





## Dossier

# EXOSQUELETES: QUESTIONS DE PRÉVENTION

❶ Adoption des exosquelettes professionnels: décryptage pour la pratique de prévention. Synthèse des recherches menées par l'INRS (2018-2024)  
P. 20

❷ Intégration des exosquelettes dans le secteur de l'aide à domicile (2021-2025)  
P. 27

❸ De l'expérimentation terrain au programme d'entreprise: les clés d'une trajectoire de cinq ans d'intégration des exosquelettes chez Air France  
P. 34

❹ Dix ans d'expérimentations d'exosquelettes au travail: enseignements pour la prévention des risques et le maintien dans l'emploi  
P. 41

❺ Des exosquelettes en agriculture  
P. 47



Envisagés comme une réponse complémentaire face aux contraintes physiques, les exosquelettes professionnels interrogent les pratiques de prévention autant que les conditions de leur intégration. Ce dossier réunit des travaux de recherche et des retours d'expérience conduits dans plusieurs secteurs – aide à domicile, aérien, activités postales et agriculture – pour éclairer leurs apports, leurs limites et leurs effets sur le travail réel. Il souligne l'importance d'une démarche de prévention structurée, associant les utilisateurs, les collectifs de travail, les préventeurs, les managers et les services de prévention et de santé au travail. De l'adoption par les entreprises et les salariés au suivi dans la durée, en passant par les enjeux organisationnels, sociaux, médicaux ou juridiques, ce dossier propose des repères pour accompagner des projets d'exosquelettes sans les réduire à une solution technique.

**EXOSKELETONS: PREVENTION QUESTIONS** – Viewed as a complementary response to physical strain, occupational exoskeletons raise questions about both prevention practices and the conditions for their integration into the workplace. This feature article brings together research work and field experience from several sectors – home care, aviation, postal services and agriculture – to shed light on their benefits, limitations and effects on actual working conditions. It highlights the importance of a structured prevention approach, involving users, work groups, health and safety officers, managers and occupational health and prevention services. From adoption by companies and employees to long-term monitoring, including organisational, social, medical and legal considerations, this feature article provides guidance to support exoskeleton projects without reducing them to a purely technical solution.

# ADOPTION DES EXOSQUELETES PROFESSIONNELS: DÉCRYPTAGE POUR LA PRATIQUE DE PRÉVENTION

## Synthèse des recherches menées par l'INRS (2018-2024)

L'adoption d'un exosquelette professionnel ne dépend pas seulement de l'exosquelette, mais aussi de la démarche d'intégration, de l'expérience des utilisateurs et du collectif de travail. Cet article propose des repères pour accompagner ces projets dans une démarche de prévention des risques professionnels.

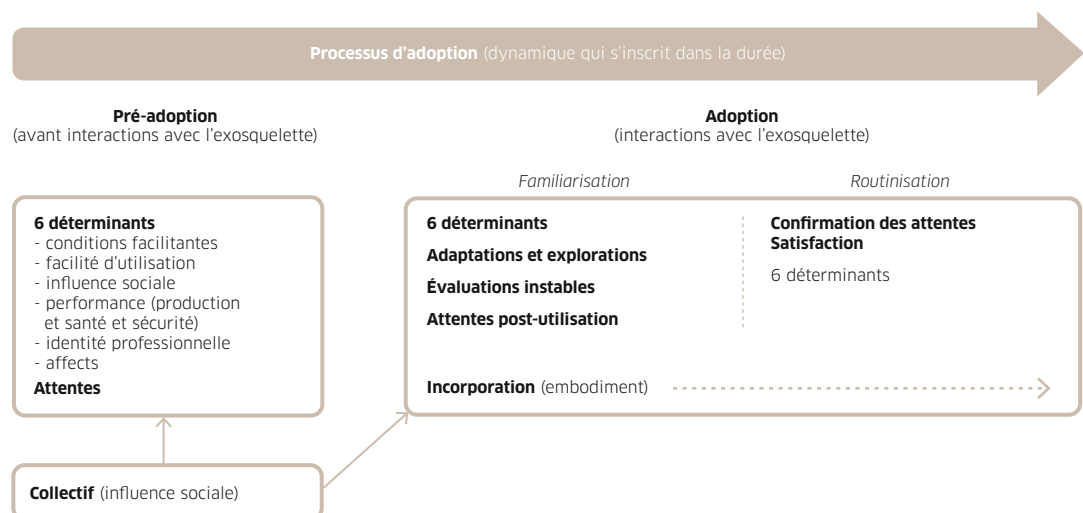
LIËN  
WIOLAND,  
JEAN-  
JACQUES  
ATAIN  
KOUADIO,  
ISABELLE  
CLERC-  
URMÈS,  
FLORA  
BIRAUD,  
MARC  
DUFRAISSE  
INRS,  
département  
Sciences  
appliquées au  
travail et aux  
organisations

Dans le cadre de la prévention des risques de troubles musculosquelettiques (TMS), lorsque toutes les solutions d'amélioration des conditions de travail ont été testées ou que la mécanisation n'est pas envisageable, les exosquelettes professionnels peuvent être envisagés comme une solution complémentaire susceptible de contribuer à l'amélioration des conditions de travail. Le déploiement des exosquelettes professionnels, qu'ils soient passifs ou actifs, et de surcroît leur adoption

par les utilisateurs représente alors un enjeu majeur dans la dynamique de modernisation des entreprises.

L'adoption des exosquelettes par les utilisateurs dépend à la fois de la qualité de la démarche mise en place par l'organisation pour les intégrer et de la qualité de l'interaction entre l'utilisateur et l'exosquelette. Ainsi, une démarche d'intégration inadaptée ou une interaction utilisateur-exosquelette non satisfaisante peuvent toutes deux compromettre l'adoption de l'exosquelette et se traduire par l'émergence de points de tension,

FIGURE 1 →  
Récapitulatif des  
déterminants  
du processus  
d'adoption d'un  
exosquelette.





Soudeur équipé d'un exosquelette pour réaliser une opération de meulage.

voire d'une exposition à des facteurs de risque psychosociaux, de TMS et même d'accidents. Cet article dresse une synthèse des travaux conduits par l'INRS entre 2018 et 2024 sur le processus d'adoption des exosquelettes professionnels par les utilisateurs et les collectifs de travail. Il vise à décrire la dynamique de ce processus pour mieux comprendre les mécanismes qui le favorisent ou, au contraire, le freinent. L'objectif est de fournir aux préventeurs des repères qu'ils pourront mobiliser dans leurs pratiques.

Le sujet de l'adoption sera abordé en deux temps: un premier point, indispensable pour poser les bases, articule repères théoriques et résultats des études menées par INRS (résumé sur la Figure 1), abordant respectivement les dimensions individuelles et collectives de l'adoption; il constitue ainsi le socle sur lequel s'appuie la seconde partie. Cette dernière, plus opérationnelle, présente les principaux repères pour accompagner le déploiement des exosquelettes en intégrant les enjeux de l'adoption. Elle revient sur certains éléments théoriques et les enrichit en mettant en lumière ceux qui sont particulièrement utiles pour l'action.

### L'adoption des exosquelettes professionnels: prérequis et repères théoriques

#### Prérequis

Sur le sujet de l'adoption, un prérequis essentiel s'impose: l'intégration d'exosquelettes professionnels en entreprise nécessite une approche structurée,

allant de l'identification des besoins au suivi du déploiement [1,2]. Cette démarche est déterminante, tant pour bénéficier du potentiel de ces technologies en termes de prévention des risques professionnels que pour assurer la réussite du projet.

#### Première étape du processus d'adoption: la pré-adoption (l'acceptabilité)

Quelle que soit la technologie, la pré-adoption (ou acceptabilité) constitue la première étape du processus d'adoption; elle se situe en amont de l'intégration du dispositif, c'est-à-dire avant même que l'utilisateur n'ait interagi avec lui. Elle est définie comme l'attitude (l'opinion, la décision ou encore le comportement) que le futur utilisateur développe envers le dispositif, à partir de la représentation mentale qu'il s'en construit. Cette représentation résulte principalement de l'interaction de six déterminants [3,4]:

- les conditions facilitantes, qui renvoient à ce que l'organisation met en place dans le cadre des exosquelettes tant en amont de leur intégration qu'une fois déployés;
- la facilité d'utilisation, correspondant au degré selon lequel l'utilisateur considère que l'exosquelette requiert peu d'efforts;
- l'influence sociale, qui correspond à l'impact des opinions et comportements de l'environnement social professionnel sur l'utilisateur de l'exosquelette;
- la performance, qui correspond au degré selon lequel une personne estime que l'utilisation de



Utilisation  
d'un  
exosquelette  
dans un  
entrepôt  
logistique.

l'exosquelette améliore ses performances professionnelles, à la fois en termes de production et de santé-sécurité;

- l'identité professionnelle, qui renvoie à la manière dont l'exosquelette affecte le sentiment d'identité et la valorisation du métier de l'utilisateur;
- les affects, qui renvoient aux émotions positives ou négatives associées à l'utilisation de l'exosquelette.

Toujours en s'appuyant sur la représentation mentale qu'il a élaborée du dispositif, le futur utilisateur va également définir ses attentes, à savoir les bénéfices qu'il peut tirer de l'utilisation de l'exosquelette que cela soit en termes de santé et sécurité au travail, de productivité ou de symbolique (exosquelette perçu comme pouvant améliorer l'image du métier) [5,6]. Lorsqu'il interagira avec le dispositif, l'utilisateur, confronté à la réalité, pourra être amené à reformuler ses attentes (attentes post-utilisation).

## Deuxième étape du processus d'adoption : l'acceptation

Lorsque l'opérateur interagit effectivement avec une technologie, l'étape d'acceptation se met en place. Si les déterminants décrits pour expliquer la pré-adoption restent valables à ce stade, d'autres facteurs, liés à l'expérience (au vécu) d'interaction avec la technologie interviennent également. Ces facteurs sont présentés au travers des deux séquences qui composent cette étape d'acceptation: une séquence de familiarisation, puis une séquence de routinisation de l'usage.

### → La séquence de familiarisation

La familiarisation désigne les premiers temps de l'interaction entre l'utilisateur et la technologie durant laquelle ce dernier apprend à agir avec la technologie [7,8].

