1.4. Une industrie de main d'œuvre	25
1.2.1.5. Un travail difficile	25
1.2.2 Données statistiques et épidémiologiques	27
1.2.2.1. Données statistiques	28
1.2.2.2. Données épidémiologiques	31
1.2.3 Déterminants des facteurs de risque	35
1.2.3.1. liés à l'organisation du travail	35
1.2.3.2. liés à la tâche	36
1.2.3.3. liés au couteau	37
1.2.3.4. liés aux gants	37

1.2.3.5. liés aux postes de travail	37
1.2.3.6. liés à l'environnement	38
<u>1.3 OBJECTIFS DE CETTE ÉTUDE</u>	40
<u>CHAPITRE 2 : PROTOCOLE ET METHODE</u>	41
<u>2.1. DESCRIPTION SUCCINCTE DES ENTREPRISES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE</u>	42
<u>2.2. PRESENTATION DES OPERATEURS ETUDIES</u>	43
<u>2.3. PRESENTATION DES POSTES DE TRAVAIL ETUDIES</u>	44
2.3.1. Critères de sélection des postes	44
2.3.2. Définitions des postes de travail	45
2.3.2.1. Les tâches	45
2.3.2.2. Les activités	46
<u>2.4. PROTOCOLE ET MÉTHODE</u>	49
2.4.1. Mesure des contraintes biomécaniques	49
2.4.1.1. Les efforts de préhension	49
2.4.1.2. Les angles des poignets	52
2.4.1.3. La répétitivité des gestes	52
2.4.1.4. Calcul de l'ISB	52
2.4.2. Enregistrement vidéographique	53
2.4.3. Méthode de dépouillement	53
2.4.3.1. Enregistrements vidéographiques	53
2.4.3.2. Sollicitations biomécaniques.	57
2.4.3.2.1. Logiciel de dépouillement	57
2.4.3.2.2. Test statistique	57
<u>CHAPITRE 3 : RÉSULTATS</u>	58
<u>3.1 DÉCOUPER DE LA VIANDE EST SOLLICITANT</u>	59
3.1.1. ISB au cours des temps morts	59
3.1.2. ISB au cours du travail	61
3.1.3. Comparaison des ISB avec d'autres secteurs d'activités	63
<u>3.2 VARIABILITÉ INTER-TACHE</u>	65
3.2.1. Latéralisation des tâches	65
3.2.1.1. Tâche de désossage	65

3.2.1.2. Tâche de parage	68
3.2.2. Variabilité inter-tâche	71
3.2.2.1. Au niveau des 7 opérateurs	71
3.2.2.2. Intra-individuelle	74
3.2.3. Variabilité inter-opération	75
3.2.3.1. Inter-opération de découpe	75
3.2.3.2. Comparaison des opérations de découpe et de relever de côtes	78
3.2.4. Synthèse	78
<u>3.3 VARIABILITE INTRA-INDIVIDUELLE</u>	83
3.3.1. Intra-tâche	83
3.3.1.1. Tâche de désossage	83
3.3.1.2. Tâche de parage	86
3.3.2. Inter-cycle	86
3.3.2.1. Au niveau de la performance	89
3.3.2.2. Au niveau des ISB	89
<u>3.4 VARIABILITÉ INTER-INDIVIDUELLE</u>	89
3.4.1. Intra tâche	89
3.4.1.1. Etude des ISB	89
3.4.1.2. Etude des contraintes biomécaniques	94
3.4.2. Mise en évidence de deux déterminants	97
3.4.2.1. Expérience	97
3.4.2.2. Qualité d'affûtage	102
3.4.2.2.1. Sur la performance et les ISB	102
3.4.2.2.2. Etude des contraintes biomécaniques	105
<u>CHAPITRE 4 : DISCUSSION</u>	107
<u>4.1 LA DÉMARCHE DE QUANTIFICATION</u>	108
4.1.1. Une démarche originale	108
4.1.2. Cadre de l'étude	109
4.1.3. Représentativité des données biomécaniques enregistrées	109
4.1.4. L'indice de sollicitation	109
<u>4.2 DECOUPER DE LA VIANDE EST SOLLICITANT</u>	110

4.2.1. Importance des sollicitations biomécaniques dans l'industrie de découpe de viande	111
4.2.2. Variabilité inter-tâche	113
4.2.3. Variabilité intra-individuelle	114
4.2.4. Variabilité inter-individuelle	115
4.2.5 Conséquences de cette étude sur la prévention	125
4.2.5.1. Action en amont de l'entreprise	126
4.2.5.2. Action au niveau de l'entreprise	126
4.2.5.3. Action en aval de l'entreprise	129
<u>4.3 SYNTHÈSE</u>	129
 CONCLUSION	 132
BIBLIOGRAPHIE	134

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1.1.A : Tendinites d'hypersollicitation du membre supérieur et pratiques sportives.

Tableau n°1.1.B : Syndromes canauxiers du membre supérieur et pratiques sportives.

Tableau n°1.2.A : Expositions des ouvriers des industries agricoles et alimentaires aux nuisances physiques, chimiques, et aux contraintes organisationnelles.

Tableau n°2.2.A : présentation des opérateurs.

Tableau n°2.3.A : nombre de salariés atteints de TMS dans les trois entreprises étudiées (1994-1996).

Tableau n°2.4.A : présentation des différentes séquences.

Tableau n°3.1.A : ISB des opérateurs au cours des temps morts.

Tableau n°3.1.B : ISB des opérateurs au cours du travail.

Tableau n°3.2.A : Latéralisation de la tâche de désossage chez les droitiers.

Tableau n°3.2.B : Latéralisation de la tâche de désossage chez les gauchers.

Tableau n°3.2.C : Latéralisation de la tâche de parage chez les droitiers.

Tableau n°3.2.D : Latéralisation de la tâche de parage chez les gauchers.

Tableau n°3.2.E : Variabilité inter- tâche.

Tableau n°3.2.F : Variabilité inter-tâche intra-individuelle.

Tableau n°3.2.G : Variabilité inter-opération de découpe.

Tableau n°3.2.H : Variabilité inter- opération de découpe intra-individuelle.

Tableau n°3.2.I : Comparaison des opérations de découpe et de relevé de côtes.

Tableau n°3.2.J : Tableau récapitulatif.

Tableau n°3.3.A : Variabilité intra- individuelle au niveau de la tâche de désossage.

Tableau n°3.3.B : Variabilité intra- individuelle au niveau de la tâche de parage.

Tableau n°3.4.A : variabilité inter- individuelle intra -tâche.

Tableau n°3.4.B : Contraintes biomécaniques subies par les désosseurs.

Tableau n°3.4.C : Contraintes biomécaniques subies par les pareurs.

Tableau n°3.4.D : Incidence de l'expérience sur la performance et les sollicitations biomécaniques.

Tableau n°3.4.E : Incidence de l'expérience sur les contraintes biomécaniques.

Tableau n°3.4.F : Incidence de l'affûtage sur la performance et les sollicitations biomécaniques.

Tableau n°3.4.G : Incidence de l'affûtage sur les contraintes biomécaniques.

Tableau n°4.1.A : Incidence des TMS dans différents secteurs industriels
(Source : U.S.Bureau of Labor Statistics).

Tableau n°4.2.A : Ancienneté dans les entreprises étudiées des salariés atteints de TMS.

LISTE DES FIGURES

Figure n°1.1.A : Les différentes natures de facteurs de risque de TMS.

Figure n°1.1.B : Relations entre facteurs de risque psychosociaux et biomécaniques et le risque de TMS.

Figure n°1.2.A : Répartition des TMS du membre supérieur par industrie aux USA.

Figure n°1.2.B : Evolution du nombre de TMS reconnus en France (Régime général).

Figure n°1.2.C : Nombre de TMS déclarés en France (source : MSA)

Figure n°1.2.D : Nombre de TMS déclarés en Bretagne (source : MSA)

Figure n°1.2.E : Nombre de TMS déclarés en côtes d'Armor (source : MSA)

Figure n°1.2.F : Les différents déterminants des facteurs de risque dans la filière viande.

Figure n°2.3.A : Tâches et activités étudiées.

Figure n°2.4.A : Méthode de dépouillement des différentes séquences.

Figure n°3.1.A : ISB des opérateurs au cours des temps morts et des cycles de travail.

Figure n°3.1.B : ISB dans différentes activités industrielles.

Figure n°3.2.A : Latéralisation de la tâche de désossage chez les droitiers.

Figure n°3.2.B : Latéralisation de la tâche de désossage chez les gauchers.

Figure n°3.2.C : Latéralisation de la tâche de parage chez les droitiers.

Figure n°3.2.D : Latéralisation de la tâche de parage chez les gauchers.

Figure n°3.2.E : Variabilité inter- tâche.

Figure n°3.2.F : Variabilité inter- tâche intra- individuelle.

Figure n°3.2.G : Variabilité inter- opération de découpe.

Figure n°3.2.H : Variabilité inter- opération intra- individuelle de découpe.

Figure n°3.2.I : Comparaison des opérations de découpe et de relevé de côtes au niveau de la main dominante.

Figure n°3.2.J : Comparaison des opérations de découpe et de relevé de côtes au niveau de la main non dominante.

Figures n°3.3.A à 3.3.C : Variabilité intra- individuelle des opérateurs A, C et D.

Figures n°3.3.D à 3.3.H : Variabilité intra- individuelle des opérateurs E, F et I.

Figure n°3.4.A : Variabilité inter- individuelle intra- tâche de désossage.

Figure n°3.4.B : Variabilité inter- individuelle intra- tâche de parage.

Figure n°3.4.C : Incidence de l'expérience sur la performance.

Figure n°3.4.D : Incidence de l'expérience sur les sollicitations biomécaniques.

Figure n°3.4.E : Incidence de l'affûtage sur la performance.

Figure n°3.4.F : Incidence de l'affûtage sur les sollicitations biomécaniques.

Figure n°4.2.A : Cercle vicieux « plus le couteau coupe, plus il coupera » (Source : Vézina, 1995).

Figure n°4.2.B : Stratégie opératoire adoptée par l'opérateur expert avec un couteau bien affûté.

Figure n°4.3.A : Interactions des différents déterminants mis en évidence sur le niveau d'ISB.

INTRODUCTION

Les statistiques des maladies professionnelles font apparaître en France et dans tous les pays industrialisés une nette augmentation des troubles musculosquelettiques (TMS) qui ont devancé depuis le début des années 1990, les classiques affections dûes au travail telles que la surdité, les dermatoses et les pneumoconioses. Ce phénomène peut s'expliquer entre autres par les modifications considérables des conditions de travail au cours des trois dernières décennies. Alors que le contrôle des nuisances classiques, toxiques et physiques, est devenu de plus en plus performant, les modifications des moyens de production ont fait apparaître de nouvelles contraintes pour les salariés.

L'apparition des systèmes de sous-traitance avec réduction des stocks, l'automatisation et la mécanisation ont été responsables d'une parcellisation des tâches à l'origine de gestes répétitifs à effectuer dans un temps de plus en plus limité. (Conso-13-). En 1997, près de deux maladies professionnelles sur trois relevaient en France du tableau n°57 du régime général. Les TMS sont donc devenus un véritable problème de santé au travail, voire de santé publique.

Aujourd'hui les études épidémiologiques, ergonomiques, psychologiques et biomécaniques (National Institute for Occupational Safety and Health –1997-) reconnaissent les facteurs biomécaniques (répétitivité des gestes, amplitudes articulaires extrêmes, efforts excessifs) comme étant les principaux facteurs de risque à l'origine de TMS. Ceux-ci résultent d'un déséquilibre entre les sollicitations biomécaniques et les capacités fonctionnelles du sujet, lesquelles dépendent de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et psychologique et des antécédents personnels. Lorsque les premières sont supérieures aux secondes, la probabilité de survenue d'un TMS est majorée.

Actuellement les industries de transformation de la viande, en particulier les ateliers de découpe, sont les principaux pourvoyeurs de pathologies d'hypersollicitation, notamment du membre supérieur. Toutes les études épidémiologiques et statistiques récentes dont l'enquête « SUMER 94 » montrent que c'est ce type d'industrie qui présente les conditions de travail les plus astreignantes (Héran et Sandret-27-) et où il est constaté une très forte progression des TMS.

Dans de nombreuses entreprises, la production dépend encore directement de l'activité gestuelle des opérateurs. Ainsi près de la moitié des ouvriers de la filière viande répète le même geste ou une série de gestes à une cadence élevée, plus de 20 heures par semaine, contre 21% dans les industries non alimentaires, (Héran et Sandret -27-). Toujours selon ces auteurs, ces mêmes ouvriers sont ceux qui connaissent également les contraintes organisationnelles les plus fortes : quatre ouvriers sur dix ont des journées de travail de plus de huit heures, 44 % des ouvriers travaillent à la chaîne (contre 15 % dans les industries non alimentaires). Les contraintes de rythme sont fréquentes : 42% voient leur rythme imposé par des cadences automatiques, 51% par le rythme de leur

collègue et 46 % par la surveillance permanente de leur hiérarchie, proportions dans chaque cas nettement supérieures à celles observées chez les ouvriers des autres industries.

Les conséquences des TMS pour les entreprises sont considérables : absences prolongées et/ou répétées des salariés, baisse de la qualité de production, augmentation du nombre de déclaration de maladies professionnelles.

Face à l'importance du problème, la filière viande fait l'objet depuis 1996 «d'une action participative par branche professionnelle » (APB- filière viande de boucherie) qui implique des entreprises pilotes (employeurs, représentants des CHSCT) et des partenaires institutionnels (Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés, Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole, Institut National de Recherche et de Sécurité, Agence Nationale de l'Amélioration des Conditions de Travail, Caisses Régionales de l'Assurance Maladie, Caisses Départementales de Mutualité Sociale Agricole, Services vétérinaires, organisations professionnelles, syndicats des salariés, Médecins Inspecteurs Régionaux du Travail et de la Main d'Oeuvre), pour améliorer les conditions de travail dans cette profession.

C'est dans ce cadre que s'est déroulée cette étude. Celle-ci a eu lieu dans les ateliers de découpe de trois grandes entreprises de transformation de la viande de porcs implantées en Bretagne. Jusqu'à présent, la plupart de celles effectuées dans ce genre d'industries étaient basées sur l'analyse de l'activité gestuelle des opérateurs. Aussi l'objectif et l'originalité de cette étude sont d'étudier et de quantifier pour la première fois, les facteurs biomécaniques subis par les poignets des opérateurs au cours des activités de découpe. Cette quantification vise à mieux comprendre leurs déterminants afin de pouvoir progresser dans la prévention des TMS. En effet, bien que la pénibilité du travail soit reconnue dans les ateliers de découpe, certaines questions peuvent être soulevées : quelle est l'importance du niveau de sollicitation au cours des activités de découpe ? Existe-t-il des tâches plus sollicitantes que d'autres ? Existe-t-il des différences de sollicitations entre les opérateurs ? L'expérience permet-elle de travailler de façon plus économique ? Quelle est l'incidence d'un couteau bien affûté sur le niveau de sollicitation ?

Après une synthèse bibliographique sur les TMS dans la filière viande, ce présent travail présentera les résultats de l'étude biomécanique. Dans une troisième partie, les résultats seront discutés et confrontés aux études épidémiologiques et ergonomiques disponibles dans la littérature.

1.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Ce chapitre comprend trois parties : la première apporte des données générales sur les troubles musculosquelettiques (TMS) du membre supérieur, la seconde est une synthèse sur les TMS dans la filière viande, enfin la troisième est une réflexion sur la problématique des TMS.

1.1 DONNEES GENERALES SUR LES TMS DES MEMBRES SUPERIEURS

1.1.1 DEFINITION

Les TMS encore appelés pathologies d'hypersollicitation sont des pathologies multifactorielles à composante professionnelle concernant tous les segments corporels permettant à l'homme de se mouvoir et de travailler. Elles couvrent un ensemble de maladies concernant les muscles, les tendons, les nerfs, les articulations. Les membres supérieurs et le dos sont le plus souvent touchés.

1.1.2 FACTEURS DE RISQUE

Les TMS résultent de l'inadéquation entre les sollicitations que subit un opérateur et ses capacités fonctionnelles. Lorsque les sollicitations sont supérieures aux capacités fonctionnelles, les structures musculosquelettiques sont sursollicitées et un risque de TMS apparaît, surtout si le temps de récupération accordé à l'opérateur est insuffisant.

Les TMS ne s'inscrivent pas dans un modèle où une cause entraîne un effet mais où chaque facteur de risque concourt plus ou moins à l'apparition de ces pathologies. Ainsi la notion de probabilité doit se substituer à la notion de causalité. Tous les opérateurs exposés aux facteurs de risque de TMS ne seront pas forcément atteints car il existe des facteurs de susceptibilité individuelle.

Par ailleurs, étant donné que le risque est lié aux capacités fonctionnelles, il n'existe pas par conséquent de niveau absolu acceptable de sollicitation, mais un niveau relatif, propre à chaque individu.

Actuellement, trois familles de facteurs de risque sont reconnues (figure n°1.1.A) :

- les facteurs professionnels
- les facteurs personnels
- les facteurs extra professionnels

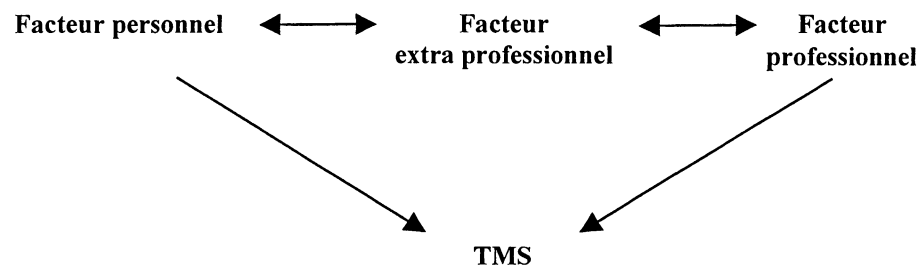


Figure n°1.1.A : différentes natures de facteurs de risque de TMS

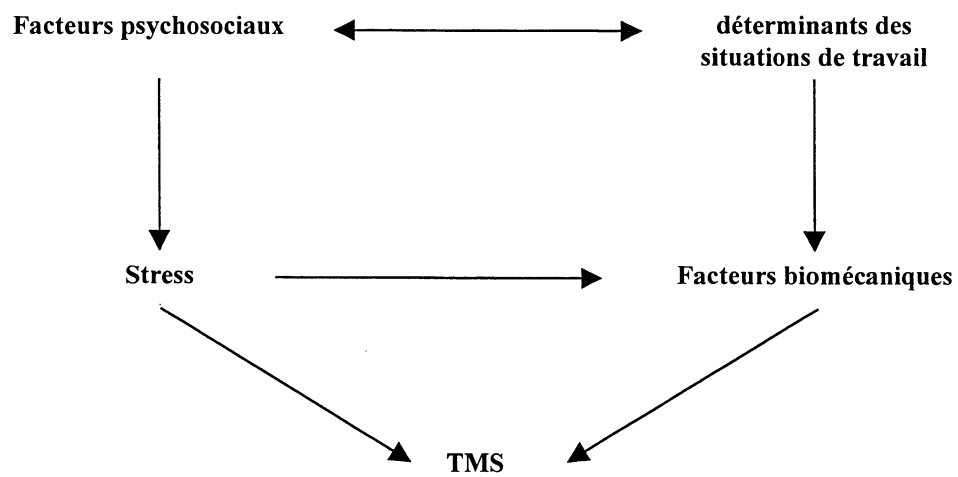


Figure n°1.1.B : Relation entre facteurs de risque psychosociaux et biomécaniques et le risque de TMS (hypothèse)

1.1.2.1 les facteurs de risque professionnels

Ils regroupent les facteurs de risque biomécaniques, les facteurs psychosociaux liés au vécu du travail ainsi que la formation.

***les facteurs biomécaniques**

Les études épidémiologiques, ergonomiques, psychologiques et biomécaniques évaluées par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH 1997) ont montré que dans les activités professionnelles, les TMS du membre supérieur résultent avant tout de l'application de contraintes biomécaniques soutenues et/ou répétées. La contrainte biomécanique s'explique par la combinaison d'efforts excessifs (notamment les efforts de préhension), de postures et amplitudes articulaires extrêmes et de la répétitivité des gestes. Chaque facteur n'existe jamais seul mais est souvent combiné aux autres facteurs à des niveaux variés et variables dans le temps. Plus la contrainte est élevée et durable, plus l'articulation est sollicitée, et plus le risque d'apparition d'un trouble musculosquelettique est élevé.

***facteurs psychosociaux**

Dans le contexte du stress professionnel, Levy (35) considère que «les facteurs psychosociaux affectent l'organisme par la médiation de la perception et du vécu du travail et sont susceptibles, dans certaines circonstances et chez certains individus, de causer l'apparition de maladies. Les stimuli sociaux s'exercent sur l'homme, et l'homme en tant qu'individu se caractérise par un programme psychobiologique, une propension à réagir, elle-même déterminée par des facteurs génétiques et par des influences environnementales précoces.

L'interaction ou le mauvais ajustement entre d'une part les exigences de l'environnement et les possibilités qu'il offre, et d'autre part les besoins, les capacités et les aspirations de l'individu déterminent des réactions. Dans le cas d'un mauvais ajustement, de besoins non satisfaits et de capacités sur- ou sous-utilisées, l'organisme réagit selon divers mécanismes pathogéniques d'ordre cognitif, affectif et/ou physiologique ».

Les études sur les relations entre les TMS et les facteurs psychosociaux sont peu nombreuses. Parmi elles, celles de Bongers (7) et Houtman (28) font références en la matière. Selon ces auteurs, les facteurs de stress peuvent être assimilés à des facteurs psychosociaux. Ainsi le travail monotone, la répétitivité des tâches, les faibles perspectives de carrière, l'absence d'initiative personnelle sont des exemples de facteurs psychosociaux.

Par ailleurs dans l'industrie de transformation de la viande, les effets psychosociaux peuvent être consécutifs aux perturbations physiques causées par l'odeur, la lumière excessive, le bruit, les conditions extrêmes de température et d'humidité, l'organisation du travail ou encore à la conscience ou au soupçon d'un risque menaçant la santé (Floru -18-).

Bongers (7) estime que le stress est responsable d'efforts supplémentaires en augmentant les forces de préhension au-delà de ce qui est nécessaire pour une activité donnée. Ainsi une perception psychologique négative du travail peut amener l'opérateur à exercer un effort excessif pour accomplir une tâche ou encore à négliger de se reposer en cas de fatigue afin de se décharger de la tâche le plus tôt possible. Selon les mêmes auteurs, le stress peut également entraîner des difficultés à élaborer une stratégie opératoire plus économe. De plus, lorsqu'il est chronique le stress augmente la fréquence et modifie l'expression des TMS. Il amplifie la perception de la douleur et rend les opérateurs plus sensibles aux facteurs de risque directs de TMS. Un opérateur stressé peut également travailler trop vite, trop intensément, trop longtemps, négliger sa posture ou ne pas prendre le temps d'ajuster son poste de travail.

La figure n°1.1.B présente une hypothèse de relations entre le risque de TMS et les deux familles de facteurs de risque.

*la formation

La formation, l'expérience professionnelle, la façon de réaliser la tâche ont une incidence sur l'apparition des TMS à composante professionnelle (Dortch-16-). L'expérience permet à l'opérateur d'adapter son mode opératoire afin d'assurer à tout moment le meilleur compromis entre l'exigence du travail et ses capacités fonctionnelles.

1.1.2.2. les facteurs de risque personnels

Ces facteurs sont liés au patrimoine génétique de l'opérateur et sont de ce fait le plus souvent irréductibles. Ils ne peuvent donc entrer dans le champ de la prévention primaire.

Les caractéristiques individuelles considérées comme des facteurs de risque de TMS sont nombreuses ; il s'agit entre autres de l'âge et du sexe des salariés.

Certains auteurs tels que Franklin (19), Gerr (22), Colvez (12) observent que l'âge des salariés est déterminant dans l'apparition des TMS. En effet, le vieillissement entraîne une diminution des capacités fonctionnelles et donc une augmentation du risque de développer un TMS pour un même niveau de sollicitation biomécanique. Cependant Silverstein (53) montre que dans les

activités à risque de TMS, l'adaptation aux conditions de travail entraîne sur le long terme une sélection du personnel exposé. Ainsi les salariés les plus âgés peuvent être ceux qui souffrent le moins car il s'agit des plus robustes du fait de la sélection (Hagberg -26-). Ceci a pour conséquence un effet « travailleur sain ». De ce fait la mise en évidence de l'effet de l'âge peut être difficile et certaines enquêtes épidémiologiques ne le retrouvent pas (Silverstein -54-).

Par ailleurs, de nombreuses études mettent l'accent sur la prédominance de TMS du membre supérieur dans la population féminine (exemple du syndrome du canal carpien). Ceci peut s'expliquer d'une part par des raisons endocriniennes telles que la grossesse, la ménopause, la prise de contraceptifs oraux comme le montrent de nombreuses études dont celle de Tumerelle (60), d'autre part par le fait que les femmes sont le plus souvent affectées à des postes qui comportent plus de facteurs de risque que ceux des hommes (Mergler-41-). Ainsi dans la filière viande, les femmes sont le plus souvent affectées à des postes plus spécifiques et différents de ceux des hommes, impliquant plus de gestes répétitifs et une station debout plus prolongée. A cela s'ajoutent les tâches ménagères où les sollicitations biomécaniques ne sont pas négligeables. En réalité, à conditions de travail égales, la différence de fréquence des symptômes douloureux rapportés entre sexe ne serait pas significative.

Cette hypothèse est confirmée par Leclerc (34). Celle-ci a fait une étude à partir de 121 cas de syndrome du canal carpien chez des femmes effectuant du travail répétitif, afin de déterminer le poids des facteurs hormonaux dans la survenue de la maladie. Parmi les 121 cas, il n'a pas été mis en évidence de relation avec l'âge. De plus, aucune association n'a été observée avec une grossesse en cours, ni avec la ménopause, ni avec la prise de contraceptifs. Par ailleurs parmi les salariées, environ 80% des atteintes du nerf médian au poignet observées sont attribuables à la répétitivité des gestes. D'autres études dont celles de Rossignol (51) et Hagberg (26) concluent également au poids très important des facteurs professionnels dans cette affection.

Ainsi Leclerc (34) estime que ce n'est pas parce que les facteurs hormonaux (ou d'autres facteurs personnels) ont un rôle dans la survenue d'une maladie liée au travail qu'ils suffisent à l'expliquer. En face de salariés effectuant des gestes répétitifs et présentant un syndrome du canal carpien, il paraît donc raisonnable de penser avant tout aux facteurs professionnels.

D'autres facteurs individuels ont pu être reliés à des degrés divers aux TMS tels que les antécédents familiaux (Assmus-6-), la condition sociale (Andersson-1-) et Nathan-44-), des fractures ou traumatismes anciens (Simon-55-), l'hyperlaxité ligamentaire (Diaz-15-), la surcharge pondérale et les troubles endocriniens (diabète, hypothyroïdie). De plus une bonne condition physique augmente les capacités fonctionnelles et diminue donc le rapport contraintes sur capacités fonctionnelles (Nathan -44-).

1.1.2.3 Les facteurs de risque extra professionnels

Certaines activités ou loisirs pratiqués plusieurs heures par semaine peuvent également être responsables d'une hypersollicitation des structures anatomiques.

Ainsi, les activités ménagères restent encore très souvent à la charge des femmes ; ces dernières cumulent fréquemment les nuisances du travail ménager et celles de la profession. Les activités de loisirs, tout spécialement le bricolage et le jardinage ou encore le tricotage, peuvent également entraîner une hypersollicitation des structures anatomiques du membre supérieur. De même les activités sportives, de détente, d'entretien et a fortiori de compétition, doivent être prises en considération. Les différentes activités sportives responsables d'hypersollicitation des membres supérieurs sont présentées dans les tableaux n°1.1.A et 1.1.B (Pujol –50-).

1.1.2.4 Conclusion

Cependant si les facteurs de risque personnels et extra professionnels décrits ci-dessus peuvent favoriser l'apparition de TMS, l'accroissement de l'incidence de ces maladies est surtout lié aux facteurs de risque professionnels comme beaucoup d'études épidémiologiques l'ont montré (études de l'Agence Nationale d'Amélioration des Conditions de Travail -ANACT- de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale –INSERM-1996 ou le NIOSH-1997-).

Par ailleurs, si les différents facteurs de risque sont reconnus, la part spécifique de chacun d'eux dans la genèse de la maladie ne peut être déterminée. Toutefois la multiplication desdits facteurs de risque augmente la probabilité d'apparition des TMS.

1.1.3 ASPECTS CLINIQUES

Les signes cliniques des TMS du membre supérieur sont variés mais comportent en règle générale une douleur associée de façon plus ou moins marquée à une gêne fonctionnelle. L'atteinte peut être uni ou bilatérale. Il n'est pas possible de récuser l'origine professionnelle d'un TMS du seul fait que l'affection touche en premier lieu le membre non dominant ou qu'elle est d'emblée bilatérale ou qu'elle le devient secondairement. En effet, aucune activité professionnelle ne s'exerce avec un seul membre supérieur et une seule main.

Les muscles, les tendons, les nerfs ainsi que les bourses séreuses peuvent être atteints.

	EPAULE	COUDE		POIGNET	
localisation	Coiffe des rotateurs	épicondyle	épitrochlée	fléchisseurs	Extenseurs Du pouce
Principaux sports responsables	<i>Geste du lanceur</i> Javelot Squatch-tennis Volley Hand ball <i>Gestes du nageur</i> natation Crawl- Papillon	 Tennis Squash	 Golf Javelot Tennis (service)	Athlétisme Gymnastique Aviron-canoë Cyclisme Escrime Haltérophilie Tennis Pelote basque Tir à l'arc Bowling Automobile	Athlétisme Haltérophilie boxe Bowling Tennis Tennis de table Aviron-canoë Escrime Golf

Tableau n° 1.1.A : tendinites d'hypersollicitation du membre supérieur et pratiques sportives (d'après Pujol, 1993)

localisation	Nerf sus scapulaire	Syndrome du canal carpien	Syndrome de la loge de Guyon
Principaux sports responsables	Sport de lancer	Toutes activités sportives exigeant des mouvements de force du poignet en hyperextension ou hyperflexion+ sport automobile	Tennis Golf Cyclisme

Tableau n°1.1.B : syndromes canaux du membre supérieur et pratiques sportives (d'après Pujol, 1993)

1.1.3.1 Atteintes musculaires

A ce niveau, l'effort est la principale contrainte. Celle-ci peut engendrer une fatigue musculaire représentant un signe de surmenage et donc un risque de TMS(Bird et Hill-6-). A ce titre, la fatigue musculaire est une symptomatologie particulièrement importante à reconnaître, (Meyer et Dyevre-42-). La prise en compte par le médecin du travail de cette dernière permet une démarche précoce de prévention, la fatigue musculaire se traduisant par une sensation de lourdeur, d'inconfort, de courbatures. Des myalgies, des crampes, ainsi que des déchirures musculaires peuvent également se manifester. La fatigue musculaire est réversible grâce à la réduction des contraintes.

1.1.3.2. Atteintes tendineuses

Les principales contraintes qui affectent le tendon sont les forces de traction exercées par le muscle ainsi que certains effets de frottement et de compression contre les tissus adjacents lors de leur passage au niveau des articulations (Claudon -11-).

Les tendinites et les ténosynovites représentent les formes courantes des atteintes dues à des traumatismes répétés. Au niveau du membre supérieur, leurs localisations les plus fréquentes sont l'épaule, le coude, le poignet et les doigts. Elles peuvent évoluer sur un mode aigu ou chronique.

1.1.3.3 Atteintes nerveuses

Au niveau des membres supérieurs, la compression contre les tissus adjacents est la principale contrainte aiguë mécanique subie par les nerfs. Ainsi dans le syndrome du canal carpien (SCC), les angulations extrêmes du poignet ont pour effet de comprimer de façon aiguë le nerf médian contre le ligament annulaire du carpe lors de la flexion et contre les os du carpe lors de l'extension (Claudon -11-). Le nerf médian peut subir également une compression chronique résultant fréquemment d'une inflammation des tendons des muscles fléchisseurs des doigts et ou de leur gaine synoviale et de l'augmentation permanente de leur volume.

Le SCC est le plus fréquent des syndromes canaux. L'atteinte peut être bilatérale mais prédomine sur la main dominante. La symptomatologie est avant tout sensitive avec paresthésies intermittentes ou permanentes des trois premiers doigts pouvant irradier à la face antérieure de l'avant bras. Des troubles vasomoteurs à type d'œdème de la main peuvent se rencontrer. A un stade plus avancé, des signes moteurs peuvent apparaître. La force musculaire est diminuée dans les mouvements d'opposition du pouce.

1.1.3.4 Bursites et hygromas

Les bourses séreuses permettent le glissement et l'amortissement des structures tendineuses au niveau des zones de frottement. Les bursites sont des épanchements de liquide synovial au sein de ces formations périarticulaires et localisées aux régions sous-acromio-deltoïdienne, rétro-olécraniennne ou aux mains. Elles peuvent évoluer selon un mode aigu ou chronique. Un hygroma est une bursite chronique organisée ou enkystée. Une tuméfaction à la palpation peut être observée. L'augmentation de volume de la bourse séreuse peut provoquer une limitation de la mobilité articulaire et être douloureuse du fait d'une compression nerveuse associée.

