



**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
ALIMENTAIRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET DE LA COHÉSION  
DES TERRITOIRES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



## Evaluation ergonomique des travaux forestiers par la méthode RULA : acquisition et traitement des données

*Malaurie Puyal, Marine Boudy, Catherine Collet, Lindsay Godard*

*Février 2025*



Ce travail a été réalisé dans le cadre des projets

- **FOREST FOR GOOD**
- **RENFOR**
- **PICO**

Il a été réalisé avec le soutien financier de :

- **Groupe AXA, avec la contribution d'AXA IM**
- **Ministère en charge des forêts**
- **Ministère en charge de l'environnement**

Affiliation des auteurs :

- Malaurie Puyal, Département Recherche, Développement et innovation, ONF, 60200 Compiègne, [malaurie.puyal@onf.fr](mailto:malaurie.puyal@onf.fr)
- Marine Boudy, Pôle RENFOR, UMR Silva, INRAE, 54 280 Champenoux
- Catherine Collet, Pôle RENFOR, UMR Silva, INRAE, 54 280 Champenoux , [catherine.collet@inrae.fr](mailto:catherine.collet@inrae.fr)
- Lindsay Godard, Pôle RENFOR, UMR Silva, INRAE, 54 280 Champenoux , [catherine.collet@inrae.fr](mailto:catherine.collet@inrae.fr)

Pour citer ce document :

Puyal M., Boudy M., Collet C., Godard L., 2025. Evaluation ergonomique des travaux forestiers par la méthode RULA : acquisition et traitement des données. Rapport Interne, ONF, INRAE, 36 p.

## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2. La suite d'outils utilisée .....</b>	<b>5</b>
2.1. La méthode RULA .....	5
2.2. Le logiciel BORIS .....	12
2.3. Le logiciel Videopad.....	12
2.4. L'application mobile Hapo LEA .....	13
<b>3. Démarche générale et calcul des scores de pénibilité.....</b>	<b>14</b>
3.1. Acquisition des données sur le terrain .....	14
3.2. Encodage des vidéos.....	15
3.3. Extraction des séquences vidéo qui seront analysées avec RULA.....	15
3.4. Estimation des scores RULA.....	16
3.5. Estimations des variables complémentaires pour le calcul du score final.....	16
3.6. Calcul du score final et des niveaux de risque RULA.....	17
3.7. Synthèse des scores et niveaux de risque à l'échelle de l'action et de l'activité étudiée	18
<b>4. Mode opératoire détaillé.....</b>	<b>21</b>
4.1. Bonnes pratiques pour l'acquisition des données opérateurs .....	21
4.2. BORIS : Mode d'emploi du logiciel et bonnes pratiques.....	21
4.3. VidéoPad : Mode d'emploi pour le découpage des séquences vidéo.....	24
<b>Bibliographie.....</b>	<b>26</b>
Annexe 1 : RULA, grille issue de la publication de Mc Atamney et al, 1993 .....	27
Annexe 2 : Définition de niveaux de risque associés aux les scores partiels .....	28
Annexe 3 : Questionnaire individuel utilisé dans le cadre du projet PICO .....	31
Annexe 4 : VideoPad, illustrations pour la découpe vidéo.....	35

## 1. Introduction

La méthode RULA (Rapid Upper Limb Assessment, en français : Evaluation rapide des membres supérieurs) est une méthode d'évaluation ergonomique semi-directe développée pour l'analyse des postes de travail pour lesquels des troubles musculosquelettiques (TMS) des parties supérieures du corps ont été identifiés ou sont suspectés. Cette méthode a été développée dans les années 90 au Royaume-Uni pour le NIH (National Institutes of Health, (McAtamney et Corlett 1993). RULA est actuellement une méthode de référence utilisée dans de nombreux secteurs d'activité (éducation, agriculture, construction, ...) et de nombreux pays (Gómez-Galán et al. 2020) pour l'évaluation ergonomique des activités professionnelles. Cette méthode permet une évaluation rapide de la pénibilité des actions, pour les parties supérieures du corps (tronc, épaules, nuque, poignets, coudes), avec une catégorisation de l'activité en 4 niveaux de risque de blessure dû à la charge musculosquelettique.

Dans sa version originale, la méthode RULA est mise en œuvre par l'observation des positions articulaires de l'opérateur à son poste de travail, puis l'application d'abaques fournit un score final. Plus récemment, de nouveaux outils qui impliquent des capteurs de mouvements ou des flux vidéo, ainsi que des traitements informatiques des données récoltées, permettent une automatisation complète ou partielle de la méthode.

Ce document présente un protocole semi-automatisé à partir de prises vidéos, que nous avons élaboré pour analyser les risques de TMS pour des opérateurs de travaux pour l'installation des plantations forestières. Le document comporte trois parties et présentera successivement :

- La suite d'outils utilisés : la méthode RULA, les logiciels BORIS et Videopad, et l'application mobile Hapo LEA
- La démarche générale suivie et l'estimation des scores de pénibilité
- Le mode opératoire détaillé pour mettre en œuvre le protocole

Ce travail a été réalisé dans le cadre de deux projets dans lesquels nous avons évalué les risques de TMS pour les opérateurs :

- Le projet « Forests For Good » : lancé en 2022, ce projet avait notamment pour objectif d'évaluer différentes méthodes de préparation mécanisée du site et de plantation.
- Le projet « PICO » (Protections Individuelles Contre les Ongulés) : lancé en 2022, ce projet avait pour objectif d'évaluer différentes méthodes de protection individuelle des plants forestiers contre les dégâts occasionnés par le cerf et le chevreuil, et d'identifier les conditions d'une mise en œuvre performante pour la protection des plantations.

## 2. La suite d'outils utilisée

### 2.1. La méthode RULA

La méthode RULA se base sur l'observation d'opérateurs en action, directement sur le terrain ou par une analyse ultérieure de vidéos.

**Les zones du corps qui sont observées** sont les suivantes, séparées en 2 groupes :

- Groupe A : les bras, les avant-bras, les poignets
- Groupe B : la nuque, le tronc, les jambes

Trois facteurs sont évalués : **la posture** des différentes parties du corps, **l'effort de charge** et **l'activité musculaire**.

**La posture de chaque partie** est évaluée à travers sa position et/ou son angle par rapport au reste du corps.

**L'effort de charge** pour chaque groupe correspond au poids porté par l'opérateur lors de la réalisation de l'action. Les contributions des actions violentes ou des charges de maintien, comme un outil à main, dépendent du poids de l'objet, de la durée du temps de maintien et de récupération ainsi que de la posture de travail adoptée. L'évaluation de l'ampleur de la charge statique ou des forces exercées qui provoqueront de la fatigue et des lésions tissulaires ultérieures dépend de la durée pendant laquelle les opérateurs sont exposés aux facteurs de risque externes.

**L'activité musculaire** pour chaque groupe correspond au caractère statique ou répétitif de l'action étudiée. Un certain nombre d'études ont montré que le travail musculaire statique maintenu n'est acceptable que pendant une durée limitée et cette durée est dépendante de la force exercée. Dans la méthode RULA, l'utilisation musculaire est définie comme répétitive si l'action est répétée plus de quatre fois par minute, et statique si une posture contraignante est maintenue plus d'une minute. Ceci est reconnu comme une définition générale conservatrice à partir de laquelle un risque peut être présent.

Pour ces 3 facteurs, **les côtés droit et gauche du corps sont évalués séparément pour les zones du Groupe A**. La méthode RULA ne permet pas d'agréger l'évaluation du côté droit et du côté gauche : l'évaluation est menée séparément sur les deux côtés.

#### 2.1.1. Principe du système de notation par scores

La notation des postures est basée sur un système de points appelés ici « scores ». Un score est attribué à chaque zone du corps selon la posture qu'elle prend lors de l'action. Les scores de ces zones varient entre 1 à 6, selon la zone du corps évaluée. Plus la pénibilité de la posture est considérée importante, plus le score est élevé. Le score de 1 est attribué à l'amplitude de mouvement ou à la posture de travail où les facteurs de risque présents sont minimales. Des scores plus élevés sont attribués à des gammes d'amplitude de mouvement entraînant des postures plus contraignantes, indiquant une présence croissante de facteurs de risque provoquant une charge sur les zones du corps. On nomme ces scores « **score partiels** ».

La notation de l'effort de charge et de l'activité musculaire fonctionne selon le même principe. Le score de 0 est attribué lorsque les facteurs de risques présents sont minimales. Des scores plus élevés indiquent des niveaux de risque plus importants.

Le choix d'un score pour chaque posture, effort de charge et activité musculaire du corps est basé sur des études de fatigue musculaire et de risques de blessures, sur des dires d'experts ergonomes, et sur la réglementation en vigueur au Royaume-Uni lors de la publication initiale de la méthode RULA.

Les « **scores partiels** », l'effort de charge et l'activité musculaire sont ensuite combinés à l'aide des abaques appelées Tables A, B et C, pour obtenir un « **score final** » de l'action étudiée. En pratique, les côtés droit et gauche étant évalués séparément, on obtient un score final pour chaque côté.

Ces abaques sont issus d'un travail conjoint entre ergonomes et kinésithérapeutes. Elles se basent sur le classement de chaque combinaison de postures sur des échelles de 1 à 9 allant de la charge la plus faible à la plus forte, sur la base de critères biomécaniques et de fonctions musculaires.

La fiche synthétique de calcul de la méthode RULA est utilisée comme support pour la suite de ce rapport, et disponible en Annexe 1. Dans la suite du document, la référence utilisée pour faire appel à cette fiche est : fiche RULA.