Elle se caractérise par l'émergence de deux types d'activité. Le premier consiste en l'expérimentation du dispositif, et notamment de ses apports, limites et effets secondaires (par exemple, un exosquelette pour les membres supérieurs impose à l'utilisateur, lorsque ses bras sont levés, d'exercer une force verticale vers le bas plus importante pour les faire redescendre que sans exosquelette). Confronté à ces effets, l'utilisateur va devoir s'adapter, ce qui lui permet de poser les bases d'un futur usage. L'adaptation est entendue ici comme un processus de progression dynamique en situation de travail, constitué de tests et d'ajustements de l'activité pour bénéficier du potentiel du dispositif. Ce phénomène a été observé dans les études où les participants ont rapporté des changements dans leurs stratégies gestuelles de travail [9,10]. Dans le cas où ces adaptations ne parviennent pas à se mettre en place, l'équilibre entre les bénéfices et les contraintes ne peut pas se stabiliser, signifiant ainsi que l'interaction entre l'utilisateur et l'exosquelette est dégradée et que le parcours d'adoption peut être remis en cause.

Le second type d'activité est constitué d'évaluations et de comparaisons du dispositif au regard des attentes initialement élaborées lors de la phase de la pré-adoption. Cette comparaison peut amener l'utilisateur à considérer que la performance du dispositif confirme voire dépasse ses attentes préalables ou, à l'inverse, n'est pas confirmée voire est inférieure. Si elle est inférieure, elle impacte la satisfaction de l'utilisateur, et peut conduire à un refus de poursuivre l'utilisation de la technologie au-delà des premiers essais.

À ce stade, du point de vue de l'utilisateur, l'incertitude quant aux retombées de l'usage du dispositif peut l'amener à formuler des appréciations qui évoluent dans le temps. Ainsi, une étude de l'INRS [10] a montré que certains utilisateurs présentaient des évaluations (positives ou négatives) stables dès



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2019

le début de la familiarisation, tandis que d'autres restaient instables même après plusieurs semaines d'utilisation, un constat également relevé par d'autres études [11].

Étant attaché à l'utilisateur, l'exosquelette interagit de façon étroite avec son corps et lui procure des sensations corporelles. Ainsi, la perception et l'expérience de l'utilisateur avec l'exosquelette sont étroitement liées à l'expérience corporelle [11]. Les travaux de l'INRS rendent compte de cette dimension au travers du concept d'incorporation (*embodiment*) défini ainsi: il y a incorporation à l'égard d'un corps B lorsque les propriétés de B sont traitées comme s'il s'agissait des propriétés de son propre corps biologique [12]. L'incorporation se construit dès la phase de familiarisation, progressivement au fil de l'utilisation, pour se renforcer lors de l'usage routinier. Ainsi, il a été observé que des utilisateurs de longue durée avaient l'impression de faire corps avec l'exosquelette, voire de ne plus faire qu'un [13].

#### → La séquence de routinisation (continuité d'usage)

La routinisation reflète la période au cours de laquelle l'usage de la technologie s'inscrit de façon régulière dans un certain niveau d'habitude.

Les études INRS impliquant des utilisateurs de longue durée (supérieure à un an) confirment deux constats issus de la littérature [14]. Ainsi, lorsque l'usage s'inscrit dans la durée, certains déterminants (facilité d'utilisation, identité professionnelle, influence sociale, productivité, affects et conditions facilitantes) initialement identifiés restent présents, mais avec une influence moindre que dans les étapes de pré-adoption et de familiarisation pour laisser place à d'autres facteurs, tels que la satisfaction et la confirmation des attentes [15]. La satisfaction de l'utilisateur désigne l'évaluation positive que l'utilisateur porte sur les bénéfices de l'utilisation de l'exosquelette, et la confirmation des attentes correspond à la situation dans laquelle l'exosquelette répond effectivement aux attentes de l'utilisateur [16].

#### L'adoption et l'environnement social professionnel

Le collectif de travail désigne un groupe d'individus interdépendants qui réalisent ensemble une tâche pour atteindre un but partagé à partir de dynamiques de coopération et de coordination de leurs actions. Ce collectif, pour fonctionner, s'appuie sur des normes communes qui peuvent évoluer en fonction des transformations du travail. Ces normes recouvrent quatre catégories de règles: des règles sociales (qui organisent et structurent les relations entre les membres du collectif), des règles techniques (qui encadrent les méthodes de travail), des règles langagières et des règles éthiques (qui for-

ment le socle des valeurs partagées par le groupe). Bien qu'informelles, ces règles s'imposent à l'ensemble des membres du collectif et contribuent à créer un sentiment d'appartenance à une communauté professionnelle. Ces normes définissent par ailleurs ce que le collectif attend en matière de comportements souhaitables et acceptables. Au-delà des aspects comportementaux, ces normes concernent également les opinions et les sentiments. À l'échelle du groupe, elles contribuent à maintenir la cohésion et la qualité des échanges, au niveau individuel elles constituent des repères permettant à chacun de se positionner au sein du collectif et d'adopter une conduite acceptable pour le collectif.

Lorsqu'un risque est perçu par le collectif à l'égard de ces normes, une dynamique de protection peut se mettre en place. L'introduction d'exosquelettes au sein d'un collectif en constitue une illustration: elle peut conduire les collègues de l'utilisateur à percevoir ce dernier comme s'éloignant des normes établies par le collectif, déclenchant ainsi cette dynamique de protection. Cet écart par rapport aux normes est perçu par les membres du collectif comme une menace pour la cohésion, la stabilité et le bon fonctionnement du collectif [17]. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'influence sociale, qui correspond à une pression qu'exerce un individu sur un collègue pour modifier ses opinions, ses attitudes et ses comportements, plus particulièrement lors des phases de changements. Deux types d'influence sont distingués: l'influence informative et l'influence normative. La première repose sur la transmission d'informations: les individus, pour mieux comprendre la réalité, tiennent compte des avis exprimés par les autres membres du groupe. La seconde, quant à elle, oriente la conduite à adopter et la manière de l'adopter. S'agissant de l'influence normative, les collectifs ont tendance à chercher à corriger immédiatement ou de façon différée les comportements jugés contre normatifs. Ces tentatives de régulation face à de tels comportements sont appelées « *contrôle social* » [17]. Ce contrôle peut s'exercer sous différentes formes, allant de la simple remarque désapprobatrice à une mise à l'écart silencieuse, voire à l'exclusion de l'individu.

Par ailleurs, l'intégration d'un exosquelette au sein d'un collectif constitue en elle-même un changement. Ainsi, à ces mécanismes d'influence et de contrôle social s'ajoutent donc les mécanismes de résistance, qui se manifestent à la fois sur les plans cognitif, affectif et comportemental. L'intégration des exosquelettes peut générer deux types de résistance: la résistance au changement qui porte sur le processus de transformation lui-même, et la résistance à l'innovation, qui concerne le dispositif à proprement parler. Si ces deux formes de résistance se traduisent par une éventuelle modification de l'activité et par une reconstruction du sens que



l'utilisateur donne à son travail, leur objet diffère: la résistance au changement renvoie au travail et à l'organisation (par exemple, remise en cause des habitudes collectives), tandis que la résistance à l'innovation concerne plus spécifiquement, dans le cas des exosquelettes, le rapport au corps et aux gestes, ainsi que la manière dont l'exosquelette va transformer la tâche et qui peut ne pas convenir aux utilisateurs (par exemple, refus d'adapter un mode opératoire).

Ces résistances ne sont pas forcément à considérer comme négatives ; elles constituent également une réaction qui peut être constructive face à l'incertitude engendrée par les changements. Par ailleurs, face aux changements et aux transformations, la dynamique de l'intelligence collective peut également se manifester de façon plurielle selon les collectifs et leur contexte de travail. Ce processus correspond à une période durant laquelle les membres du collectif recherchent, traitent et interprètent des informations, afin de construire une représentation partagée de leur nouvel environnement, qu'ils peuvent ensuite mobiliser collectivement. La communication y joue un rôle central, en permettant la transmission des connaissances nécessaires à la résolution des situations perçues comme problématiques. Cette intelligence collective accroît le potentiel adaptatif du collectif et lui permet de faire face à des situations complexes, faisant de lui un collectif apprenant.

Une étude de l'INRS a permis de recueillir les premières réactions d'un collectif face à un collègue utilisateur d'un exosquelette [18]. Elles ont démontré que l'utilisation d'exosquelettes avait un impact sur le collectif de travail. Ainsi les utilisateurs ont dû faire face à des railleries, des regards négatifs et des comparaisons faites entre eux et des robots, provenant de leurs collègues ou de personnes extérieures au collectif de travail. Il a également été observé que l'activité collective pouvait être amenée à se réorganiser et à s'adapter en fonction de l'utilisateur de l'exosquelette, en termes par exemple de coordination des actions entre les différents collègues, ou encore de redéfinition des rôles et tâches de chacun. D'autres études de l'INRS ont mis en évidence que, dans certains collectifs décrits comme ayant une forte cohésion, avec des relations sociales positives [19], les futurs utilisateurs d'exosquelette formulaient l'hypothèse d'un soutien du collectif et excluaient la possibilité d'être influencés ou contrôlés. Cependant les données recueillies auprès de ceux qui étaient déjà utilisateurs dans ces mêmes collectifs révèlent une tendance plutôt inverse, conduisant même certains à développer une réticence à utiliser le dispositif. Pour autant, les changements induits par l'exosquelette étaient évalués positivement par la majorité

des participants, tant au niveau de l'organisation de l'activité collective, des relations sociales, de la productivité que de la qualité du travail. Parmi ceux, minoritaires, qui considéraient que cela pouvait poser des difficultés, une majorité ont répondu qu'ils rechercheraient collectivement des solutions (intelligence collective). Les résultats ont montré que, même lorsque le collectif échangeait peu (en termes de partage d'informations sur le dispositif), mais que les échanges étaient positifs, leur impact était positif pour l'utilisateur de l'exosquelette. En cas d'absence d'échange, l'impact était nul ou faible. Au final, force est de constater que l'environnement social peut constituer à la fois une barrière ou un levier à l'adoption, et qu'au vu du contexte théorique et des observations, intégrer un exosquelette constitue un changement qui peut conduire à de la résistance. Par conséquent, tout comme une familiarisation individuelle est nécessaire, une familiarisation du collectif l'est aussi afin de prévenir les risques liés à l'influence et au contrôle social en permettant au collectif d'anticiper les modifications, d'échanger et d'élaborer collectivement des solutions d'adaptation. L'idée est d'éviter de perturber autant que possible les normes établies et partagées par le collectif.

### À retenir pour la pratique

À la lumière des connaissances présentées précédemment, des points de vigilance sont proposés pour éclairer et orienter la pratique opérationnelle en prévention des risques professionnels dans le cadre d'un projet d'intégration d'exosquelettes.