1.1.4. COÛTS DES TMS

Les TMS ont des conséquences sociales lourdes, aussi bien pour le salarié que l'entreprise et le régime de protection sociale.

Les TMS ont un coût non négligeable pour le salarié en terme de santé. Ils sont responsables de douleurs plus ou moins importantes pouvant entraîner une diminution des capacités fonctionnelles et une limitation des gestes de la vie quotidienne. Si les troubles ne sont pas diagnostiqués et pris en charge assez tôt et si les contraintes persistent, l'aptitude médicale du salarié au poste occupé doit être reconsidérée. Le médecin du travail doit alors étudier la possibilité d'un aménagement du poste de travail, voire d'un reclassement professionnel. Malheureusement, ces deux solutions ne sont pas toujours possibles..

Par ailleurs, les TMS ont des conséquences financières non négligeables pour les entreprises. Le coût moyen direct payé par accident par l'entreprise s'élève à 125 000 F en 1995 (source INRS). C'est un des premiers postes de dépense pour la réparation des maladies professionnelles.

Le coût indirect, quant à lui est plus difficile à évaluer. Il est généralement estimé 3 à 4 fois plus élevé que le coût direct. Il est apprécié par les signes d'alerte suivants : le taux d'absentéisme, la perte de production, une moins bonne qualité du travail, la difficulté à recruter du personnel (mauvaise image de marque de l'entreprise). En 1997, les 7 305 M.P relevant du tableau n° 57 reconnues et indemnisées ont conduit à 850 000 jours d'arrêts de travail (source CNAMTS).

Les TMS sont donc devenus un véritable enjeu pour les entreprises car ils menacent non seulement la santé des salariés mais également la leur.

De plus, le coût social réel des TMS est très probablement plus élevé même s'il est difficile à chiffrer, bon nombre de ces affections n'étant en effet pas déclaré

en tant que maladies professionnelles et en conséquence pris en charge au titre du régime d'assurance maladie.

La prévention des TMS est donc une priorité, non seulement pour le salarié qui veut travailler sans nuire à sa santé mais aussi pour les entreprises qui souhaitent diminuer leurs coûts directs et indirects. Les TMS, premières maladies professionnelles en termes de fréquence posent ainsi un véritable problème de santé publique.

1.2. LES TMS DANS LA FILIERE VIANDE

Ce chapitre reprend en partie la synthèse bibliographique réalisée par Loppinet et Aptel (3-) sur les TMS dans la filière viande ainsi que certaines données de l'étude de Calvarin (8) sur la filière porcine en Bretagne.

1.2.1 CONTEXTE GENERAL DE L'INDUSTRIE DE TRANSFORMATION DE LA VIANDE

1.2.1.1 Le développement de l'industrie de transformation de la viande

Les ateliers de découpe de viande de taille industrielle sont récents puisqu'il y a trente ans cette activité était essentiellement assurée de façon artisanale par les détaillants bouchers- charcutiers.

C'est en effet avec le développement dans les années 1960 de la distribution en libre service et la montée en puissance des Grandes et Moyennes surfaces (GMS) que se sont mis en place les ateliers de découpe. Ce mode de distribution représente aujourd'hui 70% des ventes de viandes de boucherie selon l'OFIVAL (Office Interprofessionnel des Viandes et de l'Alimentation), les bouchers de quartiers ayant perdu depuis 1980 plus du tiers de leur activité.

La création des GMS a été fortement suscitée par l'évolution rapide des modes de consommation. En ce qui concerne la viande, on note le développement de nouvelles attentes chez les consommateurs telles que la commodité d'emploi, le prix, la diététique, la nouveauté. La demande porte moins sur un simple aliment que sur «un produit-service» (un aliment avec emballage et date de conservation...). On voit également se développer des modes de consommation de plus en plus divers telles que la consommation «bas de gamme» ou «haut de gamme», la consommation quotidienne ou festive, au foyer ou en collectivité... La consommation varie de plus en plus au cours du temps avec des pics saisonniers ou hebdomadaires. Ce mode de distribution a ainsi contribué en 7 ans et selon la SECODIP (Société d'Etude de la Consommation, de la Distribution et de la Publicité) à la progression rapide de la consommation de

certaines viandes : le steak haché réfrigéré (+38%), le jambon (+33%), la saucisse de Strasbourg, la dinde et le poulet découpé (+90%).

1.2.1.2 La filière porcine française

En France, la filière porcine détient la première place des productions carnées, avec une croissance de 7,5% par rapport à 1996 ainsi que la première place devant la volaille de la consommation de viande avec une progression de 5,6 % par rapport à 1996 (source : OFIVAL).

Les activités d'abattage et de découpe du porc sont surtout concentrées dans les trois régions ouest de la France (70% des abattages), la Bretagne représentant à elle seule 52,2% des volumes abattus en 1998 avec 18 abattoirs. Ainsi en matière de viande porcine, la Bretagne est devenue le premier pôle européen, avec comme concurrents directs les Pays-Bas et le Danemark. Cependant, l'industrie agro- alimentaire en Bretagne reste caractérisée par la prépondérance des produits de masse, encore insuffisamment élaborés.

Une étude comparative de l'Institut Technique du Porc fait état d'une industrialisation plus poussée des abattoirs bretons et d'un moindre coût unitaire d'abattage qui s'explique en partie par des salaires plus faibles qu'ailleurs. En revanche en matière de découpe, la productivité par opérateur serait en moyenne supérieure aux Pays-Bas et au Danemark.

En France, l'évolution vers des usines de très grande capacité se poursuit : six abattoirs tous situés dans l'ouest (dont cinq en Bretagne) abattent plus d'un million de porcs par an. Selon les experts de l'OFIVAL, 70% des carcasses étaient découpées par les sociétés d'abattage en 1998, et ils prévoient que ce pourcentage sera proche de 100 en 2005.

1.2.1.3 L'activité d'abattage-découpe

L'activité d'abattage-découpe du porc s'apparente ainsi à une industrie lourde de plus en plus concentrée et ces sociétés doivent en permanence et dans des délais extrêmement réduits, s'adapter à des cours très fluctuants de la matière première. Le cours du porc peut subir des variations de 20% d'un trimestre à l'autre, voire même de 7% d'une moyenne hebdomadaire à l'autre selon la courbe des prix constatés au marché au cadran de Plérin (Côtes d'Armor). Elles doivent également se mesurer à une concurrence française et étrangère très agressive (entre opérateurs de la filière porcs mais aussi des autres viandes qui se partagent le marché) et gérer des investissements conséquents (170 MF investis chaque année en Bretagne), ceci dans un contexte de rentabilité relativement faible qui ne peut laisser place à l'erreur ou à une conjoncture trop longtemps

défavorable (de 1995 à 1998 la moyenne des résultats des entreprises du secteur bétail et viandes est restée inférieure à 0,5% du chiffre d'affaire).

Pour rester compétitives, ces entreprises comptent donc avant tout sur le savoir-faire et la dextérité de leurs opérateurs. D'eux dépendent en grande partie les performances de productivité et de qualité donc les coûts de production.

1.2.1.4 Une industrie de main d'œuvre

a/ Une modernisation lente et difficile de l'outil de production

Depuis une vingtaine d'années, les industries de transformation de la viande ont fait de réels progrès en matière d'hygiène alimentaire, de techniques, de mise aux normes des outils liés notamment au plan de mise en conformité des usines. Des ateliers industriels ont été conçus, réalisés, modernisés. Cette modernisation a sensiblement modifié les situations de travail et amélioré les conditions de travail. La force physique des opérateurs est un peu moins sollicitée. Les constructeurs intègrent la sécurité au niveau des machines et la qualité sanitaire du produit améliorée.

De plus grâce aux progrès zootechniques, la production d'animaux «standards» a permis l'automatisation des chaînes d'abattage. Les écarts de poids et les excès d'engraissement sont financièrement pénalisés. L'éleveur doit gérer sa production de façon à obtenir des lots homogènes.

Malgré tout, comparées à d'autres secteurs industriels certaines tâches comme celle de la découpe font encore appel essentiellement à l'activité manuelle et à l'utilisation du couteau.

b/ Un effectif croissant

Dans ces entreprises de main d'œuvre, il est constaté une augmentation importante des effectifs due au développement des activités de découpe des viandes et à l'augmentation des tonnages abattus ainsi qu'au développement du conditionnement des produits carnés.

Dans une région traditionnellement peu industrialisée comme la Bretagne, le secteur agro-alimentaire a été à l'origine des deux tiers des emplois industriels nouveaux depuis le milieu des années 1970. De 1992 à 1997, le maillon abattage découpe a gagné 1 500 emplois selon l'OFIVAL.

Au niveau national, de 1986 à 1994 le secteur de production de viande de boucherie a enregistré une forte progression de ses effectifs (32,3%). On peut estimer à environ 35 000 personnes, le nombre total de salariés dans les

industries de la viande pour les secteurs couvrant l'abattage, la découpe et la transformation des viandes de boucherie.

c/ Des difficultés de recrutement

Les réservoirs de main d'œuvre ont évolué au cours du temps. Le recours à une population de proximité d'origine rurale a longtemps donné satisfaction. Par la suite dans une phase de transition artisanat-industrie, les entreprises ont recruté leur personnel dans les populations de bouchers. Cependant ce qui était possible avant ne l'est plus aujourd'hui. En effet tout le monde s'accorde à reconnaître à présent que les compétences exigées pour tenir les postes industriels diffèrent très notablement des compétences requises en boucherie artisanale si bien que les chefs du personnel préfèrent recruter des gens n'ayant aucune connaissance du métier et les former. Depuis plusieurs années en Bretagne, beaucoup de CAP autour des métiers de bouche ont été délivrés et les industriels puisent dans ces qualifications, notamment dans les CAP de cuisiniers qu'ils considèrent plus adaptables à leur métier.

Mais en raison d'un travail peu prisé, les entreprises ont actuellement des difficultés à embaucher et ont recours le plus souvent à des intérimaires.

d/ Une main d'œuvre peu qualifiée

En effet d'après Calvarin (8), les ouvriers constituent environ 77 % des effectifs. Le taux d'ouvriers qualifiés/ non qualifiés varie beaucoup selon les entreprises. La proportion d'ouvriers non qualifiés a tendance à augmenter avec la taille de l'entreprise.

La main d'œuvre est par ailleurs relativement jeune : 15% des ouvriers ont moins de 25 ans et 40% moins de 40 ans. De plus, la main d'œuvre largement masculine s'est féminisée depuis 1986, plus spécialement dans les secteurs du conditionnement, des commandes et de la qualité.

1.2.1.5 Un travail difficile, peu attrayant

Les salariés des industries de transformation de la viande connaissent des contraintes physiques et organisationnelles plus importantes que dans d'autres entreprises, notamment alimentaires (tableau n°1.2.A). Les conditions de travail sont d'une manière générale difficiles à tous les stades de la filière et ne favorisent pas le recrutement des jeunes. Elles sont liées notamment à la nature du travail peu attractif et à la pénibilité des tâches.

Comme le fait remarquer Calvarin (8) l'animal n'est pas un produit neutre. Il porte en lui des caractéristiques d'une vie encore récente : la présence de sang,

les humeurs, les abats, les odeurs. Ces caractéristiques éloignent un certain nombre de salariés de ces activités.

Par ailleurs, plus de la moitié des ouvriers de l'industrie de la viande peuvent être exposés potentiellement à des facteurs de risque biologiques tels que les agents de la brucellose, du rouget du porc ou encore les papilloma virus soupçonnés d'être à l'origine de l'excès de cancers broncho-pulmonaires chez les salariés de la filière viande (Choudat-10-).

A cela s'ajoutent des conditions de travail défavorables pour l'organisme, à savoir le froid, l'humidité, le bruit. De plus les outils coupants, la monotonie du travail responsable d'une baisse de vigilance, les manutentions et les chutes en relation avec des sols glissants, sont souvent responsables d'accidents du travail. D'après l'enquête SUMER (tableau n°1.2.A), ce sont les opérateurs des industries de la viande qui connaissent les contraintes organisationnelles les plus fortes. Les surcharges ponctuelles de travail en rapport avec les exigences des distributeurs sont responsables d'une variabilité des horaires, de l'accélération des cadences, d'heures supplémentaires, ce qui est préjudiciable pour leur santé. Quatre salariés sur dix ont des journées de travail de plus de huit heures, 44 % des salariés y travaillent à la chaîne (contre 15 % dans les industries non alimentaires). Les contraintes de rythme y sont fréquentes : 42% voient les leurs imposées par des cadences automatiques, 51% par le rythme de leur collègue et 46 % par la surveillance permanente de leur hiérarchie, proportions dans chaque cas nettement supérieures à celles observées chez les ouvriers des autres industries.

1.2.2 DONNEES STATISTIQUES ET EPIDEMIOLOGIQUES

Les données statistiques et épidémiologiques sont complémentaires pour rendre compte du problème des TMS dans la filière viande. Les premières permettent de visualiser au mieux leur accroissement dans ce secteur au cours des dernières années. Elles se fondent le plus souvent sur les cas déclarés, reconnus et indemnisés mais n'apportent aucun élément concernant l'origine de cette augmentation.

Les données épidémiologiques permettent par contre de mettre en évidence des relations significatives entre des activités professionnelles et des pathologies. Les liens plus ou moins étroits entre les TMS et certains facteurs supposés à risque sont ainsi étudiés par l'épidémiologie. De telles études permettent de cerner avec plus de précision les salariés du secteur de la viande confrontés au risque de TMS ainsi que les facteurs susceptibles d'influencer leur survenue.

1.2.2.1 Éléments statistiques

Quelques chiffres et tableaux résument l'ampleur du problème des TMS dans la filière viande tant au niveau international, national que régional.

Au niveau international

En 1991, les TMS du membre supérieur représentent 61 % de l'ensemble des maladies professionnelles reconnues aux USA, soit 223 600 cas déclarés. Ce pourcentage n'était que de 18% en 1980 selon les mêmes sources. Cette même année, l'industrie de la viande aux Etats Unis est celle la plus touchée par les TMS du membre supérieur. Selon les statistiques fournies par le Bureau of Labor Statistics (BLS), elle représente effectivement à elle seule plus du tiers du pourcentage des TMS du membre supérieur déclarés aux USA avec 82 732 cas, soit 37% des déclarations (figure n°1.2.A). L'industrie automobile représente quant à elle la seconde industrie pourvoyeuse de ces pathologies avec 62 608 cas (28%), l'ensemble des autres secteurs industriels en déclarant 78 260 cas, soit 35%.

	Industries agricoles et alimentaires					autres
	viande	lait	boissons	boulangerie	autres	
Travail au froid	64,4	27,8	ns	ns	14,5	1,8
Travail en milieu humide	17,8	ns	ns	ns	8,9	2,0
Contraintes posturales	92,5	86,5	70,1	91,4	87,0	82,6
Contraintes articulaires	71,3	51,0	21,0	55,7	45,2	47,5
Expositions à des agents biologiques	54,7	35,4	ns	23,6	10,2	1,2
Horaires irrégulières	32,4	ns	ns	22,5	16,5	8,5
Durée quotidienne de travail > – heures	42,4	31,7	ns	45,8	25,6	21,8
Rythme de travail imposé par des normes de production à respecter en une journée au plus	64,0	58,7	59,0	70,4	58,9	59,8
Dépendance immédiate vis à vis d'un travail d'un ou plusieurs collègues	51,1	37,5	30,6	26,4	42,1	38,8
Choix de la façon de réaliser le travail	62,0	66,3	61,5	76,4	70,0	70,9
Possibilités d'interrompre le travail en dehors des pauses prévues	70,4	69,6	87,4	72,0	75,0	80,7

Tableau n°1.2.A : Exposition des ouvriers des industries agricoles et alimentaires aux nuisances physiques et biologiques et aux contraintes organisationnelles (en %) (Source : enquête SUMER : 1998)

Au niveau national

En France, le taux de TMS dans la filière viande connaît lui aussi une progression importante et constante depuis plusieurs années comme l'indique le nombre de cas reconnus par le régime général entre 1988 et 1994 (figure n°1.2.B-source CNAM). Les abattoirs et les ateliers de découpe sont les premiers concernés, leurs salariés occupant une part de plus en plus conséquente dans les affections indemnisées.

A remarquer que ce secteur, en fonction du statut juridique de l'entreprise (coopérative ou statut privé) peut être affilier soit au régime général, soit au régime agricole, les TMS étant dans ce dernier cas réparés au titre du tableau n° 39 du RA. Par comparaison, les données chiffrées de la Mutualité Sociale Agricole (MSA) concernant les TMS déclarés en France dans la filière viande entre 1992 et 1995 font apparaître une évolution tout à fait comparable à celle du régime général (figure n°1.2.C).

Au niveau régional : exemple de la Bretagne

Les chiffres communiqués par la MSA en Bretagne, notamment dans le département des Côtes d'Armor particulièrement concerné par le secteur viande suggèrent une fois de plus le même constat, à savoir une augmentation régulière et importante de ces pathologies au sein de la filière depuis quelques années (figures n°1.2.D et 1.2.E).

En 1997 88% des maladies professionnelles en Bretagne sont des TMS, l'évolution du travail expliquant l'accroissement du taux de ces affections. En effet, les activités dans la filière ont beaucoup changé depuis ces 25 dernières années. L'apparition de l'organisation en flux tendu a conduit à une augmentation de la charge de travail des opérateurs et de la contrainte temps. De même, l'automatisation partielle des processus de fabrication est responsable d'une part d'une augmentation de la répétitivité des tâches restées manuelles et d'autre part du développement des mouvements précis de petite amplitude accomplis très souvent dans des postures peu confortables.

Par ailleurs, alors que le travail s'est modifié, les exigences et les attentes des hommes en matière de santé ont également évolué : le droit à la santé est devenu une priorité et le travail ne doit pas nuire. De plus, le niveau d'information des citoyens s'est accru.

1.2.2.2 Données épidémiologiques

Des études épidémiologiques réalisées dans la filière depuis près de quinze ans sur le plan international, plusieurs constats se dégagent qui résument bien la situation actuelle.

Même si leur apport ne traduit pas aussi bien que les données statistiques l'accroissement récent de ces pathologies, une relation significative est actuellement clairement établie entre les TMS et les diverses activités professionnelles de ce secteur.

Dans la filière viande, les TMS concernent des acteurs situés à tous ses stades. Ainsi les sujets s'occupant de la découpe de viande, représentés par les désosseurs, pareurs et trancheurs sont régulièrement cités par Falck(17) et Roto (52). Les opérateurs qui se situent aux postes de fabrication (celle de saucisse par exemple), de conditionnement, de même que ceux affectés aux postes d'emballage sont également touchés (Kurppa-31-).

D'autre part quel que soit le produit biologique, toutes les entreprises du secteur agro-alimentaire et les métiers qui s'y rapportent sont pourvoyeurs de ces pathologies. Les industries de transformation du bœuf, du porc et de la volaille sont les plus fréquemment citées ; celles du poisson font également l'objet de publications (Ohlsson -46-).

Enfin les TMS dans la filière viande intéressent presque exclusivement les membres supérieurs. Le poignet avec le syndrome du canal carpien est probablement le plus étudié parmi les troubles musculosquelettiques et semble représenter la principale pathologie de la filière. En fait, il convient probablement de relativiser l'importance du SCC par rapport aux autres troubles musculosquelettiques et en particulier les tendinites et les téno-synovites. En effet la possibilité d'objectiver un SCC par des critères scientifiques et quantifiables (mesure de la vitesse de conduction nerveuse), ainsi que le caractère souvent chirurgical de son traitement, en font un des TMS le plus facile à étudier, y compris rétrospectivement. Les tendinites sont quant à elles plus difficiles à mettre en évidence et dépendent pour beaucoup des critères diagnostiques retenus pour leurs études. Ceux-ci très variables selon les enquêtes, expliquent probablement qu'on retrouve des différences de prévalence et d'incidence des TMS dans les publications. Le recrutement, qui diffère d'une étude à l'autre, est une source supplémentaire de confusion (âge, sexe, ancienneté dans la profession...) comme le suggèrent certains auteurs.

Répartition des TMS du membre supérieur par industrie aux USA (1991)

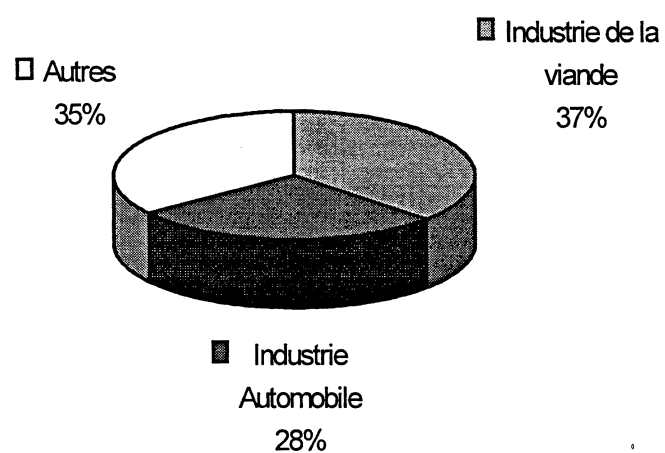


Figure n°1.2.A

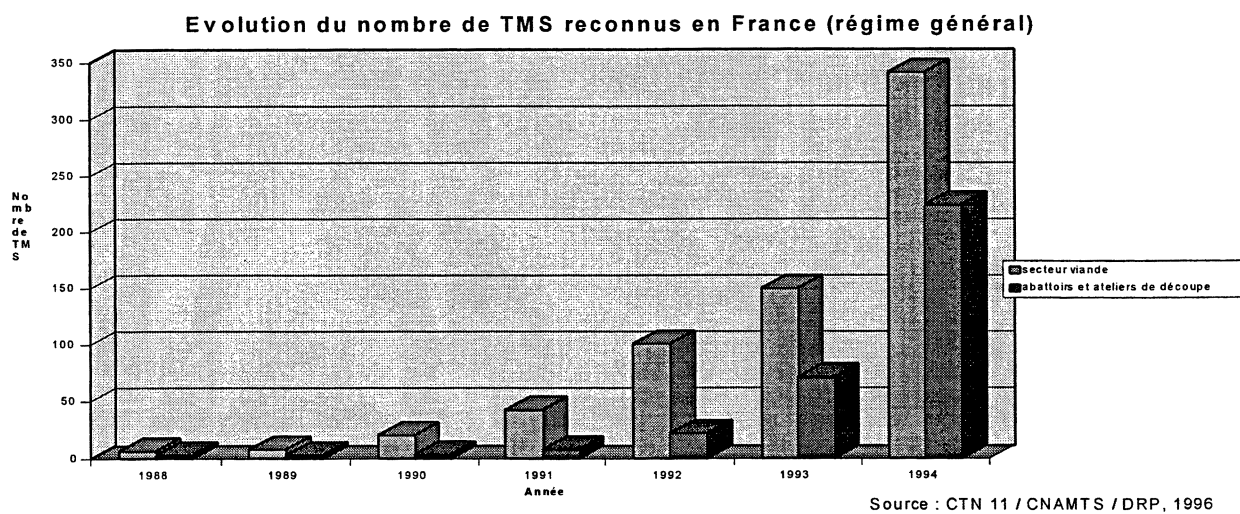


Figure n°1.2.B

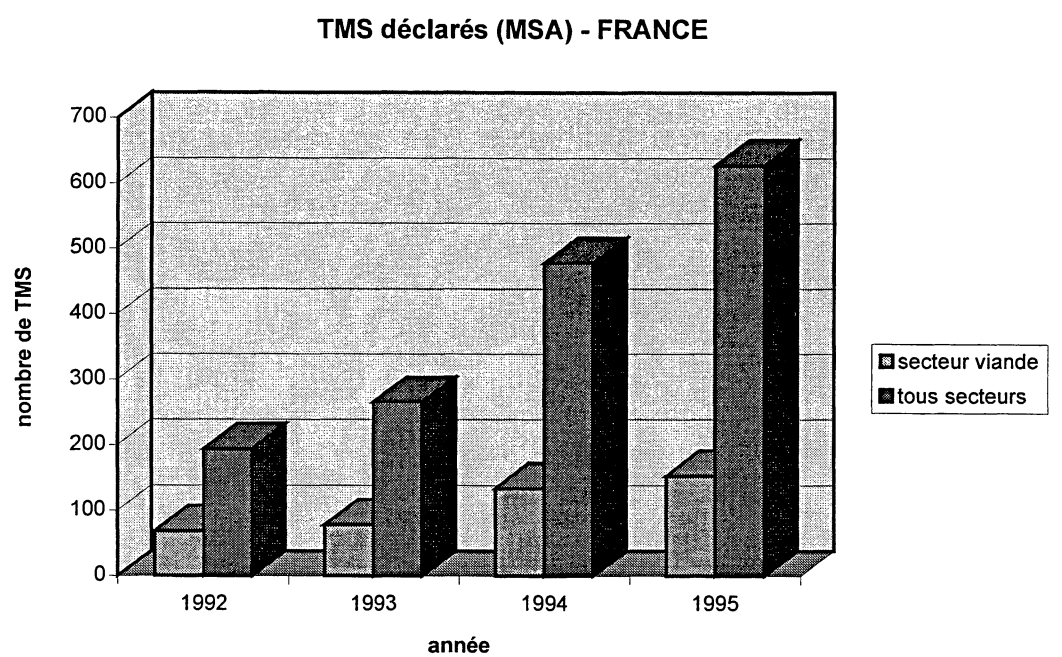
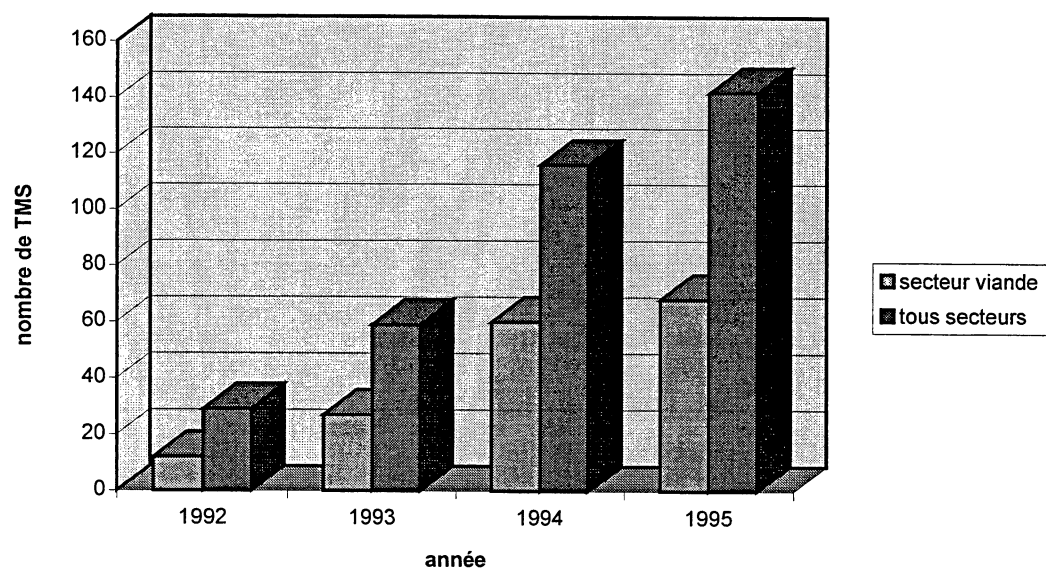
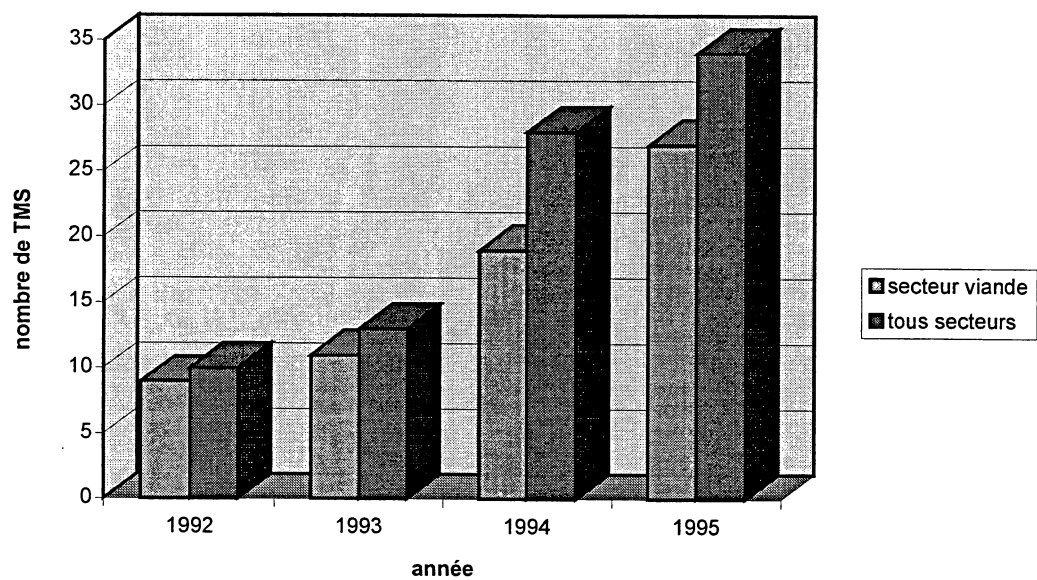


Figure n°1.2.C

TMS déclarés (MSA) - BRETAGNE

Source : MSA

Figure n°1.2.D

TMS déclarés (MSA) - Côtes D'ARMOR

Source : MSA

Figure n°1.2.E

De cette analyse de la littérature se dégage cependant une certitude au-delà des chiffres de prévalence ou d'incidence de TMS retrouvés. L'ensemble des études épidémiologiques anciennes et récentes établit de façon cohérente la réalité des troubles musculosquelettiques dans l'industrie de la viande.

1.2.3 DETERMINANTS DES TMS DANS LA FILIERE VIANDE AU NIVEAU DU MEMBRE SUPERIEUR

Les déterminants des facteurs de risque sont nombreux dans ces industries. En effet, la généralisation du travail à la chaîne a entraîné une forte dégradation des conditions de travail des opérateurs. Les déterminants peuvent être en rapport avec l'organisation du travail, la tâche, l'outil de travail ou encore avec le poste de travail (figure n°1.2.F).

1.2.3.1 Déterminants liés à l'organisation du travail

- cadence de travail

Dans les industries de transformation de la viande, la cadence de travail est le plus souvent imposée par la vitesse du convoyeur approvisionnant les postes et les tâches doivent être exécutées à l'intérieur de limites de temps relativement étroites. Une étude réalisée en 1990 dans l'industrie canadienne de la viande montre qu'il existe un risque croissant de TMS avec l'augmentation de la vitesse de la chaîne.

Par ailleurs, la cadence de travail imposée par la rigidité de la chaîne ne tient pas compte de certains facteurs inopinés comme la possibilité de survenue d'incidents ou de gestes supplémentaires à effectuer, liés à la variabilité du produit, pouvant alors nécessiter une modification du mode opératoire responsable d'une désorganisation du travail. Pour maintenir la cadence de la chaîne, l'opérateur devra alors adopter des activités d'anticipation et de récupération d'incidents, (Laville-32-), (Teiger-57-) qui augmentent les contraintes musculosquelettiques. En effet Armstrong (3) montre une augmentation de la force exercée lorsque l'opérateur commence à travailler «trop tôt » (la carcasse n'est pas encore arrivée devant l'opérateur) ou finit «trop tard » (la carcasse a dépassé l'opérateur).

- absence de rotation sur les différents postes

La rotation des tâches permet non seulement de rompre la monotonie du travail et donc d'améliorer les facteurs psychosociaux mais également de solliciter des groupes musculaires différents et ainsi mettre au repos les muscles venant d'être

actionnés. Pour que cette rotation soit efficace, elle doit s'organiser sur des postes de travail mettant en jeu des groupes musculaires différents.

Cependant cette rotation n'est pas toujours facile à instaurer dans l'industrie de la viande car plusieurs tâches peuvent solliciter les mêmes groupes musculaires. Il en résulte qu'un salarié, même en changeant de tâche, peut faire systématiquement travailler les mêmes groupes musculaires (Jonsson-30-). Cependant même si Johnson (-29-) estime que les rotations exposent un plus grand nombre de salariés aux postes à risque de TMS, la grande majorité des publications préconise cette solution considérée comme une mesure efficace de prévention, après sélection rigoureuse des différentes tâches permettant de distinguer les postes à haut et faible risque.

- contraintes de temps

D'après une enquête réalisée par l'ANACT en 1993 sur les conditions de travail dans l'industrie alimentaire, la contrainte de temps fait partie de celles qui s'étaient accentuées en sept ans et qui contribuait à l'aggravation des conditions de travail ressenties notamment par les opérateurs de l'industrie de la viande.