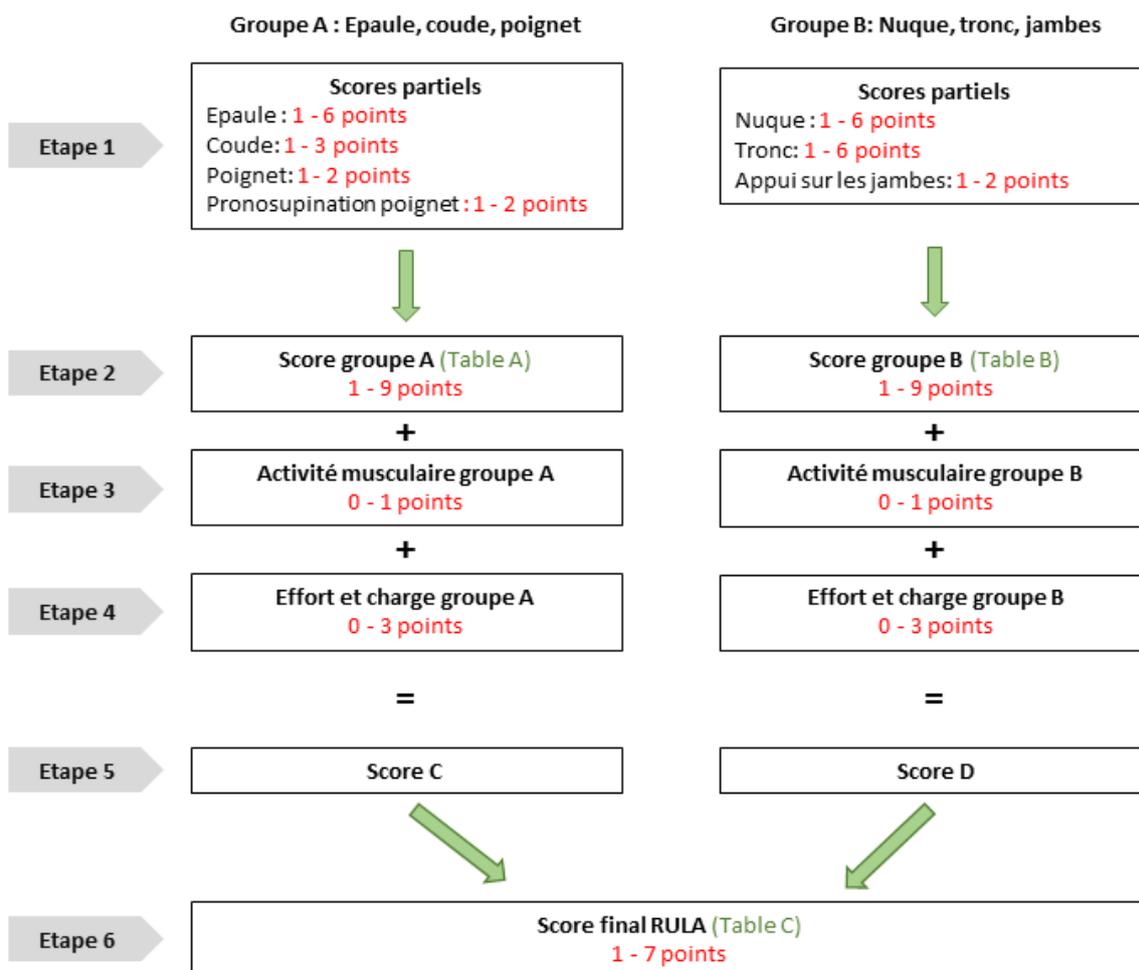


Figure 1 Méthode d'obtention du score final de la méthode RULA. Les intervalles de valeurs que peuvent prendre les scores sont figurés en rouge, et les Tables A, B et C correspondent aux tableaux de scores du même nom de l'annexe 1.

### 2.1.2. Démarche de calcul des scores RULA

Le calcul de la méthode RULA se décline en 6 étapes (Figure 1). Tous les calculs des scores et des niveaux de risque sont issus de la publication de McAtamney et Corlett (1993). La fiche RULA (Annexe 1), issue de la même publication, permet de saisir sur papier les différents scores pour une action donnée. La fiche se décline en 21 étapes que, par souci de simplification, nous avons regroupé en 6 étapes (Figure 1). Ces 2 numérotations des étapes sont donc distinctes et ne doivent pas être confondues.

*Etape 1 : estimation des scores partiels par zone du corps et par côté de l'opérateur.*

Pour chaque zone du corps épaule, coude, poignet, nuque et tronc, un score partiel est attribué en fonction de l'angle pris par la zone. Le type de mouvement réalisé influence aussi ce score, et peut augmenter le score attribué à la zone :

- Le score des bras est augmenté si les épaules sont levées ou si le bras est en abduction, il est diminué si les bras sont soutenus ou si la personne est penchée.
- Le score du coude est augmenté si l'avant-bras travaille dans la ligne médiane ou sur le côté du corps.
- Le score du poignet est augmenté en présence d'une pronosupination, d'une déviation ulnaire ou radiale.
- Les scores de la nuque et du tronc sont augmentés en présence d'une rotation ou d'une flexion. Le score des jambes dépend de la stabilité de l'opérateur (personne stabilisée sur ses deux pieds ou déséquilibrée).

Les jambes sont considérées comme une entité unique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de distinctions entre la jambe droite et gauche et qu'un score unique leur est associé.

Les scores des épaules, des coudes et des poignets sont estimés pour chaque côté du corps. Les notations des différentes zones (bras, poignets, nuque, tronc, jambes) sont indiquées dans les Figures 2 à 4. Les interprétations des schémas sont présentées en légende des figures.

*Etape 2 : calcul du score du Groupe A (côté gauche et côté droit) et du Groupe B*

Cette étape consiste à calculer des scores combinés pour chacun des 2 groupes de zones, selon les abaques « Table A » pour le groupe A et « Table B » pour le groupe B.

Les scores partiels du groupe A obtenus en étape 1 pour l'épaule, le coude et le poignet permettent le calcul d'un nouveau score « Groupe A », qui varie entre 1 et 9. Il est estimé séparément pour le côté gauche et pour le côté droit.

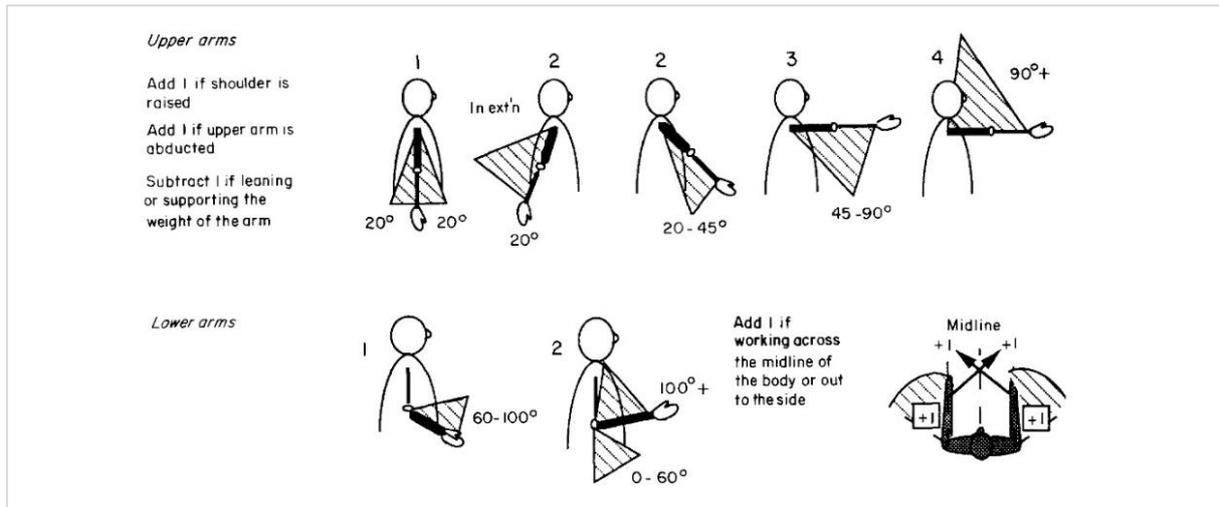
Les scores partiels du groupe B obtenus en étape 1 pour la nuque, le tronc, et les jambes permettent le calcul d'un nouveau score « Groupe B », qui varie entre 1 et 9.

*Etape 3 : estimation de l'activité musculaire du Groupe A (côté gauche et côté droit) et du Groupe B*

Le score est attribué à l'activité musculaire, de la manière la suivante :

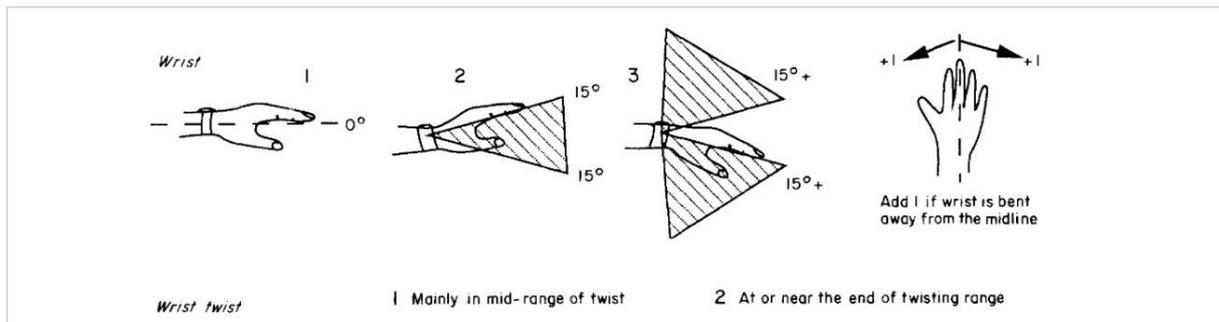
- 1 : action majoritairement statique et posture tenue plus de 10 min, ou action répétée plus de 4 fois par minute.
- 0 : sinon

Un score d'activité musculaire est attribué au groupe A, côté gauche et côté droit, ainsi qu'au groupe B.



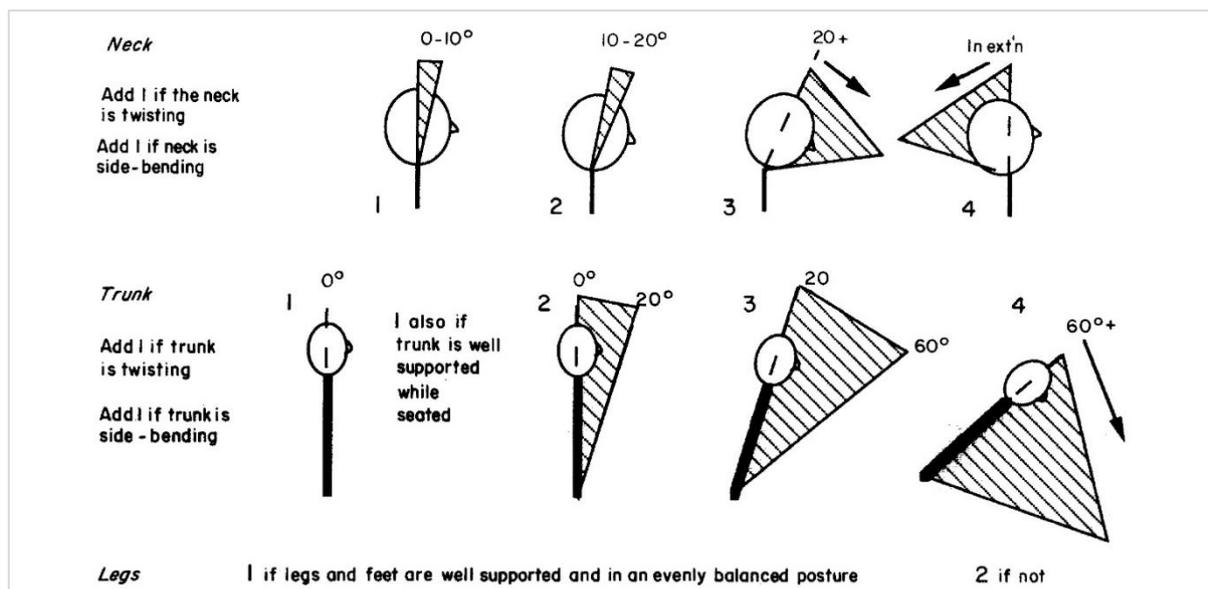
Score	1	2	3	4	+1	-1
<b>Flexion du Bras</b>	Entre 20° vers l'avant du corps et 20° vers l'arrière	> 20° vers l'arrière Entre 20° et 45° vers l'avant	Entre 45° et 90° vers l'avant	>90° vers l'avant	Epaule soulevée Bras en abduction	Posture en appuie ou poids du bras supporté
<b>Flexion de Avant-bras</b>	Entre 60° et 100° vers l'avant du corps	Entre 0 et 60° ou > 100°			Travaille au-delà de l'axe centrale du corps ou sur le côté	