#### L'adoption: une question à intégrer dès la phase initiale du projet

Les résultats des études mettent en évidence que le processus d'adoption est dynamique et s'inscrit dans la durée. Ainsi, l'adoption se construit dès les prémices du projet. Une attention particulière doit donc être portée aux messages diffusés dans l'entreprise dès les premières étapes. Un socle minimal d'acculturation doit être assuré auprès de l'ensemble des acteurs qui seront concernés, de près ou de loin, par le projet. À défaut, un risque de générer des attentes auxquelles le dispositif ne pourra pas répondre pourrait émerger, ce qui augmenterait la probabilité que les utilisateurs ne soient pas satisfaits. Ceci est d'autant plus important que, à l'étape de routinisation, les déterminants ayant le plus d'impact sont la satisfaction et l'adéquation entre les attentes des utilisateurs et la performance du dispositif.

#### L'adoption: un processus dynamique et multidimensionnel

Tout au long du processus d'adoption, excepté l'étape de routinisation, la dimension des affects, qui résultent de l'interaction des différents

déterminants, est celle qui influence le plus l'intention d'utiliser le dispositif. Cela confirme que l'adoption ne relève pas d'une décision simple, fondée sur un unique facteur, mais implique de s'intéresser à l'ensemble des déterminants. Néanmoins, il a également été observé que l'impact de certains déterminants varie selon l'étape du processus d'adoption considérée. Ainsi, il apparaît que l'influence sociale a un impact plus marqué sur l'intention d'usage, durant les phases de pré-adoption et de familiarisation, avant de s'atténuer lors de la phase d'acceptation. Cela souligne l'importance d'impliquer l'utilisateur et son collectif dès la pré-adoption ainsi que durant la familiarisation. Il est donc suggéré, durant ces deux étapes, d'associer l'ensemble des acteurs concernés à travers des échanges structurés ou des groupes de travail. Ces espaces d'échanges doivent offrir la possibilité de présenter les intérêts et limites des exosquelettes (ce qui permet également de travailler sur les attentes initiales), mais aussi d'ouvrir le dialogue sur ses éventuelles conséquences sur l'organisation du travail et les dynamiques collectives. Ces échanges peuvent permettre au collectif d'anticiper les évolutions possibles des rôles de chacun

dans l'équipe ou encore d'identifier et de discuter des difficultés susceptibles d'émerger (par exemple en termes de coordination des actions). En d'autres termes, ces temps d'échange doivent permettre aux membres du collectif de s'informer, de partager leurs interrogations voire leurs craintes, et surtout d'élaborer collectivement des réponses aux éventuelles nouvelles contraintes de travail plutôt que d'exercer un contrôle social. Finalement, tout comme pour l'utilisateur, une période de familiarisation du collectif est également nécessaire afin que puissent se mettre en place les mécanismes sous-jacents à l'intelligence collective pour faire face au changement et gérer l'évolution de la situation de travail avec exosquelette.

La facilité d'utilisation quant à elle impacte toutes les étapes. Or cette dernière relève principalement du processus de conception du dispositif, et dépend de l'adéquation entre l'exosquelette retenu et les besoins des utilisateurs tels que définis lors des premières étapes de l'intégration. Dès lors, il s'avère difficile de l'améliorer une fois le dispositif acheté, ce qui rend d'autant plus cruciales les étapes conduisant au choix du dispositif.

Test  
d'exosquelette  
lors d'une  
opération  
de changement  
de moules,  
dans une usine  
de fabrication  
de flacons  
en verre.



© Gael Kerbaol / INRS / 2024



### L'adoption : l'évaluer et planifier son suivi

Les évaluations formulées par les utilisateurs concernant la qualité de leur interaction avec le dispositif peuvent être stables mais aussi évoluer dans le temps. Ce constat soulève la question de la validité des évaluations, en particulier lorsqu'elles ne sont réalisées qu'à une seule reprise au cours du projet d'intégration. Ainsi, plusieurs séquences d'évaluation réparties tout au long du processus d'intégration sont à prévoir dès le début du projet ; *a minima* en pré-adoption, une à l'issue de la familiarisation, puis régulièrement quand l'usage devient pérenne. L'évaluation en pré-adoption apporte des informations, en amont du projet, qui permettent d'identifier les freins et les leviers issus de la représentation que se fait l'utilisateur du dispositif, et ainsi d'apporter des actions correctives très tôt. L'évaluation à l'étape de la familiarisation, période charnière comprenant une mise à l'épreuve de l'exosquelette en situation réelle de travail pour construire progressivement l'usage (adaptation et explorations), s'avère propice aux

évaluations instables. Par conséquent, plusieurs évaluations peuvent se faire sur cette période afin de repérer quand ces dernières se stabilisent.

Par ailleurs, les adaptations et explorations étant propres à chaque utilisateur, il n'existe pas de durée universelle pour cette séquence de familiarisation. Il est nécessaire de laisser du temps aux utilisateurs et de ne pas arbitrer un projet pendant cette étape, sauf cas particulier où il y aurait de trop fortes inadéquations entre le dispositif et l'utilisateur.

### Conclusion

L'intégration et l'adoption des exosquelettes professionnels en entreprise engagent une dynamique organisationnelle, sociale et individuelle. Ce processus, qui s'inscrit dans le temps, s'avère complexe. Les repères proposés ici visent à aider les préventeurs à s'organiser et à agir de manière proactive lorsqu'ils accompagnent des entreprises qui intègrent ce type de technologie. L'INRS met à disposition plusieurs documents et outils pour les accompagner aux différentes étapes [2,20,21]. ●

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] **NORME NF X35-800** – *Ergonomie. Méthode d'intégration des dispositifs et robots d'assistance physique à contention de type exosquelette – Expression des besoins, sélection, conception, évaluation et déploiement*. Afnor, 2023. Accessible sur : [www.afnor.org](http://www.afnor.org) (site payant).
- [2] **INRS** – *Nouvelles technologies d'assistance physique (exosquelettes, robots...)*. Comment réussir leur intégration ? ED 6531, 2024. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206531>
- [3] **BOBILLIER-CHAUMON M.E., DUBOIS M.** – L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le travail humain*, 2009, 72, 4, pp. 355-382.
- [4] **VENKATESH V. ET AL.** – User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS quarterly*, 2003, pp. 425-478.
- [5] **SCHWERHA D.J. ET AL.** – Adoption potential of occupational exoskeletons in diverse enterprises engaged in manufacturing tasks. *International journal of industrial ergonomics*, 2021, 82, 103103.
- [6] **GAN W.Y. ET AL.** – Industrial practitioner's perception on the application of exoskeleton system in automotive assembly industries: A Malaysian case study. *Heliyon*, 2024, 10, 4, e26183, 12 p.
- [7] **DE GRAAF M.M. ET AL.** – Long-term evaluation of a social robot in real homes. *Interaction studies*, 2016, 17, 3, pp. 462-491.
- [8] **CHO M. ET AL.** – How do people adapt to use of an IoT air purifier? From low expectation to minimal use. *International journal of design*, 2019, 13, 3, pp. 21-38.
- [9] **KIM S. ET AL.** – Usability, user acceptance, and health outcomes of arm-support exoskeleton use in automotive assembly: an 18-month field study. *Journal of occupational and environmental medicine*, 2022, 64, 3, pp. 202-211.
- [10] **DUFRAISSE M. ET AL.** – From unknown to familiar: an exploratory longitudinal field study on occupational exoskeletons adoption. *Applied ergonomics*, 2025, 122, 104393.
- [11] **PAPP-SCHMITT E. ET AL.** – *Embodied experience of exoskeleton*. In: GRAY C. ET AL. (eds.) – *Design research society 2024: research papers*. Accessible sur : <https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2024/researchpapers/317/>
- [12] **DE VIGNEMONT F.** – Embodiment, ownership and disownership. *Consciousness and cognition*, 2011, 20, 1, pp. 82-93.
- [13] **DUFRAISSE M. ET AL.** – Embodiment of occupational exoskeletons as developing a sense of ownership and readiness-to-hand: laboratory and field explorations. *Human factors*, 2026, 68, 2, pp. 239-259.
- [14] **DUFRAISSE M. ET AL.** – Becoming a user: understanding the journeys towards the adoption of occupational exoskeletons. *International journal of human-computer interaction*, 2026, 42, 7, pp. 5063-5083.
- [15] **LIMAYEM M. ET AL.** – How habit limits the predictive power of intention: the case of information systems continuance. *MIS Quarterly*, 2007, 31, 4.
- [16] **BHATTACHERJEE A.** – Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 2001, 25, 3, pp. 351-370.
- [17] **NUGIER A. ET AL.** – Influence de l'appartenance groupale sur les réactions émotionnelles au contrôle social informel. *L'Année psychologique*, 2009, 109, 1, pp. 61-81. Accessible sur : <https://doi.org/10.3917/anpsy.091.0061>
- [18] **ATAIN-KOUADIO J.J. ET AL.** – Activités individuelle et collective de tireurs d'enrobé : conséquences de l'usage d'un exosquelette robotisé. *Hygiène & sécurité du travail*, 2021, 265, EC 33, pp. 74-79. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=EC%2033>
- [19] **BIRAUD F.** – *Les dynamiques collectives lors de l'intégration des exosquelettes en entreprise*. Mémoire de master 2 de psychologie sociale, du travail et des organisations, 2024, université de Lorraine.
- [20] **WIOLAND L. ET AL.** – Questionnaire révisé sur l'acceptation des exosquelettes professionnels et méthode de notation. *Références en santé au travail*, 2025, TM 88, pp. 49-65. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TM%2088>
- [21] **WIOLAND L. ET AL.** – Dynamique d'adoption des exosquelettes professionnels : actions en termes de prévention. *Références en santé au travail*, 2024, TF 322, pp. 55-67. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20322>

# INTÉGRATION DES EXOSQUELETES DANS LE SECTEUR DE L'AIDE À DOMICILE (2021-2025)

**Dans le cadre d'un projet national, un exosquelette a été testé pour réduire la charge physique des aides à domicile, face à la diversité des situations de travail et aux risques du métier. Impliquant les professionnels et associant recherche et terrain, cette démarche collaborative visait à adapter cette technologie pour mieux contribuer à prévenir les troubles musculosquelettiques.**

---

**MATHIEU  
GUITTENNE**  
Service  
Exploitation  
– qualité –  
innovation,  
réseau  
Auxi'life

---

## Contexte

L'environnement de travail des aides à domicile se caractérise par une forte variabilité, liée à l'organisation propre à chaque logement et à la diversité des prestations effectuées. Cette diversité rend parfois les mesures de prévention traditionnelles peu efficaces, ce qui ne freine pas l'augmentation de la sinistralité dans ce secteur. Dans ce contexte, l'exosquelette s'est imposé comme une solution technologique prometteuse pour atténuer la charge physique pesant sur les opérateurs, identifiée comme l'un des principaux facteurs de survenue des troubles musculosquelettiques (TMS) et d'accidents du travail. Pour évaluer précisément les bénéfices et contraintes associés à cette technologie, le réseau Auxi'life a lancé à l'échelle nationale un projet combinant travaux en laboratoire et observations sur le terrain. Ce projet a fait appel à l'intelligence collective en associant activement les professionnels concernés *via* des ateliers de créativité, afin de mieux comprendre leurs besoins et d'adapter les solutions proposées aux réalités de leur activité. Par ailleurs, une thèse (financée par le dispositif Cifre<sup>1</sup>) a été menée au sein de l'entreprise, en collaboration avec la Carsat Rhône-Alpes et l'INRS, soulignant l'intérêt de la contribution active des entreprises à la recherche en matière de prévention.