Les contraintes de temps obligent l'opérateur à travailler plus vite, à négliger les pauses et créent un état de stress chez les salariés. Les contraintes de temps sont variables selon les jours, dépendant du nombre de pièces à traiter et du nombre d'opérateurs présents. En effet, les clients travaillant avec le minimum de stocks passent leurs commandes le plus tard possible et veulent être livrés le plus rapidement dans des plages horaires bien définies. Les surcharges ponctuelles de travail sont responsables d'une variabilité des horaires, de l'accélération des cadences, d'heures supplémentaires..., autant de contraintes qui contribuent de façon non négligeable à l'apparition des TMS.

1.2.3.2 déterminants liés à la tâche

- durée de cycle courte

Une durée de cycle courte favorise les gestes répétitifs qui sollicitent toujours les mêmes groupes musculaires. Ces gestes sont d'autant plus contraignants que le temps inter-cycle est court et que l'opérateur n'a pas la possibilité de travailler sur d'autres postes mettant en jeu d'autres groupes musculaires.

-tâche répétitive, monotone

Elle peut être responsable d'un désintérêt dans le travail, d'une démotivation, voire d'un syndrome dépressif.

-contrainte cognitive

Elle peut être due à une tâche nécessitant de coordonner l'activité d'un opérateur avec celle de l'opérateur voisin, pouvant créer un état de stress en cas de désynchronisation.

1.2.3.3 déterminants liés au couteau

L'outil le plus utilisé dans les abattoirs et les ateliers de découpe (désossage, parage, dénervage) est le couteau, outil emblématique de la filière. Or comme le constate Godefroy (23) le couteau est l'outil le plus répandu dans le monde...mais c'est aussi celui qui a le moins évolué depuis des siècles sur le plan ergonomique. De nombreux auteurs s'entendent sur certains éléments à considérer lors du «design» d'un couteau afin de prévenir l'apparition de TMS. Il s'agit de la taille, de la forme, du matériau (caractère antidérapant et hygiénique), de l'usage auquel il est destiné, de sa facilité d'utilisation, de sa capacité à absorber les chocs, de son poids, de son adéquation avec les caractéristiques anthropométriques de l'opérateur, de la bonne maintenance de son pouvoir de coupe. Ces caractéristiques, si elles ne sont pas prises en compte, peuvent être responsables d'une aggravation des facteurs de risque biomécaniques.

1.2.3.4 déterminants liés aux gants

Les opérateurs portent des gants non seulement pour des raisons d'hygiène (gants alimentaires en caoutchouc pour manipuler la viande sans utiliser d'outil tranchant) mais également pour se protéger du froid et éviter les coupures en manipulant la viande glissante et graisseuse.

Or les gants peuvent avoir une influence sur les TMS. En effet, des études comme celle d'Armstrong (4) montrent que plus le gant est épais, plus la force de manipulation requise est importante. De même, un gant de taille inadaptée ou trop lourd augmentera la force nécessaire pour manipuler la viande glissante et par conséquent augmentera la fatigue musculaire (Armstrong-5-, Patry-47-).

1.2.3.5 Déterminants liés au poste de travail

Un mauvais aménagement du poste de travail peut être à l'origine de mauvaises postures (exemple : nécessité de soulever et tendre le bras pour s'approvisionner à partir d'un convoyeur situé en hauteur), d'une contrainte musculaire statique (station debout prolongée pour certains postes alors que le travail pourrait être réalisé en position assise). De plus certains sols glissants peuvent être responsables de tension musculaire par crainte de glisser. Cependant ces

déterminants sont négligeables par rapport aux autres déterminants évoqués ci-dessus ;

1.2.3.6 Déterminants liés à l'environnement (ambiance physique)

L'environnement fait référence à la qualité de l'atmosphère, aux niveaux sonores, à l'éclairage ainsi qu'à la température des locaux. Des conditions environnementales détériorées peuvent contribuer à la diminution de la qualité de la production et à l'accroissement des efforts de la part des salariés.

- froid et humidité :

Le règlement relatif à l'hygiène vétérinaire des denrées comestibles exige que la viande soit en permanence traitée dans des locaux dont la température est inférieure à 10°C. Le froid artificiel est donc une des spécificités de ce secteur. Or plusieurs auteurs ont noté que le froid pouvait aggraver les problèmes musculosquelettiques. Il produit un effet d'enraidissement des extrémités (Patry -47-) et un inconfort qui peut entraîner des accidents. La tension musculaire qu'il occasionne réduit le rendement, diminue la dextérité (par refroidissement des extrémités), diminue la force avec des conséquences sur la préhension. Ce phénomène est aggravé lors des stations debout prolongées comme on en retrouve souvent dans les départements de découpe et d'emballage.

- nuisance sonore

Les niveaux sonores sont particulièrement élevés dans les abattoirs et dépassent 95 décibels à certains postes (Patry -47-). Or le bruit a non seulement des effets néfastes sur l'audition mais peut également sur le plan physiologique, produire un état de tension musculaire ou entraîner de la fatigue, de la nervosité ainsi qu'une diminution de la performance et de la résistance (Floru-18-).

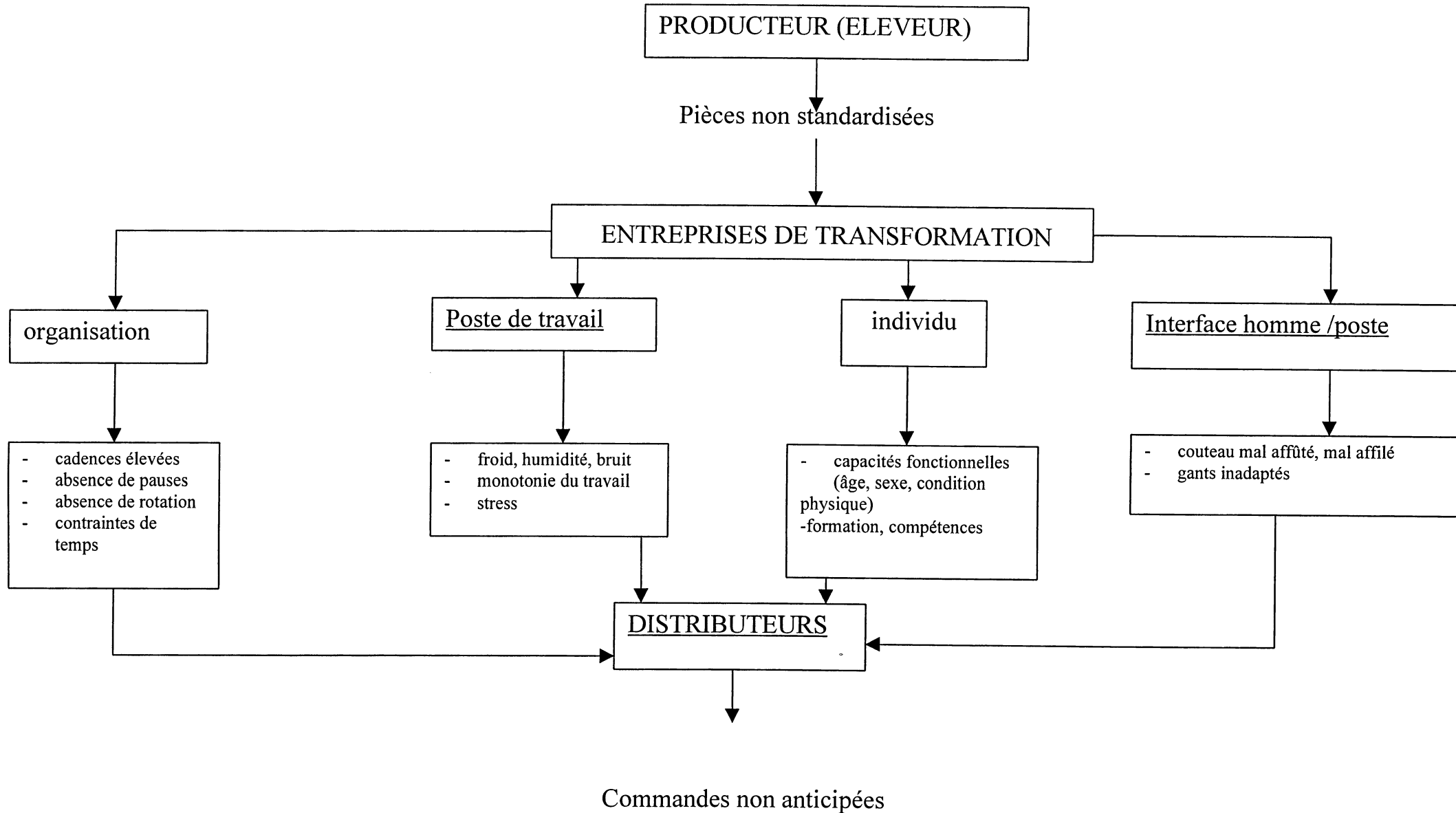


Figure n°1.2.F : les différents déterminants des facteurs de risque de TMS dans la filière viande

Ainsi le secteur de transformation de la viande apparaît comme un des secteurs les plus touchés par les TMS. De nombreux déterminants liés à la généralisation du travail à la chaîne, à la production en flux tendu, aux difficultés de modernisation favorisent la survenue de facteurs de risque professionnels.

1.3 OBJECTIFS DE CETTE ETUDE

Si l'évolution croissante des TMS dans la filière viande n'est plus à démontrer, leurs déterminants sont par contre encore mal connus. De nombreuses études ergonomiques ont étudié les différents facteurs intervenant dans la pénibilité des tâches. Cependant elles étaient basées surtout sur l'observation du travail, aucune d'entre elles n'ayant quantifié les sollicitations biomécaniques subies par les opérateurs ni démontré de façon objective l'incidence des différents déterminants sur les sollicitations.

Aussi l'objectif de cette étude est de quantifier pour la première fois les sollicitations biomécaniques subies par les opérateurs effectuant de la découpe de viande de porc, en tenant compte à la fois des efforts et de la répétitivité des gestes. Puis l'étude biomécanique tentera d'analyser et de quantifier l'importance de certains déterminants sur les sollicitations. En effet, bien que la pénibilité du travail soit reconnue au niveau des ateliers de découpe, certaines questions peuvent être soulevées : Quelle est l'importance du niveau de sollicitation au cours des activités de découpe ? Existe-t-il des tâches plus sollicitantes que d'autres ? Existe-t-il des différences de sollicitations entre les opérateurs ? L'expérience permet-elle de travailler de façon plus économique ? Quelle est l'incidence d'un couteau bien affûté sur les sollicitations ? Existe-t-il une reproductibilité des sollicitations au cours du travail ? La réponse à ces différentes questions vise à mieux comprendre la problématique des TMS dans ce secteur. Enfin les résultats biomécaniques vont pouvoir être confrontés à certaines études ergonomiques et épidémiologiques et permettre ainsi d'enrichir les connaissances sur les relations entre les facteurs de risque et les TMS.

2. PROTOCOLE ET METHODE

L'étude biomécanique réalisée par l'INRS fait suite à une étude ergonomique effectuée par le cabinet de Ouest Ergonomie dans trois entreprises de transformation de la viande ayant donné leur accord pour participer à l'action de prévention des TMS. Parallèlement, une enquête médicale portant sur le recensement de ces pathologies au cours des années 1994 à 1996 a été menée par les médecins du travail de ces 3 entreprises. Elle a permis de définir les secteurs où les TMS étaient les plus fréquents. Cependant, le nombre de secteurs concernés par le problème étant important, des critères de sélection ont conduit à retenir le secteur «découpe», et plus particulièrement les postes de parage et de désossage, comme lieu d'étude des sollicitations biomécaniques subies par les poignets des opérateurs.

2.1 DESCRIPTION SUCCINCTE DES ENTREPRISES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

L'étude des sollicitations biomécaniques réalisée en 1998 s'est effectuée dans trois grandes entreprises de transformation de la viande de porc implantées en Bretagne

La première entreprise a été créée en 1966 par un groupe d'éleveurs afin de répondre aux besoins d'intensification des exploitations agricoles. La production est alors passée de 8 000 porcs par an en 1966, à 2 465 945 porcs en 1997. Cette entreprise possède aujourd'hui deux abattoirs dont l'un figure parmi les plus modernes d'Europe. Elle a réalisé de très importants travaux de modernisation depuis 1982, année où a été construit l'atelier de découpe. Actuellement, cette entreprise emploie 2 040 salariés auxquels il convient d'ajouter les travailleurs intérimaires et les désosseurs tâcherons qui interviennent régulièrement dans les abattoirs.

La deuxième entreprise emploie 1 230 personnes et traite trois types de viandes : porc, bœuf et veau. Un million de porcs sont abattus chaque année. Les achats d'animaux sur pieds s'effectuent auprès de 1800 éleveurs de porcs. Les ateliers de découpe créés en 1995 produisent 90 000 tonnes de viande de porc à l'année. Ils approvisionnent d'une part la salaison en jambons et épaules et d'autre part l'ensemble des centres E. Leclerc en viande de boucherie. Elle réalise un chiffre d'affaire de 2,4 milliards de francs par an. Dans l'avenir, de nouveaux abattoirs intégrant les normes les plus strictes en matière d'hygiène et des conditions de travail seront construits.

Avec 1 000 salariés, un chiffre d'affaire en constante expansion et plus de 110 000 tonnes produites par an, la troisième entreprise occupe également une place prépondérante dans le monde de l'abattage et de la transformation de

viande porcine. Cette entreprise exporte aujourd'hui vers l'union européenne, l'Europe de l'Est, le Japon et les USA. L'entreprise assure l'abattage de 1 250 000 têtes, soit 6 % de la production nationale. Avec une capacité d'abattage de 650 porcs par heure, de découpe secondaire de 50 000 tonnes par an, ce site de production est un des plus grands d'Europe.

Les opérateurs de ces trois entreprises affectés dans les ateliers de découpe, réalisent principalement des tâches manuelles et utilisent comme outil de travail essentiellement des couteaux de découpe de viande. Ils sont payés à la pièce dans deux des trois entreprises. Dans la troisième, ils perçoivent un salaire fixe. Ainsi par exemple, celui des désosseurs est égal à 7 096,88 francs pour 152 heures travaillées auquel s'ajoutent 4 minutes de pause par heure effectivement travaillée au taux horaire normal (soit environ dix heures de pauses par mois). Par ailleurs, en fonction de leur rendement, les désosseurs reçoivent une prime se situant entre 150 francs pour 40 poitrines à l'heure et 1510 francs pour 60 poitrines désossées en moyenne à l'heure. Pour les désosseurs de longes, la prime de rendement se situe entre 110 francs pour 18 longes et 5 935 francs par mois pour 45 longes désossées en moyenne par heure sur le mois. Ces primes sont volontairement plafonnées afin d'éviter que les désosseurs ne puisent trop dans leurs réserves physiques pour obtenir des primes plus élevées.

Ces entreprises sont également soumises aux exigences de production du «juste à temps» ou «flux tendu» afin de faire face aux besoins des grandes et moyennes surfaces qui passent leurs commandes au dernier moment afin de limiter leurs stocks. La gestion de la production en flux tendu est apparue vers le milieu des années 1950 au Japon. C'est un système d'organisation caractérisé entre autres par le «zéro stock», la «zéro panne» et le «zéro défaut». En effet, le juste à temps vise la suppression des stocks intermédiaires et celle des produits finis, considérés comme source de gaspillage. Le processus de fabrication est alors piloté par l'aval : ce n'est qu'à la demande de l'aval que les postes d'amont produisent. Aussi pour répondre à la demande «juste à temps» sans stock, l'organisation de la production doit être flexible. C'est la raison pour laquelle elle exige une polyvalence des salariés et la flexibilité des horaires. Par ailleurs, toute panne doit être évitée afin de limiter le risque d'immobiliser l'ensemble du processus de fabrication.

Enfin, comme seules les pièces de viandes commandées sont produites, toutes doivent être conformes aux normes sanitaires exigées, caractérisant ainsi le «zéro défaut».

2.2 PRESENTATION DES OPERATEURS ETUDIES

Neuf opérateurs désignés par les lettres A à I ont participé à l'étude. Ils sont présentés dans le tableau n°2.2A.

opérateur	âge	Ancienneté dans l'entreprise	latéralité
A	27	9	gaucher
B	26	3	droitier
C	40	11	droitier
D	24	5	gaucher
E	31	4	droitier
F	32	1	gaucher
G	33	6	droitier
H	42	10	droitier
I	29	7	droitier
Moyenne des salariés (Ecart-type)	32ans (6)	6ans (3)	6 droitiers 3 gauchers

Tableau n°2.2.A : présentation des opérateurs

Ces opérateurs volontaires pour participer à l'étude sont tous de sexe masculin. En effet les postes retenus pour l'étude biomécanique sont reconnus être les plus difficiles et sont réservés essentiellement aux hommes. Ces opérateurs sont également tous indemnes de TMS.

Leur moyenne d'âge est de 32 ans, leur ancienneté dans l'entreprise de 6 ans. Parmi ces opérateurs, 6 sont droitiers, 3 sont gauchers.

2.3 PRESENTATION DES POSTES DE TRAVAIL ETUDIES

2.3.1. CRITÈRES DE SÉLECTION

Une approche globale du problème TMS menée par une équipe d'ergonomie a permis, dans chacune des trois entreprises, de sélectionner les postes à étudier. Cette sélection s'est faite sur plusieurs critères tenant compte :

- des données médicales
- du nombre d'opérateurs affectés à chaque poste
- de la pénibilité du travail
- de l'opportunité d'évolution des postes.

Pour chaque entreprise, les plaintes de TMS (de 1994 à 1996) ont été recueillies par les médecins du travail à l'aide d'un questionnaire et adressées au médecin inspecteur régional qui s'est chargé de l'exploitation des données.

entreprise	Salariés atteints (en %)	Hommes atteints (en %)	Femmes atteintes (en %)
N°1	11,41%	11,68%	10,87%
N°2	13,29%	12,35%	16,66%
N°3	8,59%	9,56%	5,82%

Tableau n°2.3.A : Nombre de salariés atteints de TMS dans les 3 entreprises étudiées Années 1994 à 1996

Le taux de prévalence des TMS a été calculé pour chaque poste de travail de la façon suivante :

$$\text{Taux} = \frac{\text{nb MP diagnostiquées}}{\text{Effectif du poste}} \times 100$$

Les données médicales ont pu ainsi mettre en évidence une prévalence et une incidence des TMS importantes dans les ateliers de découpe (tableau n°2.3.A).

Les différents postes ont été classés de façon subjective selon leurs niveaux de pénibilité grâce à des entretiens réalisés par des chefs d'équipe auprès des opérateurs dans le cadre de groupes de travail.

Suite à cette approche globale, les équipes de suivi de chaque entreprise ont retenu les tâches de désossage et de parage pour réaliser l'étude biomécanique.

2.3.2. DÉFINITION DES DIFFÉRENTS POSTES ÉTUDIÉS

La figure n°2.3.A présente les relations entre les opérateurs, les tâches, les activités, et les séquences.

2.3.2.1 les tâches

Nous avons considéré dans cette étude deux types de tâches :

- la tâche de désossage

Elle consiste à extraire les os des différentes pièces de viandes.

- la tâche de parage

Elle consiste à extraire les nerfs, la graisse, les tendons, les aponévroses de la viande. De façon plus large, le parage est considéré comme le traitement des pièces ne contenant pas d'os par opposition à la tâche de désossage.

2.3.2.2. les différentes activités

- les activités de la tâche de désossage

Pour la tâche de désossage, nous disposons de 2 types de pièces de viandes : des poitrines et des longes. Ainsi pour la tâche de désossage, nous considérons deux activités :

- l'activité de désossage de poitrines.

Le plan de travail est approvisionné par un convoyeur situé à proximité. L'opérateur effectue dans un premier temps une opération de découpe (photo n° 2.a) consistant à éliminer le sternum (quand il est présent) et à séparer la viande des os. Dans un second temps, il relève les côtes manuellement (photo n°2.b), les arrache puis les évacue sur le convoyeur avec le reste de la poitrine (photo n°2.c).

- l'activité de désossage de longes.

Le poste de travail est approvisionné par un convoyeur également situé à proximité. Cette activité qui consiste à séparer la viande des os à l'aide d'un couteau tenu par la main dominante de l'opérateur, (photo n°2d) est précédée d'une courte opération de manutention et lui succède également une brève opération d'évacuation.

- les activités de la tâche de parage

De même que pour le désossage, la tâche de parage dans la présente étude consiste à traiter deux types de pièces : des épaules et des langues. Ainsi pour la tâche de parage, deux activités sont à considérer :

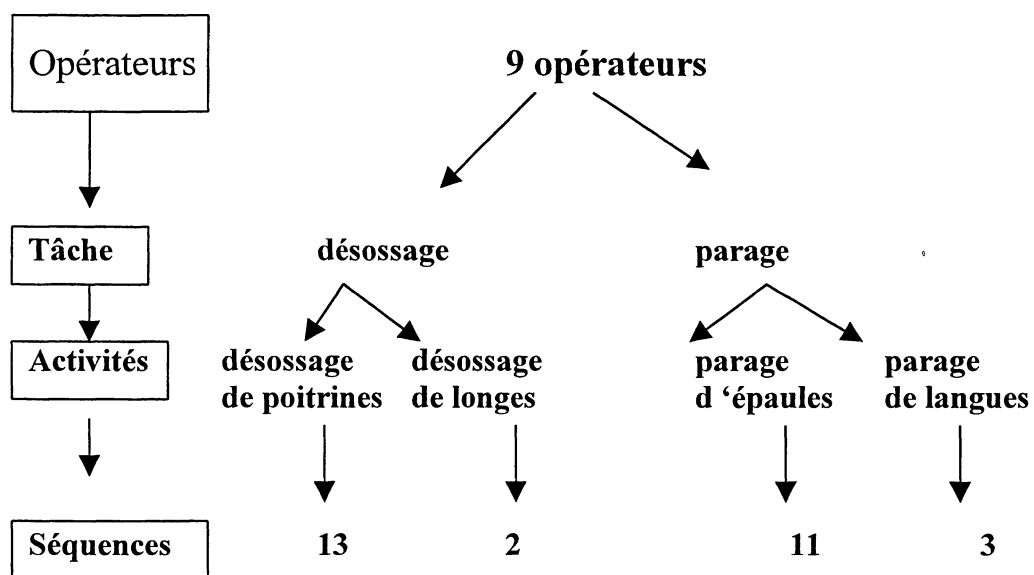
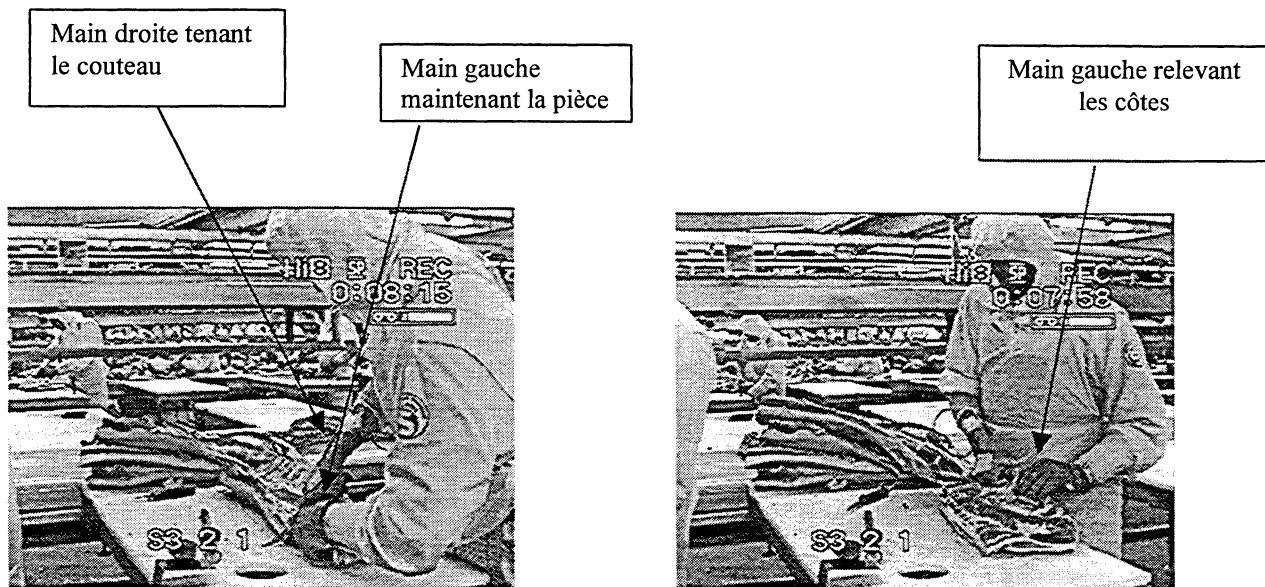


Figure n°2.3.A : les différentes tâches et les différentes activités étudiées, réalisées par les 9 opérateurs

Activité de désossage de poitrine par un opérateur droitier

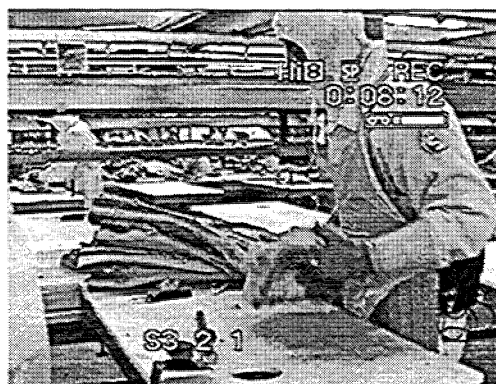


opération de découpe

photo n°2a

opération de « relevé de côtes »

photo n°2b



opération d'évacuation

photo n°2c

- l'activité de « délangage »

L'opérateur reçoit d'une goulotte des têtes provenant de l'étage supérieur. Il saisit avec ses deux mains une tête (photo n°2.e), la positionne sur son plan de travail, tire avec une main sur la langue (photo n°2.f), coupe avec l'autre main ses attaches ligamentaires latérales, puis la libère en la sectionnant à sa base. Elle est ensuite évacuée dans un bac situé à proximité de l'opérateur, tandis que le reste de la tête est recueilli dans un autre bac.

- l'activité de parage d'épaules

Le plan de travail est approvisionné par un convoyeur situé à proximité de celui-ci. Cette activité comprend essentiellement de la découpe (photo n°2.g). Tandis qu'une des deux mains manipule le couteau pour séparer le gras du maigre, l'autre main effectue une traction sur la viande pour faciliter l'opération de découpe. Une fois l'épaule traitée, le maigre est évacué sur le convoyeur à côté du gras (photo n°2.h).

2.4 PROTOCOLE DE L'ETUDE METROLOGIQUE

2.4.1 : MESURE DES CONTRAINTES BIOMÉCANIQUES

Les contraintes biomécaniques ont été enregistrées, selon les modalités élaborées par Loslever (38).

Trois facteurs de risque ont été mesurés :

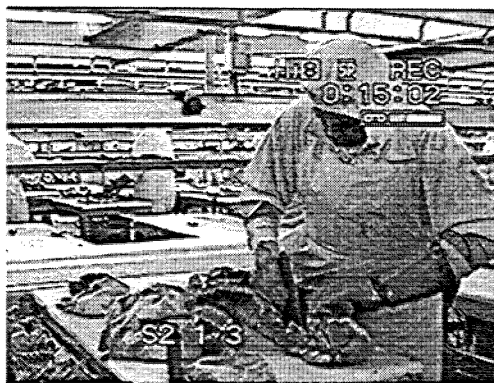
- les efforts de préhension.
- les amplitudes articulaires des poignets en flexion extension.
- la répétitivité des mouvements des poignets.

2.4.1.1. mesure des efforts de préhension

L'effort de préhension des deux mains est évalué au moyen des électromyogrammes (EMG) des muscles fléchisseurs de la main et des doigts. Les EMG sont enregistrés au cours d'une épreuve d'étalonnage et du travail, puis intégrés (EMGi). Le pas d'intégration de l'EMG est de 100 millisecondes.

Pendant l'étalonnage, le sujet est assis, le bras vertical en légère abduction. L'angle entre le bras et l'avant-bras est de 90°. L'avant-bras est horizontal et repose dans une gouttière. La main en semi-pronation tient une poignée qui permet d'exercer des efforts maximaux de préhension. L'EMG intégré maximal enregistré au cours de l'étalonnage correspond à la force maximale volontaire du sujet (FMV). Toute valeur d'EMGi pendant le travail est ainsi rapportée à cette valeur d'étalonnage et exprimée en pourcentage de la FMV (% FMV).

Activité de désossage de longes



opération de découpe

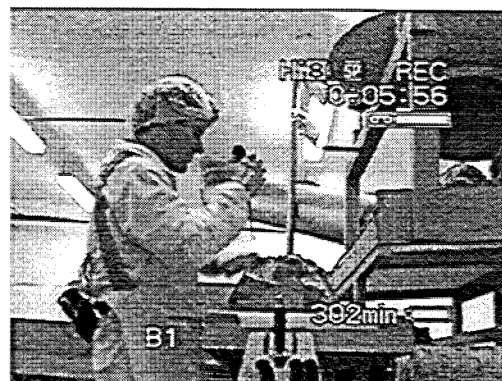
photo n°2.d

activité de « délangage » par un opérateur droitier



opération de manutention

photo 2.e



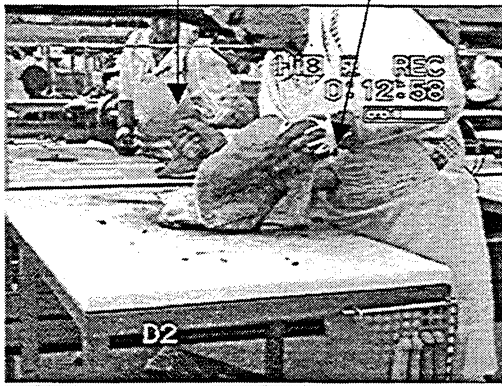
opération de découpe

photo 2.f

Activité de parage d'épaule par un opérateur droitier

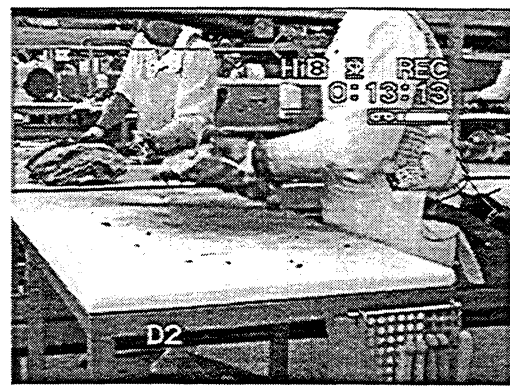
Main droite tenant
le couteau

Main gauche tirant
sur la viande



opération de découpe

photo 2.g



opération de manutention

photo 2.h

Dans la présente étude, seuls les efforts de préhension de la main sont mesurés. Les efforts développés par les autres groupes musculaires sont donc inconnus.

2.4.1.2 Mesure des angles du poignet

Les mouvements de flexion-extension des deux poignets exécutés au cours du travail sont mesurés en continu au moyen de deux goniomètres de marque PENNY-GILES® dont les caractéristiques sont décrites dans l'article de OJIMA. La précision de la chaîne de mesure est de l'ordre de 5°. Le signal analogique issu des capteurs est numérisé à une fréquence de 10 hertz. Six cents valeurs angulaires de flexion-extension du poignet sont ainsi recueillies par minute. Par convention, les angles mesurés en flexion sont positifs et ceux mesurés en extension sont négatifs.

Les données angulaires sont réparties dans les deux classes suivantes :

Zone neutre (zone de confort)	0 à -30°
Zone à risque	Toutes les autres positions de la main

2.4.1.3. Répétitivité des gestes

Le signal angulaire est dérivé par rapport au temps. Chaque changement de signe de la dérivée correspond à un mouvement du poignet qui est comptabilisé en nombre de mouvements par minute (mvt/min). Cette variable représente la répétitivité des gestes des opérateurs.

2.4.1.4. Indice synthétique : l'indice de sollicitation biomécanique (ISB)

Un indice synthétique tenant compte à la fois de la répétitivité des gestes et des efforts a permis de quantifier et de pouvoir comparer de façon objective le niveau de sollicitation biomécanique subi par les opérateurs dans les diverses activités plus haut décrites.

Cet indice élaboré par Aptel et Cail (2) est défini de la façon suivante :

$$\text{ISB} = (3 \times \text{FORCE} + 5 \times \text{REPETITIVITE}) / 10$$

Plus il augmente et plus le risque est élevé, un de ses avantages étant d'évaluer par une seule donnée chiffrée deux des principaux facteurs de risque biomécaniques.

2.4.2 ENREGISTREMENT VIDÉOGRAPHIQUE

L'activité de chaque opérateur étudié a été enregistrée sur une bande vidéographique au cours de chaque activité réalisée. Cet enregistrement est synchronisé avec celui des contraintes biomécaniques. Chaque enregistrement constitue une séquence et dure en moyenne 10 à 16 minutes. Le tableau n°2.4.B présente les différentes séquences enregistrées avec leurs durées respectives ainsi que le nombre total de cycles de travail par opérateur. Au total, 29 séquences ont été enregistrées dont 15 pour le désossage et 14 pour le parage.

Ainsi pour chaque séquence, nous pouvons pour une période « p » étudier les différentes contraintes biomécaniques (la répétitivité, les efforts, le % de temps passé dans la zone à risque) et par conséquent calculer l'ISB.