Figure 2 Scores associés aux angles et types de mouvements des bras (adapté de McAtamney et Corlett, 1993)



Score	1	2	3	+1
<b>Flexion du Poignet</b>	Dans l'axe de l'avant-bras	Entre -15° et 15° par rapport à l'axe de l'avant-bras	<-15° ou >15° par rapport à l'axe de l'avant-bras	En flexion latérale
<b>Torsion du poignet</b>	<90° par rapport à l'axe de l'avant-bras	>90° par rapport à l'axe de l'avant-bras		

Figure 3 Scores associés aux angles et types de mouvements des poignets (adapté de McAtamney et Corlett, 1993)



Score	1	2	3	4	+1
<b>Inclinaison de la Nuque</b>	0° à 10° vers l'avant	10° à 20° vers l'avant	Plus de 20° vers l'avant	En extension (incliné vers l'arrière)	Cou en torsion Cou penché sur le côté
<b>Inclinaison du Tronc</b>	Droit Adossé à un support, posture assise	0° à 20°	20° à 60°	Plus de 60°	Tronc en torsion Tronc penché sur le côté
<b>Jambe</b>	Pieds et jambes supportés, posture équilibrée	Dans le cas contraire			

Figure 4 Scores associés aux angles et types de mouvements des membres du groupe B : nuque, tronc et jambes (adapté de McAtamney et Corlett, 1993)

Etape 4 : estimation de la charge du Groupe A (côté gauche et côté droit) et du Groupe B

Le score est attribué à l'effort de charge, de la manière suivante :

- 0 : charge inférieure à 2 kg et portée par intermittence
- 1 : charge comprise entre 2 et 10 kg et portée par intermittence
- 2 : charge comprise entre 2 et 10 kg, portée de façon répétée ou dans une posture statique, ou charge supérieure à 10 kg et portée par intermittence
- 3 : charge supérieure à 10 kg, portée de manière statique ou répétée, ou charge de tout poids portée avec une accumulation rapide ou une action saccadée

Un score d'effort de charge est attribué au groupe A, côté gauche et côté droit, et au groupe B.

Etape 5 : calcul du score final A (côté gauche et côté droit) et du score final B

Cette étape consiste à combiner les scores de Groupe (score « Groupe A » et score « Groupe B »), les scores d'activité musculaire et les scores de charge, calculés dans les étapes 2 à 4.

Le score C (épaule, coude, poignet) est calculé en sommant les scores « groupe A », activité musculaire et charge, en raisonnant par côté. On obtient un score pour le côté gauche et un score pour le côté droit.

Le score D (nuque, tronc, jambe) est calculé en sommant les scores « groupe B », activité musculaire et charge.

Les scores C (côté gauche et côté droit) et D varient entre 1 et 13.

#### *Etape 6 : calcul du score final et estimation du niveau de risque associé*

Cette étape consiste à calculer un score final à l'aide de la Table C, à partir du score C et du score D obtenus en étape 5. Ce score varie entre 1 et 7. Il est estimé pour le côté gauche et le côté droit de l'opérateur. Le niveau de risque de TMS pour l'opérateur et les actions de prévention à mener pour le réduire sont ensuite estimés à partir de ce score (Tableau 1).

**Tableau 1 Score RULA, niveau de risque de TMS associé, description des postures associées et actions à prévoir pour réduire le niveau de risque (McAtamney and Corlett, 1993)**

Score	Niveau de risque	Description	Actions à prévoir
1-2	Négligeable	Postures de travail qui se situent en limite des amplitudes de mouvement appropriées telles que définies dans la littérature, sans présence d'actions répétitives, charge statique ou l'exercice d'une force.	Le niveau de risque est acceptable si la position n'est pas maintenue ou si elle n'est pas répétée pendant de longues périodes
3-4	Faible	Postures de travail qui se situent en dehors des amplitudes de mouvement appropriées ou postures qui se situent dans des amplitudes de mouvement appropriées mais où des actions répétitives, une charge statique ou l'exercice d'une force sont observées.	Une analyse plus poussée est à prévoir pour comprendre les zones à risques. Des changements dans le poste de travail peuvent être nécessaires.
5-6	Moyen	Postures de travail qui ne correspondent pas à des amplitudes de mouvement appropriées : l'opérateur est amené à effectuer des mouvements répétitifs et/ou un travail musculaire statique long, et il peut être nécessaire d'exercer une force.	Des changements doivent être apportés à court terme et des mesures visant à réduire les niveaux d'exposition aux facteurs de risque sont à planifier à long terme.
>6	Fort	Postures de travail situées au maximum de l'amplitude de mouvement, avec des actions répétitives ou statiques longues. Postures où les forces ou charges peuvent être excessives	Une modification des opérations doit être immédiatement apportées pour réduire la charge excessive sur le système musculosquelettique et limiter le risque de blessure pour l'opérateur.

### 2.1.3. Interprétation des scores partiels

Il n'existe pas, dans la bibliographie de la méthode RULA, de procédure pour interpréter le score partiel obtenu pour chaque zone du corps, en termes de niveau de risque pris par l'opérateur. Seule une interprétation du niveau de risque global pour l'ensemble du corps est fournie.

Afin d'interpréter l'impact de l'activité de l'opérateur sur chaque zone du corps, nous avons définis des niveaux de risque en prenant comme modèle les abaques Table A et Table B qui traitent des scores partiels des différentes zones du corps. Plus spécifiquement, nous avons

utilisé la relation entre le score et le niveau de risque fournie par le Tableau 1. Ce tableau n'a pas été conçu pour interpréter les scores obtenus pour chaque zone du corps séparément. Néanmoins, la gamme de scores obtenus pour chaque zone étant similaire à celle pour l'ensemble des zones, nous avons utilisé cette relation pour interpréter le score obtenu pour chaque zone du corps en termes de niveau de risque pris, indépendamment des autres zones (Tableau 2).

Les correspondances entre les scores partiels et les niveaux de risque avec les scores des tables A et B fournie par la méthode RULA sont décrites plus en détail en Annexe 2.

**Tableau 2 Niveau de risque associé au score partiel pour chaque zone du corps**

Niveau de risque	Epaule	Coude	Poignet	Torsion Poignet	Nuque\tronc	Jambe
Négligeable	1-2	1-2-3	1-2-3	1-2	1-2	1
Faible	3		4		3	2
Moyen	4-5				4	
Fort	6				5-6	

#### 2.1.4. Interprétation des scores finaux et niveaux de risque de la méthode RULA

La synthèse bibliographique de Gómez-Galán et al. (2020) recense un ensemble de publications ayant utilisé la méthode RULA dans des domaines professionnels variés. Le score obtenu pour chaque tâche de travail permet de définir le niveau de risque auquel sont exposés les opérateurs lors de l'exécution de ces tâches et la nécessité d'effectuer des changements. Le découpage pas à pas de la méthode permet d'identifier les zones du corps les plus à risque. Enfin, afin d'aider à interpréter ces résultats, un grand nombre d'études utilisent en parallèle des questionnaires adressés aux opérateurs ou d'autres méthodes d'évaluation pour fournir des données complémentaires. Selon les résultats obtenus, des actions peuvent ensuite être mises en place pour diminuer le risque de TMS en mettant par exemple en place l'utilisation de nouveaux outils.

#### 2.1.5. Limites de la méthode RULA

La méthode RULA présente certaines limites. Tout d'abord, c'est une méthode généraliste, qui a été conçue pour analyser les postures prises lors d'une activité réalisée à un poste de travail fixe. Les risques liés aux déplacements de l'opérateur d'un point à un autre ne sont pas considérés (ex : risque de chute, blessures des chevilles, ...).

Ensuite, la durée de travail n'est pas intégrée à l'évaluation. Dans la pratique, les risques pour les opérateurs diffèrent pourtant selon la longueur de la journée de travail. Au cours d'une journée, la pénibilité d'une action et les risques qu'elle entraîne dépendent de la durée de sa réalisation. Il faut également noter que l'évaluation des côtés droit et gauche du corps se fait séparément. Il n'y a pas de score « global » qui synthétise les scores finaux gauche et droit. Enfin, comme précisé précédemment, il est fortement recommandé de compléter la méthode RULA par d'autres approches pour permettre d'interpréter ces niveaux de risque :

questionnaires, études épidémiologiques, mesures quantitatives de divers paramètres médicaux, etc.

Remarque : Une méthode plus récente, appelé REBA pour « *Rapid Entire body Assessment* » (Hignett et McAtamney 2000) prend en compte le bas du corps de manière plus précise. Plusieurs études comparant les deux méthodes concluent soit qu'elles sont équivalentes, soit que RULA est plus performant pour détecter les risques (Kee 2022).

## 2.2. Le logiciel BORIS

Boris (Behavioral Observation Research Interactive Software) a été initialement conçu pour analyser le comportement des animaux (Friard et Gamba 2016) à partir de vidéos. Il permet d'identifier des actions exécutées par les animaux et de les repérer sur les vidéos.

BORIS est un logiciel gratuit, open-source et multiplateforme disponible pour Linux, Windows et MacOS. C'est un logiciel autonome qui permet de définir un environnement de programmation spécifique à l'utilisateur pour un examen informatique de vidéos. Cet environnement peut être partagé avec des collaborateurs, importé ou modifié.

Les projets créés dans BORIS peuvent inclure une liste d'observations, et chaque observation peut inclure une ou deux vidéos en simultané. Une fois que l'utilisateur a défini son environnement de travail, la programmation peut être effectuée à l'aide des touches précédemment attribuées sur le clavier de l'ordinateur. BORIS permet de définir un nombre illimité d'événements (états/événements ponctuels) et de sujets. Grâce à son interface de saisie, le logiciel permet de renseigner chaque événement observé sur une vidéo à partir de la liste d'événements possibles identifiés au préalable.