Dans le secteur de l'aide à domicile, la prévention passe généralement par une évaluation initiale des domiciles, donnant lieu à la formulation de préconisations d'aménagement adressées aux familles et aux bénéficiaires. Elles peuvent donner lieu à l'adaptation du logement, au réaménagement de certaines pièces ou encore à l'installation et l'utilisation d'aides techniques. L'adaptation du

logement (modification d'une salle de bain pour l'adapter aux mobilités réduites) et l'utilisation d'aides techniques apparaissent comme les principaux moyens de prévention des TMS sur le lieu de travail. Des formations spécifiques aux métiers – mobilité déplacements, utilisation des aides techniques, aide à la toilette, accompagnement à la mobilité (ALM)<sup>2</sup> [11] – permettent de faire monter en compétences les professionnels exposés à ces situations. Enfin, d'autres moyens plus marginaux, comme le soutien d'ergothérapeutes et de psychologues, peuvent aider à prévenir le risque de TMS. Toutefois, les capacités d'action de chaque agence sur les conditions de réalisation du travail de ses intervenants sont limitées, car elles nécessitent dans de nombreux cas une négociation avec les personnes accompagnées pour pouvoir être mises en place. Les spécificités des métiers évoquées précédemment rendent les méthodes et moyens de prévention plus aléatoires au domicile que dans des métiers effectués au sein d'une entreprise ou d'un établissement de santé (hôpital, Ehpad).

Dans ce contexte où les actions de prévention ne permettent pas suffisamment de limiter les risques professionnels et la contrainte physique, les exosquelettes apparaissent comme une solution innovante intéressante. Les cas d'usages dans le milieu de la santé se multiplient, portés par des études scientifiques qui démontrent de réels bénéfices sur les mouvements assistés par ces dispositifs.

Les effets bénéfiques de ce type de dispositif ont été démontrés par différentes études qui montrent que l'utilisation d'exosquelettes en milieu de santé réduit significativement les sollicitations physiques des soignants. Une étude portant sur les tâches de soins révèle une diminution de l'activité



## ENCADRÉ

### LE SECTEUR DE L'AIDE À DOMICILE

Selon une étude de l'Institut français d'opinion publique (Ifop) et un sondage réalisé par Odoxa en mai 2021, 85 % des Français souhaitent vieillir à domicile, et 80 % attendent que les politiques publiques incitent au maintien à domicile, une volonté de plus en plus marquée avec l'âge (92 % chez les 65 ans et plus) [1,2]. Si les personnes âgées d'au moins 65 ans représentaient 20,5 % de la population en 2020, les projections indiquent qu'elles devraient représenter plus de 25 % de la population en 2040 et jusqu'à 28,7 % en 2070 [3]. À partir de 2025, la tranche des plus de 75 ans sera la part de la population qui connaîtra la plus grande augmentation, passant de 10,8 % à 17,9 % [3].

Pour accompagner cette croissance démographique, la France (hors Mayotte) comptait en 2022 1 135 000 professionnels du social. Les aides à domicile représentent 42 % de ces effectifs, avec 475 000 professionnels [4]. Pourtant, la profession fait face à de réelles difficultés de recrutement, qui apparaissent d'ailleurs comme la première difficulté rencontrée dans l'exercice de leur profession par 89 % des dirigeants du secteur. Ce phénomène peut notamment s'expliquer par le manque d'attractivité des métiers (faible rémunération, mobilité nécessaire, amplitudes horaires importantes), par l'effet miroir qui confronte

chacun à sa propre déchéance, par la faible reconnaissance de ces professions, mais surtout par les contraintes physiques ressenties lors de l'aide à la mobilité, lourdement associées à la présence de troubles musculosquelettiques (TMS).

Ainsi, le métier d'aide à domicile, identifié par le code NAF 8810A, présente un indice de fréquence des accidents du travail de 87,6 en 2023 contre 26,8 au niveau national (tous secteurs d'activité confondus), ce qui en fait le deuxième secteur le plus touché de France [5]. Selon l'INRS, « la manutention de personnes est à l'origine de l'essentiel des maladies professionnelles » [6]. Or, dans le secteur des services à la personne, les aides à la toilette et les transferts de personnes représentent une part majeure des activités quotidiennes. En observant 421 tâches réalisées sur le terrain, Owen et Staehler concluent d'ailleurs que les actions réalisées lors des aides à la toilette et aux transferts (lors du coucher ou du lever) sont les plus traumatisantes et les plus contraignantes pour le corps [7]. Dans ce secteur, les TMS causent chaque année la perte de près de 2,3 millions de journées de travail, soit plus de 10 000 équivalents temps plein. Ils représentent 95 % des maladies professionnelles du secteur, qui affiche un indice de fréquence près de trois fois supérieur à la moyenne nationale [8].

Si ces chiffres sont éloquentes, ils ne représentent en réalité qu'une partie de la problématique du fait d'un taux important de sous-déclarations. Selon les estimations de Santé publique France, ce taux atteignait en 2011 « 53 % pour les TMS du rachis lombaire, 60 % pour les syndromes du canal carpien, 62 % pour les TMS de l'épaule, et 73 % pour les TMS du coude » [9].

Certaines données récentes appuient ainsi l'idée selon laquelle les professionnels de santé, et plus particulièrement les aides à domicile, continuent d'exercer malgré leur mal de dos [10]. Pour une proportion significative d'entre eux, la conscience des conséquences directes de l'absentéisme sur la qualité de vie des personnes accompagnées les freine à évoquer leurs douleurs, et donc à engager la reconnaissance d'un TMS. Cet aspect s'explique par un sentiment de culpabilité, manifesté par la crainte de « délaisser » un bénéficiaire vulnérable ou de surcharger ses propres collègues. Ce mécanisme pousse une partie des professionnels à continuer à travailler sans adaptations ni appui des solutions techniques et organisationnelles préconisées, afin d'assurer coûte que coûte une continuité de service. Cet engagement individuel enracine paradoxalement le problème des TMS et présente un risque majeur d'en aggraver les conséquences à long terme.

musculaire des épaules allant jusqu'à 50 %, ainsi qu'une réduction des contraintes mécaniques de près de 70 % [12]. Par ailleurs, les retours des utilisateurs sont également très favorables : la majorité des infirmières rapportent une meilleure posture, une réduction des postures à risque et une diminution de la fatigue [13]. C'est ce constat qui a incité le réseau Auxi'life à s'intéresser aux exosquelettes dès 2020, ce qui s'est concrétisé par une thèse Cifre réalisée par Mathieu Guittienne en collaboration avec le LIBM (Laboratoire interuniversitaire de biologie de la motricité) entre 2021 et 2024 [14]. Ces travaux ont porté sur une évaluation multidimensionnelle du port d'exosquelette dans le contexte du travail au domicile des personnes

accompagnées. La particularité de ce projet réside dans la comparaison de résultats en laboratoire et sur le terrain, permettant de vérifier des effets observés en environnement contrôlé et en conditions réelles de travail. Cette analyse comparative présente l'intérêt de mesurer objectivement l'impact des exosquelettes, en s'affranchissant des biais environnementaux, puis de confronter ces résultats aux conditions réelles d'utilisation.

Les professionnels des agences Auxi'life ont été pleinement impliqués dans la préparation des tests terrain à travers des ateliers de créativité menés conjointement avec le Tasda (Technopole Alpes santé à domicile et autonomie) en 2023 dans des

agences de Normandie, d'Île-de-France, de Centre – Val-de-Loire et d'Auvergne – Rhône – Alpes. Ces ateliers réunissant une dizaine de professionnels dans chaque territoire ont été l'occasion de définir les conditions facilitant l'intégration des exosquelettes dans les pratiques métiers. Cette dynamique collective a permis de réunir des problématiques individuelles en thématiques communes telles que la prévention des contraintes physiques lors des transferts. Durant trois heures, les professionnels ont pu échanger sur leurs difficultés, leurs compétences et les ressources disponibles pour réaliser des prestations d'aide à la personne. L'exosquelette émergeait alors comme une solution à tester pour soulager la contrainte physique, faisant consensus comme étant l'une des principales problématiques pour les professionnels.

### Partie expérimentale

Deux études distinctes et complémentaires ont été menées, la deuxième s'appuyant sur les résultats de la première.

### Étude n° 1 en laboratoire

L'objectif de cette étude était d'investiguer en environnement contrôlé l'effet de trois exosquelettes, lors de tâches simulées de manipulation au lit, sur les paramètres électromyographiques, posturaux et de perception de l'effort. Nous faisons l'hypothèse que les exosquelettes permettraient de diminuer l'effort perçu et l'activité musculaire agoniste au mouvement étudié.

### → Méthode

Dix-neuf sujets (seize femmes et trois hommes) sans problématiques de santé, issus de l'Institut de formation en soins infirmiers (IFSI) et d'aides-soignants (IFAS) de Chambéry, ont participé à l'expérimentation. Le protocole de mesure a consisté à reproduire une tâche courante de mobilisation de bénéficiaire au lit identifiée comme une problématique importante de traumatisme des épaules et du bas du dos chez les aides à domicile. Un sac lesté de 25 kg, qui correspond théoriquement à la masse maximale pouvant être manipulée par un travailleur, a été utilisé.



Sur la base des recommandations de Rayssiguier et Erden [15], ont été sélectionnés les exosquelettes suivants :

- Hapo Front et Hapo, tous deux développés par la société Ergosanté, qui sont des exosquelettes passifs respectivement dédiés à l'assistance des membres supérieurs et du bas du dos ;
- l'exosquelette actif Japet.W, développé par la société Japet Medical Devices France, qui applique une force de traction verticale afin de réduire la pression au niveau du rachis lombaire.