Afin de s'assurer que le travail effectué par les opérateurs au cours de l'enregistrement se déroulait dans les conditions habituelles, nous les avons interrogés. Les questions portaient sur les méthodes d'approvisionnement, la vitesse de la chaîne, la gêne éventuelle engendrée par le matériel d'enregistrement ainsi que sur la vitesse du travail. Tous les opérateurs questionnés ont répondu que les conditions auxquelles ils étaient soumis lors de l'enregistrement étaient identiques à celles habituellement rencontrées.

2.4.3 Méthode de dépouillement des données biomécaniques et vidéographiques

2.4.3.1 Dépouillement des enregistrements vidéographiques

La figure n°2.4.A présente la méthode utilisée pour étudier les différentes séquences enregistrées sur bande vidéographique.

Chaque séquence a été partagée en cycles de travail, un cycle de travail correspondant à une pièce traitée. Un cycle de travail, c'est à dire le traitement d'une même pièce de viande, débute par une opération de découpe et se termine par une opération de manutention. C'est une définition arbitraire fixée afin de faciliter le dépouillement des données. Les deux opérations de manutention, c'est-à-dire l'approvisionnement et l'évacuation des pièces, ont ainsi été regroupées.

opérateur	tâche	activité	séquence	Durée (minutes, secondes)	Nombre de cycle de travail	Nombre total de cycle de travail
A	désossage	poitrines	A1	16.00	11	22
			A2	15.11	11	
		longes	A3	12.55		10
B	désossage	poitrines	B1	14.26		11
		longes	B2	15.25		8
C	désossage	poitrines	C1	12.11	10	37
			C2	18.03	6	
			C3	11.30	9	
			C4	15.12	12	
D	désossage	poitrines	D1	12.53	10	48
			D2	14.33	13	
			D3	12.33	11	
			D4	14.03	14	
E	Parage (BA)	épaules	E1	12.09	27	58
			E2	12.43	31	
	Parage (MA)	épaules	E3	12.42	23	54
			E4	12.27	31	
F	Parage (MA)	épaules	F1	14.45	13	25
			F2	14.19	12	
	Parage (BA)	épaules	F3	17.52	21	21
G	parage	épaules	G1	13.33	23	55
			G2	13.47	32	
H	parage	épaules	H1	12.41	14	28
			H2	13.21	14	
	désossage	poitrines	H3	12.51	19	37
			H4	13.22	18	
I	parage	langues	I1	12.12	30	89
			I2	13.00	28	
			I3	10.20	31	

Tableau n°2.4.A: présentation des différentes séquences

BA= couteau bien affûté

MA= couteau mal affûté

Puis à l'intérieur de chaque cycle de travail, nous avons isolé différentes opérations. Les opérations retenues dans cette étude sont au nombre de trois :

1) l'opération de découpe (DC):

Elle débute dès que l'opérateur introduit son couteau dans la pièce de viande et se termine dès qu'il ne découpe plus. La main ne tenant pas le couteau maintient la pièce sur le plan de travail.

2) l'opération de relevage de côtes (RC)

Cette opération n'est présente que dans l'activité de désossage de poitrines. Elle consiste à soulever les côtes préalablement clivées de la viande avec la main ne tenant pas le couteau par un effet levier. La main tenant le couteau maintient la pièce sur le plan de travail.

3) l'opération de manutention (M)

Elle comprend l'évacuation de la pièce traitée et l'approvisionnement du poste par une nouvelle pièce. Elle n'a pas pu faire l'objet d'une étude isolée, sa durée étant trop brève, le plus souvent inférieure ou égale à trois secondes.

Tout cycle de travail interrompu par une opération d'affilage ou une pause supérieure à 4 secondes a été exclu du dépouillement des données.

Seul le cycle de travail de l'activité de désossage de poitrines comprend 3 opérations successives : celle de découpe, puis celle de relever de côtes et enfin celle de manutention.

Les trois autres activités ne comprennent que deux opérations : la découpe, suivie de la manutention.

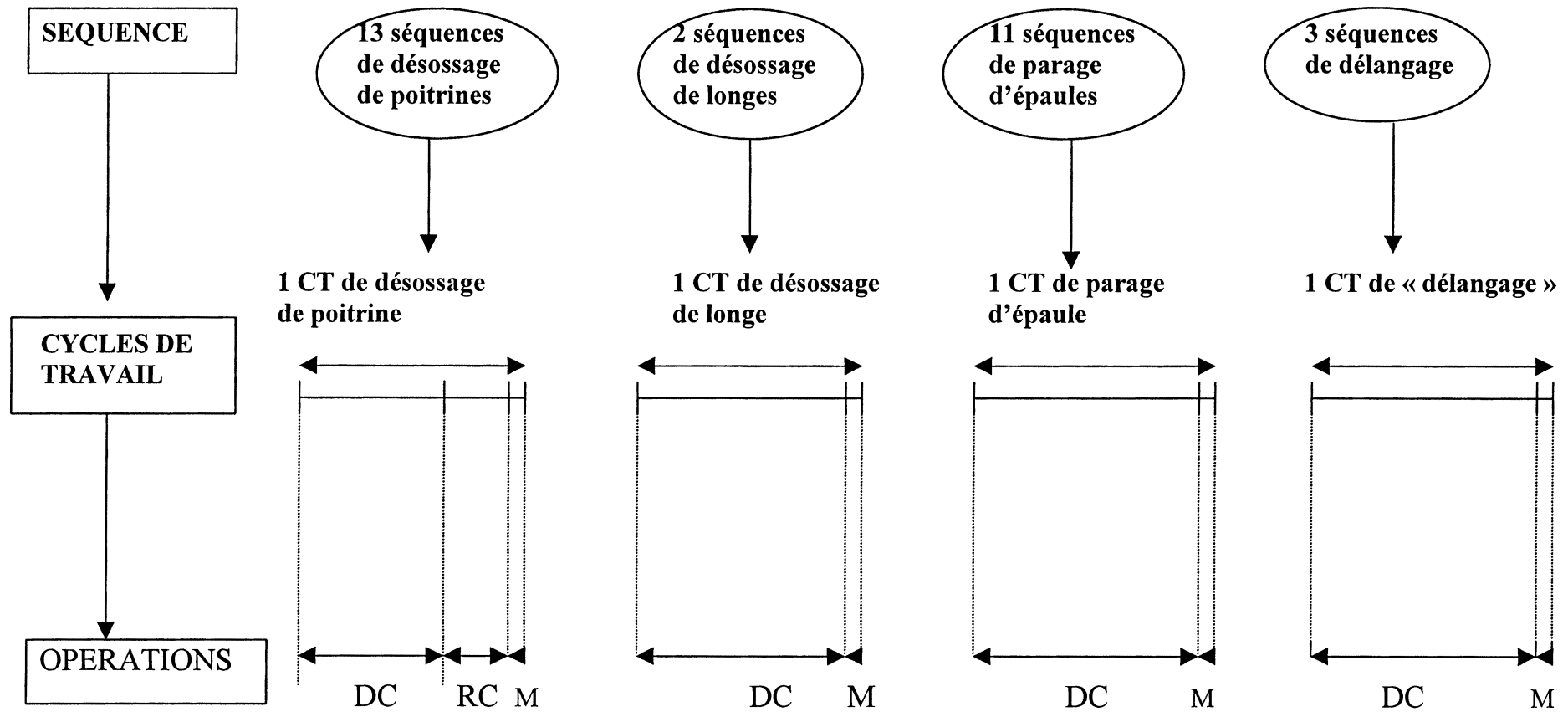


Figure n° 2.4.A : méthode de dépouillement des 29 séquences enregistrées

Légende : CT : cycle de travail ; DC : opération de découpe ; RC : opération de relever de côtes ; M : opération de manutention

On appelle performance le temps mis par l'opérateur pour effectuer un cycle de travail ou une opération. Plus le temps est court, plus l'opérateur est performant, toute chose égale par ailleurs.

Dans la suite de cet ouvrage et pour chaque opérateur, sera utilisée parfois la notion de séquence, parfois celle de « nombre total de cycles de travail ». En effet, certains opérateurs réalisent plusieurs séquences identiques (même pièces de viandes, même outil ...), ce qui nous a amené dans certains cas à fusionner leurs cycles de travail. Ainsi, en fonction de l'hypothèse étudiée, sera utilisée comme base de travail, soit les séquences enregistrées, soit l'ensemble des cycles de travail des séquences identiques, encore appelées « nombre total de cycles de travail ».

2.4.3.2 Méthode de dépouillement des sollicitations biomécaniques

2.4.3.2.1 Présentation du logiciel de dépouillement des données biomécaniques

L'enregistrement simultané des contraintes biomécaniques avec la vidéo a permis pour chaque cycle de travail ainsi que pour chaque opération d'évaluer à hauteur des deux poignets le niveau d'ISB, de répétitivité, des efforts, ainsi que le pourcentage de temps passé dans la zone à risque par le poignet grâce au logiciel de dépouillement des données biomécaniques élaboré par l'INRS en 1998.

Celui-ci permet, en entrant le début et la fin (en minutes) d'un cycle de travail ou d'une opération, de connaître pour cette période et pour chacune des deux mains la répétitivité des mouvements du poignet, le pourcentage de temps passé dans la zone à risque, le % de la FMV, l'ISB, ainsi que le temps mis pour réaliser le cycle de travail ou l'opération.

Ainsi, en entrant tous les débuts et fins de cycles de travail (ou d'opérations) d'une même activité réalisée par un même opérateur, nous avons pu étudier la performance, et pour chaque main la répétitivité des mouvements du poignet, le pourcentage de temps passé dans la zone à risque, le % de la FMV, l'ISB.

2.4.3.2.2. Tests statistiques utilisés

Pour exploiter ces différentes données biomécaniques, nous avons utilisé les tests statistiques suivants :

- test de student
- analyse de variance à 1 ou 2 facteurs.

Le chapitre suivant expose les résultats de cette étude.

3 . RESULTATS

3.1 DECOUPER DE LA VIANDE EST SOLLICITANT

L'objectif de ce chapitre est de quantifier le niveau de sollicitation biomécanique subi par les opérateurs au niveau des poignets au cours des tâches de parage et de désossage.

Pour ce faire, les moyennes des ISB seront tout d'abord calculées pour chacun d'entre eux au cours des «activités normales de la main». Dans un second temps, elles seront comparées aux moyennes des ISB de chaque opérateur obtenues au cours du travail. Dans un dernier temps, les ISB obtenus dans la filière viande seront comparés aux ISB obtenus dans d'autres secteurs d'activités également très exposés aux risques de TMS.

3.1.1 ISB DES OPERATEURS EN DEHORS DES ACTIVITES DE TRAVAIL

Afin d'avoir une valeur de référence en termes d'ISB, les sollicitations biomécaniques subies par les poignets des opérateurs ont été calculées en dehors des activités de travail. Le temps ainsi passé est considéré comme un "temps mort". Au cours de celui-ci, l'opérateur effectue des "activités normales de la main" et dispose donc d'une entière liberté gestuelle. L'activité normale de la main est définie par ce qu'elle n'est pas, car il est difficile d'en énoncer la nature. Ainsi la découpe de la viande, l'affilage, la constitution d'un stock tampon qui sont des activités de travail, ne sont pas considérées comme des "activités normales de la main". De plus, seules les activités effectuées au cours des temps morts supérieurs à 4 secondes ont été étudiées.

Au total, 34 temps morts respectant les deux conditions de tâche et de temps ont été retenus. Le tableau n°3.1.A présente les moyennes des ISB de chaque salarié au cours des "activités normales de la main". Elles sont également représentées sur la figure n° 3.1.A.

L'opérateur I n'ayant pas eu de temps morts supérieurs à 4 secondes, nous ne disposons pas pour celui-ci de moyennes d'ISB en dehors des activités de travail.

Les temps morts supérieurs à 4 secondes sont peu nombreux car chaque poste de travail est approvisionné en continu par des convoyeurs. Leur survenue est aléatoire. Les enregistrements des différents temps morts étudiés ont eu lieu soit en début de séquence avant que l'opérateur ne commence à travailler, expliquant des durées de temps morts assez longues, soit entre deux cycles de travail expliquant des durées de temps morts assez courtes. La durée de ces différents temps morts s'échelonne entre 4 et 55 secondes.

opérateur	Nombre de TM	Durée moyenne des TM en secondes (écart type)	ISB Main Droite	ISB Main Gauche
A	2	22 (10)	10 (7)	7 (8)
B	3	8 (1)	34 (8)	10 (11)
C	2	9 (1)	12 (18)	13 (8)
D	5	19 (10)	11 (8)	12 (9)
E	5	33 (21)	12 (7)	8 (13)
F	6	9 (4)	32 (26)	23 (15)
G	7	6 (3)	9 (7)	18 (14)
H	2	9 (7)	19 (19)	11 (6)
MOYENNE		14 (9)	17 (10)	13 (7)

Tableau n°3.1.A : ISB des opérateurs au cours des activités normales de la main

Légende :

TM= temps morts

Par ailleurs, les moyennes des ISB des 8 opérateurs sont toutes inférieures à 20, à l'exception des opérateurs B et F.

Les écarts types élevés de l'ISB moyen de chaque opérateur témoignent d'une variabilité importante des sollicitations au cours des temps morts.

De plus, les moyennes interindividuelles des ISB des 8 opérateurs sont également inférieures à 20. Les écarts types observés sont ici aussi élevés, traduisant une variabilité interindividuelle importante, en rapport en partie avec l'entière liberté gestuelle dont disposent les 8 opérateurs lors des temps morts.

3 1.2 ISB MOYEN DES OPERATEURS AU COURS DU TRAVAIL

Le tableau n°3.1.B ainsi que la figure n°3.1.A présentent les moyennes des ISB de chaque opérateur obtenues au cours du travail.

opérateur	Nombre total de cycles de travail	Moyenne ISB Main Droite	Moyenne ISB Main Gauche
A	32	70(11)	90(8)
B	19	87(1)	63(1)
C	37	89(4)	76(5)
D	48	85(6)	116(10)
E	112	71(4)	72(2)
F	46	87(8)	74(2)
G	55	78(7)	80(8)
H	65	86(20)	62(6)
I	89	66(10)	66(11)
Moyenne (écart type)		80(9)	78(17)

Tableau n°3.1.B : ISB des opérateurs au cours du travail

Tous les opérateurs étudiés ont des moyennes d'ISB comprises entre 66 et 89 pour la main droite, et 62 et 116 pour la main gauche. Les tâches de parage et de désossage sont donc deux à cinq fois plus sollicitantes que les activités normales de la main. De plus, il existe des différences de niveaux de sollicitations biomécaniques entre les opérateurs liées en partie au fait qu'ils ne réalisent pas tous la même tâche.

Moyennes des ISB de chaque opérateur au cours des cycles de travail et des temps -morts

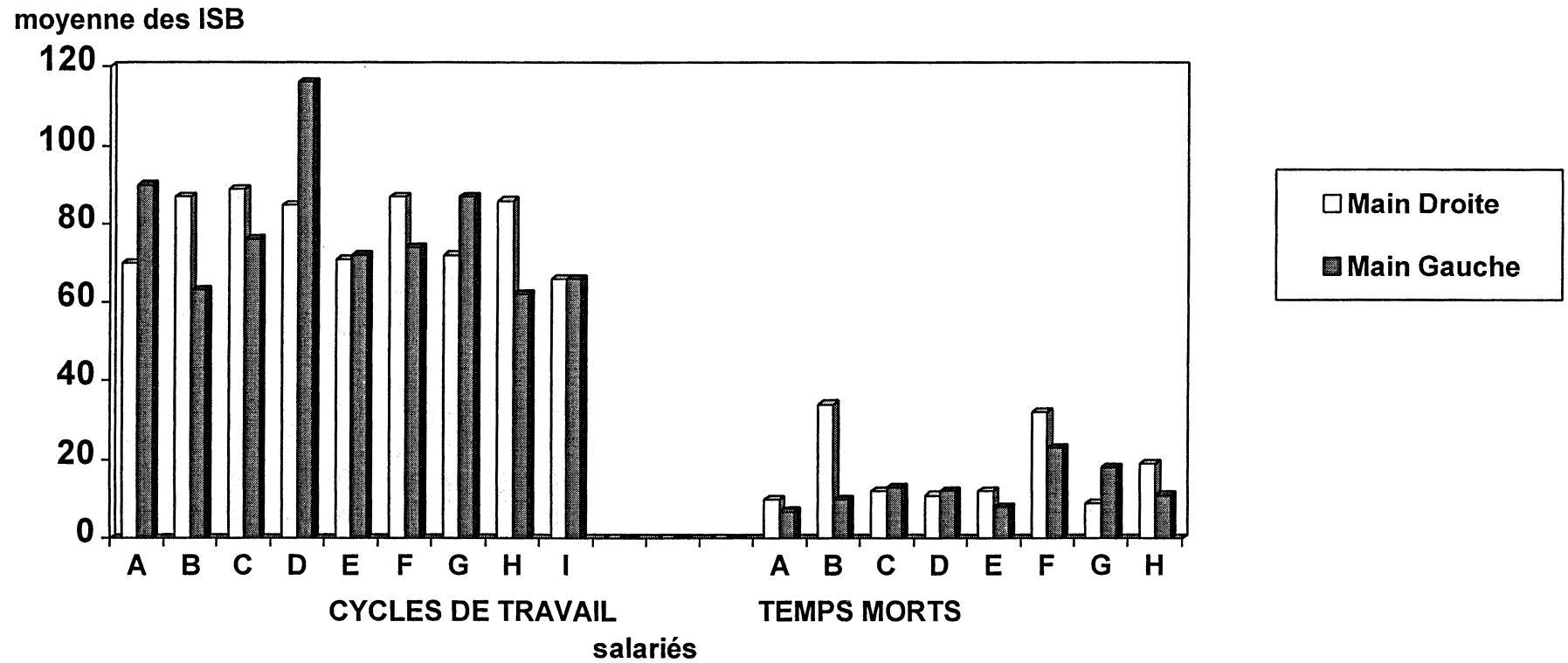


Figure n°3.1.A

3.1.3.COMPARAISON AVEC D'AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS

Afin de mieux évaluer l'importance des sollicitations biomécaniques dans l'industrie de transformation de la viande, les données précédemment obtenues ont été comparées aux données biomécaniques recueillies par l'INRS dans d'autres secteurs industriels exposés au risque de TMS.

La figure n°3.1.B expose les moyennes d'ISB obtenues dans 3 entreprises du secteur secondaire. La première fabrique des composants électroniques, la seconde des filtres à gasoil, la troisième réalise des montages de composants électriques.

Ces résultats montrent que l'industrie de découpe de viande est le secteur dans lequel les activités de travail sont les plus sollicitantes pour les deux mains.

En conclusion, ce premier chapitre démontre l'importance des sollicitations biomécaniques subies par les poignets dans les ateliers de découpe de viande et qui sont non seulement bien supérieures aux sollicitations obtenues au cours de l'activité gestuelle normale de la main, mais également supérieures à celles enregistrées dans d'autres secteurs de production.

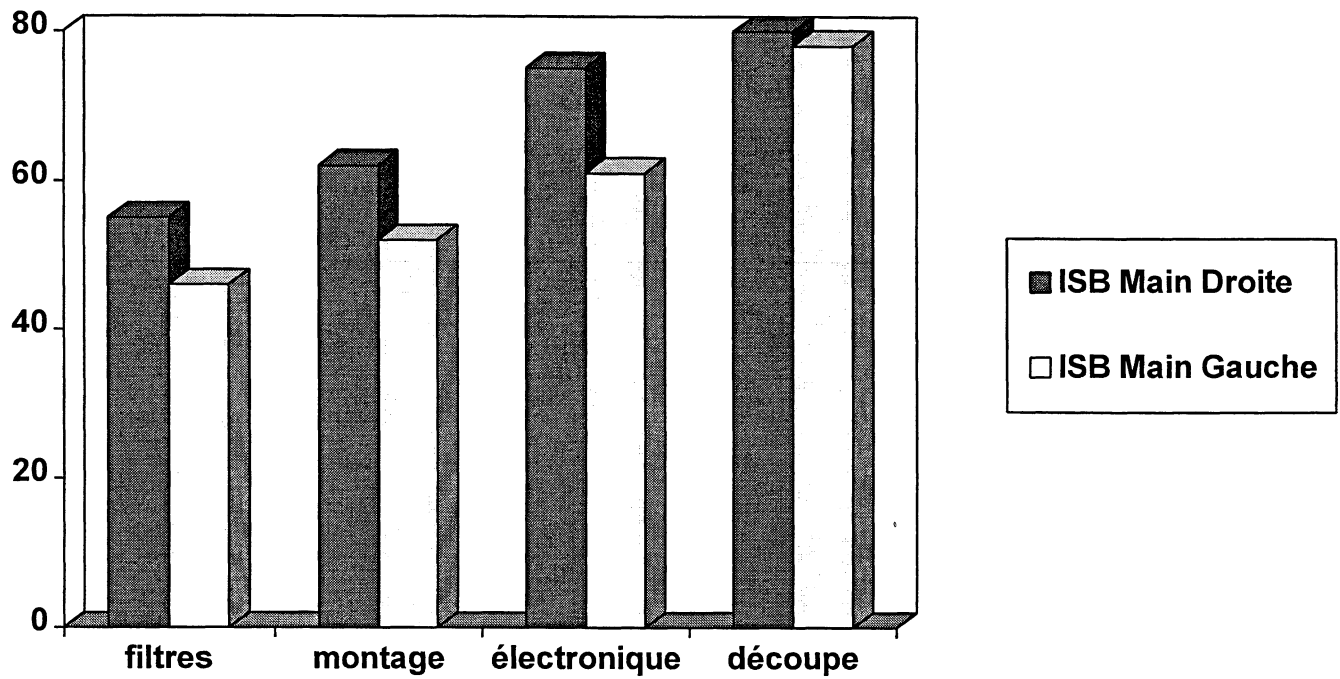
ISB DANS DIFFERENTES ACTIVITES INDUSTRIELLES

Figure n°3.1.B

Légende :

Electronique : fabrication de composants électroniques

Filtres : fabrication de filtres à gazoil

Montage : montage électrique

Découpe : industrie de découpe de viande

3.2 VARIABILITE INTER-TACHE

Certains opérateurs étudiés sont droitiers et d'autres gauchers (tableau n° 2.2.A). De plus, l'observation du travail montre d'une part qu'ils tiennent le couteau avec leur main dominante et d'autre part qu'il existe une différenciation du travail des deux mains. Le travail est donc latéralisé et différencié.

3.2.1 LATERALISATION DES TACHES

En raison du travail différencié des deux mains, ce paragraphe a pour objectif de montrer s'il existe ou non une différence de sollicitations entre les mains de chaque salarié.

Les sollicitations des mains dominantes et non dominantes vont donc être étudiées dans un premier temps au niveau de la tâche de désossage puis dans un second temps au niveau de celle de parage.

3.2.1.1 Tâche de désossage

Pour chaque opérateur, tous les ISB de la main droite obtenus au cours des cycles de travail de désossage vont être comparés à tous les ISB de la main gauche. Les droitiers seront étudiés en premier lieu, puis viendront les gauchers.

A. opérateurs droitiers

Trois droitiers réalisent la tâche de désossage.

Le tableau n°3.2.A ainsi que la figure n°3.2.A exposent les moyennes des ISB des cycles de travail au niveau de la main droite et de la main gauche.

Pour les 3 droitiers et pour les deux activités de désossage considérées, la main droite apparaît significativement plus sollicitée que la main gauche.

B. opérateurs gauchers

Deux gauchers effectuent la tâche de désossage. L'opérateur A exécute les deux activités de désossage (désossage de longues et de poitrines), alors que l'opérateur D ne pratique que le désossage de poitrines. Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.B ainsi que sur la figure n°3.2.B.

opérateur	activité	Nombre total de CT	Durée moyenne en secondes du CT (écart type)	ISB Main Droite	ISB Main gauche	Test de t
B	Désossage de poitrines	11	64 (8)	87 (4)	62 (4)	p<0.05% t=13,89
	Désossage de longes	8	92 (4)	86 (4)	63 (2)	p<0.05% t=11,68
C	Désossage de poitrines	37	60 (9)	89 (4)	76 (5)	p<0.05% t=12,85
H	Désossage de poitrines	37	37 (5)	100 (8)	66 (6)	P<0.05% t=20,55

Tableau n°3.2.A : latéralisation de la tâche de désossage chez les droitiers

opérateur	activité	Nombre total de CT	Durée moyenne des CT (secondes)	ISB Main Droite	ISB Main gauche	Test de t
A	Désossage de poitrines	22	58 (7)	62 (4)	84 (6)	p<0.05% t=-13,18
	Désossage de longes	10	68 (6)	78 (3)	95 (3)	p<0.05% t=-12,73
D	Désossage de poitrines	48	45 (8)	85 (6)	116 (10)	p<0.05% t=-18,47

Tableau n°3.2.B : latéralisation de la tâche de désossage chez les gauchers

Légende :
CT : cycle de travail

LATERALISATION DE LA TACHE DE DESOSSAGE

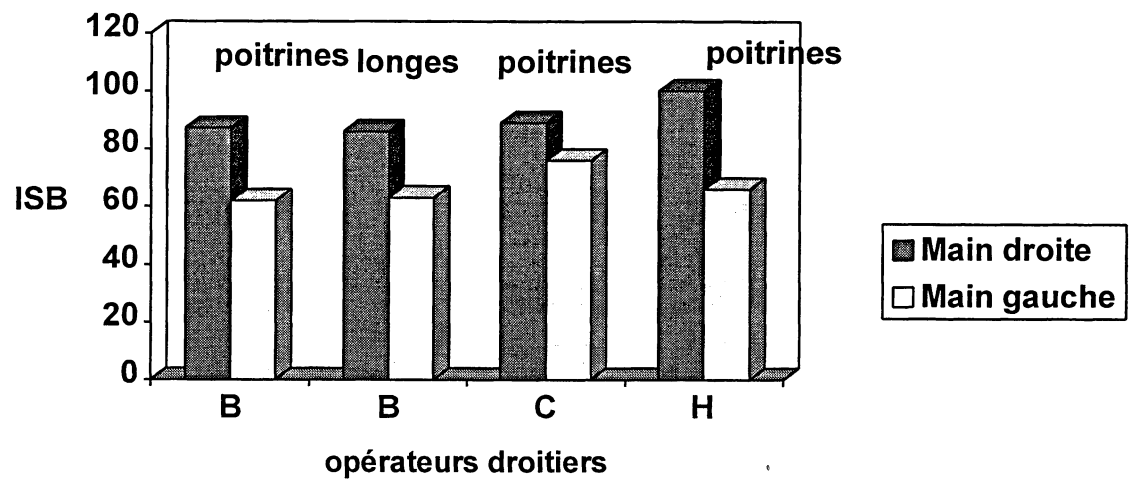


Figure n°3.2.A

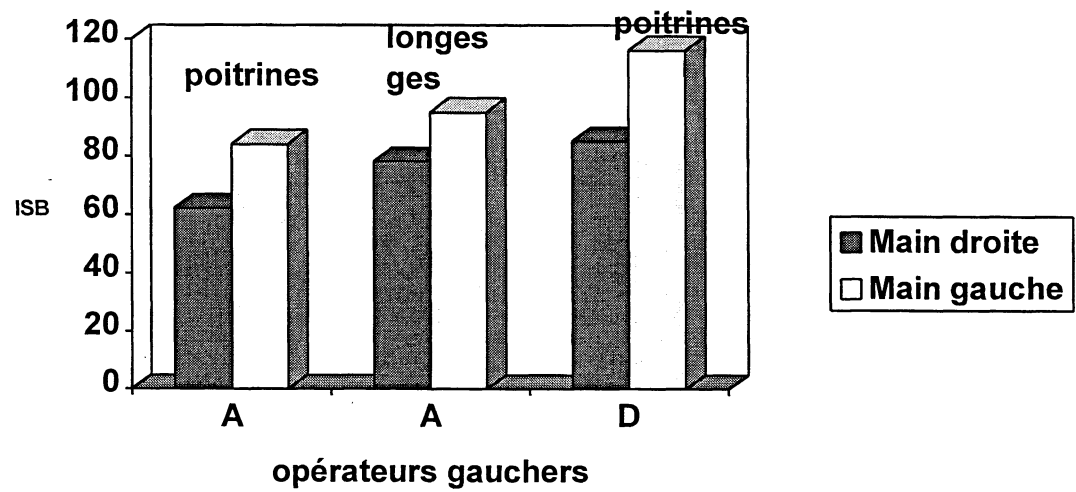


Figure n°3.2.B

Comme ce qui a été démontré pour les droitiers, chez les 2 gauchers la main gauche tenant le couteau apparaît significativement plus sollicitée que la main droite, et ce pour les deux activités considérées.

Il existe donc, du fait de la différenciation du travail des deux mains, une différence significative de niveaux de sollicitations entre celles-ci : la droite chez les droitiers et la gauche chez les gauchers, donc la main dominante tenant le couteau, est incontestablement plus soumise aux contraintes que l'autre.

3.2.1.2 Tâche de parage

Comme pour le désossage, les sollicitations des mains dominante et non dominante des opérateurs exécutant le parage vont être comparées.

A. opérateurs droitiers

Quatre droitiers exécutent du parage, trois d'entre eux (E, G et H) effectuant du parage d'épaule alors que l'opérateur I effectue du « délangage ».
Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.C ainsi que sur la figure 3.2.C.

Bien qu'il existe comme pour le désossage une différenciation du travail des deux mains du fait de la latéralisation des opérateurs, les différences de niveaux de sollicitations biomécaniques entre les deux sont moins importantes et retrouvées de façon moins systématique que pour le désossage. En effet, les sujets G et I font appel autant à leur main droite qu'à leur main gauche, alors que l'opérateur H sollicite plus sa main droite que sa main gauche.

B. opérateurs gauchers

Un seul gaucher (F) pratique le parage.
Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.D ainsi que sur la figure n°3.2.D

Chez cet opérateur, la main gauche tenant le couteau est significativement plus sollicitée que la main droite au cours de cette activité, quelle que soit la qualité du pouvoir de coupe du couteau. (Cf. chapitre n°3.5)

L'effet de latéralisation du parage apparaît donc moins évident que celui du désossage. Au vu de ces résultats, il semble y avoir une incidence de la tâche sur les sollicitations.

opérateur	activité	Nombre total de CT	Durée moyenne des CT (secondes)	ISB Main Droite	ISB Main gauche	Test de T
E	Parage d'épaules avec un couteau BA	58	16 (2)	68 (7)	73 (8)	p<0.05% t=-3,7
	Parage d'épaules avec un couteau MA	54	18 (2)	73 (7)	70 (9)	ns T=1.59
G	Parage d'épaules	55	20 (2)	78 (7)	80 (8)	ns t=-1,54
H	Parage d'épaules	28	44 (5)	72 (5)	57 (2)	p<0.05% t=11,22
I	délangage	89	9 (2)	66 (10)	66 (11)	ns t=0,15

Tableau n°3.2.C : latéralisation de la tâche de parage chez les droitiers

Opérateur	activité	Nombre total de CT	Durée moyenne des CT (secondes)	ISB Main Droite	ISB Main gauche	Test de T
F	Parage d'épaules avec un couteau MA	25	28 (5)	70 (7)	87 (7)	p<0.05% t=-9,17
	Parage d'épaules avec un couteau BA	21	26(3)	73(8)	87(8)	p<0.05% t=5.55

Tableau n°3.2.D : latéralisation de la tâche de parage chez les gauchers

Légende :

CT : cycle de travail

BA : bien affûté

MA : mal affûté

LATERALISATION DE LA TACHE DE PARAGE

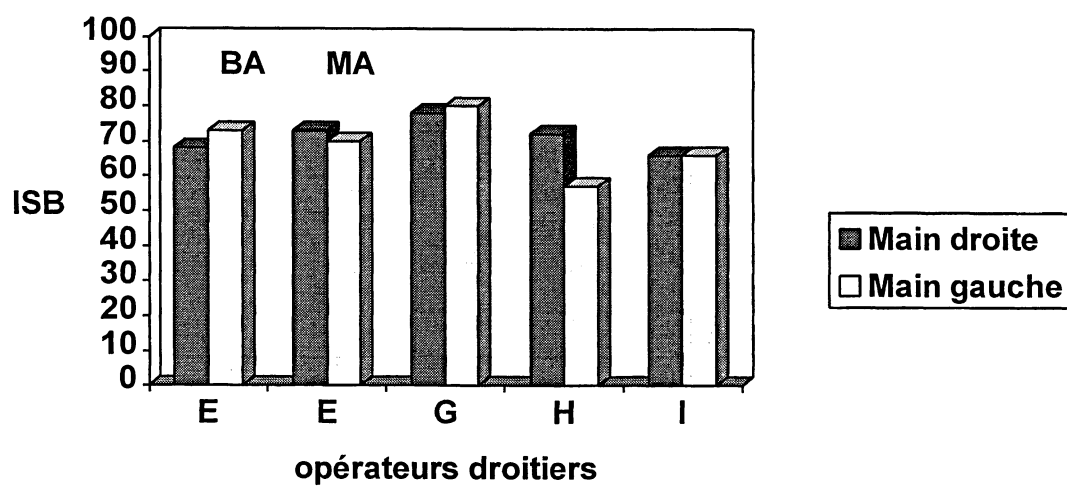


Figure n° 3.2.C

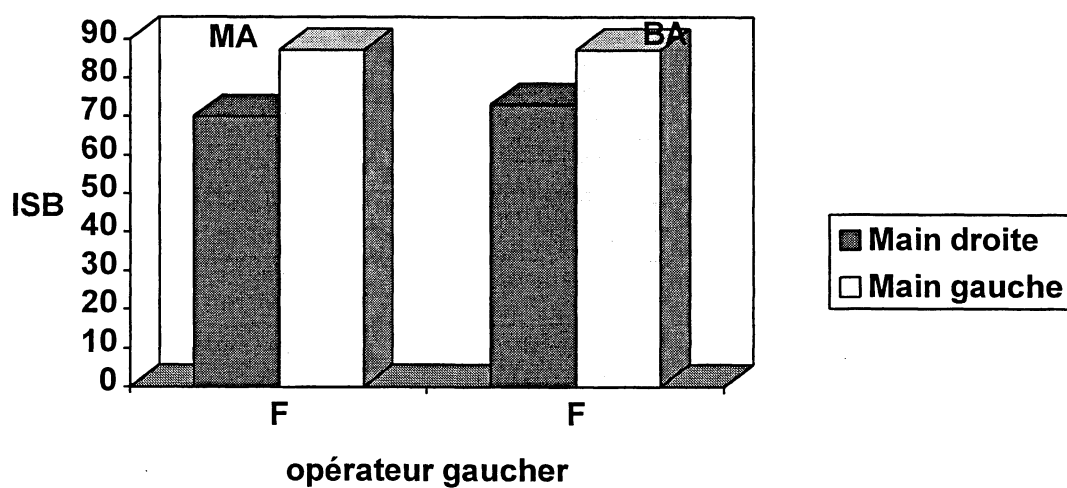


Figure n° 3.2.D

Légende :

BA : couteau bien affûté

MA : couteau mal affûté

3.2.2 *VARIABILITE INTER-TACHE*

Afin de confirmer cette hypothèse, les contraintes biomécaniques de la tâche de parage vont être comparées à celles de la tâche de désossage. Seules les poitrines et les épaules seront comparées. En effet, les séquences de désossage de longes et celles de « délangage » ne sont pas prises en compte du fait de leur faible nombre.