Une fois le processus de programmation terminé, le programme peut extraire automatiquement des observations uniques ou groupées et présenter un résumé des principales caractéristiques comportementales évaluées sur la vidéo. Les données d'observation et l'analyse du budget-temps peuvent être exportées dans de nombreux formats courants. Les événements observés peuvent être tracés et exportés.

Téléchargement du logiciel : [https://www.boris.unito.it/download\\_win/](https://www.boris.unito.it/download_win/)

Guide d'utilisation : [https://www.boris.unito.it/user\\_guide/pdf/boris\\_user\\_guide.pdf](https://www.boris.unito.it/user_guide/pdf/boris_user_guide.pdf)

## 2.3. Le logiciel Videopad

VidéoPad est un logiciel open source et gratuit dans le cas d'une utilisation non commerciale.

Il s'agit d'un logiciel de montage vidéo aux fonctionnalités complètes (cadrage, découpage, fusion...). Il est possible d'importer des fichiers vidéo (AVI, MPEG, MP4, et plus), images (BMP, GIF, JPG, PNG, TIF etc.) ou audio (WAV, MP3, M4A, et plus). Ce logiciel peut être utilisé pour extraire d'une vidéo des séquences spécifiques pour une analyse.

Le logiciel est compatible avec **Windows 11**, XP, Vista, 7, 8, 8.1 et 10, Mac OS 10.5 et supérieur.

Le logiciel gratuit pour une utilisation non commerciale est disponible sur cette page : <https://www.nchsoftware.com/videopad/fr/>, en cliquant sur le lien « télécharger la version gratuite ici ».

## 2.4. L'application mobile Hapo LEA

Hapo LEA (Logiciel Ergonomique d'Analyse) est un outil d'évaluation ergonomique développé par ErgoSanté. Ce logiciel est à destination des professionnels de la santé au travail ou des ergonomes souhaitant analyser le risque d'exposition aux TMS. Le logiciel se base sur un algorithme d'intelligence artificielle qui détecte automatiquement les positions des articulations corporelles (cou, épaules, coudes, poignets, tronc, genoux et chevilles) en temps réel. Il calcule automatiquement l'angle de ces articulations par rapport à leur position de référence (personne debout, tronc et tête droits, bras et avant-bras pendants le long du corps). Il se base alors sur ces mesures d'angles articulaires pour calculer le score RULA "partiels" associés au bras, avant-bras, nuque et dos.

Hapo LEA est un logiciel disponible en ligne qui nécessite au préalable la création d'un compte (gratuit à la date de rédaction de ce rapport). L'accès en ligne est limité à 30 simulations par mois pour un compte.

La simulation est réalisée à partir de vidéos importées dans le logiciel. La durée de chaque vidéo ne doit pas dépasser 3 min et la taille du fichier ne doit pas dépasser 256 Mo.

Un document synthétique (au format pdf) est fourni à l'issue de la simulation. Ce document comprend deux parties. La première partie présente la répartition de la durée passée pour chaque articulation (nuque, tronc, coude gauche et droit, épaule gauche et droit), suivant les classes d'angles RULA et leur orientation (flexion, inclinaison, rotation, abduction). La deuxième partie présente la répartition de la durée passée par niveau de risque en pourcentage de la durée de la vidéo pour chacune des articulations (nuque, tronc, épaules et coudes, pour les deux côtés). Ce niveau de risque est estimé à l'aide de la méthode RULA.

L'application Hapo LEA dans son ensemble n'est pas validée scientifiquement. En revanche, elle repose sur la technologie de pose-estimation, avec le modèle open-source YOLO qui est connu et fiable (Maji et al. 2022). L'estimation des scores de risque est ensuite basée, comme mentionné, sur la méthode RULA, également reconnue scientifiquement.

Accès en ligne au logiciel : <https://lea.hapo.eu>

Mode d'emploi du logiciel : [https://lea.hapo.eu/assets/pdf\\_file/faq\\_fr.pdf](https://lea.hapo.eu/assets/pdf_file/faq_fr.pdf)

Plus d'informations : <https://www.hapo.eu/content/42-notre-expertise-hapo-lea>

### 3. Démarche générale et calcul des scores de pénibilité

Définition de nouvelles notions utilisées dans la suite du document :

*Cycle* : Dans le cas d'un travail qui comporte des activités qui se répètent de façon très similaire dans le temps, le travail est divisé en cycles. Un cycle comprend l'entièreté des actions et mouvements entrepris par un opérateur pour réaliser son travail. Exemple : pour un planteur, les actions en lien avec l'installation d'un plant sont regroupées dans un cycle. Ce cycle commence au moment où le planteur se déplace vers le plant et le cycle se termine lorsque le plant est en terre et que la terre est tassée autour du plant.

*Action* : Un cycle se divise en différentes actions unitaires. Une action correspond à un ensemble de mouvements qui peuvent être distingués lors de la réalisation d'un cycle. Exemple : pour un planteur, les différentes actions sont : se déplacer entre deux plants, faire un trou avec une pioche, etc.

*Ethogramme* : L'éthogramme est la liste de toutes les actions réalisées par l'opérateur et que l'on souhaite décrire dans l'étude.

#### 3.1. Acquisition des données sur le terrain

*Matériel utilisé* : camescope, peson, mètre ruban, questionnaire

L'étape d'acquisition des données opérateurs sur le terrain comprend 3 sous-étapes :

- Pesée du matériel utilisé par l'opérateur pour estimer l'effort de charge lors du calcul du score RULA.
- Prises vidéos de l'opérateur pour estimer la productivité et les risques de TMS.
- Réalisation d'entretiens suivis d'échanges libres avec les opérateurs pour décrire chaque opérateur, et pour évaluer leur ressenti du risque et de la pénibilité.

La **pesée du matériel** est effectuée avant le début du chantier.

La **prise de vidéo** permet l'évaluation des angles des postures prises par la personne évaluée, la mise en lien entre les postures et les actions et le calcul de répétitivité des mouvements et de productivité.

La variabilité intra-opérateur sur les postures est très importante dans les métiers sylvicoles. Il est nécessaire d'avoir au minimum sur une même modalité évaluée 3 opérateurs différents. Un nombre d'opérateurs élevé améliore la robustesse des résultats.

Après une phase d'échauffement et d'adaptation de l'opérateur au caméraman, ce dernier filme en continu l'opérateur durant les différentes opérations du travail que l'on souhaite analyser.

Une durée minimale de 45 cycles ou de 20 min d'activité par opérateur doit être décrite. Un nombre élevé de cycles offre un meilleur choix dans la sélection des séquences finalement analysées qui doivent répondre à certaines contraintes (image nette, opérateur bien cadré, côté droit ou gauche bien visible, etc.).

Le **questionnaire individuel** est renseigné à la fin du chantier. Il peut être renseigné en autonomie par les ouvriers évalués au cours de la journée, ou bien par l'évaluateur sous la forme d'un entretien avec l'opérateur. Il s'agit d'une part de décrire l'opérateur (âge, taille, santé, expérience dans le métier, etc.) et d'autre part, d'évaluer son ressenti de la pénibilité de mise

en œuvre et des risques des activités étudiées sur ce chantier. Un exemple de questionnaire est disponible en Annexe 3.

Données en sortie :

- Poids et dimension de tous les matériels utilisés.
- Vidéos de l'opérateur. Il y a autant de vidéos que de combinaison opérateur x modalité évaluées.
- Questionnaire de ressenti de la pénibilité et des risques renseigné lors de l'entretien avec l'opérateur
- Informations sur l'opérateur

### 3.2. Encodage des vidéos

Matériel utilisé : logiciel BORIS, vidéos des opérateurs

De retour au bureau, l'étape suivante consiste à décrire le contenu des vidéos prises sur le terrain. Cette étape permet de cibler les séquences des vidéos qui seront utilisées pour l'analyse RULA et pour l'estimation de la productivité.

Afin d'harmoniser les évaluations faites par les différents évaluateurs, les points suivants sont préalablement définis et validés par l'ensemble du groupe d'évaluateurs :

- L'éthogramme, qui liste les différentes actions possibles de l'opérateur,
- Le moment où l'on considère que l'action démarre
- Le moment où l'on considère que l'action se termine.

Sur chaque vidéo, chaque action de l'opérateur est identifiée, et une heure de début et de fin est attribuée à chaque action. Au sein de ces actions continues, des actions ponctuelles peuvent être présentes (ex : mouvement d'un bras qui tape sur un piquet). L'exécution de chaque action ponctuelle est alors notée.

Un minimum de 45 cycles par combinaison opérateur x modalité sont encodés. Si moins de 45 cycles ont été filmés, l'entièreté de la vidéo est traitée. Le nombre minimal de cycles à encoder est défini pour permettre une bonne estimation de la productivité et de la répétitivité des mouvements. L'analyse RULA, plus longue à réaliser, est généralement effectuée sur un nombre plus limité de cycles. Ce nombre dépend des moyens disponibles pour le traitement RULA et est au moins égal à 5.

Données en sortie : Cette étape permet la production de fichiers Excel (nommés « fichiers\_boris » par la suite), qui contiennent pour l'ensemble des vidéos analysées : le nom de la vidéo, le nom de l'opérateur, le nom du chantier, le temps de début de l'action, le temps de fin de l'action, le nom de l'action, le type d'action (ponctuelle ou continue), sa durée dans le cas des actions continues. Une action encodée représente une observation (= une ligne du fichier). Il est possible de sortir un fichier par opérateur ou bien pour l'entièreté des analyses.

### 3.3. Extraction des séquences vidéo qui seront analysées avec RULA

Matériel utilisé : logiciel VidéoPad, « fichiers\_boris »

Très souvent, l'analyse RULA n'est pas réalisable sur l'entièreté de la durée des vidéos disponibles. Le logiciel VidéoPad est alors utilisé pour extraire les séquences de vidéos

sélectionnées pour l'analyse RULA. Ces séquences vidéo ont été encodées à l'étape précédente dans BORIS et sont donc disponibles dans la BDD\_BORIS.

Données en sortie : séquences vidéo « séquences RULA ». Il y a autant de vidéos que de séquences RULA à analyser.

### 3.4. Estimation des scores RULA

Matériel utilisé : logiciel Hapo LEA, vidéos « séquences RULA »

A partir des séquences vidéo extraites, les postures et angles des opérateurs sont analysés. Le traitement des vidéos est réalisé directement par l'entreprise ErgoSanté. Les vidéos sont envoyées à ErgoSanté qui procède à leur traitement avec son logiciel et transmet pour chaque vidéo analysée un fichier Excel que l'on nomme BDD\_LEA contenant pour chaque image de la vidéo plus de 100 variables. Les variables que nous utilisons sont les suivantes :

- Frame : numéro d'image de la vidéo.
- Nuque, Tronc, Epaule gauche, Epaule droit, Coude gauche, Coude droit : variables des scores partiels RULA attribués en fonction des angles estimés pour ces zones du corps

Données en sortie : fichiers\_LEA. Le nombre de lignes correspond au nombre d'images évaluées sur l'ensemble des vidéos. Pour chaque image, on obtient les scores partiels RULA pour les zones du corps Nuque, Tronc, Epaule gauche et droit, Coude gauche et droit.