Afin d'évaluer les effets de ces trois dispositifs au cours de la tâche simulée, l'activité électrique des muscles fléchisseurs superficiels des doigts (impliqués dans les mouvements de préhension), deltoïdes antérieurs (impliqués dans l'extension des bras) et longissimus (impliqués dans l'extension et le contrôle de la flexion du tronc) a été enregistrée de manière bilatérale. Les résultats sont exprimés par muscle et de manière globale, correspondant à l'activité simultanée des types de trois muscles étudiés. Des données posturales ont également été analysées ainsi que des paramètres subjectifs liés à la perception de l'effort. La « condition contrôle » correspond à la condition réalisée sans exosquelette.

#### → Résultats

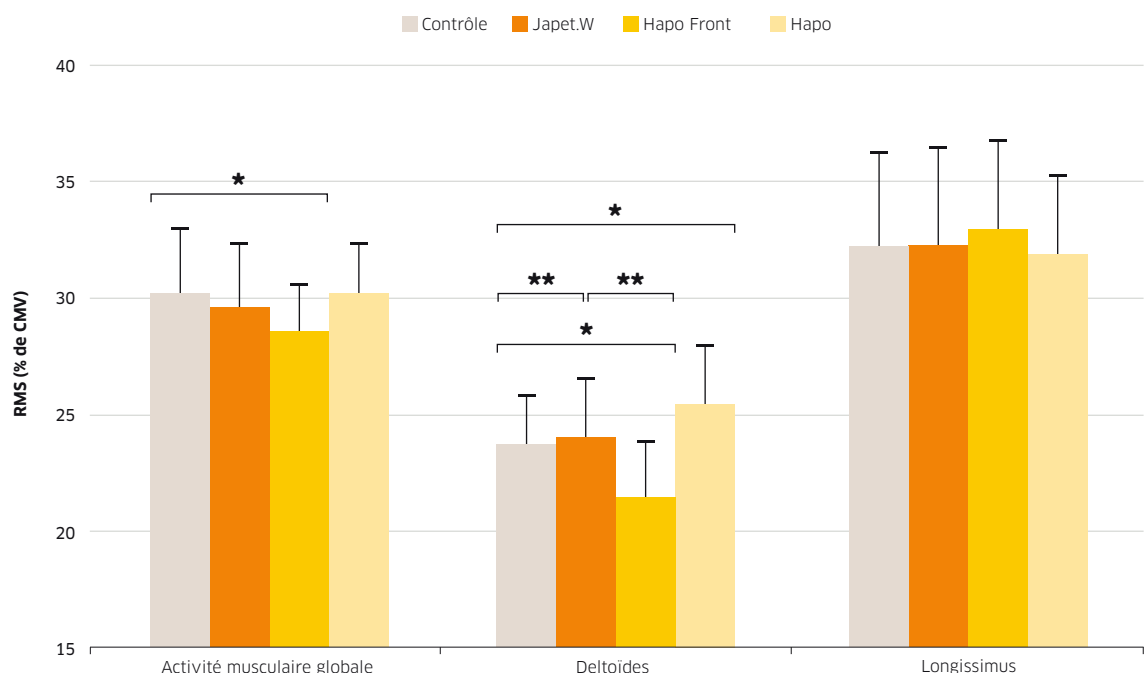
Les résultats montrent un effet significatif de l'utilisation de l'exosquelette Hapo Front sur l'activité musculaire globale qui s'explique par la dimi-

nution de l'activité des deltoïdes (Cf. Figure 1). L'utilisation du Hapo Front a ainsi diminué l'activité musculaire globale de 5,6 %, et l'activité des deltoïdes de 9,7 % par rapport à la condition contrôle.

**Par ailleurs, le port d'un exosquelette est associé à une diminution de la perception de l'effort.** C'est particulièrement le cas du Japet.W et du Hapo Front, qui diminuent tous deux la perception de l'effort, et ce respectivement de 42 % et de 25 % par rapport à la condition contrôle (Cf. Tableau 1). L'exosquelette Japet.W apparaît comme étant largement plébiscité par les sujets. Ceci s'explique notamment par le maintien du dos et la décompression du rachis lombaire qu'il procure.

L'exosquelette Hapo Front permet une réduction de 10 % de l'activité musculaire des deltoïdes et une diminution de 5,6 % de l'activité musculaire globale, tandis que l'exosquelette Japet.W, bien qu'il n'ait aucun effet sur l'activité musculaire, n'altère pas la posture, et constitue le dispositif préféré des sujets. Par conséquent, la combinaison d'une assistance passive pour les épaules et d'une assistance active pour le bas du dos apparaîtrait comme une piste intéressante pour maximiser les effets bénéfiques des exosquelettes tels que nous avons pu les mesurer. L'assistance passive pour les épaules permettrait de réduire le poids et l'encombrement du dispositif sur les membres supérieurs tout en fournissant une assistance

**FIGURE 1 →**  
Effets des trois types d'exosquelettes sur l'activité musculaire par rapport à la condition contrôle.



\* Résultat significatif au seuil de 0,05 (moins de 5 % de risque que ce soit un hasard).

\*\* Résultat plus robuste au seuil de 0,01 (moins de 1 %).

← **TABLEAU 1**  
Résumé des  
effets des  
exosquelettes  
par rapport  
à la condition  
contrôle (sans  
exosquelette).

| DIFFÉRENCES SIGNIFICATIVES PAR RAPPORT À LA CONDITION CONTRÔLE |  JAPET.W |  HAPO FRONT |  HAPO |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Activité musculaire globale                                    | Ns                                                                                        | - 5,6 %                                                                                       | Ns                                                                                       |
| Activité musculaire des deltoïdes                              | Ns                                                                                        | - 9,7 %                                                                                       | + 7,6 %                                                                                  |
| Effort perçu*                                                  | - 29 %                                                                                    | - 19 %                                                                                        | - 21 %                                                                                   |
| Amplitude articulaire des épaules redressement                 | Ns                                                                                        | + 28,5 %                                                                                      | Ns                                                                                       |
| Évaluation subjective par les testeurs                         |          |              |  **   |

Ns = non significatif. Les écarts en pourcentage sont exprimés par rapport à la condition contrôle dont la valeur fait office de référence.

\*Mesuré selon l'échelle de perception CR10 de Borg. Gunnar Borg, Borg's Perceived Exertion and Pain Scales, Champaign (Ill.), Human Kinetics, 1998.

\*\*Classement des conditions réalisé par chaque sujet de la condition la plus facilitante à la moins facilitante – Échelle de 1 à 4 (3 exosquelettes + contrôle). La somme des notes attribuées à chaque condition a permis d'établir un classement par médailles.

satisfaisante. L'assistance active pour le bas du dos fournie par la ceinture Japet.W serait, pour sa part, plébiscitée par les sujets, car elle offre selon eux un bon soutien dorsal et conserverait la fluidité des mouvements du tronc.

### Transition laboratoire – terrain

Si les mesures en laboratoire ont l'intérêt d'être reproductibles, elles ne représentent pas la complexité du métier et des tâches à réaliser dans le milieu réel et habituel de travail. En effet, la réalisation d'une toilette ou d'un transfert en situation réelle de travail nécessite une approche bien différente d'un simple lever de charge puisqu'il implique de manipuler une personne, dans son environnement [15]. La seconde partie du travail a ainsi constitué à évaluer l'usage des exosquelettes Hapo Front, Hapo et Japet.W et leurs effets sur l'activité musculaire auprès d'une population d'aides à domicile du réseau Auxilife au cours de tâches de toilette et de transfert.

### Étude n° 2 sur le terrain

Sur la base des résultats issus du laboratoire et des enseignements tirés des ateliers de créativité, l'étude de terrain a visé à mesurer les paramètres objectifs et subjectifs en conditions réelles de travail lors de tâches de toilette et de transferts.

#### → Méthode

Cinq aides à domicile Auxilife de cinq agences différentes ont testé les trois mêmes dispositifs lors d'intervention à domicile d'aide à la toilette et au transfert. Le choix des agences a été fait selon les critères suivants :

- variété de milieux d'intervention (urbain, semi-urbain, rural) ;

- activité d'aide aux personnes en situation de handicap (PH) ;
- proximité géographique avec le laboratoire LIBM ;
- agences ayant participé aux ateliers de créativité si possible.

L'expérimentation s'est ainsi déroulée au sein des agences de Caen, qui présentait une part de PH majoritaire ; de Paris pour son activité urbaine ; et de Saint-Quentin-Fallavier, Vienne et Valence pour leur proximité géographique et la diversité des prestations et milieux d'intervention proposés. L'organisation s'est appuyée sur les responsables d'agence et de secteurs des agences concernées, à qui une note d'information précisant les besoins expérimentaux a été transmise. Il était spécifié la nécessité de prévoir « quatre interventions similaires au domicile du même bénéficiaire (ou si non possible dans des conditions très ressemblantes) » pour chaque professionnel. Ces demandes étant conditionnées par l'accord préalable des bénéficiaires à la présence de l'expérimentateur lors des prestations, spécifiquement lors des aides à la toilette et aux transferts, dont le déroulement était transmis par une note d'information. Enfin, les mesures en situation réelle devaient intervenir après une première mise en situation en salle, afin de présenter les exosquelettes utilisés et d'enregistrer l'activité musculaire de référence des professionnels sélectionnés. Cette complexité a demandé une adaptation constante pour être mise en place dans les meilleures conditions.

Afin d'évaluer l'effet des exosquelettes, des paramètres tant objectifs que subjectifs ont été mesurés. D'une part, l'activité musculaire des trapèzes, des deltoïdes et des longissimus a été enregistrée par électromyographie (EMG) de surface. D'autre part, une évaluation subjective a été réalisée, por-



tant sur l'effort perçu ainsi que sur le classement des conditions de travail, de la plus facilitante à la moins facilitante. À la suite de différents biais de mesures, un sujet a été écarté de l'analyse.