La variabilité inter- tâche sera tout d'abord étudiée au sein de 7 opérateurs puis sur un seul opérateur (variabilité inter -tâche intra -individuelle).

3.2.2.1 Variabilité inter tâche chez 7 opérateurs

Les deux tâches vont être comparées sur 7 opérateurs : 3 (E, F, G) effectuant le parage et 4 autres (A, B, C, D) affectés au désossage.

Afin de juger s'il existe ou non une différence significative en termes de sollicitation entre les cycles de travail de désossage et ceux de parage, un test de student a été réalisé entre leurs ISB.

Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.E ainsi que sur la figure n°3.2.E.

Pour ces 7 opérateurs, le désossage apparaît plus sollicitant que le parage pour la main dominante, et inversement pour la main non dominante, mais pas de façon significative. Cependant la population n'étant pas identique, la variabilité inter-tâche observée peut s'expliquer aussi bien par un effet sujet que par un effet tâche.

tâche	Nombre d'opérateurs	Pièces traitées	Nombre de CT	Durée moyenne des CT (secondes)	ISB Main Dominante	ISB Main Non Dominante
Parage	3	Epaules	213	21 (5)	79 (8)	75 (5)
Désossage	4	Poitrines	118	57 (8)	94 (15)	71 (11)
Test de t				p<0.05% t=6,9	ns t=1,75	ns t=0,43

Tableau n°3.2.E : variabilité inter- tâche

Légende :

CT : cycle de travail

VARIABILITE INTER-TACHE CHEZ LES 7 OPERATEURS

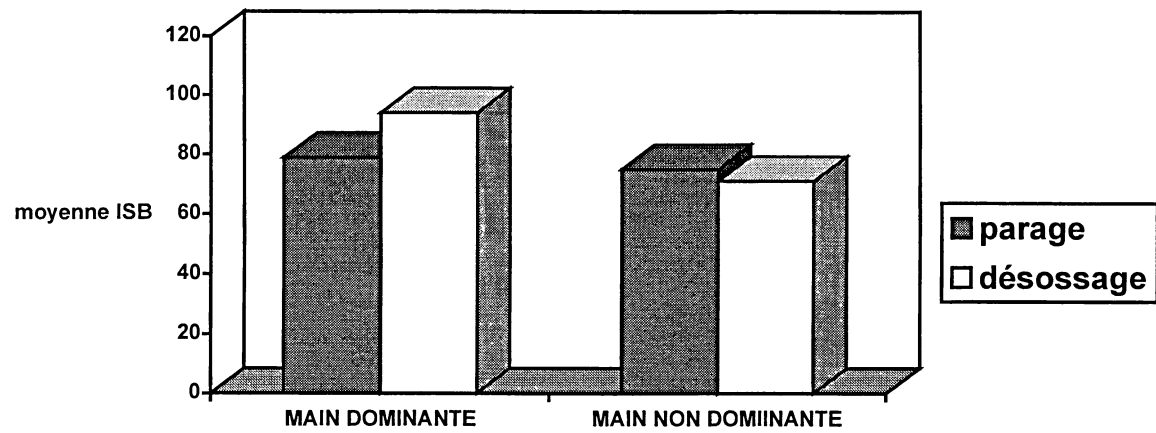


Figure n°3.2.E

VARIABILITE INTER-TACHE INTRA-INDIVIDUELLE

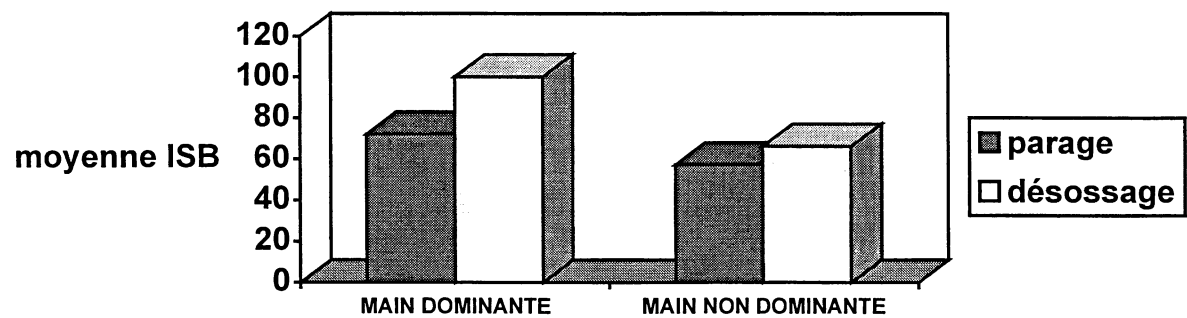


Figure n°3.2.F :

Légende

CT : cycle de travail

3.2.2.2. Variabilité inter-tâche intra-individuelle

La tâche de parage est à présent comparée à celle de désossage non plus sur plusieurs opérateurs mais sur un seul (H), ce dernier exécutant du parage d'épaules et du désossage de poitrines.

Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.F ainsi que sur la figure n°3.2.F.

tâche	Pièces traitées	Nombre total de cycles de travail	Durée moyenne des CT (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
Parage	épaules	28	44(5)	72 (5)	57 (5)
Désossage	poitrines	37	37(5)	100 (8)	66 (6)
Test de T				p<0.05% t=-16,87	p<0.05% t=-6,42

Tableau n°3.2.F : Variabilité inter-tâche intra-individuelle

Légende :

CT : cycle de travail

Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

La main dominante du sujet H est significativement plus sollicitée au cours de la tâche de désossage que lors de celle de parage. Ceci est également vrai au niveau de la main non dominante mais de façon moindre. Il existe donc pour cet opérateur une variabilité inter- tâche significative. Celle- ci ne pouvant s'expliquer que par un effet tâche, ceci laisse alors supposer que la variabilité obtenue chez les 7 opérateurs précédemment étudiés est probablement aussi en rapport avec la tâche. Par ailleurs, la non significativité de certaines données plus haut énoncées est vraisemblablement lié à un trop faible effectif.

Ces résultats montrent donc que si l'effet de latéralisation de la tâche de désossage est plus évident que celui de la tâche de parage, c'est qu'au cours du désossage, la main dominante a une activité gestuelle bien plus sollicitante qu'au cours du parage.

La comparaison des différentes opérations comprises dans les cycles de travail de désossage et de parage pourrait éventuellement expliquer ces résultats.

3.2.3. *VARIABILITE INTER-OPERATION*

Afin de mieux comprendre la variabilité inter- tâche précédemment observée, les différentes opérations comprises dans les tâches de parage et de désossage vont être comparées.

3.2.3.1. Variabilité inter-opération de découpe

La variabilité inter-opération sera tout d'abord étudiée sur les 7 opérateurs puis uniquement sur le sujet H (variabilité inter-opération de découpe intra-individuelle).

A/ Variabilité inter-opération de découpe chez les 7 opérateurs

Les moyennes des ISB des sept salariés obtenues au cours de la découpe effectuée lors du désossage et à l'occasion du parage sont figurées dans le tableau n°3.2.G ainsi que sur la figure n°3.2.G.

Ce type d'opération a été comparé dans les deux cas par un test de Student.

Pour la main dominante, la découpe nécessaire au désossage est plus sollicitante que celle imposée par le parage et inversement pour la main non dominante. La non significativité des tests obtenue avec les 7 opérateurs est probablement à mettre sur le compte d'un trop faible effectif.

Il existe donc une variabilité inter- opération de découpe chez ces 7 opérateurs, qui peut être liée soit à un effet sujet soit à un effet tâche.

B/ Variabilité inter-opération de découpe intra- individuelle

Les moyennes des ISB des opérations de découpe de l'opérateur H ainsi que les résultats du test de student figurent dans le tableau n°3.2.H et sur la figure n°3.2.H.

tâche	Nombre d'opérateurs	Pièces traitées	Nombre total d'opérations de découpe	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
désossage	4	Poitrines	118	100 (18)	56 (13)
parage	3	Epaules	213	83 (10)	74 (5)
Test de t				ns t=1,61	ns t=2,37

Tableau n°3.2.G : variabilité inter- opération de découpe chez les 7 opérateurs

tâches	Pièces traitées	Nombre total d'opérations de découpe	Durée moyenne des DC (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
Opérations de découpe de désossage	Poitrines	37	22 (4)	95 (9)	50 (7)
Opérations de découpe de parage	épaules	28	38 (5)	75 (5)	55 (5)
Test de t				p<0.05% (t=-10,96)	p<0.05% (t=-3,11)

Tableau n°3.2.H : variabilité inter- opération de découpe intra- individuelle

Légende :

DC : opération de découpe

Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

VARIABILITE INTER- OPERATION DE DECOUPE CHEZ 7 OPERATEURS

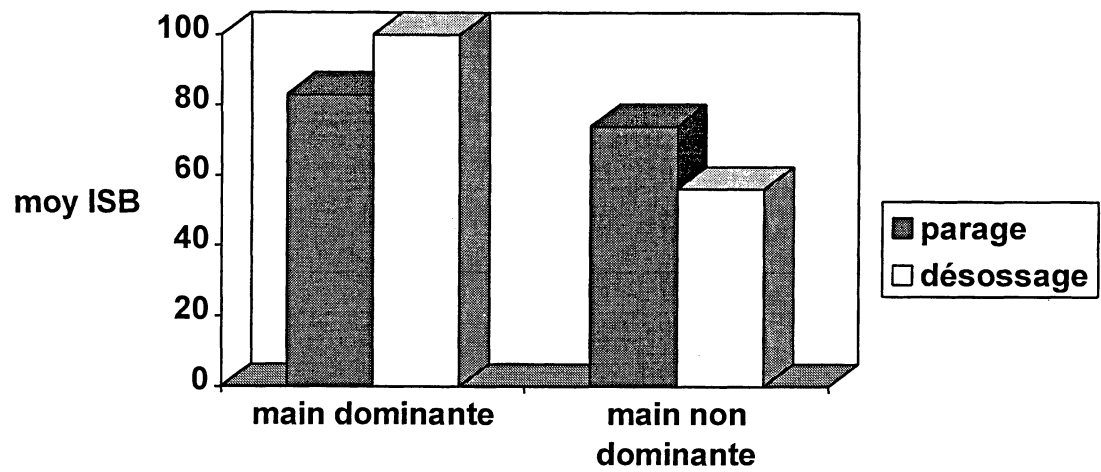


Figure n°3.2.G

VARIABILITE INTER- OPERATION DE DECOUPE INTRA- INDIVIDUELLE

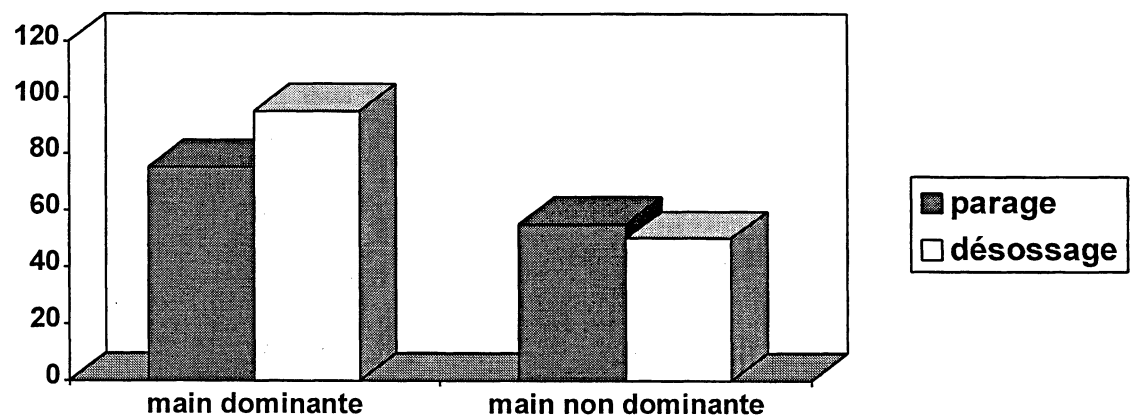


Figure n°3.2.H

Les observations apportées dans le paragraphe précédent se vérifient également chez le sujet H : pour la main dominante, la découpe au cours du désossage est significativement plus sollicitante que celle exigée par le parage. Au contraire, la main non dominante est significativement moins sollicitée lors de la découpe de désossage que lors de la découpe de parage.

Il existe donc chez cet opérateur une variabilité inter-opération de découpe. Celle-ci ne peut s'expliquer que par l'effet tâche, ce qui laisse à penser que la variabilité inter-opération de découpe observée chez les 7 opérateurs est probablement en rapport avec l'effet tâche.

3.2.3.2. comparaison des opérations de découpe et de relever de côtes

Après avoir comparé les opérations de découpe lors du parage d'épaule et du désossage de poitrines, celles de découpe et de relever de côtes inhérentes à l'activité de désossage de poitrines vont être comparées. Un test de student au niveau de chacune des deux mains des 5 opérateurs occupés à cette dernière a été effectué. Les résultats figurent dans le tableau n°3.2.I, ainsi que sur les figures n°3.2.I et 3.2.J.

Au niveau de la main non dominante, l'opération de relever de côtes apparaît largement plus sollicitante que l'opération de découpe. Au niveau de la main dominante, l'activité de découpe entraîne autant de contraintes que l'opération de relever de côtes.

3.2.4 SYNTHESE

Les résultats de ce chapitre sont résumés dans le tableau n°3.2.J.

L'opérateur effectuant les deux tâches, ses moyennes n'ont pas été prises en compte dans ce tableau récapitulatif.

Le tableau n° 3.2.J montre que :

* du point de vue de l'activité des deux mains:

1. il existe une différence importante de sollicitations entre les mains dominante et non dominante au niveau du cycle de travail de désossage car :

opérateurs	Nombre total de DC	Nombre total de RC	ISB Main Dominante			ISB Main Non Dominante		
			DC	RC	Test t	DC	RC	Test t
H	37	37	95 (9°)	125 (19)	p<0.05% t=-8,94	50 (7)	126 (14)	p<0.05% t=-29,08
A	22	22	88 (10)	92 (10)	ns t=-1,27	47 (5)	104 (18)	p<0.05% t=-14,22
B	11	11	94 (4)	72 (12)	p<0.05% t=-1,3	42 (8)	117 (14)	p<0.05% t=-15,6
C	37	37	92 (13)	86 (22)	ns t=-1,51	68 (18)	90 (31)	p<0.05% t=-3,57
D	48	48	126 (12)	111 (18)	p<0.05% t=4,77	66 (9)	120 (17)	p<0.05% t=-19,33
Moyenne des 5 opérateurs			99 (15)	97 (21)	ns t=-1,27	55 (12)	111 (14)	p<0.05% t=-19,33
Moyenne des opérateurs A, B, C, D			100 (18)	90 (16)	ns t=0,81	56 (13)	108 (14)	p<0.05% t=-5,46

Tableau n°3.2.I : comparaison des opérations de découpe et de relever de côtes

Légende :

DC : opération de découpe

RC : opération de relever de côtes

- l'opération de découpe au cours de cette tâche intéresse beaucoup plus la main dominante que la main non dominante. Or cette opération représente près de 80% du temps du cycle de travail ;
- par ailleurs, l'usage de la main non dominante s'impose particulièrement dans l'opération de relever de côtes. Cependant, la durée de cette dernière (15 % du temps du cycle de travail) n'est pas suffisante pour que les contraintes de la main non dominante égalisent celles de l'autre main :

2. Il existe une différence de sollicitations moins importante entre les mains dominante et non dominante au cours du cycle de travail de parage car :

- d'une part la main dominante est moins sollicitée lors de la découpe de parage qu'au cours de celle du désossage ;
- d'autre part, la main non dominante est plus sollicitée au cours de la découpe de parage qu'au cours de celle de désossage. D'où une différence de sollicitations entre les deux mains moins importante au cours du parage qu'au cours du désossage. Or la découpe représente près de 97% du temps du cycle de travail de parage d'où un effet de latéralisation ici plus faible qu'au niveau des activités de désossage ;

*du point de vue des tâches :

3. celle de désossage est plus sollicitante que celle de parage au niveau de la main dominante car :

- la découpe nécessite plus de contraintes dans le premier cas que dans le deuxième.

	PARAGE		DESOSSAGE	
	Main Dominante	Main Non Dominante	Main Dominante	Main Non Dominante
CT	79 (8)	75 (5)	94 (15)	71 (11)
DC	83 (10)	74 (5)	100 (18)	56 (13)
RC			90 (16)	108 (14)

Tableau n°3.2.J : tableau récapitulatif : moyenne ISB pour les opérateurs effectuant les tâches de désossage et de parage

Légende :

CT : cycle de travail

DC : opération de découpe

RC : opération de relever de côtes

COMPARAISON DES OPERATIONS DE DECOUPE ET DE RELEVER DE CÔTES COMPRIS DANS LA TACHE DE DESOSSAGE

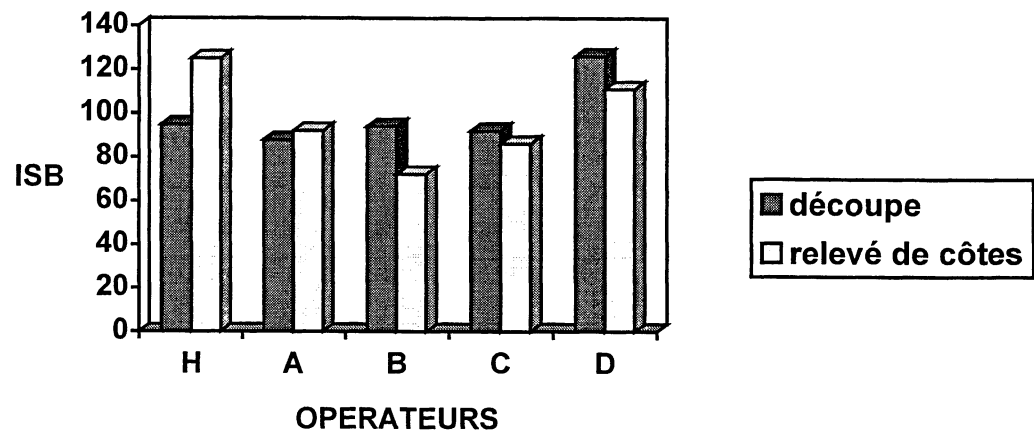


figure n°3.2.I : main dominante

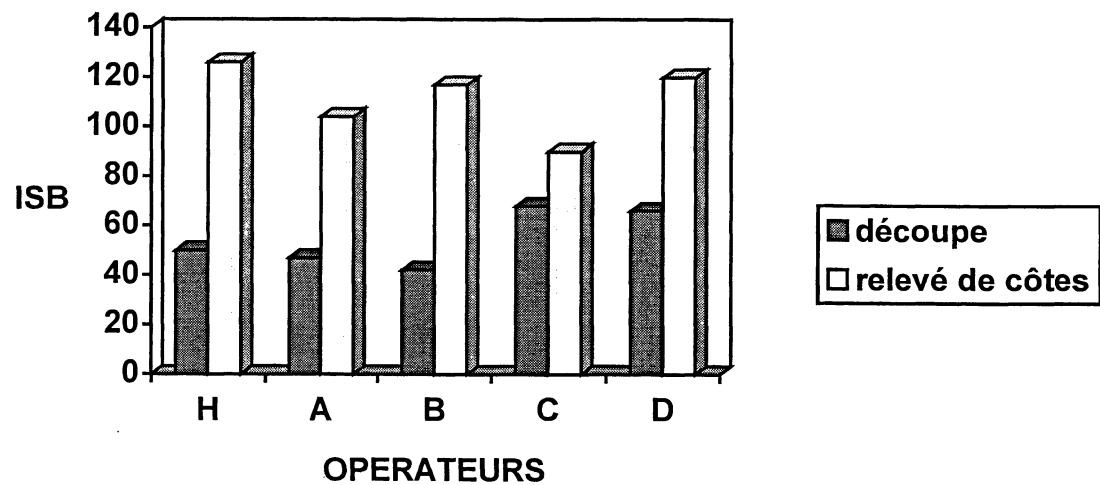


Figure n°3.2.J : main non dominante

le relevé de côtes présent uniquement lors des activités de désossage est également très contraignant pour la main dominante, presque autant que l'opération de découpe ;

4. la tâche de parage est aussi exigeante pour la main non dominante que celle de désossage car si la découpe de parage est plus sollicitante que la découpe de désossage au niveau de cette main, celle-ci effectuée au cours du désossage le relever de côtes qui augmente le niveau de sollicitation de la tâche de désossage à hauteur de la main non dominante.

3.3 VARIABILITE INTRA- INDIVIDUELLE

Ce chapitre a pour objectif d'étudier la reproductibilité des sollicitations biomécaniques d'un opérateur au cours de son travail, dans un premier temps au niveau de l'activité (variabilité intra- individuelle intra- activité) puis dans un second temps, au niveau du cycle de travail (variabilité intra- individuelle inter-cycle).

3.3.1 VARIABILITE INTRA -INDIVIDUELLE INTRA- TACHE

Ici il est envisagé la reproductibilité des sollicitations biomécaniques au cours du travail d'un opérateur pour une tâche donnée réalisée sur plusieurs séquences dans les mêmes conditions (même outil de travail, même pièce de viande, même vitesse de la chaîne ...).

Pour étudier cet effet, la durée moyenne d'un cycle de travail ainsi que les niveaux d'ISB des séquences identiques d'un opérateur sont comparés par un test de student (comparaison de deux séquences) ou par une analyse de variance à un facteur (mise en parallèle de plus de deux séquences).

Cette reproductibilité intra- individuelle sera étudiée dans un premier temps au niveau de la tâche de désossage puis dans un second temps dans le cadre du parage.

3.3.1.1 Tâche de désossage

La reproductibilité du travail au cours du désossage est étudiée chez 4 sujets, A, C, D et H. Pour chaque séquence, la durée moyenne des cycles de travail ainsi que les ISB de la main dominante et de la main non dominante ont été relevés. Les résultats figurent dans le tableau n° 3.3.A ainsi que sur les figures n°3.3.A à 3.3.C

Les opérateurs A et H effectuent deux séquences de désossage de poitrines, les opérateurs C et D en réalisent quatre.

opérateur	activité	séquence	Nombre de CT	Durée des CT (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non.Dom
A	Désossage de poitrines	A1	11	60(6)	81(4)	63(5)
		A2	11	56(7)	88(7)	62(3)
	Test t			ns t=1.27	P<0.05% t=-2.91	ns t=0.34
C	Désossage de poitrines	C1	10	61(14)	91(3)	76(5)
		C2	6	62(4)	90(4)	77(4)
		C3	9	56(5)	88(4)	78(3)
		C4	12	62 (6)	88(3)	74(6)
	Analyse de variance			ns	1*	ns
D	Désossage de poitrines	D1	10	44(4)	116(8)	82(5)
		D2	13	42(7)	107(3)	83(5)
		D3	11	43 (11)	126(10)	88 (6)
		D4	14	49 (6)	116(7)	84 (7)
	Test t			2*	3*	4*
H		H3	19	36 (4)	100 (8)	64 (5)
		H4	18	38 (6)	101 (8)	68 (7)
	Test t			ns t=-1,4	ns t=-0,37	ns t=-1,8

Tableau n°3.3.A : variabilité intra individuelle au niveau de la tâche de désossage

Légende :

CT : cycle de travail

Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

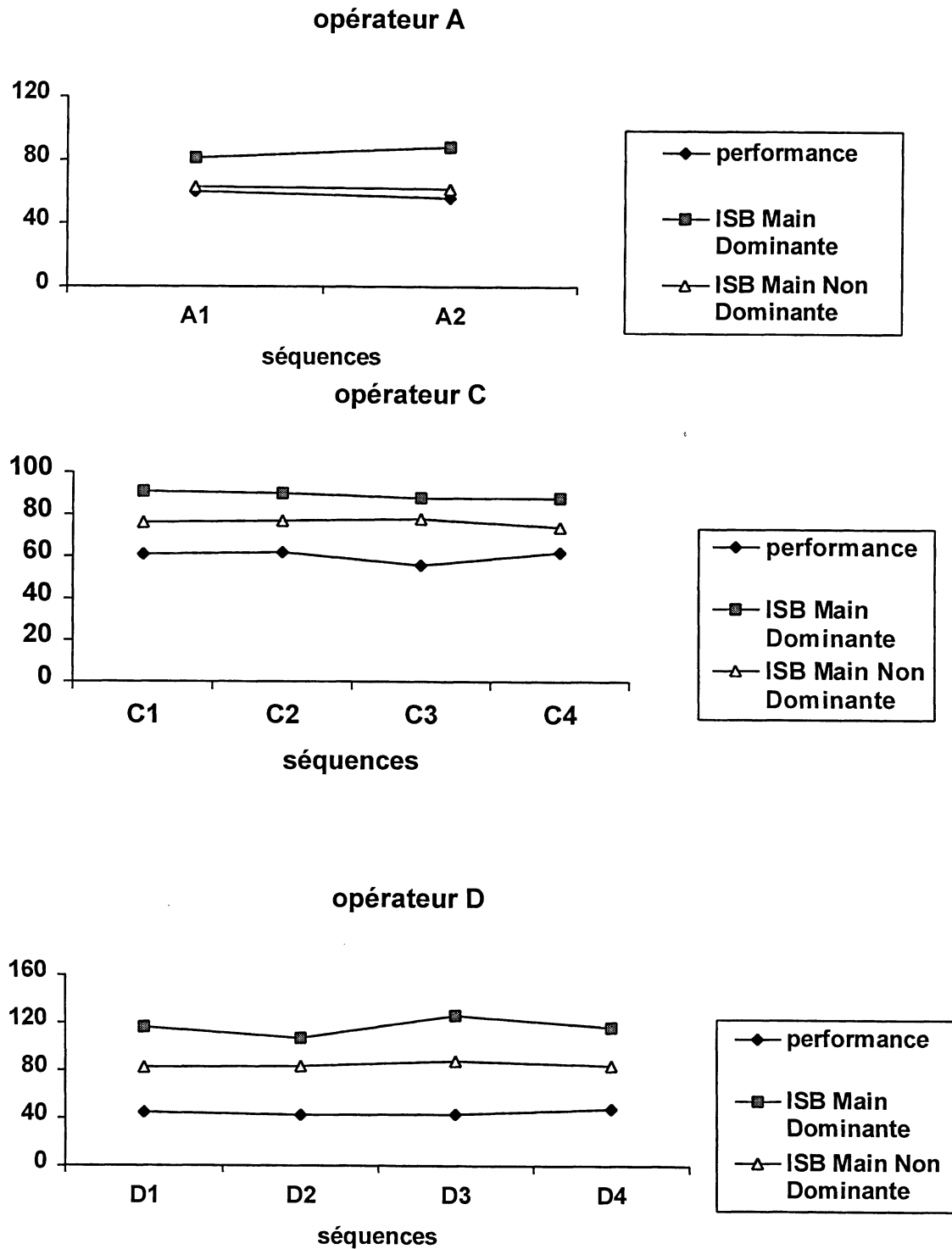
1* différence significative entre C1 et C3 et C1 et C4

2* différence significative entre D2 et D4

3* différence entre D2 et D3, mais pas de différence significative entre D1 et D4

4* différence significative entre D1 et D3 et D2 et D4

VARIABILITE INTRA- INDIVIDUELLE AU NIVEAU DE LA TÂCHE DE DESOSSAGE



Figures n°3.3.A à 3.3.C

L'étude des séquences identiques de ces 4 désosseurs montre que lorsque l'un d'entre eux réalise à plusieurs reprises une même activité dans les mêmes conditions, le coût du geste ainsi que la performance sont le plus souvent reproductibles d'une séquence à une autre. Il existe donc une tendance à la reproductibilité intra-individuelle intra-activité ou encore une variabilité intra-individuelle intra-activité non significative pour ces quatre sujets.

3.3.1.2 Tâche de parage

La reproductibilité du travail au niveau du parage est étudiée sur 5 opérateurs, E, F, G, H et I. Comme pour le désossage, la durée moyenne des cycles de chaque séquence ainsi que la moyenne de l'ISB ont été relevées.

L'opérateur E réalise 4 séquences de parage d'épaules, 2 avec un couteau bien affûté, 2 avec un couteau mal affûté.

L'opérateur F effectue deux séquences de parage d'épaules avec un couteau mal affûté.

Les opérateurs G et H accomplissent deux séquences de parage d'épaules.

L'opérateur I exécute trois séquences de délangage.

Les résultats figurent dans le tableau n° 3.3.B ainsi que sur les figures n° 3.3.D à 3.3.H.

Comme pour la tâche de désossage, il est observé au niveau de la tâche de parage, une faible variabilité intra-individuelle intra-tâche.

3.3.2. *VARIABILITE INTRA-INDIVIDUELLE INTER- CYCLE*

S'il existe une faible variabilité intra- individuelle intra-activité, existe-t-il cependant une variabilité intra- individuelle inter-cycle ? Autrement dit, au niveau d'une séquence, un opérateur réalise-t-il les mêmes performances et les mêmes ISB d'une pièce à une autre ?

La variabilité intra- individuelle inter- cycle peut être étudiée par les écarts-types des cycles de travail compris dans une même séquence.