Remarque : Il est également possible de faire ce traitement vidéo à l'aide du logiciel en ligne Hapo LEA. Selon la finesse souhaitée pour l'analyse, il sera alors peut-être nécessaire de diviser les vidéos RULA par actions pour permettre une analyse plus fine des cycles et ne pas avoir uniquement un résultat général sur le cycle.

### 3.5. Estimations des variables complémentaires pour le calcul du score final

Matériel utilisé : logiciel de lecture vidéo, poids du matériel transporté par les opérateurs, fichier\_BORIS

Le calcul du score RULA nécessite des variables complémentaires qui ne sont pas disponibles à l'issue de l'analyse par Hapo LEA. L'ensemble de ces variables est estimé à partir du visionnage des vidéos des séquences RULA :

- Le score partiel du poignet gauche, du poignet droit, l'équilibre des jambes (pour le groupe A gauche et droite et le groupe B).
- Le score d'effort de charge est estimé à partir du poids de la charge portée par l'opérateur et la localisation de cette charge portée (groupe A, groupe B, côté gauche, côté droit) lors de l'action. Dans le cas où le poids de la charge portée diminue au cours des cycles de travail (exemple : pulvérisation d'un produit) la charge considérée correspond au poids du contenant rempli à 50%.
- L'activité musculaire est calculée à partir des données des fichiers « fichiers\_BORIS » car celle-ci dépend de la répétition des mouvements, de la durée des actions et de la zone du corps sollicitée (groupe A, groupe B, côté gauche, côté droit) lors de l'action. Si une des actions au sein du cycle est répétée plus de 4 fois par minute, ou bien si une posture contraignante est maintenue plus d'une minute, le score prend la valeur 1 et 0 sinon pour la zone du corps concernée. L'activité musculaire est d'abord calculée de manière

distincte pour chaque zone du groupe A (les côtés droit et gauche sont distingués) et chaque zone du groupe B. Puis, si au moins une des zones présente une activité musculaire non nulle, sa valeur est retenue pour l'ensemble du groupe. Si toutes les zones du groupe ont un score de 0, un score d'activité musculaire de 0 est attribué au groupe.

Remarque : pour les jambes, on ne prend pas en compte la répétitivité des déplacements, seulement la répétitivité de l'action de s'accroupir ou s'agenouiller lorsqu'elle a lieu.

Les scores sont estimés pour chaque action, et chaque opérateur.

Données de sortie : « fichier\_complementaire » qui contient autant de lignes que d'actions analysées avec le logiciel Hapo LEA. Si 5 cycles comprenant 5 actions pour 5 opérateurs différents ont été analysés, cette BDD comprendra 125 lignes avec en colonne :

- Le score partiel du poignet gauche
- Le score partiel du poignet droit,
- Le score partiel d'équilibre des jambes (il n'y a pas de distinction côté droit ou gauche)
- Le score d'effort de charge pour le groupe A côté gauche
- Le score d'effort de charge pour le groupe A côté droit
- Le score d'effort de charge pour le groupe B
- L'activité musculaire pour le groupe A côté gauche
- L'activité musculaire pour le groupe A côté droit
- L'activité musculaire pour le groupe B

### 3.6. Calcul du score final et des niveaux de risque RULA

Matériel utilisé : logiciel R Studio, fichier\_BORIS, fichier\_LEA, fichier\_complementaire

Les étapes précédentes nous ont permis d'obtenir différents fichiers qui sont rassemblés en trois bases de données :

- BDD\_BORIS : les « fichier\_BORIS » sont rassemblés en une base de données qui comprend les différentes actions évaluées sur l'ensemble des vidéos, avec le temps de début et de fin de chacune d'elles.
- BDD\_LEA : les « fichier\_LEA » sont rassemblés en une base de données qui comprend, pour chaque image des vidéos « séquences RULA » analysées, un score partiel pour l'épaule gauche, l'épaule droite, le coude gauche, le coude droit, la nuque et le tronc.
- BDD\_complementaire : les « fichier\_LEA » sont rassemblés en une base de données qui comprend, pour chaque action des vidéos « séquence RULA » analysées, un score partiel pour le poignet gauche, le poignet droit, les jambes, l'activité musculaire et l'effort de charge pour le côté gauche du groupe A, pour le côté droit du groupe A et pour le groupe B.

La dernière étape consiste à regrouper ces différentes bases de données pour obtenir le score final RULA et le niveau de risque par action. Cette étape est réalisée à l'aide du logiciel de traitement de données R.

Afin de maintenir le degré le plus fin de traitement, la BDD\_LEA qui dispose du traitement des données pour chaque image, est utilisée. Elle est fusionnée avec la BDD\_complementaire pour intégrer les scores partiels manquants, les scores de charge et d'activité musculaire, et la

BDD\_BORIS pour faire le lien entre l'image de la vidéo et l'action du cycle évaluée. A partir de cette dernière BDD\_compilée, un score final et un niveau de risque sont calculés avec la méthode RULA pour chaque image des séquences RULA analysées.

Données de sortie : BDD\_compilée. C'est à partir de cette base de données que l'analyse du niveau de risque RULA est réalisée.

### 3.7. Synthèse des scores et niveaux de risque à l'échelle de l'action et de l'activité étudiée

Matériel utilisé : logiciel R, BDD\_compilée

Pour interpréter le fichier BDD\_compilée, plusieurs manipulations sont nécessaires pour calculer les scores ou niveaux de risque à l'échelle d'une action ou de l'activité globale de l'opérateur évalué. On peut ainsi estimer un score moyen ou estimer une portion de temps passée par niveau de risque, par action ou par activité.

Les étapes présentées ci-dessous peuvent être réalisées à différentes échelles :

- Échelle opérateur ou échelle globale (qui synthétise l'information pour tous les opérateurs)
- Échelle action ou échelle activité (qui synthétise l'information pour toutes les actions présentes dans l'activité).

Un exemple d'application est présenté ci-dessous :

- 1) Calcul de la part de temps par niveau de risque

Pour calculer la proportion de temps passée par niveau de risque, on calcule pour chaque niveau de risque le **rapport entre le nombre d'images pour le niveau de risque /nombre d'images total à estimer selon les échelles choisies pour l'évaluation**. Cette étape est réalisée sur le côté gauche et/ou le côté droit du/des opérateurs. La Figure 5 présente les résultats obtenus.

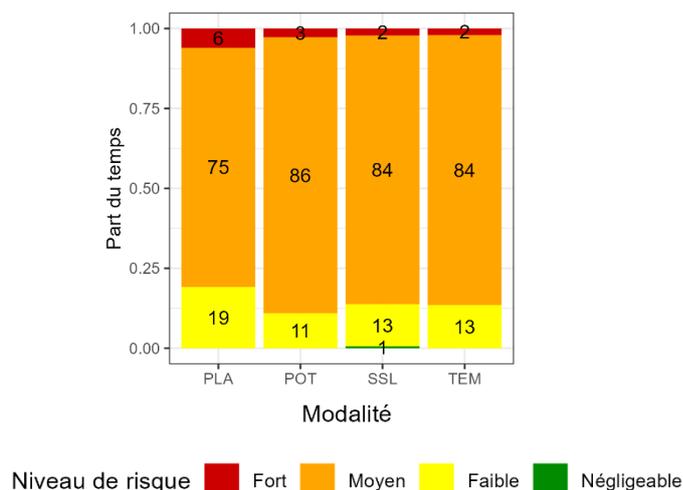


Figure 5 : Part du temps dans chaque niveau de risque lors de l'activité d'un opérateur selon différentes modalités (en abscisse), pour le côté gauche d'un opérateur.

## 2) Calcul d'un score moyen par action à partir des scores par image

Pour calculer un score moyen par action évaluée (pour les scores partiels ou le score final par exemple), on calcule une valeur **moyenne**. Tout d'abord, un score moyen pour chaque action de la BDD\_compilée est calculé à partir du score de l'ensemble des images de cette action, **en arrondissant à l'entier le plus proche**. Ensuite, il est possible d'obtenir des scores synthétiques de moyenne, médiane, écart-type pour une action donnée en fonction de l'échelle choisie (par chantier, par opérateur, pour 10 cycles, ...).

## 3) Application visuelle d'un niveau de risque sur les scores partiels

Il est ensuite possible d'obtenir des estimateurs (par exemple moyenne et écart-type) pour une zone du corps sur les différentes actions. En utilisant les tableaux 2 à 8, il est possible de visualiser le niveau de risque théorique associé à ces scores en ajoutant des couleurs sur le fond des graphiques. Les niveaux de risque associés en fonction des scores partiels sont disponibles en Tableau 1. Un exemple de représentation graphique des résultats est présenté dans la Figure 6.

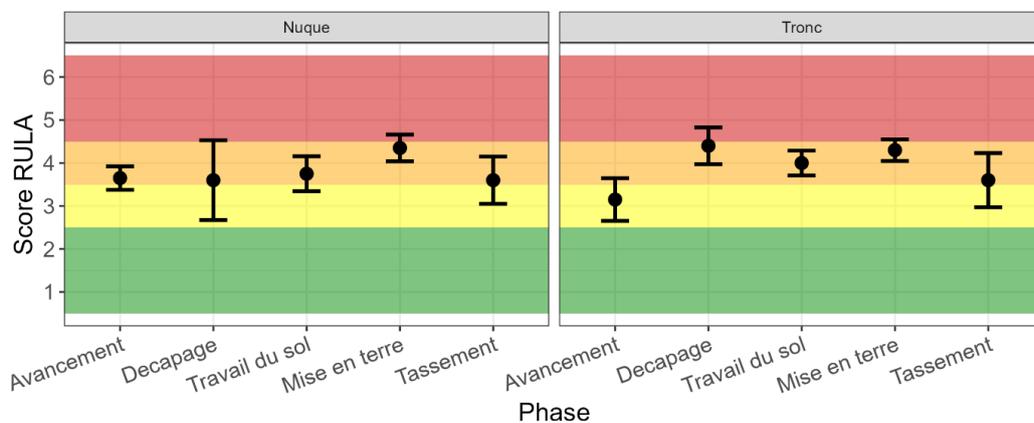


Figure 6 : Exemple de représentation du score partiel pour la nuque et le tronc en fonction des actions réalisées par les opérateurs. Le fond représente les niveaux de risque théoriques estimés.

Un schéma représentant les différentes étapes de la démarche générale d'acquisition et traitement des données est présenté dans la Figure 7.