#### → Résultats

Concernant l'analyse des données issues des muscles deltoïdes et longissimus, les résultats montrent que :

- l'exosquelette Hapo Front produit un effet bénéfique sur l'activité musculaire des deltoïdes, permettant une diminution de 18 % à 48 % pour les quatre sujets analysés. L'activité des longissimus ne semble pas être altérée par le port de ce dispositif puisqu'il permet une diminution importante pour un sujet (-60 %), une très faible variation (1 %) pour deux sujets et une augmentation de 9 % pour le dernier sujet ;
- l'exosquelette Japet.W semble présenter des effets bénéfiques sur les longissimus puisqu'il diminue l'activité musculaire par rapport à la condition contrôle pour trois sujets (de 9 % à 68 %) et l'augmente dans des proportions relativement faibles (3 %) pour le dernier sujet. L'utilisation du Japet.W diminue également l'activité des deltoïdes pour trois sujets par rapport à la condition contrôle (de -23 % à -32 %) mais l'augmente pour un sujet (+ 12 %) ;
- l'utilisation de l'exosquelette Hapo ne permet pas d'observer de consensus sur l'activité musculaire. En effet, ce dernier diminue d'une part l'activité des longissimus pour deux sujets (-34 % et -65 %), sans variation spécifique pour les deux autres, et augmente d'autre part l'activité des deltoïdes pour deux sujets (48 % et 111 %) mais la diminue pour les deux autres (-3 % et -22 %) ;
- enfin, l'utilisation des trois exosquelettes semble augmenter l'activité musculaire des trapèzes pour tous les sujets (excepté le sujet n° 1 avec le Hapo Front).

Concernant l'évaluation subjective des dispositifs, elle montre que l'exosquelette Japet.W est le dispositif préféré pour l'ensemble des sujets, permettant notamment selon eux, de préserver une bonne posture, un bon maintien du dos et ne gênant pas le mouvement.

L'exosquelette Hapo arrive en deuxième position. Les points positifs résident dans son aspect léger, sa facilité de mise en place et l'assistance qu'il fournit lors de la flexion de hanche (buste penché vers l'avant). En revanche, la résistance à la flexion opposée par le dispositif, qui procure par ailleurs son assistance, limite la possibilité de s'accroupir et de marcher lorsqu'il est embrayé, ce qui présente un inconvénient certain. Il bénéficie d'un meilleur jugement que lors de l'expérimentation réalisée en laboratoire.

En troisième position arrive l'exosquelette Hapo

Front. Ses avantages ressentis résident dans l'assistance qu'il procure à l'élévation des bras ou le maintien d'une position prolongée des bras vers l'avant, souvent adoptée lors d'une toilette. En revanche, les points négatifs se concentrent sur son aspect volumineux, son manque de discrétion et la gêne dans certains mouvements des bras.

Enfin, en dernière position, la condition de « contrôle sans exosquelette » apparaît comme la plus pénible. Si la liberté de mouvements représente son principal avantage, le manque d'assistance et le ressenti de tous les efforts réalisés en font la condition la plus difficile pour les sujets.

#### Discussion

L'effet des exosquelettes demeure assez contrasté sur l'activité musculaire globale. Le Hapo Front semble diminuer l'activité des deltoïdes de 18,5 % à 48,4 % pour quatre sujets sur cinq. Ces résultats sont d'ailleurs en cohérence avec ceux issus de l'expérimentation réalisée en laboratoire. Avec les deux autres exosquelettes consacrés à l'assistance du dos, le Japet.W et le Hapo, qui induisent des effets localisés sur ces muscles, et de manière plus certaine, les effets positifs se concentrent sur les longissimus. Par ailleurs, les sujets plébiscitent l'utilisation des exosquelettes pour faciliter leur travail, et ce malgré certains inconvénients. Les effets bénéfiques de ces dispositifs s'observent de manière plus évidente sur le classement effectué par les sujets. Ces derniers expriment un réel intérêt et ressentent un effet bénéfique indéniable de l'exosquelette Japet.W, dispositif déjà distingué lors de l'expérimentation laboratoire et qui se classe ici comme la condition préférée pour l'intégralité des sujets.

À la question complémentaire à ce classement : « Si vous pouviez partir avec un dispositif, en prendriez-vous un, et si oui lequel ? », quatre sujets ont répondu vouloir prendre le Japet.W (un sujet n'a pas souhaité en être équipé pour le moment). Au-delà des bénéfices ressentis lors de l'expérimentation, cette intention d'usage démontre que les sujets se projettent facilement vers une utilisation en autonomie de ce dispositif dans leur pratique quotidienne. Le Japet.W est associé à des points positifs axés sur l'utilité perçue et le plaisir d'utilisation, qui favorisent l'acceptabilité du dispositif [16].

La toilette au lit impose à l'aide à domicile une flexion du tronc prolongée au cours de laquelle l'assistance du Hapo est largement bénéfique. Toutefois, la toilette nécessite souvent de se déplacer pour changer l'eau de la baignoire, prendre des affaires posées sur un meuble, ou de se baisser pour récupérer du matériel, débrancher une prise ou préparer le transfert. La facilité de débrayage des dispositifs semble être un critère prédominant dans l'acceptation de ces derniers, sans quoi, la gêne au déplacement et dans les mouvements limite leur intérêt.

## Conclusion

Le port d'exosquelettes pourrait offrir une solution pour réduire, voire supprimer les contraintes auxquelles sont confrontés les aides à domicile, principalement lors des aides à la toilette et aux transferts. L'intérêt principal de ce type de solution réside dans le fait qu'elle est directement portée par l'utilisateur. Cette particularité pourrait limiter la dépendance aux choix d'aménagement faits par les bénéficiaires et favoriser son utilisation dans des environnements de travail variés. Il faut toutefois que les exosquelettes utilisés ne soient pas eux-mêmes encombrants et qu'ils puissent s'intégrer dans l'environnement du domicile.

L'éventualité d'intégration d'exosquelettes dans les métiers de l'aide à domicile impose également de se soucier de l'organisation du travail. À ce sujet, les conclusions du Tasda préconisent de :

- s'assurer de la compatibilité de l'exosquelette avec les autres ressources matérielles présentes au domicile;
- prévoir les outils et process pour réguler les imprévus qui émergeront au fil de l'usage;
- prévoir les outils, processus et temps dédiés à l'hygiène, l'entretien et la maintenance des dispositifs;
- questionner les responsabilités et les risques liés à l'utilisation;
- formaliser les critères d'attribution et de retrait d'un exosquelette.

C'est dans cette logique qu'a été initiée en février 2026 une nouvelle expérimentation, longitudinale cette fois, au sein de l'agence AL58 à Decize, soutenue par l'ARS de Bourgogne - Franche-Comté. Quatre exosquelettes y sont actuellement testés au quotidien par quatre professionnels de l'agence, afin de rendre compte de leur utilisation sur le moyen et long terme.

Pour conclure ce travail, il semble indispensable de rappeler que les exosquelettes ne peuvent pas remplacer les mesures de prévention et doivent, de toute évidence, s'inscrire dans le cadre d'une démarche globale de prévention des risques professionnels.<sup>3</sup> ●

1. *Le dispositif des Conventions industrielles de formation par la recherche (Cifre) permet à l'entreprise de bénéficier d'une aide financière pour recruter un jeune doctorant dont les travaux de recherche, encadrés par un laboratoire public de recherche, conduiront à la soutenance d'une thèse.*

2. *La démarche ALM (accompagner la mobilité de la personne aidée en prenant soin de l'autre et de soi) est une démarche de prévention des risques de troubles musculosquelettiques (TMS) liés à la manutention des patients. Elle peut être mise en œuvre tant à domicile qu'en établissement. Elle accompagne notamment des dispositifs de formation démultipliés, tels que Prap-2S (prévention des risques liés à l'activité physique – secteurs sanitaire et social).*

3. *L'auteur remercie le Conseil départemental de l'Isère pour son soutien au projet d'intégration d'exosquelettes dans le secteur de l'aide à domicile.*

## BIBLIOGRAPHIE

[1] **IFOP** – *Seniors: « Marché et habitat inclusif, quelle offre de services? »*. Accessible sur: <https://www.ifop.com/publication/seniors-marche-et-habitat-inclusif-quelle-offre-de-services/>

[2] **MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DES FAMILLES, DE L'AUTONOMIE ET DES PERSONNES HANDICAPÉES** – *Faciliter le choix de vieillir à domicile*. 2022 (mise à jour 2026). Accessible sur: <https://solidarites.gouv.fr/faciliter-le-choix-de-vieillir-domicile>

[3] **INSEE** – *Population par âge – Tableaux de l'économie française*. 2020. Accessible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277619?sommaire=4318291>

[4] **DREES** – *Effectifs et caractéristiques des professionnelles du social*. 2025. Accessible sur: [https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/communiqu-de-presse-jeux-de-donnees/jeux-de-donnees/250520\\_DATA\\_effectifs-et-caracteristiques-des](https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/communiqu-de-presse-jeux-de-donnees/jeux-de-donnees/250520_DATA_effectifs-et-caracteristiques-des)

[5] **SÉCURITÉ SOCIALE** – *Fréquence des accidents du travail dans les secteurs à plus fort risque*. 2023. Accessible sur: <https://evaluation.securite-sociale.fr/home/at-mp/212-frequence-des-accidents-du-t.html>

[6] **INRS** – *Secteurs de la santé et de l'aide à la personne: accidents du travail et maladies*

*professionnelles*. 2023. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/metiers/sante-aide-personne.html>

[7] **OWEN B.D., STAEHLER K.S.** – *Decreasing back stress in home care. Home Healthcare Nurse*. 2003, 21, 3, pp. 180-186. Accessible sur: [10.1097/00004045-200303000-00014](https://doi.org/10.1097/00004045-200303000-00014)

[8] **ASSURANCE MALADIE** – *Livrets de sinistralité pour chaque secteur d'activité (CTN) – 2007 à 2021*. 2022. Accessible sur: <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/sinistralite-atmp-secteur-activite-ctn>

[9] **SANTÉ PUBLIQUE FRANCE** – *Surveillance épidémiologique des troubles musculo-squelettiques*. 2011. Accessible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr>

[10] **PETER K.A. ET AL.** – *Extent and predictors of presenteeism among healthcare professionals working in Swiss hospitals, nursing homes and home care organizations. Scientific Reports*, 2023, 13, 1, p. 12042. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39113-6>

[11] **INRS** – *Démarche ALM: accompagner la mobilité de la personne en prenant soin de l'autre et de soi*. 2023. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/metiers/sante-aide-personne/demarche-alm.html>

[12] **ARNOUX B. ET AL.** – *Evaluation of a passive upper limb exoskeleton in healthcare workers during a surgical Instrument cleaning task. International journal of environmental research and public health*, 2023, 20, 4, p. 3153. Accessible sur: [10.3390/ijerph20043153](https://doi.org/10.3390/ijerph20043153)

[13] **FARAH S. ET AL.** – *Assessment of exoskeletons on nurses' quality of work life: a pilot study at Foch hospital. Nursing Reports*. 2023, 13, 2, pp. 780-791. Accessible sur: [10.3390/nursrep13020068](https://doi.org/10.3390/nursrep13020068)

[14] **GUITTENNE M.** – *Amélioration des conditions de travail dans les SAAD par apport d'un nouveau dispositif d'assistance physique de type exosquelette*. LIBM, Thèse de doctorat, Université Savoie – Mont Blanc (en partenariat avec le réseau Aux'life), 2024. Accessible sur: <https://theses.fr/2024CHAMA042>

[15] **RAYSSIGUIER A., ERDEN M.S.** – *A review of exoskeletons considering nurses. Sensors*, 2022, 22, 18, p. 7035. Accessible sur: [https://DOI: 10.3390/s22187035](https://doi.org/10.3390/s22187035)

[16] **TURJA T. ET AL.** – *Intention to use exoskeletons in geriatric care work: need for ergonomic and social design. Ergonomics in design*, 2020, 30, 2, pp. 13-16. Accessible sur: <https://doi.org/10.1177/1064804620961577>

# DE L'EXPÉRIMENTATION TERRAIN AU PROGRAMME D'ENTREPRISE

## Les clés d'une trajectoire de cinq ans d'intégration des exosquelettes chez Air France

Air France, en partenariat avec la Cramif, mène depuis plusieurs années une expérimentation d'intégration des exosquelettes sur la plateforme de Paris – Charles-de-Gaulle (CDG), afin de prévenir les troubles musculosquelettiques (TMS) chez les agents d'exploitation. L'introduction des technologies d'assistance physique telles que les exosquelettes dans des environnements de travail hautement contraints est un défi d'intégration complexe.