Les courbes A à I montrent la variation des durées et des ISB des 20 premiers cycles de travail de chaque opérateur.

opérateur	activité	séquence	NB de CT	Durée des CT (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non.Dom
E	Parage d'épaules avec un couteau bien affûté	E1	27	17 (3)	68 (6)	74 (7)
		E2	31	16 (2)	66 (13)	71 (16)
	Test t			ns t=1,3	ns t=-0,06	ns t=0,4
	Parage d'épaules avec un couteau mal affûté	E3	23	20 (3)	72 (7)	72 (9)
		E4	31	18 (2)	73 (8)	69 (8)
	Test t			ns t=0,61	ns t=-0,74	ns t=1,2
F	Parage d'épaules avec un couteau mal affûté	F1	13	30 (5)	85 (7)	69 (8)
		F2	12	27 (4)	89 (5)	70 (6)
	Test t			ns t=1,6	ns t=1,42	ns t=-0,32
G	Parage d'épaule	G1	23	19 (3)	79(4)	80(6)
		G2	32	20 (2)	78(6)	81 (7)
	Test de t			ns t=0,9	ns t=0,4	ns t=0,5
H	Parage d'épaule	H1		42	72	58
		H2		46	72	55
	Test de t			ns t=-2	ns t=0,07	ns t=1,31
I	Délangage (nles)	I1	30	9 (2)	71(8)	66(10)
		I2	28	10(1)	66(10)	65(12)
		I3	31	10(1)	62(9)	66(12)
	Analyse de variance			1*	2*	ns

Tableau n°3.3.B : Variabilité intra-individuelle au niveau de la tâche de parage

Légende

CT : cycle de travail

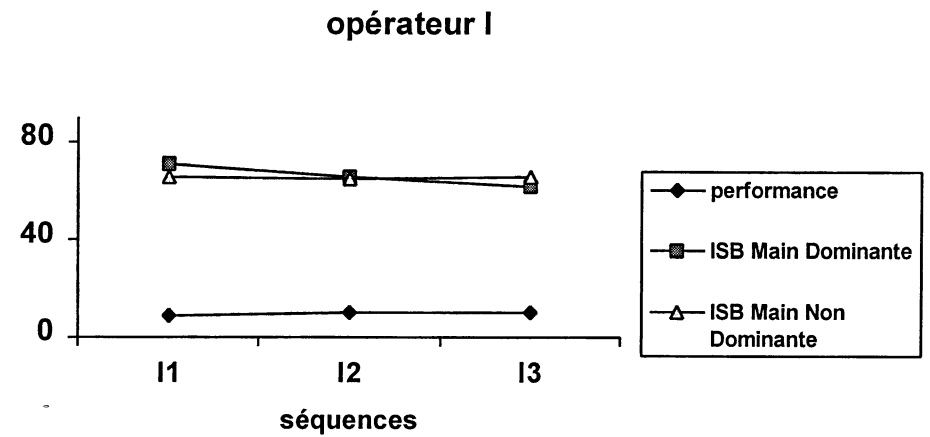
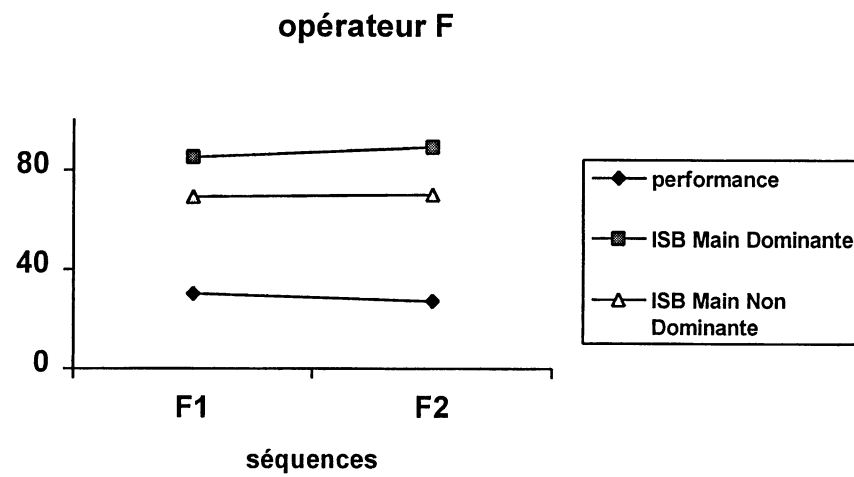
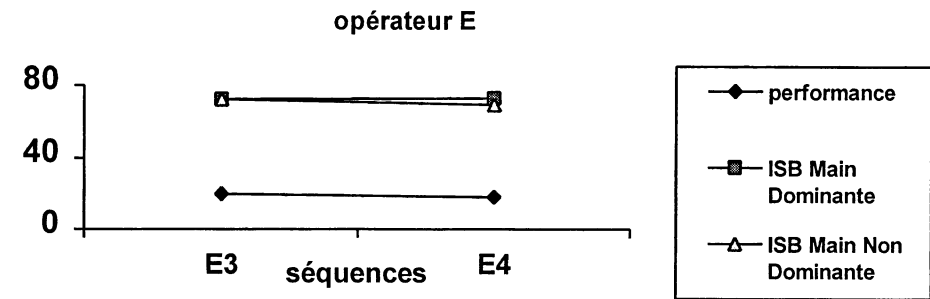
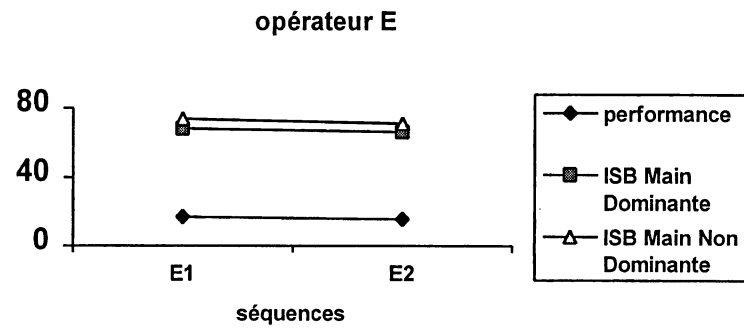
Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

Nle= têtes à température normale

1* : différence significative entre I1 et I3 ; **2*** : pas de différence significative entre I2 et I3

VARIABILITE INTRA-INDIVIDUELLE AU NIVEAU DE LA TÂCHE DE PARAGE



Figures n°3.3.D à 3.3.H

3.3.2.1 Au niveau de la performance

Au niveau de la tâche de désossage (tableau n°3.3.A), les écarts-types des durées moyennes des cycles de travail de chaque séquence sont plus élevés que ceux observés dans le parage (tableau n°3.3.B). Ces écarts-types s'échelonnent entre 4 et 14 pour un nombre de cycles de travail allant de 6 à 19 par séquence. Ces écarts-types élevés témoignent d'une hétérogénéité des durées des cycles inclus dans une même séquence. La durée de travail n'est donc pas strictement reproductible d'un cycle à l'autre.

3.3.2.2 Au niveau des ISB

De même, les écarts-types des ISB des mains dominantes et non dominantes observés lors des séquences de la tâche de désossage (tableau n°3.3.A) et de l'activité de parage sont également élevés (tableau n°3.3.B).

Pour le désossage, ils s'échelonnent de 3 à 8 pour un nombre de cycles de travail allant de 6 à 19 par séquence. En ce qui concerne le parage, ils s'échelonnent de 5 à 16 pour un nombre de cycles de travail allant de 12 à 32 par séquence. Les écarts-types des ISB sont plus élevés que ceux observés pour la performance.

Les sollicitations biomécaniques enregistrées au cours des cycles de travail ne sont donc pas reproductibles d'un cycle de travail à l'autre, à l'intérieur d'une même séquence.

En conclusion, ce chapitre a mis en évidence qu'au niveau des tâches de parage et de désossage, il existe une oscillation importante chez un même opérateur de la performance et des ISB des mains dominante et non dominante d'un cycle de travail à l'autre, autour d'une moyenne qui reste relativement stable.

3.4 VARIABILITE INTER-INDIVIDUELLE

Ce chapitre étudie les différences de sollicitations biomécaniques entre les opérateurs effectuant une même tâche. La variabilité inter-individuelle est tout d'abord mise en évidence par une analyse de variance au niveau des performances et des ISB. Puis deux déterminants potentiels de la variabilité inter-individuelle seront étudiés, l'outil et l'expérience.

3.4.1. VARIABILITE INTER- INDIVIDUELLE INTRA -TACHE

3.4.1.1 Étude des ISB

Cette première partie va démontrer s'il existe ou non une variabilité inter-individuelle significative entre les ISB des opérateurs effectuant une même tâche.

Les résultats de l'analyse de variance figurent dans le tableau n°3.4.A ainsi que sur les figures n°3.4.A pour la tâche de désossage et 3.4.B pour celle de parage. Les sujets sont classés en fonction de leur niveau d'ISB. Ceux pour lesquels il n'existe pas de différence significative sont regroupés dans une même cellule du tableau.

Que ce soit pour la tâche de désossage ou pour celle de parage, l'analyse de variance met en évidence l'existence d'une variabilité inter-individuelle aussi bien au niveau de la main dominante que de la main non dominante. Par ailleurs, cette variabilité n'est significative qu'entre certains opérateurs.

* main dominante

Les opérateurs A, B, et C réalisant la tâche de désossage ont des niveaux d'ISB dont la différence n'est pas significative. Ils travaillent de façon moins contraignante que les opérateurs D et H. D est l'opérateur le plus sollicité.

De même, pour le parage, E et H ont des niveaux d'ISB dont la différence est non significative. L'opérateur I est celui qui apparaît le moins sollicité, F étant celui qui l'est le plus.

* main non dominante

Au niveau de la main non dominante, il n'existe pas de variabilité inter-individuelle significative entre B, H, et A qui effectuent l'activité de désossage. Ces trois opérateurs travaillent de façon plus économique que C et D, D étant ici aussi le plus sollicité.

DESOSSAGE		PARAGE	
ISB Main Dom	ISB Main Non Dom	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
B 86 (4)	B 63 (4)	I 66 (10)	H 57 (2)
A 87 (7)	H 66 (6)	E 70 (7)	I 66 (11)
C 89 (4)	A 67 (8)	H 72 (5)	F 71 (8)
H 100 (8)	C 76 (5)	G 78 (7)	E 72 (9)
D 115 (10)	D 85 (6)	F 87 (7)	G 80 (8)

Tableau n°3.4.A : variabilité inter- individuelle intra- tâche

Légende :

Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

VARIABILITE INTER INDIVIDUELLE INTRA- TACHE DE DESOSSAGE

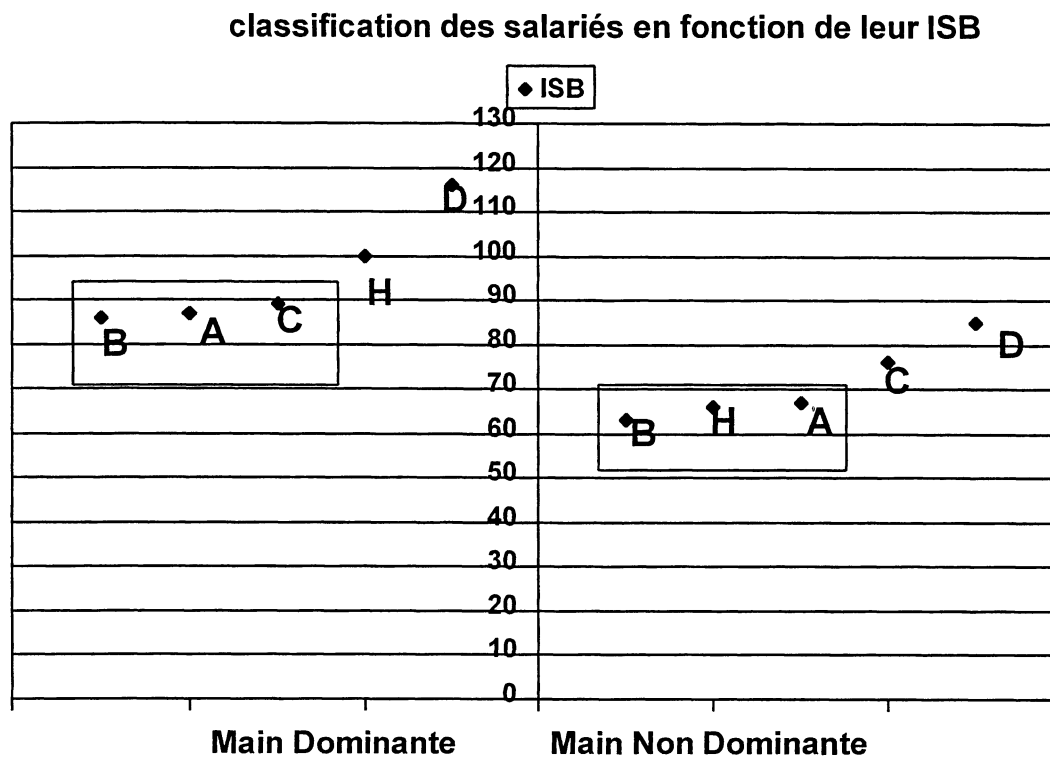


Figure n°3.4.A

VARIABILITE INTER- INDIVIDUELLE INTRA- TACHE DE PARAGE

CLASSIFICATION DES SALAIRES EN FONCTION DE L'ISB

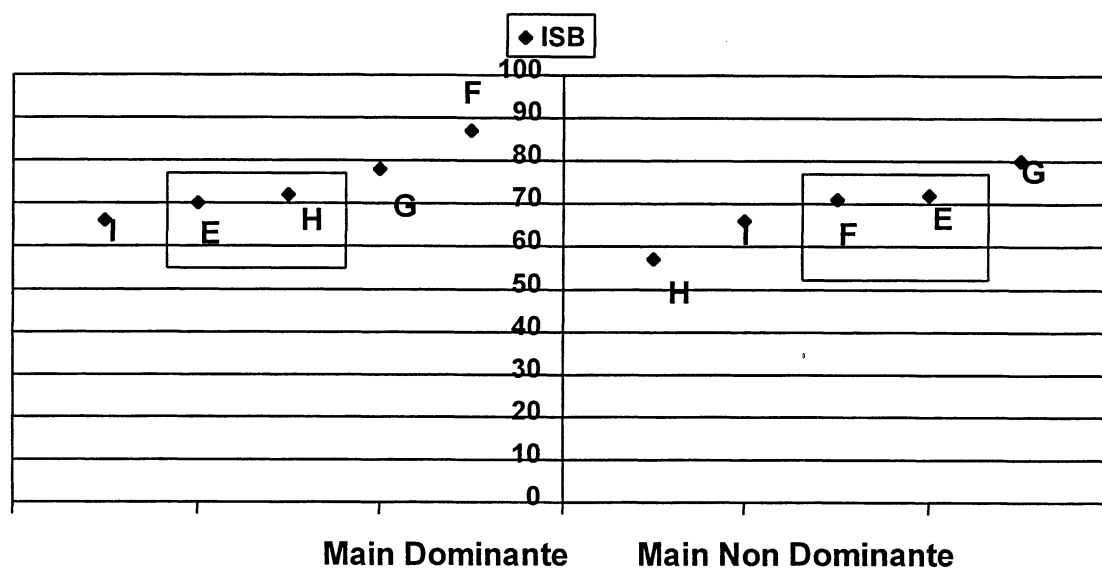


Figure n°3.4.B

Pour le parage, il n'existe pas de différence significative entre E et F. H utilise sa main non dominante de façon plus économique que les autres pareurs contrairement à l'opérateur G qui travaille avec le plus de contraintes.

Par ailleurs, la variabilité inter- individuelle observée au niveau de la main dominante diffère de la variabilité inter- individuelle constatée sur la main non dominante. En effet, le classement des opérateurs en fonction de leur ISB sur la main dominante diffère de celui relevé à hauteur de la main non dominante.

Cette première partie démontre donc qu'il existe non seulement une variabilité entre les opérateurs mais également entre les mains. La variabilité inter-individuelle est donc complexe. L'étude des contraintes biomécaniques permet-elle de mieux comprendre cette variabilité ?

3.4.1.2 Étude des contraintes biomécaniques

Les différentes contraintes biomécaniques subies par des opérateurs effectuant les tâches de désossage et de parage sont présentées respectivement dans les tableaux n°3.4.B et 3.4.C. Les sujets sont classés en fonction de leur niveau de répétitivité et d'efforts. Lorsqu'il n'existe pas de différence significative entre plusieurs d'entre eux, ils figurent dans une même cellule du tableau.

L'étude des différentes contraintes met en évidence des différences de stratégies biomécaniques entre les opérateurs pratiquant un même travail aussi bien pour la main dominante que pour la main opposée. En effet pour une même tâche, la répartition et l'intensité des contraintes sont variables d'un salarié à un autre :

Exemple des opérateurs C et A :

L'opérateur C est un de ceux (avec B) qui réalise le moins de gestes par minute au niveau de la main dominante. Cependant c'est lui qui accomplit le plus d'efforts. Ainsi, parmi les 5 désosseurs étudiés, il est celui travaillant «le plus en force et le moins en répétitivité » avec cette main dominante.

Au contraire, l'opérateur A est celui qui fournit le moins d'efforts parmi les 5 désosseurs, mais la répétitivité de ses gestes est significativement plus importante que pour l'opérateur C.

REPETITIVITE		EFFORTS	
Main Dominante	Main Non Dominante	Main Dominante	Main Non Dominante
C 134 (6)	B 95 (7)	A 22 (2)	B 27 (3)
B 140 (7)	H 98 (10)	B 30 (2)	A 28 (3)
A 151 (13)	A 103 (13)	D 40 (3)	H 30 (3)
H 153 (15)	C 114 (9)	H 41 (2)	C 36 (2)
D 187 (18)	D 129 (13)	C 43 (3)	D 38 (3)

Tableau n°3.4.B : contraintes biomécaniques subies par les désosseurs

REPETITIVITE		EFFORTS	
Main Dominante	Main Non Dominante	Main Dominante	Main Non Dominante
I 95 (16)	H 77 (10)	E 25 (2)	E 22 (2)
H 103 (10)	F 89 (15)	F 32 (2)	H 28 (3)
E 115 (15)	I 92 (22)	I 35 (5)	G 31 (3)
G 117 (12)	E 119 (16)	G 36 (3)	I 39 (6)
F 140 (14)	G 125 (14)	H 37 (2)	F 43 (4)

Tableau n°3.4.C : contraintes biomécaniques subies par les pareurs

De plus, l'étude des efforts et de la répétitivité permet de montrer que pour un même niveau d'ISB, les opérateurs peuvent ne pas adopter la même stratégie biomécanique.

Exemple des opérateurs A et C :

Alors que ces deux opérateurs n'ont pas de différence significative en termes d'ISB au niveau de leur main dominante (figure 3.4.A), l'opérateur C fait significativement plus d'efforts mais a une répétitivité significativement moins importante que A. L'un et l'autre adoptent donc bien des stratégies biomécaniques différentes.

Par ailleurs, l'étude des sollicitations biomécaniques au niveau des deux mains de chaque opérateur objective que celles-ci ne subissent ni les mêmes contraintes ni le même degré d'intensité desdites contraintes. Ainsi par exemple, la main dominante de F fait deux fois moins d'efforts mais 50% plus de mouvements que sa main non dominante. Ceci témoigne donc que chaque main adopte une stratégie biomécanique différente de l'autre et explique ainsi que la variabilité inter-individuelle observée au niveau de la main dominante diffère de celle relevée sur la main non dominante.

En conclusion, il a été mis en évidence au niveau des tâches de parage et de désossage :

1. Qu'il existe une variabilité inter-individuelle intra-tâche à hauteur des deux mains, mais celle-ci n'est significative qu'entre certains opérateurs.
2. Que la variabilité inter-individuelle remarquée au niveau de la main dominante diffère de celle notée sur la main non dominante.
3. Qu'il existe des stratégies biomécaniques différentes entre les deux mains d'un individu d'une part et entre les différents opérateurs d'autre part, expliquant en partie les deux constatations précédentes.

Cependant, les salariés occupés à une même tâche ne travaillent pas tous avec le même couteau et n'ont pas tous la même expérience. Ces deux facteurs peuvent-ils en partie expliquer la variabilité inter-individuelle dont il vient d'être fait état ?

3.4.2 MISE EN EVIDENCE DE DEUX DETERMINANTS DE LA VARIABILITE INTER- INDIVIDUELLE

L'objectif de ce chapitre est de faire ressortir l'importance de l'expérience et du pouvoir de coupe, d'une part sur la performance des opérateurs, d'autre part sur leurs sollicitations biomécaniques .

Rappel : pour étudier ces deux déterminants, nous disposons des données suivantes :

opérateur	expérience.	activité	Séquences avec couteau BA	Nombre total de CT	Séquences avec couteau MA	Nombre total de CT
E	expert	Parage d'épaules	E1- E2	58	E3-E4	54
F	débutant		F3	21	F1-F2	25

Légende :

BA : bien affûté

MA :mal affûté

CT : cycle de travail

3.4.2.1 Incidence de l'expérience

Pour étudier l'effet de l'expérience, la performance et les sollicitations biomécaniques de l'opérateur averti vont être mises en parallèle avec celles du débutant au niveau du cycle de travail par un test de student.

Afin que « l'effet couteau » ne s'ajoute pas à « l'effet expérience », les deux sujets seront comparés dans un premier temps lorsqu'ils utilisent un couteau bien affûté, puis dans un second temps lorsqu'ils se servent d'un couteau mal affûté.

COUTEAU BIEN AFFÛTE				
opérateur	Nombre de CT	Performance (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
E	58	16(2)	68(7)	73(8)
F	21	26(3)	87(8)	73(8)
Test t		p<0.05% t=-13,16	p<0.05% t=-9,65	ns t=-0,1
COUTEAU MAL AFFÛTE				
E	54	18(2)	73(7)	70(9)
F	25	28(5)	87(7)	70(7)
Test t		p<0.05% t=-10,81	p<0.05% t=-8,76	ns t=0,39

Tableau n°3.4.D : incidence de l'expérience sur la performance et les sollicitations biomécaniques

Légende :

CT : cycle de travail

Main Dom : main dominante

Main Non Dom : main non dominante

INCIDENCE DE L'EXPERIENCE SUR LA PERFORMANCE

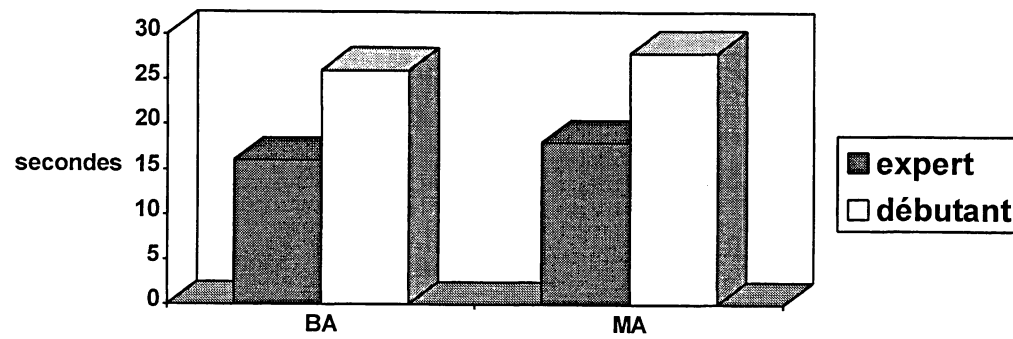


Figure n°3.4.C

INCIDENCE DE L'EXPERIENCE SUR L'ISB

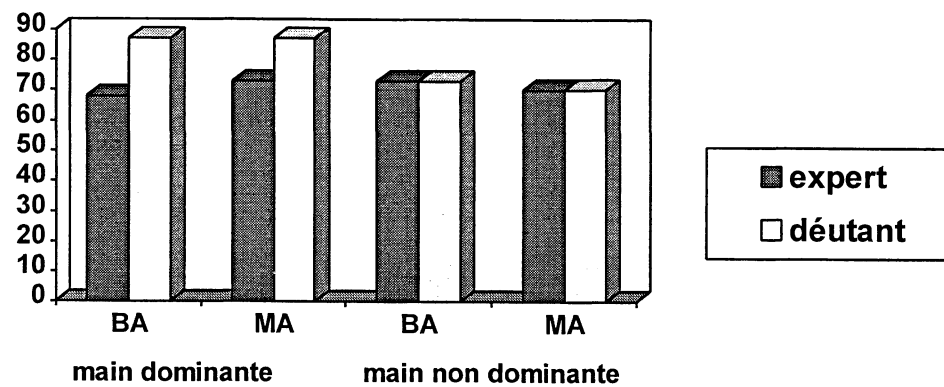


Figure n°3.4.D

Légende :

BA= couteau bien affûté

MA= couteau mal affûté

Le tableau n° 3.4.D présente la performance moyenne, les moyennes d'ISB des deux mains de chaque opérateur, ainsi que les résultats du test de student.

Comme le montre le tableau n°3.4.D, que ce soit avec un couteau bien affûté ou mal affûté:

1. l'opérateur expert (E) réalise une meilleure performance que le débutant (F), la durée moyenne d'un cycle de travail du premier étant significativement plus courte que celle du second ;

2. l'opérateur expert E est significativement moins sollicité que F au niveau de la main dominante;

3. au niveau de la main non dominante, il n'existe pas de différence significative entre les sollicitations biomécaniques des deux salariés ;

4. en utilisant un couteau bien affûté, le débutant exécute toujours une moins bonne performance et travaille toujours avec un niveau de sollicitations biomécaniques plus important que l'opérateur expert même quand ce dernier utilise le couteau mal affûté.

L'étude des contraintes biomécaniques est exposée dans le tableau n°3.4.E et permet d'étudier les stratégies biomécaniques de l'un et l'autre. Il apparaît que :

1 au niveau de la main dominante, que ce soit avec un couteau bien ou mal affûté, l'opérateur expert fournit significativement moins d'efforts et moins de gestes par minute que le débutant. Pourtant, la main dominante du premier passe significativement plus de temps dans la zone à risque que celle du second.

2 au niveau de la main non dominante, que ce soit avec un couteau bien ou mal affûté, l'expert effectue significativement moins d'efforts que le débutant mais a une répétitivité significativement plus élevée que celui-ci. Par ailleurs, comme pour la main dominante, la main non dominante du sujet le plus compétent passe significativement plus de temps dans la zone à risque que celle du débutant.

Conclusion :

Dans les deux situations, que ce soit avec un couteau bien affûté ou avec un couteau mal affûté, les résultats sont cohérents. En effet, au niveau de la main dominante, l'opérateur débutant est toujours moins performant et travaille

COUTEAU BIEN AFFUTE						
opérateur	MAIN DOMINANTE			MAIN NON DOMINANTE		
	efforts	répétitivité	% ZR	efforts	répétitivité	% ZR
expert	25 (2)	110(13)	54%(5)	22(2)	122(16)	46%(6)
débutant	31(3)	141(16)	48%(5)	42(4)	93(15)	42%(6)
Test de t	p<0.05% t=8,39	p<0.05% t=-7,99	p<0.05% t=3	p<0.05% t=-23,56	p<0.05% t=-7,35	p<0.05% t=2,6
COUTEAU MAL AFFUTE						
opérateur	MAIN DOMINANTE			MAIN NON DOMINANTE		
	efforts	répétitivité	% ZR	efforts	répétitivité	% ZR
expert	25(2)	120(14)	53%(5)	22(2)	116(16)	46%(7)
débutant	33(2)	140(12)	45%(5)	44(4)	85(13)	41%(7)
Test de t	p<0.05% t=14,22	p<0.05% t=-6,44	p<0.05% t=7	p<0.05% t=-29,78	p<0.05% t=8,99	p<0.05% t=3

Tableau n°3.4.E : Incidence de l'expérience sur les contraintes biomécaniques

de façon plus sollicitante que l'expert. Par ailleurs, au niveau de la main non dominante, quelle que soit la qualité d'affûtage du couteau, il n'est pas observé de différence significative en terme d'ISB entre les deux sujets (figure 3.4.D).

L'expérience apparaît donc comme un déterminant important du niveau de sollicitation biomécanique de la main dominante et probablement de la main non dominante.

3.4.2.2 incidence de l'affûtage

3.4.2.2.1 Sur la performance et les ISB

L'incidence du pouvoir de coupe sur les sollicitations biomécaniques et la performance va être étudiée sur les deux opérateurs, expert et débutant. Le tableau n°3.4.F expose les résultats :

***couteau bien affûté**

Le couteau bien affûté permet à l'opérateur expert d'être plus performant (baisse significative de la durée moyenne d'un cycle de travail) et de travailler de façon plus économique au niveau de sa main dominante. Du côté opposé, il n'est pas observé de différence significative des sollicitations biomécaniques lorsque l'opérateur utilise un couteau bien affûté.

Le couteau bien affûté permet uniquement au débutant d'améliorer sa performance. En effet, il n'est pas constaté de diminution des sollicitations au niveau des deux mains lorsqu'il travaille avec un couteau bien affûté.

***couteau mal affûté**

Avec un couteau mal affûté, l'expert reste plus performant et moins sollicité que le débutant même lorsque celui-ci travaille avec un couteau bien affûté.

EXPERT				
couteau	Nombre de CT	Performance (secondes)	ISB Main Dom	ISB Main Non Dom
Bien affûté	58	16(2)	68(7)	73(8)
Mal affûté	54	18(2)	73(7)	70(9)
Test t		p<0.05% t=-4,03	p<0.05% t=-3,6	ns t=1,8
DEBUTANT				
Bien affûté	21	26(3)	87(8)	73(8)
Mal affûté	25	28(5)	87(7)	70(7)
Test t		p<0.05% t=-2,2	ns t=-0,06	ns t=1,75

Tableau n°3.4.F : incidence de l'affûtage sur la performance et les sollicitations biomécaniques

INCIDENCE DE L’AFFUTAGE SUR LA PERFORMANCE

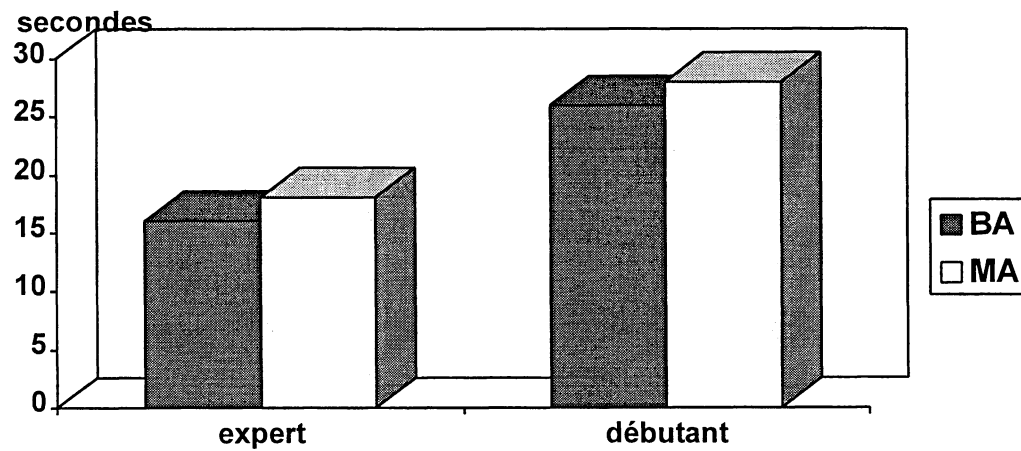


Figure n°3.4.E

INCIDENCE DE L’AFFUTAGE SUR L’ISB

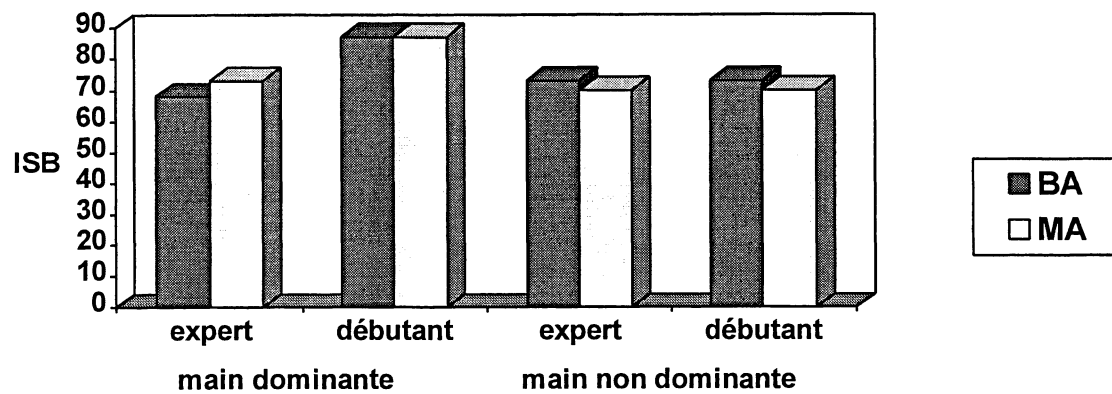


Figure n°3.4.F

Légende :

BA= couteau bien affûté

MA= couteau mal affûté

3.4.2.2.2 étude des contraintes biomécaniques

Dans le tableau n° 3.4.G figurent les différentes contraintes biomécaniques exercées sur les deux mains des opérateurs. On observe que :

Avec un couteau bien affûté, l'expert réduit la répétitivité des gestes au niveau de sa main dominante, sans diminuer ses efforts.

Par ailleurs, le temps passé dans la zone à risque n'est pas modifié par la qualité d'affûtage du couteau.

Au niveau de la main non dominante, on trouve au contraire une augmentation de la répétitivité lorsqu'il travaille avec un couteau bien affûté, son utilisation ne modifiant ni les efforts ni le temps passé par la main dans la zone à risque.

Lorsque le débutant emploie un couteau bien affûté, il ne diminue pas de façon significative ni ses efforts ni la répétitivité des gestes au niveau de ses deux mains. Cependant, lorsqu'il utilise le couteau bien affûté, sa main dominante passe significativement plus de temps dans la zone à risque,

Conclusion :

Il a ainsi été démontré:

- que l'expérience permet une meilleure performance tout en travaillant de façon plus économique au niveau de la main dominante.
- qu'un couteau bien affûté permet aux deux opérateurs de réaliser une meilleure performance et de plus à l'opérateur expert de travailler avec moins de contraintes.
- qu'un couteau bien affûté n'autorise pas le débutant à accomplir la même performance ou à agir avec le même niveau de sollicitations biomécaniques que l'opérateur expert .
- que lorsque ce dernier utilise un couteau mal affûté, il reste néanmoins plus performant et travaille de façon moins contraignante que le débutant muni d'un couteau bien affûté.

L'expérience et la qualité du pouvoir de coupe apparaissent donc comme deux déterminants importants du niveau des contraintes biomécaniques et par conséquent de la variabilité inter- individuelle. Par ailleurs, le niveau de sollicitations des opérateurs ne peut être interprété sans tenir compte de la performance, ce qui rend l'analyse complexe.