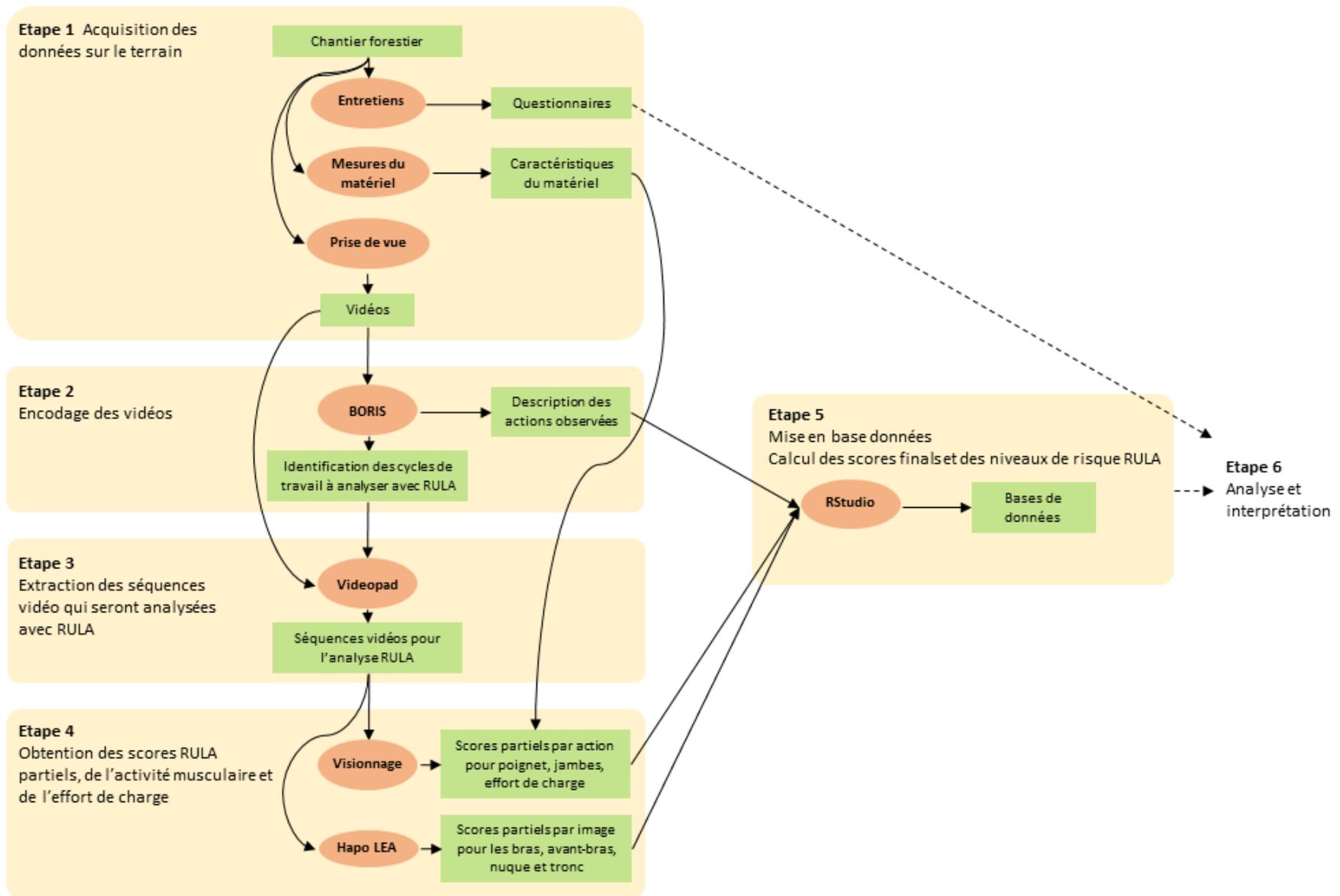


Figure 7 Schéma bilan de la démarche d'acquisition et de traitement des données

## 4. Mode opératoire détaillé

### 4.1. Bonnes pratiques pour l'acquisition des données opérateurs

Différentes précautions sont à prendre pour la réalisation des vidéos des opérateurs. En amont, il est nécessaire de vérifier la batterie de l'appareil et le réglage de mise en veille de l'écran. Sur certains appareils, l'écran du caméscope se met en veille lorsque celui-ci n'est plus en mouvement ce qui complique la prise vidéo. Avoir un appareil avec un stabilisateur interne est un plus pour le traitement vidéo ensuite.

La prise des vidéos doit respecter les règles suivantes :

- Filmer en format portrait
- Filmer une seule personne sur la vidéo
- Filmer la personne en entier (de la tête aux pieds)
- Filmer la personne positionnée à une distance comprise entre 2 et 6 mètres
- Filmer la personne de profil ou de face
- Filmer l'action plusieurs fois d'affilé pour éviter de perdre de l'information avec des arrêts de vidéo trop précoces
- Dans la mesure du possible, filmer en une seule prise vidéo chaque combinaison modalité x opérateur et démarrer une nouvelle vidéo uniquement lors de changement de modalité évaluée ou d'opérateur suivi.

Lors de l'extraction des vidéos au bureau, le nommage préconisé pour les vidéos est le suivant : numéro de chantier (CX) – numéro d'opérateur (OX) – modalité (en toutes lettres) (ex : C1\_O1\_trico pour le chantier 1, opérateur 1, modalité « trico »). Il est essentiel d'utiliser les mêmes règles de nommage tout le long de l'étude.

### 4.2. BORIS : Mode d'emploi du logiciel et bonnes pratiques

Pour pouvoir utiliser le logiciel BORIS, il est nécessaire de créer un lieu de stockage des données à évaluer. Il est important de maintenir une arborescence commune entre les différents membres du projet. Une proposition d'arborescence des dossiers du projet est présentée en Figure 8. Il est important de ne pas modifier le nom des dossiers ou des vidéos une fois le traitement sur Boris initié.

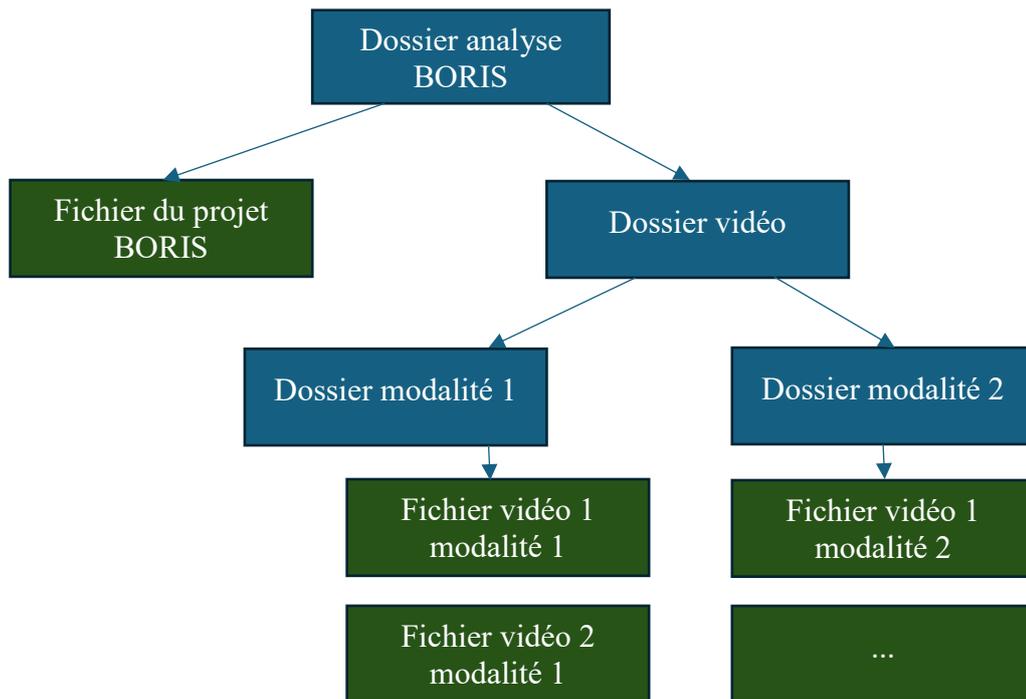


Figure 8 Arborescence de fichier d'un projet pour l'analyse des vidéos sur BORIS

#### 0) Version du logiciel

Pour pouvoir revenir plusieurs fois sur le même projet et pour permettre le partage de projet, il est important que toutes les personnes travaillant sur un projet BORIS commun aient la même version du logiciel pour éviter tout problème de lecture du projet.

#### 1) Paramétrage du projet

Se référer au guide d'utilisation de BORIS pour la création d'un projet et l'édition de l'éthogramme et des variables indépendantes.

Au sein d'un même projet BORIS, un seul et même éthogramme sera utilisé. L'éthogramme doit être adapté au sujet de l'étude. Les actions présentes dans cet éthogramme sont de 2 types :

- « State event » : action sur une durée, avec un début et une fin
- « Point event » : action ponctuelle, à un instant T.

Au sein de cet éthogramme, il est possible de définir des raccourcis clavier pour les différentes actions en allant dans « Project>Edit Project », et paramétrant le champ « Key ».

Dans BORIS, une observation correspond à une vidéo ou un groupe de vidéos qui se suivent dans le temps. Dans le cas présent, une observation correspond donc à une modalité pour un opérateur donné : il peut y avoir une ou plusieurs vidéos par observation. Il est cependant préférable sur le terrain de prendre une vidéo en continu plutôt que plusieurs vidéos pour n'avoir qu'un seul fichier à analyser et éviter tout problème de liaison lorsque l'on doit analyser plusieurs vidéos pour une même combinaison modalité x opérateur.

Les variables indépendantes correspondent par exemple à un numéro du chantier, d'opérateur ou encore à une modalité évaluée. Ces informations sont renseignées au début de chaque observation sur BORIS.

## 2) *Création d'une observation*

Cliquer sur Observations -> New observations. Une fenêtre s'ouvre :

- « Observation id » : reprendre la même indexation que pour les vidéos
- « Description », y indiquer :
  - o **L'ordre des étapes** réalisées par l'opérateur
  - o Les **postures prises par l'opérateur** pour les différentes étapes de la modalité de protection (indiquer si l'opérateur et principalement accroupi, penche le torse avec jambe tendues, ou alterne les 2 positions)
  - o Identifier les actions qui se chevauchent dans le temps
  - o Tout autre observation utile pour l'analyse de productivité et posturale par la suite
- « Independent variables » : sélectionner le numéro de chantier, le numéro d'opérateur, et la modalité évaluée qui ont été initialisés lors de la création du projet
- « Observation type » cliquer sur « observation from media » puis Add media -> **with relative path** -> sélectionner toutes les vidéos correspondant à l'opérateur concerné pour la modalité étudiée
- Cliquer sur « Start » pour commencer le traitement des vidéos.