À travers le retour d'expérience d'Air France, cet article retrace cinq années (2021-2026) d'apprentissage, d'ajustements méthodologiques et de transformations collectives. Du chargement des bagages à la maintenance aéronautique, il décrit comment une démarche structurée, inspirée de la norme NF X35-800 et centrée sur l'humain, a permis de transformer des essais isolés en un programme d'entreprise que l'on souhaite pérenne et maîtrisé.

SONIA  
SUTTER

Direction de  
la sécurité  
des vols et  
de la maîtrise  
des risques,  
Air France

LEÏLA NAÏT-  
HAMOUD

Direction  
de la  
maintenance  
industrielle,  
Air France

Avec la  
contribution de:  
CATHERINE

MICHAUD  
Cramif  
(actuellement  
Carsat  
Rhône-Alpes)

### L'assistance physique au prisme de la prévention

Les troubles musculosquelettiques (TMS) constituent depuis plus de deux décennies la première cause de maladie professionnelle en Europe, affectant près de trois travailleurs sur cinq. Face à ce constat, les préventeurs se trouvent parfois confrontés aux limites des mesures de prévention primaire, qu'elles soient techniques ou organisationnelles. C'est dans cette zone grise, là où la contrainte physique ne peut plus être réduite par des moyens collectifs classiques, que la question des technologies d'assistance physique (TAP), et plus particulièrement des exosquelettes professionnels, se pose.

Pourtant, l'histoire de ces dispositifs en entreprise est jalonnée de rendez-vous manqués. Chez Air France, avant 2021, des démarches de tests ponctuels menées dans les secteurs de la maintenance industrielle et du chargement des bagages s'étaient révélées infructueuses. Les équipements évalués à l'époque, lourds (environ 8 kg) et inconfortables,

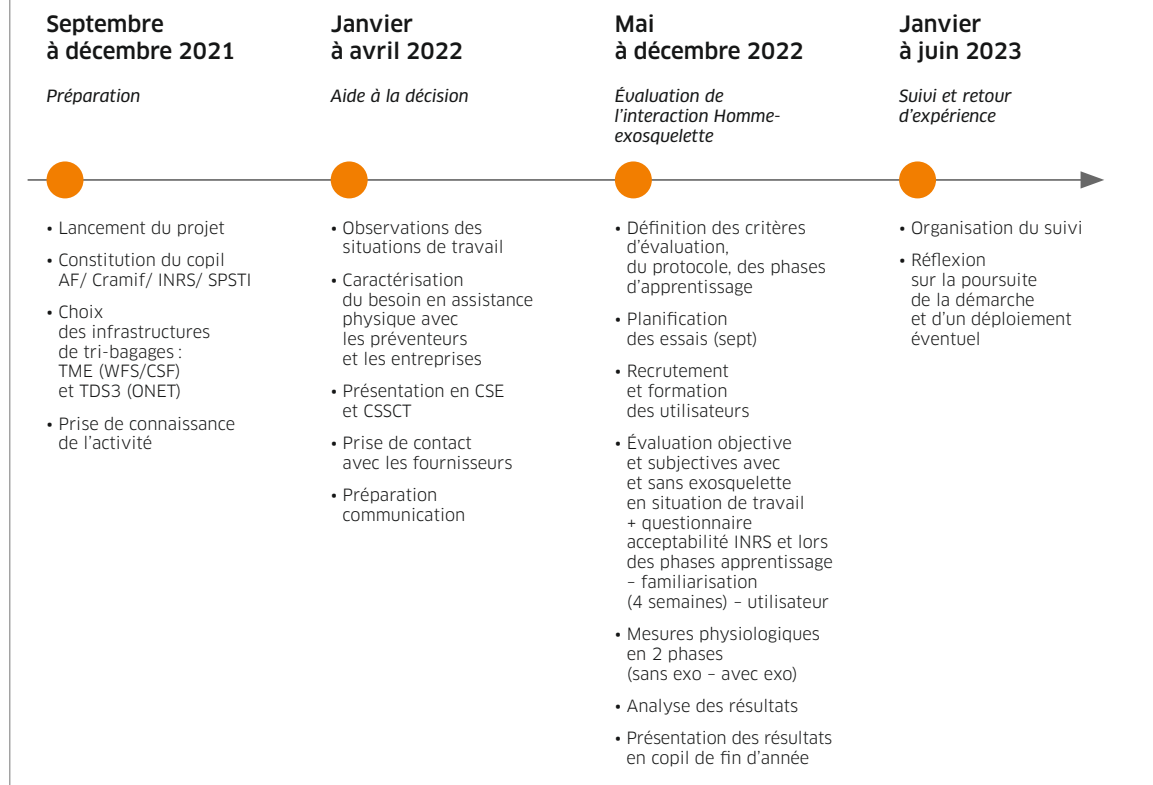
s'étaient heurtés à un rejet massif du terrain. La leçon de ces premiers échecs fut fondamentale: l'exosquelette ne peut être appréhendé comme un simple outil que l'on distribue. Son introduction modifie l'activité de travail, l'équilibre physiologique de l'opérateur et la dynamique du collectif. Cinq ans après le lancement d'une démarche structurée en partenariat avec la Cramif et l'INRS, Air France dispose désormais d'un recul précieux. Cet article retrace cette trajectoire, depuis les premières mesures scientifiques en galerie bagages jusqu'à la mise en œuvre d'un guide interne de déploiement rigoureux au sein de la Direction industrielle.

### Acte I (2021-2023): premiers essais en galerie bagages de Roissy – Charles-de-Gaulle

En juillet 2021, le test d'un nouveau modèle d'exosquelette dorsal (le modèle actif rigide Exoback de RB3D) lors des opérations de chargement et déchargement de conteneurs avions en galerie bagages marque le véritable point de départ d'une

# DÉMARCHE GLOBALE

SEPTEMBRE 2021 – JUIN 2023



← **FIGURE 1**  
Schéma temporel de la démarche sur 18 mois. Préparation, aide à la décision, évaluation de l'interaction homme-exosquelette, suivi et retour d'expériences.

collaboration scientifique. La Cramif, présente lors de ces essais, propose d'unir ses forces à celles d'Air France et de ses sous-traitants (WFS et Onet) pour mener une étude d'envergure sur la plateforme de Roissy – Charles de Gaulle.

## Un protocole d'évaluation pluridisciplinaire et rigoureux

Sous la houlette de Catherine Michaud, contrôleur de sécurité à la Cramif, une étude approfondie est initiée en octobre 2021. Elle associe des responsables d'exploitation, des préventeurs, des ergonomes, l'INRS et des médecins du travail issus de trois entreprises différentes ainsi que de deux services de prévention et de santé au travail interentreprises (SPSTI). L'objectif est d'évaluer l'acceptabilité de plusieurs dispositifs selon une approche scientifique rigoureuse, calquée sur le modèle d'acceptabilité de l'INRS et l'accord normatif (AC Z 68-800, Afnor, 2017; Cf. Rubrique « Pour en savoir plus »).

L'expérimentation cible l'activité particulièrement contraignante de chargement des conteneurs depuis les carrousels de tri. Durant 18 mois (Cf. Figure 1), la démarche se déploie en trois étapes :

- la phase de préparation et de choix des matériels : priorité est donnée à l'accompagnement des mouvements de flexion du tronc lors de manutentions

de charges lourdes. Les critères de choix s'orientent vers des dispositifs de moins de 2 kg dotés d'une fonction de débrayage. Un modèle actif et deux passifs (un rigide et un textile) sont retenus ;

- la phase d'aide à la décision par le test terrain : cinq binômes de volontaires sont formés. Chaque agent dispose d'un exosquelette durant quatre semaines d'activité réelle ;
- l'évaluation de l'interaction homme-machine : des questionnaires d'acceptabilité subjective sont soumis aux étapes clés (T1 : avant test, T2 : après formation, T3 : après les quatre semaines de test). En parallèle, des mesures objectives de cardiofréquence (CFM) sont réalisées afin d'évaluer l'impact du dispositif sur le coût cardiaque des opérateurs.

## Des résultats contrastés riches d'enseignements

L'analyse quantitative et qualitative révèle des résultats contrastés :

- une amélioration de la perception physique : tous modèles confondus, on constate une baisse significative de la performance productive perçue<sup>1</sup> entre T1 et T3 ( $p = 0,03$  soit seulement 3 % de risque que ce résultat soit dû au hasard) mais celle-ci s'accompagne d'une réduction nette des douleurs et des gênes ressenties au niveau du dos à l'issue de la période de test (T3) ;



- le plébiscite du passif rigide: les testeurs du modèle passif rigide déclarent une meilleure satisfaction globale, une confirmation de leurs attentes initiales et choisissent de poursuivre l'usage du dispositif au-delà du protocole;
- la complexité de l'évaluation physiologique: l'analyse par CFM montre un coût cardiaque particulièrement élevé pour 70 % des enregistrements, que l'opérateur porte ou non un exosquelette. La variabilité extrême des flux de bagages sur la plateforme CDG n'a pas permis de conclure à un effet réducteur net de l'exosquelette sur ce coût cardiaque. De plus, concernant le modèle actif, si l'on note une diminution de la perception des efforts dorsaux, celle-ci s'accompagne d'un coût cardiaque augmenté, probablement lié au poids propre de l'équipement.