EXPERT						
	MAIN DOMINANTE			MAIN NON DOMINANTE		
	efforts	répétitivité	%ZR	efforts	répétitivité	% ZR
Bien affûté	25(2)	110(13)	54%(5)	22(2)	122(16)	46%(6)
Mal affûté	25(2)	120(14)	53%(5)	22(2)	116(16)	46%(7)
Test t	ns t=1,09	p<0.05% t=-4,03	ns t=-0.5	ns t=1,07	p<0.05% t=2,02	ns t=0.9
DEBUTANT						
Bien affûté	31(3)	141(16)	48%(5)	42(4)	93(15)	42%(4)
Mal affûté	33(2)	140(12)	45%(5)	44(4)	85(13)	41%(7)
Test t	ns t=-1,42	ns t=0,1	P<0.05% t=2	ns t=-2,1	ns t=2	ns T=0,3

Tableau n°3.4.G : incidence de l'affûtage sur les contraintes biomécaniques.

4. DISCUSSION

Dans ce chapitre, la démarche de quantification sera abordée, les résultats interprétés puis synthétisés.

4.1.LA DEMARCHE DE QUANTIFICATION

4.1.1.UNE DÉMARCHE ORIGINALE

Jusqu'à présent, les études pratiquées sur les troubles musculosquelettiques dans la filière viande étaient basées essentiellement sur l'analyse de l'activité gestuelle des opérateurs ainsi que sur des études épidémiologiques.

Très peu d'études biomécaniques visant à quantifier les contraintes exercées sur les opérateurs au cours du travail de découpe de viande ont été effectuées.

Ainsi Silverstein (53) a utilisé l'EMG afin d'évaluer l'effort musculaire au cours du travail mais il a estimé que son utilisation dans l'industrie était souvent limitée par les contraintes de l'environnement et les interférences éventuelles avec la production.

Grant et Habes (25) ont fait usage de l'électromyogramme pour étudier la relation entre les différentes postures adoptées au cours du travail de découpe de viande et les efforts exécutés par les opérateurs.

Plus récemment, Cook (14) a mis en place et validé un EMG portable dont l'objectif est de recueillir dans l'industrie de transformation de la viande l'activité électrique musculaire, et ce dans le but de pouvoir évaluer le gain en termes d'efforts apporté par un aménagement de poste de travail. Cependant cette méthode ne permet pas d'étudier la répétitivité des gestes.

Les rares études biomécaniques réalisées dans ce secteur d'activité portent donc essentiellement sur les efforts. Aucune donnée bibliographique parmi celles étudiées n'est rapportée sur la quantification des autres facteurs de risque biomécaniques.

Aussi l'originalité de cette étude tient à plusieurs faits :

1. c'est la première fois que sont quantifiées dans le secteur de transformation de la viande et dans les conditions réelles de travail les trois contraintes biomécaniques reconnues pour être les principaux facteurs de risque de TMS ;
2. cette quantification est exprimée par un indice synthétique (l'ISB) ;
3. grâce à l'ISB, les sollicitations biomécaniques des individus étudiés peuvent être comparées non seulement entre elles mais également à celles subies par des salariés d'autres secteurs d'activités.

4.1.2. CADRE DE L'ÉTUDE

Seules les contraintes biomécaniques subies par les opérateurs ont été étudiées. Les autres facteurs susceptibles d'intervenir dans la genèse des TMS telles que les composantes psychosociales n'ont pas fait l'objet de ce travail. Cependant, les facteurs biomécaniques sont considérés comme étant les principaux facteurs de risque car il n'existe pas de TMS sans hypersollicitation.

Par ailleurs, la quantification des différentes contraintes exercées sur l'opérateur a porté uniquement sur les deux poignets. C'est en effet à leur niveau que sont déclarés le plus de TMS chez les sujets effectuant de la découpe de viande, en particulier le syndrome du canal carpien.

Ainsi l'étude quantifie les facteurs biomécaniques admis comme étant les plus à même de provoquer des TMS au niveau du segment où l'on enregistre le plus de pathologies d'hypersollicitation.

4.1.3. REPRÉSENTATIVITÉ DES DONNÉES BIOMÉCANIQUES ENREGISTRÉES

Les contraintes biomécaniques enregistrées sont représentatives de celles subies par les opérateurs au cours du travail. En effet, les sujets étudiés étant d'expérience et d'âge différents peuvent être considérés comme représentatifs de la population travaillant dans les industries de transformation de la viande. Par ailleurs, ces opérateurs ont été étudiés au cours du travail réel. Tous ont affirmé lors d'un questionnaire que les conditions de travail au cours de l'enregistrement étaient identiques à celles habituellement rencontrées (même vitesse de travail, même vitesse d'approvisionnement, même outil de travail...) et qu'ils n'avaient pas été gênés par le matériel d'enregistrement.

Les postes étudiés où le couteau est largement utilisé sont également représentatifs du travail effectué dans les ateliers de découpe de viande. Par ailleurs, 29 séquences de 12 à 16 minutes ont été enregistrées, soit plus de six heures d'enregistrement de travail. Ce temps est suffisamment long pour être représentatif des tâches effectuées dont la durée moyenne des cycles de travail s'échelonne de 10 à 30 secondes.

4.1.4. L'INDICE DE SOLLICITATION BIOMÉCANIQUE

L'ISB a été élaboré par Aptel et Cail (2) à partir de l'étude des différentes contraintes biomécaniques de 30 opérateurs provenant de 6 entreprises différentes. Il n'est pas influencé par les positions angulaires extrêmes également reconnues comme une contrainte biomécanique. Cependant, d'autres auteurs observent que les efforts et la répétitivité sont les principaux facteurs de risques biomécaniques dans le secteur de transformation de la viande, confortant

donc l'utilisation de l'ISB. Ainsi Silverstein (53) démontre qu'il existe plus de risques de développer un TMS au niveau des mains et des poignets lorsque les tâches imposent des efforts et des répétitivités élevés comparativement à celles impliquant des efforts et des répétitivités basses. D'autre part, il estime que la combinaison d'une répétitivité marquée des gestes et de forces importantes sont les risques essentiels.

Frost (20) observe par une étude basée sur l'analyse de l'activité des opérateurs travaillant dans les abattoirs que le risque de voir survenir un TMS est étroitement lié à un travail exigeant une forte répétitivité et des efforts importants. En effet, les opérateurs occupant ce type de postes sont les plus touchés par le syndrome du canal carpien.

Par ailleurs, le Niosh (National Institute for Occupational Safety and Health) (45) cite la répétitivité des gestes et les efforts comme étant les principaux facteurs de risque du syndrome du canal carpien. Les positions angulaires du poignet ont un rôle plus réduit.

De plus, cet indice synthétique présente des avantages. Il permet :

- 1.de quantifier de façon objective les sollicitations biomécaniques ;
- 2.de comparer par un même indice les différents niveaux de contraintes entre divers secteurs d'activités ;
- 3.d'évaluer l'efficacité de telle ou telle action de prévention ;
- 4.d'estimer le degré de sollicitation et ainsi de savoir si le poste est susceptible d'engendrer un TMS, même si l'ISB n'est pas à même de prédire la probabilité de développer une telle pathologie.

Mais cet indice est actuellement empirique et pas encore validé. Cependant il apparaît cohérent avec les études épidémiologiques (chapitre 3.1) et fiable comme a pu le démontrer la reproductibilité des coûts gestuels lorsqu'un opérateur effectue à plusieurs reprises une même tâche dans les mêmes conditions de travail (chapitre 3.3).

4.2 DECOUPER DE LA VIANDE EST SOLLICITANT

L'étude biomécanique a mis en évidence l'importance des sollicitations subies par les poignets au cours des activités de découpe. Par ailleurs, le degré de contrainte varie en fonction de la tâche (variabilité inter-tâche), des salariés (variabilité inter-individuelle) et les deux mains ne subissent pas le même niveau de sollicitation. Ce paragraphe se propose de commenter chacun de ces résultats.

4.2.1.IMPORTANCE DES SOLLICITATIONS BIOMÉCANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE DÉCOUPE DE VIANDE

L' ISB au cours des temps morts a permis de quantifier les sollicitations au moment des activités « normales » de la main. En effet, cette période doit être considérée comme figurant une situation de référence car le sujet n'adopte pas un comportement gestuel susceptible de favoriser la survenue d'un TMS dans la mesure où l'activité gestuelle est libre de toute contrainte. Lors de ces temps morts, tous les opérateurs, à l'exception de B et F, ont des ISB inférieurs à 20.

Par conséquent, un ISB inférieur à 20 peut être considéré comme un seuil n'exposant pas aux TMS. Par ailleurs, la grande variabilité- intra et inter-individuelle observée à l'occasion des temps morts reflète l'entière liberté posturale dont disposent les salariés à cet instant. Ainsi les opérateurs B et F ont des niveaux d'ISB supérieurs à 20 car au cours de ces laps de temps ils présentent une activité gestuelle caractérisée par une forte répétitivité. Pichené (48) observe les mêmes résultats.

Par ailleurs, les ISB des opérateurs pendant les phases de travail sont tous supérieurs à 60 aussi bien pour la main droite que pour la main gauche. Les tâches de parage et de désossage réalisées par ces 9 opérateurs sont donc beaucoup plus sollicitantes que les activités normales de la main.

D'autre part, la comparaison de l'ISB obtenu dans l'industrie de transformation de la viande aux ISB relevés dans d'autres activités professionnelles (fabrication de filtres à gasoil, montage de composants électroniques par exemple), montre que le secteur de transformation de la viande est le plus sollicitant pour les deux poignets.

Ces résultats confortent les données américaines (voir tableau n°4.1.A) selon lesquelles les travaux concernés par le plus haut taux d'incidence de TMS sont ceux de l'industrie de découpe de la viande, loin devant l'industrie automobile qui occupe la seconde position.

Cette étude montre donc une cohérence entre les résultats biomécaniques et les études épidémiologiques.

Secteur d'activité	Année 1996	Année 1997
Industrie de transformation de la viande	921,6	1191,6
Industrie automobile	444,8	435,8
Industrie du meuble	107,1	77,2
Industrie des composants électroniques	64,4	63,2

Tableau n° 4.1.A : Incidence des troubles musculosquelettiques
(sur 10 000 salariés) aux Etats- Unis
(Source : U.S. Bureau of Labor Statistics)

4.2.2 *VARIABILITÉ INTER-TÂCHE*

Il a été mis en évidence un effet de latéralisation incontestable au niveau de la tâche de désossage, c'est-à-dire une différence importante du degré de sollicitation biomécanique entre les deux mains. Cet effet de latéralisation est moins net lors du parage, la différence entre les contraintes des deux mains au cours de celui-ci étant plus faible. L'étude de la variabilité inter- tâche et des opérations a permis de montrer que l'effet de latéralisation était en partie lié à la l'activité exercée.

Ainsi, l'important effet de latéralisation à l'occasion du désossage provient du fait que la découpe sollicite davantage la main dominante que l'autre main. Ce résultat s'explique par l'observation. Au cours de cette opération représentant la majeure partie du cycle de travail, la main dominante tenant le couteau est plus active que la main non dominante. En effet, alors que la première exécute à la fois un effort statique (tenue du couteau) et un effort dynamique (découpe), la main non dominante effectue essentiellement un effort statique (maintien de la pièce sur le plan de travail). Néanmoins, l'étude des ISB montre que le relevé de côtes est presque aussi sollicitant que la découpe. En effet, les vidéos révèlent qu'au cours de cette opération, la main dominante appuie sur la viande contre résistance afin que la pièce de viande ne décolle pas du plan de travail lorsque la main non dominante relève les côtes (voir photo N°2.b, chapitre n°II).

Une étude scandinave (16) a cependant montré qu'en termes d'efforts, la tâche de désossage sollicite davantage la main non dominante que la main dominante. Cette observation est basée sur l'enregistrement des efforts des muscles fléchisseurs des deux mains au cours de 6 heures de travail. Les auteurs expliquent ces résultats par le fait que les opérateurs utilisent de façon permanente et non négligeable leur main non dominante pour tirer, arracher, soulever et porter des pièces de 6 à 12 kilos. Cependant, cette étude ne tient pas compte de la répétitivité des gestes et ne peut par conséquent aller à l'encontre des résultats observés dans cette étude.

La différence des niveaux de sollicitations observée entre les deux mains pour le parage est moins important car ici la découpe représente près de 97 % du temps du cycle de travail et sollicite les deux mains. En effet, si la main dominante tenant le couteau effectue la découpe, la main non dominante intervient activement pour arracher les nerfs, la graisse, tirer sur la viande pour faciliter la découpe(photo n°2.f, chapitre II) et la retourner.

Or, il a été démontré que le niveau de sollicitations biomécaniques est influencé par un «effet tâche ». Ainsi, l'étude a mis en évidence que le désossage est plus contraignant que le parage pour la main dominante car d'une part l'opération de

découpe de désossage est plus sollicitante que celle du parage à hauteur de cette main et d'autre part parce que l'opération de relevé de côtes présente uniquement au cours du désossage est également une opération très sollicitante pour la main dominante.

Or ce qui différencie les tâches de désossage et de parage, en dehors des pièces traitées, est essentiellement la présence d'os dans les poitrines. Par conséquent les os seraient susceptibles de rendre la découpe de désossage plus contraignante que celle de parage. L'étude semble donc conforter les observations de Mabey (39). Ce dernier considère en effet que certaines tâches usent plus rapidement que d'autres le tranchant de la lame en fonction de l'endroit où la coupe est effectuée (présence d'os, de cartilage). C'est ainsi que le désossage en usant plus rapidement le fil pourrait être plus sollicitant que le parage.

La main non dominante, quant à elle, peut être autant soumise à contraintes au cours des tâches de parage qu'au cours des activités de désossage, voire plus sollicitée (cas de l'opérateur E). En effet, même si la découpe de parage est plus exigeante que la découpe de désossage, le relever de côtes présent uniquement au niveau du désossage est très contraignant pour la main non dominante et augmente donc le niveau de sollicitation de la tâche de désossage au niveau de cette main.

La variabilité inter-tâche mise en évidence dans ce paragraphe est confortée en partie par une étude réalisée par Frost (20), portant sur l'incidence du syndrome du canal carpien parmi des opérateurs travaillant dans un abattoir. Cette étude a mis en évidence que ceux effectuant les tâches de désossage présentaient une incidence du syndrome du canal carpien significativement plus élevée que celle des opérateurs effectuant les autres tâches de découpe de viande.

4.2.3 VARIABILITÉ INTRA-INDIVIDUELLE

Il a été mis en évidence une faible variabilité intra-individuelle intra-tâche témoignant d'une reproductibilité des sollicitations biomécaniques et de la performance de chaque opérateur d'une séquence à une autre.

Ce résultat conforte la représentativité des durées d'enregistrements. La moyenne des performances et des coûts biomécaniques étant reproductible d'une séquence à une autre toutes choses égales par ailleurs, il n'est pas nécessaire d'enregistrer les contraintes sur une journée entière de travail. Un seul enregistrement de 10 à 15 minutes suffit.

Cependant, une variabilité intra-individuelle inter-cycle a été remarquée alors qu'il s'agit du même opérateur qui traite les mêmes pièces de viandes et de plus avec le même couteau qu'il est libre d'affiler quand il le juge nécessaire. Ce phénomène étant observé au niveau des deux tâches considérées, il n'est donc pas lié à un effet tâche.

La variabilité intra-individuelle inter-cycle peut donc s'expliquer par celle présentée par les pièces de viandes, le couteau ou encore par l'opérateur lui-même. L'étude n'est cependant pas en mesure d'étudier, voire d'expliquer une telle constatation.

Mais le problème de la variabilité de la viande est décrit dans la littérature. Le produit traité étant de la matière vivante, il est impossible d'obtenir des pièces standardisées et donc strictement identiques malgré les efforts effectués dans ce domaine. La variabilité du produit peut porter sur la « tendreté » de la viande, la quantité de gras, de nerfs, sa température ou encore de la découpe en amont. Ainsi, certaines pièces pourraient exiger des opérations supplémentaires, telle qu'une augmentation du nombre de coups de couteau responsable d'un accroissement de la durée du cycle de travail. De plus au cours des entretiens, beaucoup d'opérateurs estiment que les pièces de viandes ayant séjourné plus de 48 heures dans les réfrigérateurs (cas du lundi matin) sont plus difficiles à découper que les pièces fraîches.

Par ailleurs, même si le salarié est libre d'affiler quand bon lui semble, la qualité du pouvoir de coupe reste difficilement constante, d'une part parce qu'il s'agit comme le fait remarquer Vézina (61) d'une opération très complexe que peu d'opérateurs maîtrisent et que d'autre part comme l'indique le même auteur, elle n'est généralement pas prise en compte dans la durée du cycle de travail. Par conséquent, l'opérateur n'a pas toujours la possibilité d'affiler quand le besoin s'en fait sentir et la qualité d'affilage peut donc présenter des variations d'un cycle de travail à l'autre.

De plus, les capacités fonctionnelles de l'opérateur sont également sujettes à des variations ponctuelles et transitoires au cours du temps de travail. Ces variations peuvent être d'ordre physiologique (douleur musculaire transitoire) ou encore liées à l'environnement (interpellation d'un collègue, nuisance sonore aiguë...). Toujours présentes au cours de l'activité, elles peuvent donc obliger l'opérateur à modifier son mode opératoire d'une pièce à une autre, expliquant ainsi la variabilité intra-individuelle inter-cycle observée en termes de sollicitations et de performance. Ces faits confortent les conclusions de Teiger et Laville(56) sur l'étude des modes opératoires. Selon ces auteurs, l'activité ne peut pas être qualifiée d'automatique puisque les variations toujours présentes dans le travail exigent une attention mentale toujours soutenue.

L'étude renforce donc non seulement les observations des ergonomes mais permet également de quantifier cette variabilité inter-cycle et de l'étudier au cours du temps. Ainsi, il a été mis en évidence que la variabilité des durées et des ISB des cycles de travail de chaque opérateur est importante selon le moment. Le caractère imprévisible de cette variabilité est probablement un des facteurs expliquant la difficulté des opérateurs à pouvoir gérer celle-ci.

4.2.4 VARIABILITÉ INTER-INDIVIDUELLE

Il a été relevé une variabilité inter-individuelle intra-tâche au niveau des mains dominante et non dominante. De plus, la variabilité inter-individuelle notée au niveau de la main dominante diffère de celle enregistrée sur la main opposée. Ces deux constatations étant retrouvées au niveau des deux tâches considérées, elles ne sont donc pas liées à une tâche particulière.

La variabilité inter-individuelle intra-tâche apparaît donc complexe. Il semblerait en effet plus juste pour certains opérateurs de parler de «bonne» et de «mauvaise» main plutôt que de bon ou de mauvais opérateur. En effet, certains d'entre eux tel que I travaillent de façon plus économique que les autres pareurs avec la main dominante mais pas avec la main controlatérale. Cependant, plutôt que de parler de bonne ou de mauvaise main, la présente étude a permis d'objectiver par des données biomécaniques des différences de stratégies opératoires entre opérateurs au niveau de la main dominante d'une part et de la main non dominante d'autre part, ce qui témoigne de l'importance de la différenciation des activités manuelles. Il convient donc d'approfondir l'étude de ce phénomène et d'en déterminer l'origine.

Enfin, si tous les opérateurs effectuent la même tâche, ils n'ont pas tous la même expérience, ne travaillent pas tous avec le même couteau et n'adoptent pas tous le même mode opératoire. Ces différents facteurs seraient-ils susceptibles d'expliquer la variabilité inter-individuelle intra-tâche observée ?

Comme nous allons le voir, les ISB de chacune des deux mains sont influencés par trois variables, à savoir la performance, l'expérience et le pouvoir de coupe du couteau. Etudier l'effet de chacun de ces trois critères aurait nécessité d'en neutraliser deux, ce qui n'était pas réalisable en pratique. Par ailleurs, l'incidence de l'expérience et de la qualité de coupe du couteau sur les ISB n'a pu être étudiée que sur deux opérateurs, ce qui est insuffisant pour porter des conclusions. D'autres études biomécaniques seront nécessaires pour approfondir ces données.

Cependant si l'interprétation des résultats est complexe du fait de l'intrication des trois variables sur les ISB et de la présence des deux mains, certaines observations peuvent être faites et confrontées aux données bibliographiques.

A/ expérience

L'incidence de l'expérience sur les sollicitations biomécaniques a pu être étudiée au niveau de la tâche de parage.

Montmolin (43) définit l'opérateur expert comme un sujet ayant atteint un niveau professionnel achevé dans son métier, un savoir-faire. Il automatise ses comportements, simplifie les procédures et gère ses propres ressources. Le novice effectue quant à lui une activité professionnelle depuis en moyenne deux ans seulement. L'hypothèse qu'il n'a pas acquis ce savoir-faire est posée.

La présente étude a mis en évidence que l'expérience de l'opérateur E lui permet non seulement de réaliser une meilleure performance que le débutant F mais aussi de travailler avec un moindre niveau de sollicitations sur sa main dominante en adoptant une stratégie biomécanique impliquant moins d'efforts et moins de répétitivité quelle que soit la qualité d'affûtage du couteau.

Cependant à qualité d'affûtage égale, il n'est pas relevé de différence de valeur d'ISB à hauteur de la main non dominante des deux opérateurs. De plus, pour un même niveau de sollicitation, l'opérateur expert accomplit une meilleure performance que l'opérateur débutant. Par ailleurs, pour un même niveau d'ISB, la répartition des contraintes des deux opérateurs sur le membre non dominant diffère, témoignant donc d'une stratégie biomécanique différente. Ainsi, l'opérateur expert fait deux fois moins d'efforts que le débutant au niveau du membre non dominant quel que soit le couteau utilisé mais présente une répétitivité plus élevée, s'expliquant probablement par une exécution du geste plus rapide démontrée par une meilleure performance. De cette analyse il peut donc être admis que compte tenu de cette meilleure performance l'individu ayant acquis de l'expérience apparaît moins sollicité que le débutant en ce qui concerne la main non dominante.

La cohérence des résultats dans les deux situations considérées (avec un couteau bien et mal affûté) montre que l'effet expérience est donc indépendant de l'effet couteau. Cependant, un nombre plus important d'opérateurs débutants aurait été nécessaire pour approfondir ces résultats.

Toutefois ceux observés lors de la tâche de parage confortent les études menées jusqu'à présent sur l'expérience des opérateurs, basées sur l'ancienneté au poste. En effet, les enquêtes épidémiologiques révèlent que les débutants sont les plus touchés par les TMS. Ainsi par exemple, l'étude médicale effectuée dans les trois entreprises objectives qu'après 10 ans d'ancienneté, le nombre de plaintes de TMS chute considérablement sauf pour la première entreprise où le chiffre ne diminue fortement qu'après 15 ans d'ancienneté (voir tableau n°4.2.A). Or la

Entreprise	< 5 ans	5 à 9 ans	10 à 14 ans	15 à 19 ans	20 à 24 ans	>25 ans	total
N°1	24	20	15	3	1	0	63
N°2	13	9	3	3	1	1	30
N°3	40	13	2	3	2	3	63

Tableau n°4.2.A : nombre de salariés atteints d'une pathologie TMS en fonction de leur ancienneté dans l'entreprise
(Source : médecins du travail des trois abattoirs)

construction du geste est une intégration des connaissances techniques du sujet, de ses facteurs individuels et est orientée vers la recherche d'une meilleure «économie physiologique», ANACT (1999). Il est donc probable que le sujet expert serait en mesure d'adopter des stratégies gestuelles à l'origine d'une moindre sollicitation biomécanique et qui réduit la probabilité des TMS. Une autre hypothèse pouvant expliquer la diminution du nombre de plaintes après 10 à 15 ans d'ancienneté dans l'entreprise est que les opérateurs les plus expérimentés seraient également les moins susceptibles de développer un TMS et auraient ainsi résisté à une certaine sélection.

Par ailleurs, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'incidence de l'expérience sur les modes opératoires.

Ainsi Teiger et Laville (56), Cellier et Escribe (9) montrent que «les variations dans le travail sont mieux prises en compte par les opérateurs experts. Ces derniers modifieraient leurs modes opératoires de façon à réguler plus efficacement la charge de travail musculosquelettique». L'étude a d'ailleurs permis de mettre en évidence cette meilleure gestion des variations dans le travail par l'opérateur averti (voir paragraphe suivant). Par ailleurs, la littérature sportive (Lecampion et Pottier-33-), (Goman-24-), (Yamanouchi-62-) démontre qu'il existe une différence de réalisation des mouvements entre les «novices» et les «experts». Enfin, à partir de 9 opérateurs effectuant l'activité de sertissage et 5 faisant de la découpe de viande Gerling (21) observe un ISB plus faible chez les experts que chez les débutants. De plus, toujours selon le même auteur, la diminution de la valeur d'ISB chez les premiers est surtout liée à une diminution des efforts qu'ils exercent.

Ainsi, l'expérience apparaît comme un déterminant important du niveau de sollicitations biomécaniques et donc de la variabilité inter-individuelle.

B/ qualité du pouvoir de coupe : affûtage

Le retentissement de la qualité du pouvoir de coupe sur la variabilité inter-individuelle est plus difficile à évaluer que celui de l'expérience. En effet, à l'exception de E et de F pour lesquels la qualité d'affûtage du couteau est connue pour des conditions expérimentales, le pouvoir de coupe des couteaux des autres opérateurs ne l'est pas.

- *incidence du pouvoir de coupe sur les sollicitations de la main dominante*

*ISB et répétitivité

L'étude a mis en évidence que l'opérateur expert, en utilisant un couteau bien affûté, réduit son ISB sur sa main dominante en diminuant de façon significative la répétitivité des gestes, tout en améliorant sa performance. Cette diminution de la répétitivité des gestes s'explique probablement par le fait que le couteau étant plus efficace, moins de coups de couteau et par conséquent moins de gestes sont nécessaires pour effectuer la coupe. Il en résulte que la tâche est exécutée de façon plus rapide et que l'opérateur est moins sollicité au niveau de sa main dominante. Ainsi, la variabilité du pouvoir de coupe du couteau pourrait être un déterminant de la variabilité inter-individuelle intra-tâche au niveau de la main dominante, toute chose égale par ailleurs.

Cette hypothèse conforterait celle de Vezina (61) selon laquelle «une qualité d'affûtage et/ou d'affilage insuffisante est responsable d'un allongement du cycle de travail et d'une augmentation des sollicitations biomécaniques » ou encore que « le nombre de coups de couteau pour effectuer la coupe est influencé par l'état de la lame et vice versa »

Pourtant, lorsque le débutant utilise un couteau bien affûté, il ne diminue ni son ISB sur la main dominante ni la répétitivité des gestes. Mais pour un même niveau d'ISB et un même niveau de répétitivité, il améliore sa performance. Il apparaît donc que le débutant «rentabilise » mieux son geste avec un couteau bien affûté. Ainsi en tenant compte de la performance, il peut être admis qu'avec un couteau bien affûté le degré de sollicitation enregistré est moins important.

*efforts

Le fait d'utiliser un couteau bien affûté ne diminue pas les efforts fournis par la main dominante des deux opérateurs. Cette observation va à l'encontre de certaines études réalisées sur l'incidence du pouvoir de coupe sur les efforts des opérateurs.

Ainsi, Vezina observe « que la qualité d'affilage des couteaux conditionne l'effort nécessaire, le bras devant appuyer davantage sur le couteau pour exécuter la coupe » et décrit un cercle vicieux où moins le couteau coupe, moins il coupera, et que par conséquent plus l'opérateur sera sollicité et inversement (figure n°4.2.A).

Ainsi, un couteau bien affilé permet d'une part de diminuer les sollicitations en diminuant les efforts et la répétitivité des gestes et d'autre part de diminuer la durée du cycle de travail. Ce dernier étant plus court, l'opérateur voit donc son temps inter-cycle augmenter et dispose ainsi de plus de temps pour entretenir le bon pouvoir de coupe de son instrument. L'augmentation du temps inter-cycle lui permet également de marquer des pauses musculaires et donc de récupérer de ses efforts, ce qui contribue à diminuer les sollicitations biomécaniques.

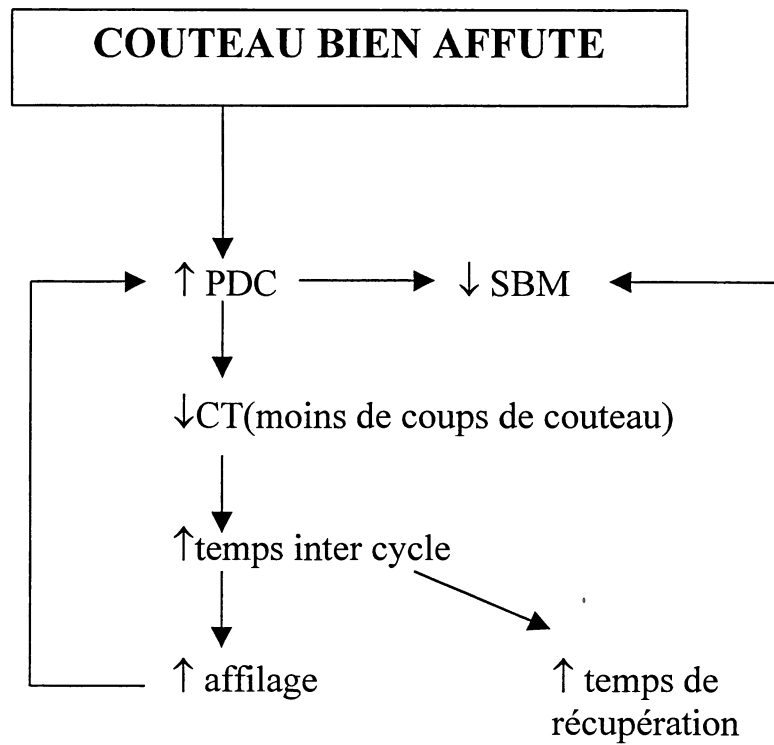


Figure n°4.2.A : Cercle vicieux « plus le couteau coupe et plus il coupera »
(Source : Vézina, 1995)

Légende :

BA : bien affûté

PDC : pouvoir de coupe

CT : cycle de travail

SBM : sollicitation biomécanique

De plus, Mabey (39) affirme que « l'état de la lame constitue un déterminant de la force à déployer pour exécuter la coupe ».

Cependant si tous s'accordent sur le fait que la qualité du pouvoir de coupe conditionne les efforts de l'opérateur, aucun ne précise sur quel groupe musculaire se fait la réduction des efforts. Or seuls les efforts exercés au niveau des muscles fléchisseurs de l'avant bras sont mesurés dans cette étude. Il ne peut donc être exclu qu'avec un couteau bien affûté l'activité musculaire ne diminue pas au niveau d'un autre groupe musculaire du fait d'une variation du mode opératoire ou encore que la force de pression appliquée sur la viande ne soit pas plus faible avec un couteau bien affûté qu'avec un couteau qui l'est mal.

Par ailleurs, l'interprétation des sollicitations ne peut se faire sans tenir compte de la performance. Or pour un même effort, les deux sujets améliorent leurs performance avec un couteau plus tranchant. Il semblerait donc qu'il existe en termes d'efforts un moindre degré de sollicitation avec un couteau bien affûté.

**incidence du pouvoir de coupe sur les sollicitations de la main non dominante*

Quelle que soit la qualité d'affûtage du couteau, les deux opérateurs maintiennent le même niveau de contrainte à hauteur de leur main non dominante. Cependant, avec un couteau bien affûté, ils augmentent de façon significative la répétitivité des gestes de cette même main, cet accroissement étant probablement lié à l'amélioration de la performance. La main non dominante doit suivre le rythme imposé par celle disposant d'un outil mieux adapté et ainsi exécuter les mêmes gestes en un temps plus court. Cette observation montre donc que si chaque main a sa propre activité gestuelle, les deux sont complémentaires pour exécuter la tâche demandée. Par conséquent, la stratégie biomécanique d'une main pourrait influencer celle de l'autre. Il pourrait donc exister des stratégies biomécaniques compensatrices entre les deux mains, expliquant ainsi chez certains opérateurs, des «bonnes» et des «mauvaises» mains en termes de sollicitations biomécaniques.

La figure n°4.2.B résume la stratégie biomécanique adoptée par l'opérateur expérimenté lorsque celui-ci utilise un couteau bien affûté.

Ainsi, la qualité du pouvoir de coupe apparaît comme un déterminant importante du niveau de sollicitations biomécaniques et par conséquent un déterminant de la variabilité inter-individuelle intra-tâche. En effet, «le couteau étant le prolongement du bras de l'opérateur, mieux l'outil est affilé, mieux s'en portera celui ou celle qui le manie, et de meilleure qualité sera le travail ».

Enfin, «l'effet expérience » semble être un déterminant prépondérant sur «l'effet couteau ». En effet, il a été mis en évidence que lorsque l'opérateur expert travaille avec un couteau mal affûté, il reste cependant plus performant et moins sollicité au niveau de la main dominante que l'opérateur débutant même quand celui-ci travaille avec un couteau bien affûté. Autrement dit, devant un débutant, s'il fallait choisir entre le former ou changer un couteau mal affûté par un couteau bien affûté, il vaudrait mieux commencer en premier lieu par le former. Cependant, il ne serait pas judicieux de former ces débutants sans s'intéresser à leur couteau. En effet, ils doivent apprendre avec des couteaux bien affûtés, afin, d'une part de faciliter l'apprentissage et d'autre part pour leur permettre de maîtriser et intérioriser un geste qui soit le moins sollicitant possible.