## 3) *Renseignement des actions*

Faire défiler la vidéo avec les flèches du clavier et attribuer le début et la fin de chaque action (action « State event ») ou le moment de réalisation de l'action ponctuelle (« Point event »). Les actions renseignées lors du traitement vidéo sont listées dans la fenêtre « Events ». Il est important de faire coïncider le temps de fin d'une action avec le temps du début de l'action suivante.

## 4) *Identification des séquence RULA (optionnel)*

Dans le cas où l'analyse RULA ne peut pas être réalisée sur l'ensemble de la vidéo (nombre de cycle trop important, vidéo trop volumineuse), il est nécessaire de réaliser une sélection de cycles complets. Pour chaque opérateur et chaque modalité, on sélectionne 6 cycles de travail représentatifs.

On positionne le début et la fin de la séquence RULA de la même manière pour l'ensemble des cycles sélectionnés.

Les critères pour sélectionner les **6 cycles de travail** sont les suivants :

- Angle de vue : Sélectionner 2 cycles côté droit, 2 côté gauche, et 2 cycles où l'opérateur est filmé de face ou 3/4 sauf s'il n'y a pas de séquence filmée pour un angle de vue donné ou bien si pour un angle de donné, aucun cycle ne répond aux critères suivants.
- La vidéo ne doit pas être floue.
- La vidéo peut ne pas être « stable » (mouvement de la caméra de haut en bas ou sur les côtés, zoom avant/arrière), car ce n'est pas un problème pour l'analyse posturale qui est faite image par image.
- La personne doit être visible en entier sur toute la durée du cycle
- Seule l'opérateur doit être visible dans le champ de la caméra (ne pas sélectionner des séquences avec d'autres personnes en arrière-plan)
- La personne doit être visible de trois-quarts, de profil ou de face, mais surtout pas de dos

- Les postures adoptées dans le cycle de travail doivent correspondre, dans la mesure du possible, aux postures majoritairement représentées sur la durée du suivi

Un identifiant unique est donné à chaque séquence RULA. Il est renseigné en commentaire de la ligne de début de l'action « Séquence RULA » dans l'interface de traitement BORIS : dans la fenêtre « Event » faire clic droit sur la ligne de début de la séquence RULA, sélectionner « Edit selected event » puis renseigner l'identifiant dans l'onglet « Comment ».

L'indexation préconisée pour les séquences RULA est la suivante : numéro de chantier (CX) \_ numéro d'opérateur (OX) \_ modalité (en toutes lettres) \_ numéro de la séquence RULA (1 à 6) \_ angle de la caméra par rapport à l'opérateur (droit, face, gauche)

Ex : C1\_O1\_trico\_1\_gauche pour le chantier 1, l'opérateur 1, la modalité « trico », séquence RULA 1, côté gauche

Il est essentiel d'utiliser la même indexation tout le long de l'étude.

### 5) *Extraction des résultats*

Il est possible d'extraire au format Excel et en un seul document les encodages de toutes les observations réalisées dans un projet donné :

- Cliquer sur l'onglet « Observations » en haut à gauche -> « export events » -> « aggregated events »
- Ouverture de la fenêtre *Select observations for exporting events* : cliquer sur « Select all » puis « OK »
- Ouverture de la fenêtre *Select subjects and behaviors* : tout est déjà sélectionné, cliquer sur « OK »
- Question « Group events from selected observations in on file ? » : « Yes » -> Sélectionner le format .xlsx et nommer le fichier puis « enregistrer ». Ainsi, à chaque action correspond une unique ligne dans le fichier. (En cliquant sur « No », le début et la fin d'une action sur une durée sont exportées comme 2 lignes séparées)

## 4.3. VidéoPad : Mode d'emploi pour le découpage des séquences vidéo

0. Ouvrir l'export de résultat BORIS associé à la modalité et à l'opérateur pour obtenir les temps de début et de fin des cycles RULA à découper, dans les colonnes « Start » et « Stop » du fichier.
1. Import sur VidéoPad des fichiers vidéo d'une modalité et d'un opérateur dans le logiciel : Accueil > Ajouter fichier(s) > Ajouter des fichiers à partir de l'ordinateur (Annexe 4 : VidéoPad, illustrations pour la découpe vidéo, Figure 9). Faire ensuite glisser les vidéos dans la zone en bas de la plateforme (Annexe 4 : VidéoPad, illustrations pour la découpe vidéo, Figure 10). Il est nécessaire de sélectionner toutes les vidéos utilisées dans l'analyse BORIS pour ce couple modalité-opérateur et de les remettre dans le même ordre pour avoir la même temporalité. Vérifier que le temps final de la vidéo correspond bien au temps souhaité et que l'ordre des séquences correspond bien au fil du temps dans la vidéo initiale.
2. Dans « curseur » insérer la valeur « Time » du début de la séquence RULA à découper et appuyer sur entrée puis cliquer sur « séparer ». Faire de même pour la valeur de fin de séquence (Annexe 4, Figure 11).

3. Si besoin de rogner la vidéo (ex : pour exclure des personnes visibles en arrière-plan) : sélectionner la séquence, cliquer sur « effets video » (barre en haut) → « ajouter effet » → « rogner »
4. Export. Supprimer les séquences vidéo antérieures ou postérieures à la séquence RULA de la zone en bas du logiciel (« Ctrl » + clic gauche, puis « Suppr ») afin de ne garder que la séquence désirée.
  - a. Cliquer sur « Exporter video » → « Video sans perte ».
  - b. Fenêtre « Exporter la video » -> « Ordinateur local »
  - c. Fenêtre « Paramètre des fichiers d'exportation » -> **Nom du fichier correspondant à l'identifiant attribué lors de la sélection de la séquence RULA dans boris** : Cx\_Ox\_modalite\_num\_sequence\_coté (ex : C1\_O1\_trico\_RULA\_1\_gauche). Format de fichier : .mp4

Remarque : Si le format de vidéo ne permet pas la vidéo sans perte, cliquer sur « Fichier vidéo » (Annexe 4 : VideoPad, illustrations pour la découpe vidéo, Figure 12). Vérifier que le format soit bien « .mp4 » et que la fréquence d'image corresponde à celle de la vidéo initiale (pour la connaître, dans le dossier où sont rangées les vidéos faire clic droit sur la vidéo > « propriétés »> onglet « détails »> « Fréquence d'images »)

5. Récupérer les séquences qui ont été supprimées : faire « ctrl »+ « Z » le nombre de fois nécessaire jusqu'à ce qu'elles réapparaissent toutes dans la barre d'édition.
6. Répéter les opérations 2 à 5 pour chacune des séquences RULA à exporter.

## Bibliographie

- Friard, Olivier, et Marco Gamba. 2016. « BORIS: A Free, Versatile Open-Source Event-Logging Software for Video/Audio Coding and Live Observations ». *Methods in Ecology and Evolution* 7 (11): 1325-30. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12584>.
- Gómez-Galán, Marta, Ángel-Jesús Callejón-Ferre, José Pérez-Alonso, Manuel Díaz-Pérez, et Jesús-Antonio Carrillo-Castrillo. 2020. « Musculoskeletal Risks: RULA Bibliometric Review ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (12): 4354. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124354>.
- Hignett, Sue, et Lynn McAtamney. 2000. « Rapid Entire Body Assessment (REBA) ». *Applied Ergonomics* 31 (2): 201-5. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3).
- Kee, Dohyung. 2022. « Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA Based on a Literature Review ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010595>.
- Maji, Debapriya, Soyeb Nagori, Manu Mathew, et Deepak Poddar. 2022. « YOLO-Pose: Enhancing YOLO for Multi Person Pose Estimation Using Object Keypoint Similarity Loss ». In *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 2636-45. <https://doi.org/10.1109/CVPRW56347.2022.00297>.
- McAtamney, Lynn, et E Nigel Corlett. 1993. « RULA: A Survey Method for the Investigation of World-Related Upper Limb Disorders ». *Applied Ergonomics*, n° 24, 91-99.

# RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

### A. Arm & Wrist Analysis

**Step 1: Locate Upper Arm Position**

**Step 1a: Adjust...**

If shoulder is raised: +1;  
If upper arm is abducted: +1;  
If arm is supported or person is leaning: -1

**Final Upper Arm Score =**

**Step 2: Locate Lower Arm Position**

**Step 2a: Adjust...**

If arm is working across midline of the body: +1;  
If arm out to side of body: +1

**Final Lower Arm Score =**

**Step 3: Locate Wrist Position**

**Step 3a: Adjust...**

If wrist is bent from the midline: +1

**Final Wrist Score =**

**Step 4: Wrist Twist**

If wrist is twisted mainly in mid-range = 1;  
If twist at or near end of twisting range = 2

**Wrist Twist Score =**

**Step 5: Look-up Posture Score in Table A**

Use values from steps 1,2,3 & 4 to locate Posture Score in table A

**Posture Score A =**

**Step 6: Add Muscle Use Score**

If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute) or;  
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1

**Muscle Use Score =**

**Step 7: Add Force/load Score**

If load less than 2 kg (intermittent): +0;  
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1;  
If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2;  
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

**Force/load Score =**

**Step 8: Find Row in Table C**

The completed score from the Arm/wrist analysis is used to find the row on Table C

**Final Wrist & Arm Score =**

## SCORES

**Table A**

Upper Arm	Lower Arm	Wrist					
		Wrist Ext.	Wrist Flex.	Wrist Dev.	Wrist Twist		
1	1	1	2	2	3	3	3
2	2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9

**Table B**

Neck	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	3	4	5
2	2	3	3	4	5	6
3	3	3	4	4	5	6
4	4	4	4	5	6	7
5	5	5	5	6	7	8
6	6	6	6	7	7	8
7	7	7	7	7	8	8
8	8	8	8	8	8	9
9	9	9	9	9	9	9

**Table C**

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	4	3	3	4	4	5	6
5	4	4	4	4	5	6	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

### B. Neck, Trunk & Leg Analysis

**Step 9: Locate Neck Position**

**Step 9a: Adjust...**

If neck is twisted: +1; If neck is side-bending: +1

**Final Neck Score =**

**Step 10: Locate Trunk Position**

**Step 10a: Adjust...**

If trunk is twisted: +1; If trunk is side-bending: +1

**Final Trunk Score =**

**Step 11: Legs**

If legs & feet supported and balanced: +1;  
If not: +2

**Final Leg Score =**

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B**

Use values from steps 8,9 & 10 to locate Posture Score in Table B

**Posture B Score =**

**Step 13: Add Muscle Use Score**

If posture mainly static or;  
If action 4/minute or more: +1

**Muscle Use Score =**

**Step 14: Add Force/load Score**

If load less than 2 kg (intermittent): +0;  
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1;  
If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2;  
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

**Force/load Score =**

**Step 15: Find Column in Table C**

The completed score from the Neck/Trunk & Leg analysis is used to find the column on Chart C

**Final Neck, Trunk & Leg Score =**

**Final Score =**

Subject: \_\_\_\_\_

Company: \_\_\_\_\_

Department: \_\_\_\_\_

Scorer: \_\_\_\_\_

Date: / / \_\_\_\_\_

**FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately**

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

© Professor Alan Hedge, Cornell University. Feb. 2001

## Annexe 2 : Définition de niveaux de risque associés aux les scores partiels

Afin d'associer des niveaux de risque aux scores partiels obtenus pour chaque membre, une correspondance a été établie entre les scores des abaques des tableau A et B, les scores associés aux niveaux de risque.