Cette observation conforte celle de Pomian (-49-) selon laquelle, «la place de la formation doit être au premier rang des conditions de restructuration d'une chaîne d'abattage ». Par ailleurs Patry (-47-) estime qu'une formation appropriée sur le travail à effectuer peut contribuer à prévenir les TMS en limitant les gestes et les efforts à ceux qui sont essentiels. Cependant malgré l'emphase mise sur l'importance de la formation, force est de constater que la formation dans l'industrie de la viande est insuffisante (ANACT : 1993).

L'étude de Calvarin (-8-) sur la filière porcine en Bretagne fait le même constat.

Enfin, les observations abordées ci-dessus sur l'expérience et le pouvoir de coupe nécessiteraient d'être approfondies par d'autres études biomécaniques car l'effectif est insuffisant pour porter des conclusions et une étude biomécanique est actuellement en cours pour mettre en évidence les différentes stratégies biomécaniques adoptées par les opérateurs en fonction du pouvoir de coupe du couteau mis à leur disposition (Claudon et coll -1999-projet CEROM-).

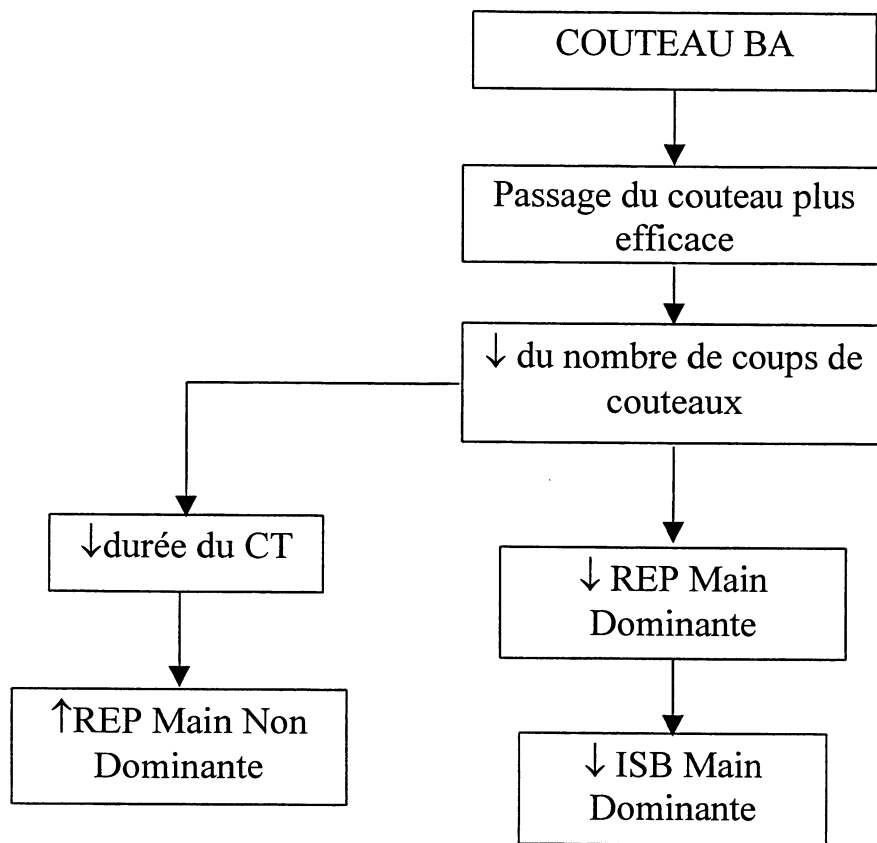


Figure n°4.2.B : stratégie opératoire adoptée par l'opérateur E, expert avec le couteau bien affûté

Légende :

BA : bien affûté

CT : cycle de travail

C/ autres déterminants de la variabilité inter-individuelle intra-tâche

D'autres déterminants tels que le froid et le bruit sur l'opérateur pourraient également intervenir dans la variabilité inter-individuelle intra-tâche. La présente étude n'est malheureusement pas en mesure de répondre à cette question. Cependant, certains auteurs ont étudié les effets des astreintes thermiques et sonores sur les opérateurs travaillant dans les industries de transformation de la viande. Ainsi Patry (47) considère que le froid diminue les forces en créant une tension musculaire. De même, d'après les mêmes auteurs, les niveaux sonores pourraient dépasser 95 décibels à certains postes, et être ainsi responsables d'un stress chez les opérateurs, d'une fatigue ainsi qu'une diminution de la performance (Floru -18-). Les effets secondaires de ces différentes astreintes pourraient donc varier d'un opérateur à un autre selon la capacité de chacun à faire face à celles-ci et par conséquent, intervenir en partie dans la variabilité inter-individuelle intra-tâche.

Par ailleurs, les facteurs psychosociaux non étudiés dans cette étude pourraient également être responsables d'une variabilité inter-individuelle. Ainsi, un opérateur stressé peut travailler trop vite, trop intensément, trop longtemps ou ne pas prendre le temps de faire des pauses.

Aussi, des études biomécaniques tenant compte des différentes astreintes ainsi que des facteurs psychosociaux pourraient éventuellement apporter des réponses à ces hypothèses.

4.2.5 CONSÉQUENCES DES RÉSULTATS SUR LA PRÉVENTION

A travers les résultats de cette étude, il s'avère que c'est le travail lui-même qui est sollicitant. Le fait d'être débutant ou de travailler avec un couteau mal affûté ne sont que des facteurs aggravants de cette contrainte puisqu'un sujet expérimenté travaillant avec un couteau bien affûté a un niveau de sollicitations biomécaniques bien supérieur à celui de l'activité gestuelle normale de la main. Par conséquent, le seul moyen de prévention réellement efficace serait l'automatisation des tâches. Cependant, si cette mesure semble la plus à même de résoudre l'épidémie des TMS dans le secteur de transformation de la viande, c'est aussi la plus difficile à mettre en œuvre actuellement, du fait entre autre de la variabilité présentée par le produit traité.

Cependant, d'autres pistes de prévention peuvent être proposées. Le premier niveau d'action se situe en amont de l'entreprise, le second dans l'entreprise et concerne l'organisation du travail, l'opérateur, l'outil de travail. Enfin le troisième niveau se situe en aval de l'entreprise.

L'efficacité des mesures de prévention passe par des solutions qui privilégient l'action sur le niveau collectif plutôt qu'individuel.

4.2.5.1 Action en amont de l'entreprise

La difficulté de l'automatisation est en partie expliquée par la variabilité du produit traité. Aussi, des efforts sont à poursuivre afin de standardiser davantage le produit livré. Cependant, ce niveau d'action est de loin être le plus facile à maîtriser.

4.2.5.2 Action au niveau de l'entreprise

-Action au niveau de l'opérateur

L'étude a permis de quantifier l'importance de l'expérience sur le degré de sollicitations biomécaniques. Aussi, la formation doit faire partie des priorités des préventeurs car bien que les entreprises s'investissent de plus en plus dans ce domaine, la formation reste cependant insuffisante au détriment des objectifs de production, peut être par défaut de critères objectifs.

-Action sur l'organisation du travail

L'effet de latéralisation des tâches d'une part et la variabilité inter-tâche d'autre part démontre que si le travail est sollicitant, il existe cependant des contraintes dont l'intensité est différente selon la tâche réalisée et selon la main considérée. Cette observation conforte le bien fondé de la rotation des postes. En effet celle-ci permet de maîtriser la durée d'exposition aux gestes les plus sollicitant. Aussi, pour que la rotation des postes soit efficace, il est nécessaire d'évaluer le niveau de sollicitations biomécaniques des postes et de rendre les opérateurs polyvalents.

Par ailleurs, la possibilité pour l'opérateur d'agir sur la vitesse de la chaîne constituerait un moyen important pour prévenir les TMS. Elle permettrait ainsi à celui-ci de mieux gérer la variabilité du produit et d'assurer plus facilement la maintenance du couteau. Ainsi Toulouse (58) propose d'instaurer un système susceptible d'arrêter ou de ralentir le convoyeur de carcasses à partir du poste de travail afin que l'opérateur puisse affiler et affûter plus régulièrement son couteau.

Certains exemples d'actions de prévention menées au niveau de l'organisation du travail se sont révélées efficaces. Ainsi, une entreprise de transformation de la viande de bœuf implantée en Vendée et confrontée à une explosion du nombre de TMS en 1994, a misé sur l'autonomie de gestion des opérateurs afin de le réduire, les différentes actions menées sur les postes de travail s'étant

avérées inopérantes. Cette autonomie de gestion donnait la possibilité aux salariés de changer de postes sur la chaîne quand ils le souhaitent grâce à leur polyvalence acquise après vingt mille heures de formation en trois ans. Parallèlement, des intérimaires ont été titularisés, les couteaux et les fusils changés. En deux ans, la diminution des plaintes pour tendinites a baissé de 60% et ce malgré une augmentation de l'effectif de 40% dans l'atelier. Par ailleurs, il a été observé une amélioration très significative du climat social et psychologique des opérateurs.

- Action sur le couteau

L'étude a également permis de confirmer et de quantifier l'importance du pouvoir de coupe sur le niveau des sollicitations biomécaniques. L'outil doit donc également figurer parmi les principales pistes de prévention. Il s'avère nécessaire de mieux l'adapter au travail d'une part et de veiller à la qualité du pouvoir de coupe des couteaux d'autre part. En effet, le couteau est actuellement le seul instrument de désossage. Cependant, la conception d'un couteau adapté à la tâche reste difficile. En effet, l'analyse de l'activité montre que les opérateurs ne tiennent pas tous leur couteau de la même façon, les prises du couteau varient au cours de la tâche, certains opérateurs sont droitiers d'autres gauchers impliquant la réalisation de couteaux symétriques Loppinet (-37-). D'où l'importance dans la démarche de conception d'un outil de réaliser des prototypes pouvant être testés par des opérateurs ayant des profils d'expérience différents et dans des situations de travail variées.

Dans ce domaine, l'ANACT a effectué une étude dans deux boucheries de gros en vue de concevoir de nouveaux couteaux de découpe de désossage. Cette étude s'est inscrite dans une action où sont impliqués différents partenaires tels que la CNAM, des entreprises de la coutellerie, l'Université technologique de Compiègne. Comme c'est le cas pour certaines d'entre elles (Pernot à Nogent et Charles Ménières à Thiers), les entreprises de coutellerie ont intérêt à associer dans leur démarche de conception des ergonomes pour l'analyse du travail et l'élaboration de propositions, des concepteurs et un réseau d'entreprises utilisatrices. Ainsi, l'entreprise de coutellerie Pernot a demandé à l'Université technologique de Compiègne et à un designer de réaliser une étude ergonomique sur le désossage en vue de l'élaboration d'un couteau adapté à cette activité. L'analyse a porté en particulier sur la lame, la forme et la matière du manche. Un prototype a ensuite été conçu et testé dans diverses entreprises. A l'heure actuelle, un second prototype qui tient compte des enseignements tirés du test est en cours d'évaluation.

La biomécanique s'avère être un moyen complémentaire voire indispensable, d'une part pour mieux comprendre les besoins des opérateurs et d'autre part

pour concevoir de nouveaux outils et quantifier le gain apporté en termes de contrainte par ces derniers. Une étude est actuellement menée dans ce domaine par Claudon et coll.(projet CEROM).

En ce qui concerne la maintenance des couteaux, les connaissances actuelles sont encore insuffisantes, malgré des études riches d'enseignement menées par Vézina (61) dans ce domaine. En effet, les techniques d'affilage et d'affûtage sont complexes et variées et les différents déterminants de celles-ci ne sont pas connus et par conséquent, il est difficile de mettre en place une formation efficace à l'affilage et à l'affûtage. Par ailleurs, le seul moyen actuel de juger de façon objective de la qualité du pouvoir de coupe est le microscope électronique. Or celui-ci est difficilement utilisable par les opérateurs sur les lieux de travail. Des études sont donc à poursuivre sur l'ergonomie des couteaux, sur leur maintenance ainsi que sur l'évaluation objective du pouvoir de coupe.

Par ailleurs, l'opération de découpe de désossage est plus sollicitante que celle du parage du fait de la présence d'os. Aussi, les études visant à améliorer la résistance de l'usure du couteau sont à poursuivre.

- Action sur le process

Certaines opérations sont particulièrement contraignantes pour le salarié telle celle de relevé de côtes, en particulier pour la main non dominante. Aussi, cette opération pourrait faire l'objet d'une étude visant à mettre en place un outil énergisé la facilitant, voire même de l'automatiser.

Par ailleurs, en 1984 la SOCOF (société de conseil et de formation auprès des industries de transformation des viandes) a conçu un nouveau procédé de désossage de bovin «DESOS SYSTEM» . Il s'agit d'un mode de travail intermédiaire entre la méthode traditionnelle sur table et le robot. Avec ce procédé, l'opérateur n'a plus de charges à porter, toutes les pièces sont convoyées. Les gestes et postures sont améliorées grâce à une analyse approfondie du travail et à de nouveaux moyens matériels tels que scies circulaires, cisailles hydrauliques. L'apprentissage des tâches est rapide. Les femmes peuvent désormais accéder à ces postes dont elles étaient exclues jusque là en raison de la pénibilité physique. Le désossage de la viande de porc pourrait faire l'objet d'une telle étude.

La prévention portant sur l'organisation du travail, la formation, et l'outil de travail doit être menée de front afin d'être la plus efficace possible. Par ailleurs, ces pistes de prévention ne sont que des moyens visant à diminuer les sollicitations et ne peuvent en aucun cas régler le problème des TMS dans ce secteur où le travail lui-même est source d'hypersollicitation.

4.2.5.3 ACTION EN AVAL DE L'ENTREPRISE

Afin de diminuer les cadences, les heures supplémentaires, le stress des opérateurs, les responsables des entreprises de transformation de la viande et les distributeurs auraient intérêt à se concerter afin de gérer les surcharges de travail imposées par les commandes faites au dernier moment par les distributeurs.

En résumé, une meilleure coordination entre tous les niveaux de la filière, élevage, transformation, et distribution, peut jouer certainement un rôle dans l'amélioration des conditions de travail. La réalité économique actuelle et le système concurrentiel semblent cependant représenter un frein à cette possibilité. Cependant, l'amélioration des conditions de travail se traduit à terme, par des bénéfices pour la santé des opérateurs sans pour autant compromettre les gains de productivité.

4.3 SYNTHÈSE

Que ce soit pour la main dominante ou pour la main non dominante, l'étude a permis de mettre en évidence que le niveau d'ISB est en partie déterminé par différents facteurs dont la tâche, la qualité du pouvoir de coupe du couteau et l'expérience.

Cependant l'interprétation des résultats reste complexe parce que l'opérateur ne subit pas les contraintes biomécaniques sur une seule main mais sur ses deux mains qui doivent par ailleurs être considérées séparément. Or si les deux mains ont leur propre activité gestuelle, elles sont cependant complémentaires l'une de l'autre pour exécuter la tâche. Ainsi, le mode opératoire de l'une pourra influencer le mode opératoire de l'autre.

Par ailleurs, il existe des interactions entre les différents déterminants mis en évidence sur la figure n° 4.3.A.

Pour la main dominante comme pour la main non dominante, si l'expérience, la tâche et la qualité d'affûtage sont des déterminants du niveau de sollicitations biomécaniques, la tâche ainsi que l'expérience, sont également deux déterminants de la qualité du pouvoir de coupe. En effet, l'expérience permettrait de mieux maîtriser l'opération d'affilage (Vézina -61-) et la tâche peut être un facteur d'usure prématurée du couteau. Les différents déterminants du degré de contrainte biomécanique apparaissent donc intriqués.

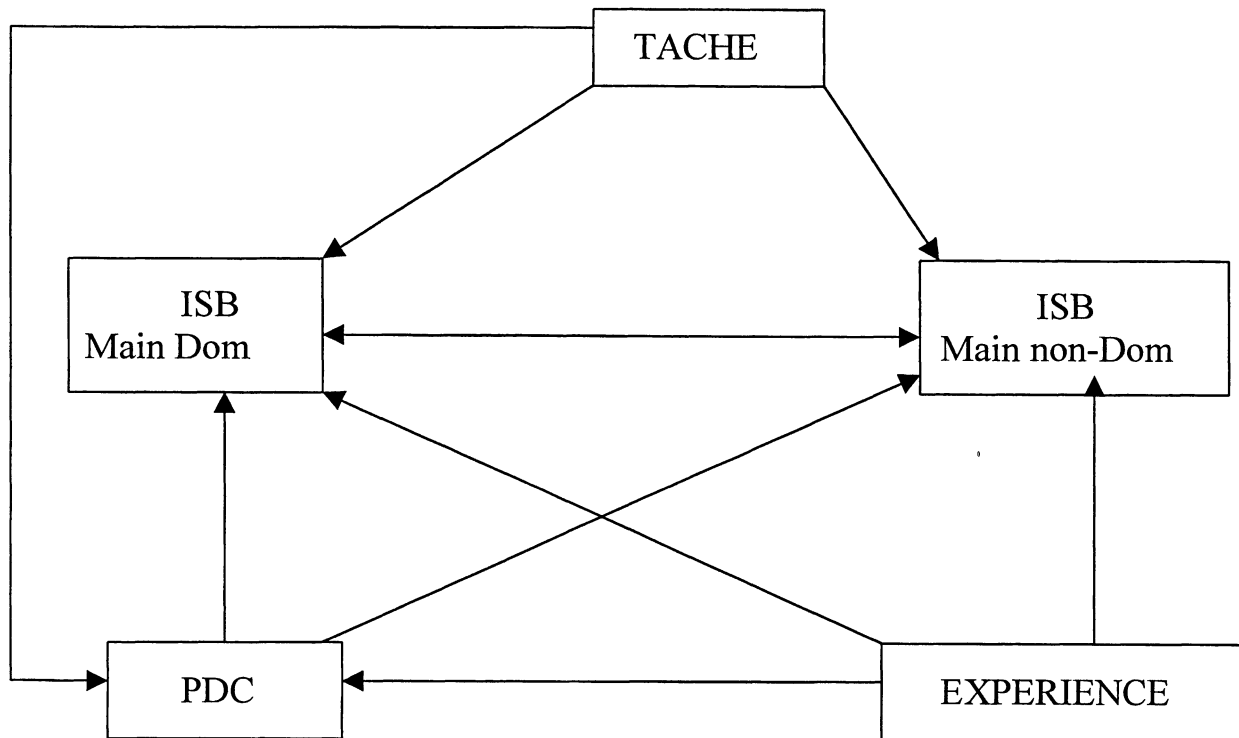


Figure n°4.3.A : interactions des différents déterminants mis en évidence, sur le niveau d'ISB

Légende :

PDC : pouvoir de coupe

Cependant, malgré la complexité de la problématique des facteurs de risque biomécanique dans la découpe de viande, plusieurs points forts ressortent de cette étude. Tout d'abord, c'est le travail lui-même qui est sollicitant. En effet, c'est bien l'activité de découpe de viande qui est source de sollicitations pour les opérateurs. Un manque d'expérience comme un couteau mal affûté ne sont que des facteurs aggravants. La tâche reste toujours contraignante pour un sujet même expérimenté et disposant d'un couteau bien affûté.

Par ailleurs, si le travail est par lui-même source de TMS, l'importance des sollicitations peut varier en fonction de la tâche, des individus, de l'expérience, de la qualité d'affûtage, de la main considérée.

De plus, ces observations ont permis de confirmer certaines études ergonomiques basées sur l'analyse de l'activité gestuelle et sont par ailleurs, cohérentes avec les études épidémiologiques. L'ISB apparaît donc comme un indice fiable de quantification des sollicitations biomécaniques. Cette étude apporte également des pistes de prévention, la biomécanique apparaissant être un outil efficace pour évaluer le gain apporté par différentes mesures adoptées pour réduire les sollicitations.

4. CONCLUSION

Actuellement, les industries de transformation de la viande sont parmi les plus touchées par les TMS(Hérán et Sandret-27-). Or la prévention est complexe, puisque les TMS sont des pathologies d'origine multifactorielle et que leurs déterminants sont encore mal connus.

Aussi l'intérêt de cette étude a été de quantifier pour la première fois les sollicitations des opérateurs au cours des tâches de désossage et de parage, reconnues comme les principaux facteurs de risque des TMS et ce à l'aide d'un indice synthétique tenant compte à la fois des efforts et de la répétitivité des gestes.

Malgré la complexité de la problématique des facteurs de risque biomécaniques dans la découpe de viande, plusieurs points forts ressortent de cette étude. Cependant certains d'entre eux nécessiteraient d'être approfondis par un effectif plus important.

Par ailleurs les résultats obtenus sont cohérents avec les études épidémiologiques et ergonomiques démontrant ainsi la fiabilité de l'ISB pour la quantification des contraintes. La biomécanique apparaît ainsi être un outil efficace dans l'avenir pour évaluer l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre.

Enfin, cette étude apporte des pistes de prévention et ouvre le champ à d'autres études de recherche.

Ainsi par exemple, il serait utile de mieux cerner les différents déterminants des diverses techniques d'affilage, d'évaluer l'efficacité de celles-ci afin d'améliorer la formation à l'affilage. Enfin, la biomécanique peut être un outil efficace pour mieux comprendre les modes opératoires des salariés expérimentés afin d'améliorer la formation des débutants.

BIBLIOGRAPHIE

1. Anderson H.I, Ejlertsson G.E., Leden I., Rosenberg C.
Chronic pain in a geographically defined general population.
Studies of differences in age, gender, social class, and pain localization.
The clinical Journal of pain, 1993, 9, 174-182.

2. Aptel M. et Cail F.
An emperical index for evaluating the biomechanical wrist stress
Advances in Occupational Ergonomics and Safety I (2 vol),1996,421-426.

3. Armstrong T.J., Foulke J.A., Joseph B.S., Goldstein S.A.
Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1982 (43) 2/82, 103-116.

4. Armstrong T.J. , Radwin R.G., Hansen D.J.
Repetitive trauma disorders : job evaluation and design .
The Human Factors Society - 1986, 28 (3), 325-336.

5. Assmus A.
Ist das Karpaltunnelsyndrom erblich ?
Aktuelle Neurologie, 1993, 20, 138-141.

6. Bird H.A., Hill J.
Repetitive strain disorder : towards diagnostic criteria.
Annals of the Rheumatic Diseases, 1992, 51, 974-977.

7. Bongers P.M., Winter C.R., Kompier M.A. Hildebrandt V.H.
Psychosocial factors at workand musculoskeletal disease
Scandinavian Journal of Work and Environmental Health - 1993, 19, 297-312.

8. Calvarin C., Gauter J., Midol-Monnet C.
La filière porcine en Bretagne - Formation et Prévention ; Projet INRS, juin 1997.

9. Cellier J.M., Escribe C.
Approche du concept d'habileté: facteurs et modalités de variations des modes opératoires dans une tâche répétitive.
Bulletin de psychologie, tome XXXIII, n°344, 285-292.

10. Choudat D., Pairon J.C.

Virus oncogènes et exposition professionnelle.

Document pour le médecin du travail n°64, 4^{ème} trimestre 1995, 239-244.

11. Claudon L., Cnockaert J.C.

Modèles biomécaniques d'analyse des contraintes au poste de travail dans le contexte des troubles musculosquelettiques ;

les Documents pour le médecin du travail n°58-1994, 140 à 147.

12. Colvez A., Blanchet M.

Disability trends in the United States population 1966-1976 ; analysis of reported causes.

American Journal of Public Health, 1981, 71, 5, 464-471.

13. Conso F.

Préface des pathologies professionnelles d'hypersollicitation: atteinte périarticulaire du membre supérieur. Pujol, Masson, Paris, 1993, 168 pages.

14. Cook Thomas M., Paula M. Ludewig, John C. Rosecrance, Chris L. Zimmermann, David G. Gerleman.

Electromyographic effects of ergonomic modifications in selected meatpacking tasks.

Applied Ergonomics, 1999, 30, 229-233.

15. Diaz A., Estevez E.C., Guijo P.S.

Joint hyperlaxity and musculoligamentous lesions.

Study of a population of homogeneous age, sex, and physical exertion.

British journal of Rheumatology, 1993, 32, 120-122.

16. Dortch H.L., Trombly C.A.

The effects of education on hand use with industrial workers in repetitive jobs.

The american Journal of Occupational Therapy, 1990, 44, 9, 777-782.

17. Falck B., Aarnio P.

Left-sided carpal tunnel syndrome in butchers.

Scand. J. Environ. Health 1983, 9, 291-297.

18. Floru R., Cnockaert J.C.

Effets non traumatiques du bruit sur la santé, la sécurité et l'efficacité de l'homme au travail .

Cahiers de notes documentaires INRS 1994, 154 :69-97.

19. Franklin G.M., Haug J., heyer N., Checkoway H., Peck N.
Occupational canal carpien syndrome in Washington state.
Américan journal of Public Health, 1991, 81, 741-746.
20. Frost P, Andersen J.H., Nielsen V.K.
Occurrence of carpal tunnel syndrôme among slaughterhouse workers
Scand J work Environ Health, 1998, vol 24, n°4, 285-292.
21. Gerling A.
Effets de la durée de pratique de l'activité physique professionnelle sur les sollicitations biomécaniques de la main
DEA, 54 pages, laboratoire de biomécanique et d'Ergonomie de l'INRS
22. Gerr F., Letz R., Landrigan P.J.
Upper extremity musculoskeletal disorders of occupational origin.
Annual Review of Public Health, 1991, 12, 543-566.
23. Godefroy M.
Guide Professionnel du découpage et du désossage des viandes de Boucherie.
éditions Jacques Lanore.
24. Goman I., Jobe F., Tibone J., Perry., Moynes D.
A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching.
The américan journal of sports medicine, 1987, 15, 586-590.
25. Grant K.A., Habes D.J.
An electromyographic study of strength and upper extremity muscle activity in simulated meat cutting tasks
Applied Ergonomics 1997, 28 (2), 129-137.
26. Hagberg M., Morgenstern H., Kelsh M.
Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome.
Scand. J. Environ and Health 1992, 18, 337-345.
27. Héran- le Roy O ., Sandret N.
Résultats de l'enquête SUMER sur l'exposition aux contraintes et nuisances dans les industries agricoles et alimentaires.
Documents pour le médecin du travail n°74, 1998 , 161-167.
28. Houtman I.L.D., bongers P.M., Smulders P.G.W., Kompier M.A.J.
Psychosocial stressors at work and musculosquelettal problems.
Scand.J.Work Environ. Health 1994, 20, :139-145.

29. Johnson S.L.

Repetitive motion disorders; what can we do ? Approaches applied in the poultry industry ; Advances in Industrial Ergonomics and Safety III
Edited by Karwowski and Yates J.W; Taylor & Francis 1991.

30. Jonsson B.

The static load component in muscle work.
European Journal of applied physiology 1988, 57 (3), 305-310.

31. Kurppa K., Viikari-juntura E., Kuosma E., Huskonen M., Kivi P.

Incidence of tenosynovitis or peritendinitis and epicondylitis in a meat processing factory.
Scand. J. of Work Environ. and Health 1991 ; 17: 32-37.

32. Laville A.

Les conséquences du travail répétitif sous cadence sur la santé des travailleurs et les accidents.
Paris, 1972, Collection du Laboratoire d'Ergonomie et de Neurophysiologie du Travail du CNAM.

33. Lecampion D., Poitier M.

Etude électromyographique d'un mouvement haltérophile.
Médecine du sport, 1978, 264-269.

34. Leclerc A., Touranchet A., Rondeau du Noyer C., Gournay M., Vallayer C., Maillard B., Delemotte Y., Roquelaure P., Mereau P., Franchi P.

Rôle des facteurs hormonaux dans le syndrome du canal carpien.
Arch. mal. prof., 1998, 59, n°1, 30-31.

35. Levi L.

Les facteurs psychosociaux en milieu de travail et leurs rapports à la santé, 1988.
Définitions et aspects conceptuels de la santé en milieu professionnel ;

36. Loppinet M. et Aptel M.

Les TMS dans la filière viande - Revue de la littérature
Notes scientifiques et Technique n°162, année 1997, 50 p.

37. Loppinet M., Aptel M.

Enquête sur l'utilisation des couteaux dans la filière viande ;
Laboratoire d'aide à la Conception d'Outils à Main Ergonomiques ; Service de Physiologie Environnementale. 1998.

38. Loslever P., Ranaivosoa A., Lepoutre F.X.
Analyse des mouvements du poignet et des forces musculaires de préhension au poste de travail.
Travail humain, 1992, 55, 277-290.
39. Mabey M.H., Pethick R.J., Graves R.J., Adams P.K.
Reducing upper limb strain injury by redesign : a case study in the food processing industry .
New York : Taylor & Francis. 1987.
40. Magnusson M., Ortengren R., Andersson G.B.J. Petersen I., Sabel B.
An ergonomic study at work methods and physical disorders among professional butchers.
Applied ergonomics 1987, 18, 1, 43-50.
41. Mergler D., Brabant C., Vezina N., Messing K.
The weaker sex ? Men in women's working conditions report similar health symptoms.
Journal of Occupational Medicine 1987, 29 (5) : p 417-421.
42. Meyer J.P, Dièvre P.
Aspects cliniques et démarches de prévention des principaux troubles musculosquelettiques à composante professionnelle du membre supérieur et de l'épaule.
Les Documents pour le Médecin du Travail, n°58, 1994 : 149-163.
43. Montmolin M.
Vocabulaire de l'ergonomie ; Coll Travail, dirigée par J. Christol et G. de Terssac sous la direction de M. de Montmolin. Toulouse, Octaves Edition, 1995, 255 p.
44. Nathan P.A., Keniston R.C.
Carpal tunnel syndrome in and its relation to general physical condition.
Hands Clinics, 1993, 2, 253-261.
45. N.I.O.S.H. (National Institute for Occupational safety and Health) (1997)
Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors : Evidence for causal relationship between physical work factors and MSDs.
46. Ohlsson K., Hansson G.A., Balogh I., Strömberg U., Palsson B., Norlander C., Rylander L., Skerfving S.
Disorders of the neck and upper limbs in women in the fish processing industry.
Occupational and Environmental Medicine 1994, 51, 826-832.

47. Patry L., Laliberté D., Gilbert L., Pelletier J., Telle M.A., Richard J.G.
Problèmes musculosquelettiques et mouvements répétitifs dans les abattoirs de volailles.

Etudes et Recherches - Rapport IRSST octobre 1993, R-074.

48. Pichené A.

Quantification des facteurs de risque biomécaniques du syndrome du canal carpien.

Notes scientifiques et techniques n°130 INRS 1995 :201 pages.

49. Pomian J.L.

Vers un nouveau concept de chaînes d'abattage ovine. De l'étable au consommateur.

Numéro spécial : les conditions de travail dans la filière viande, 1990, ANACT, 156.

50. Pujol M.

Pathologie professionnelle d'hypersollicitation.

Paris, Masson, Coll. Monographie de Médecine du Travail, 1993, 168 pages.

51. Rossignol M., Stocks S., Patry L., Armstrong B.

Carpal tunnel syndrome : what is attributable to work ? The Montreal Study. Occup. Environ. Med, 1997, 54, 519-523.

52. Roto P., Kivi P.

Prevalence of epicondylitis and tenosynovitis among meatcutters.

Scand. J. Work Environ. Health 1984, 10 : p 203-205.

53. 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.

54. Silverstein B.A., Fine L.J., Armstrong T.J.

Occupational factors and canal carpal tunnel syndrome.

American journal of industrial Medicine, 1987, 11, 343-358.

55. Simon L., Blotman F., Claustre J.

Abrégé de rhumatologie, 4^{ème} édition, Masson, 1984, 592 pages.

56. Teiger C., Laville A.

Nature et variations de l'activité mentale dans des tâches répétitives: essai d'évaluation de la charge de travail ;

Le travail humain, 1972, tome 35, n°1, 90-116

57. Teiger C.

Les modalités de régulation de l'activité comme instrument d'analyse de la charge de travail dans les tâches perceptivo- motrices (modes opératoires et postures).

Le travail humain 1977, tome 40, n°2, 257-272.

58. Toulouse G.

Etude descriptive des déterminants des facteurs de risque de LATR aux postes d'éviscération de deux abattoirs de porcs.

Etudes et Recherches - Rapport IRSST, septembre 1995, R-108.

59. Touzart V.

Les conditions de travail dans un atelier de découpe mécanique et de conditionnement de poulets.

Arch. mal. prof 1986, 47 (2), 117-121.

60. Tumerelle E.

Les facteurs hormonaux ont-ils un rôle dans le syndrome du canal carpien présumé professionnel chez la femme ?

Arch. mal. prof. 1996, 57 (7), 528-532.

61. Vézina N et Chatigny C.

Analyse du travail et apprentissage d'une tâche complexe ;étude de l'affilage du couteau dans un abattoir.

Le Travail humain, tome 58, n°3, 1995, 229-252.

62. Yamanoushi T.

EMG analysis of the mower extremities during pitching in high-school baseball.

Kurume Medical Journal, 1998, 45, 21-25.

MHR Viandes. Société de services sur Internet :

<http://www.mhr-viandes.com/fr/mainbody.htm>