La correspondance entre scores et niveaux de risque théorique utilisés pour chaque zone du corps et score partiel sont figurés en couleur dans les tableaux 3 à 9 ci-dessous. Le code couleur reprend celui utilisé pour les niveaux de risque des Tableau 1 et Tableau 2.

Par exemple, pour l'épaule (Tableau 3), on regarde pour chaque niveau de score partiel le score obtenu dans la Table A lorsque les autres zones du corps ont un score partiel de 1. Pour le tronc, un score partiel de 1 donne un score Table A de 1 donc un niveau de risque négligeable.

**Tableau 3 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour l'épaule en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour l'épaule issus du Tableau 1.**

Table A		Poignet							
		1		2		3		4	
Epaule	Coude	Torsion du poignet							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

**Tableau 4 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour le poignet en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour le poignet issus du Tableau 1.**

Table A		Poignet							
		1		2		3		4	
Epaule	Coude	Torsion du poignet							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4

Tableau 5 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour le coude en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour le coude issus du Tableau 1.

Table A		Poignet							
		1		2		3		4	
Epaule	Coude	Torsion du poignet							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4

Tableau 6 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour la torsion du poignet en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour la torsion du poignet issus du Tableau 1.

Table A		Poignet							
		1		2		3		4	
Epaule	Coude	Torsion du poignet							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4

Tableau 7 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour la nuque en fonction de son score partiel, extrait de la Table B Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour la nuque issus du Tableau 1.

Table B		Posture du tronc											
		1		2		3		4		5		6	
Nuque		Jambes											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

Tableau 8 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour le tronc en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques pour le tronc issus du Tableau 1.

Table B	Posture du tronc											
	1		2		3		4		5		6	
	Jambes											
Nuque	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Tableau 9 : Estimation du score et niveau de risque théorique pris pour les jambes en fonction de son score partiel, extrait de la Table A Rula en attribuant un score partiel de 1 pour les autres membres du corps. La couleur représente les niveaux de risque théoriques issus du Tableau 1.

Table B	Posture du tronc											
	1		2		3		4		5		6	
	Jambes											
Nuque	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

**Projet PICO : Questionnaire évaluation ressenti pénibilité**

**NOM – PRENOM :** .....

**Adresse mail (pour vous transmettre le compte rendu de l'étude) :** .....

**Age :** .....

**Taille :** .....

**Main dominante :** .....

**Ancienneté dans le métier de sylviculteur :** .....

**Certiphyto** OUI  NON

Est-ce l'un des premiers chantiers de mise en place de protections **individuelles** pour vous ?  
OUI  NON

**Avez-vous des problèmes de santé** (tendinites, autres) qui vous ont posé problème pour l'installation des protections ? OUI  NON

**Activités des 3 jours précédents ce chantier** (efforts physiques au cours des temps personnels, nombre de jours de plantation au préalable à la journée d'évaluation, autres activités professionnelles pouvant entraîner des courbatures ou gênes, lister) :  
.....  
.....

**Niveau de difficulté du chantier** facile  moyen  difficile

Cocher les cases correspondantes :

Méthode de protection individuelle	Mis en œuvre habituellement	Sur le chantier PICO
TRICO		
Pâte Elaf		
Chaux hydraulique		
Gaine Nortène		
Laine de mouton		
Pince cactus		
Tubex		
Piquets de part et d'autre du plant		
Autres (préciser)		

**Commentaires :**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**Formation déjà suivies en matière de prévention des risques sur les plantations forestières :**

.....  
.....

<b>EPI habituellement portés :</b> <input type="checkbox"/> Chaussures/bottes de sécurité <input type="checkbox"/> Pantalon / combinaison de travail traditionnel <input type="checkbox"/> Gants de travail <input type="checkbox"/> Gant étanches <input type="checkbox"/> Casque <input type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Masque de protection risque chimique <input type="checkbox"/> Combinaison de protection chimique	<b>EPI portés lors du chantier PICO :</b> <input type="checkbox"/> Chaussures/bottes de sécurité <input type="checkbox"/> Pantalon / combinaison de travail traditionnel <input type="checkbox"/> Gants de travail <input type="checkbox"/> Gant étanches <input type="checkbox"/> Casque <input type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Masque de protection risque chimique <input type="checkbox"/> Combinaison de protection chimique
---	--

**Autres commentaires / observations :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Evaluation ressenti de la pénibilité du travail

Sur une échelle de 1 à 10 (1 pas du tout pénible à 10 très pénible)

Evaluation globale de la pénibilité de l'activité	1 à 10	Commentaires
TRICO		
Laine de mouton		
Chaux hydraulique		
Gaine Nortène		
Pince cactus		

Sur une échelle de 0 à 3, quel est le niveau de contrainte ressentie :

(0 Pas de contrainte - 1 Faible - 2 Moyenne - 3 Forte)

Evaluation globale des contraintes physiques ressenties	Mains / Doigts	Poignets	Avant-bras	Epaules	Coude	Dos	Jambes / Pieds	Si moyenne à forte (2-3) : pourquoi
TRICO								
Laine de mouton								
Chaux hydraulique								
Gaine Nortène								
Pince cactus								

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Sur une échelle de 0 à 3, quel est le niveau de risque ressenti :**

(0 Pas de risque - 1 Faible - 2 Moyen - 3 Fort)

Évaluation globale de la perception des risques	Chutes	TMS – Manutention de charges	TMS – Gestes répétitifs contraignants	Coupure	Choc	Exposition chimique	Si moyen à fort(2-3) : pourquoi
TRICO							
Laine de mouton							
Chaux hydraulique							
Gaine Nortène							
Pince cactus							

**Commentaires :**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**En conclusion, classer les méthodes de protection par ordre de préférence (De 1 à 5, 1 étant la préférée)**

TRICO	
Laine de mouton	
Chaux hydraulique	
Gaine Nortène	
Pince cactus	

**Autres commentaires / observations :**

.....  
 .....  
 .....  
 .....



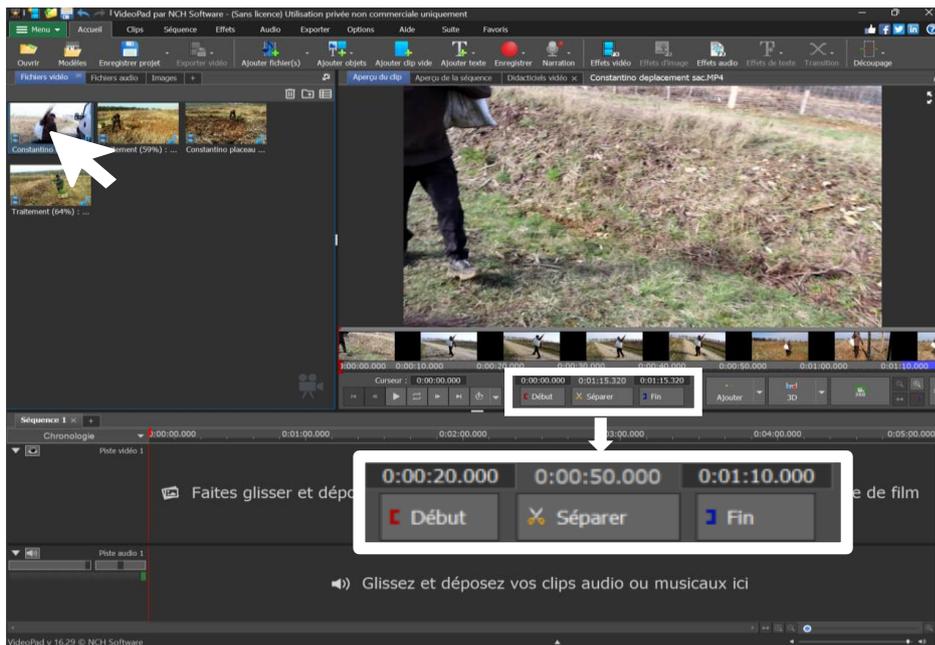


Figure 11 Découpage de la séquence vidéo

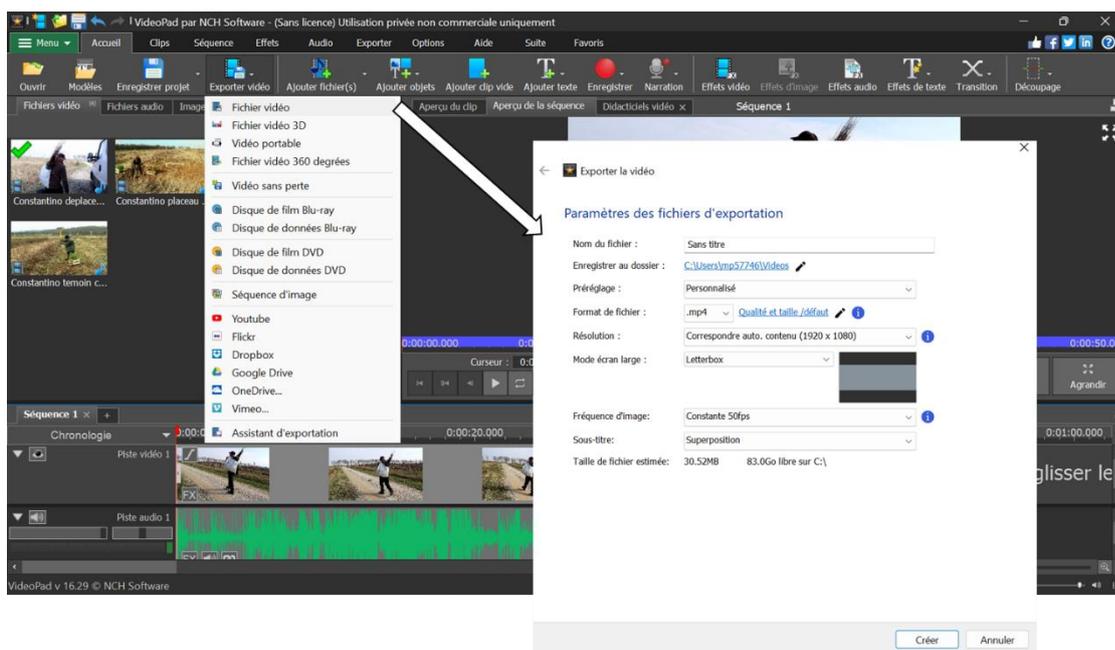


Figure 12 Export de la séquence vidéo