Cette première phase montre qu'un environnement aussi contraint et dynamique qu'une galerie bagages rend l'adoption d'une technologie d'assistance physique ardue. C'est fort de ces enseignements que les préventeurs décident, dès janvier 2023, de transposer la démarche vers un secteur d'activité aux processus plus maîtrisés: la maintenance aéronautique.

## Acte II (2023-2024): naissance du projet exosquelette pour les activités de maintenance aéronautique

La direction industrielle d'Air France<sup>2</sup> présente les activités de maintenance, qui comportent des défis ergonomiques majeurs. Les mécaniciens avion interviennent en hangar, sur piste ou en atelier, sur des équipements extrêmement variés (moteurs, cabines, radômes, trains d'atterrissage, etc.). Les postures contraignantes, maintenues sur de longues durées (bras au-dessus des épaules, torsions du tronc), y sont fréquentes.

Pour éviter l'écueil d'une diffusion anarchique des technologies d'assistance, la direction industrielle décide de formaliser un cadre de gouvernance robuste. Sponsorisé par le directeur général adjoint de l'activité et soutenu par le comité exécutif (Comex), le « Projet Exosquelette » est officiellement structuré à l'automne 2023 autour de piliers organisationnels clairs:

- une instance de pilotage dédiée composée du responsable HSE de la direction industrielle, du référent sécurité du travail interne et des responsables HSE des quatre sous-directions concernées;
- une démarche d'intégration formalisée, s'appuyant



directement sur la toute nouvelle norme NF X35-800 publiée par l'Afnor en août 2023 (Cf. *Pour en savoir plus*);

- un parc d'exosquelettes de test centralisé, géré par les ergonomes internes et mis à disposition de certains métiers (mécaniciens cabines, chaudronniers...) à leur demande.

### Le guide d'intégration Air France: pas à pas selon la norme NF X35-800

Le document de référence interne développé par la direction de la maîtrise des risques détaille une démarche rigoureuse en neuf étapes. Ce processus garantit qu'aucune machine ne pénètre dans un atelier sans avoir respecté la démarche méthodologique et répondu aux exigences de sécurité strictes (Cf. Figure 2).

#### Étape 1: L'étude d'opportunité

Avant toute considération technique, il convient d'analyser le contexte et les besoins du secteur demandeur. Cette étude identifie les avantages et inconvénients à recourir aux TAP, évalue les bénéfices attendus, analyse les risques résiduels induits par l'équipement lui-même et mesure son impact potentiel sur l'organisation globale du travail.

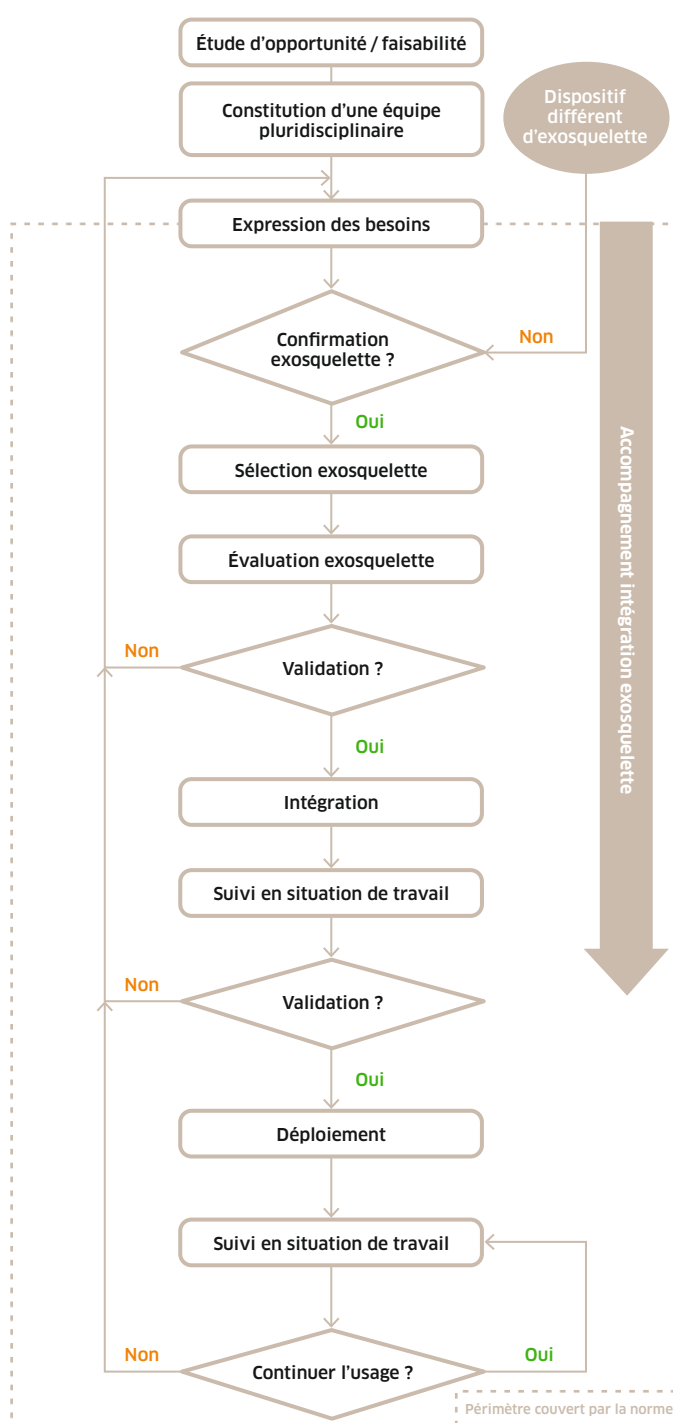
#### Étape 2: La constitution d'une équipe pluridisciplinaire

L'intégration d'un exosquelette ne peut être le projet d'un acteur isolé. La méthode Air France distingue deux configurations d'équipe selon la maturité du projet:

- pour la phase de test: l'équipe réunit l'ergonome, le préventeur, le médecin du travail, le responsable QSE/HSE du secteur, le manager de proximité et le ou les utilisateurs volontaires;
- pour la phase d'intégration définitive: ce noyau est élargi aux membres du comité de direction (codir) afin de garantir le portage budgétaire et stratégique à long terme.

#### Étape 3: L'expression des besoins

Cette phase impose d'analyser finement la charge physique de travail et de rechercher systématiquement, au préalable, des pistes de prévention collective ou organisationnelle. En matière de prévention des risques liés à l'activité physique (TMS, etc.), la doctrine d'Air France est stricte: l'exosquelette est envisagé en tout dernier recours. Si aucune autre solution n'est viable, on envisage le recours à l'assistance physique. Dans les activités de maintenance aéronautique, il est courant d'enchaîner certaines activités plusieurs semaines consécutives (grandes visites sur un A350 par exemple) puis de passer à une activité très différente en attendant un nouvel avion à traiter. Aussi, au démarrage du test, l'ensemble des tâches



éligibles n'est pas toujours accessible. La liste des tâches n'est pas exhaustive, et il est demandé aux volontaires de contribuer sur l'ensemble de la période de tests à l'identification de nouvelles tâches.

#### Étape 4: La sélection d'un exosquelette dans le parc de tests

Le parc interne d'exosquelettes en tests à Air France obéit à un cahier des charges rigoureux:

- poids inférieur à 2 kg (pour limiter la charge physique additionnelle);

↑ FIGURE 2  
Logigramme  
décisionnel basé  
sur la norme NF  
X35-800 (Éligibilité  
-> Tests  
-> Commande  
-> Intégration  
-> Suivi).

- mise en place et retrait en moins d'une minute (facteur clé d'acceptabilité pour l'opérateur en situation de travail réelle).

Dans le secteur aéronautique, des contraintes de sécurité spécifiques s'ajoutent à ces critères. Les fournisseurs doivent impérativement s'adapter aux exigences de sécurité des vols :

- compatibilité avec les zones Atex (atmosphères explosives), excluant de fait certains systèmes actifs non certifiés ;
- conformité Anti-FOD (*Foreign Object Debris*) : les dispositifs sont analysés pour garantir qu'aucune pièce, vis ou boucle ne puisse se détacher accidentellement.

### Les acteurs du déploiement : rôles et responsabilités

Pour que le processus fonctionne harmonieusement, chaque membre de l'équipe pluridisciplinaire doit jouer sa partition selon un calendrier et des responsabilités bien définies.

#### L'ergonome : le garant méthodologique

L'ergonome anime les réunions inter-métiers, assure la veille technologique auprès des fabricants et participe activement aux instances locales (copil : comité de pilotage, codir : comité de direction, CSSCT). Il est responsable du recueil des données d'évaluation et de la participation de l'entreprise aux travaux de normalisation, notamment au sein de la plate-forme d'échange Afnor.

#### Le préventeur : l'opérationnel de terrain

Le préventeur assimile les procédures de test et identifie les situations de travail éligibles. Il assure le lien avec les services de santé, participe au recrutement des futurs testeurs, veille à la logistique des équipements de test (notamment la disponibilité des produits consommables et désinfectants) et participe à la restitution des résultats.

#### La médecine du travail : le garant médical

Le médecin du travail évalue l'état de santé des opérateurs au regard des contraintes de l'équipement. Chez Air France, la visite médicale préalable est obligatoire avant toute utilisation d'un modèle actif (comme le dispositif Japet.W+ pour le maintien lombaire) et fortement conseillée pour les modèles passifs afin d'écarter toute contre-indication médicale. Le service de prévention et de santé au travail autonome (SPSTA) participe activement au suivi en situation réelle de travail.

#### Le manager de proximité :

##### le facilitateur du quotidien

Le manager recrute les opérateurs volontaires en collaboration avec le préventeur, informe les équipes du démarrage des campagnes de test et prend en charge l'organisation logistique du stockage des équipements (utilisation d'armoires sécurisées de type Tracka ou Electroclass).

#### L'utilisateur volontaire : l'ambassadeur du projet

L'opérateur s'engage volontairement dans la démarche. Il participe activement aux sessions de formation dispensées par les fabricants, utilise l'équipement conformément aux consignes, renseigne son carnet de bord quotidien et partage son retour d'expérience avec ses pairs.

### Acte III (2024) : focus sur l'acceptabilité sociale et le collectif de travail

L'année 2024 marque une étape décisive pour le programme d'Air France. C'est à cette période que les équipes prennent pleinement conscience d'une dimension souvent sous-estimée dans les projets de prévention technique : l'impact de l'exosquelette sur le collectif de travail et les dynamiques de groupe.

#### Briser « l'effet Robocop »

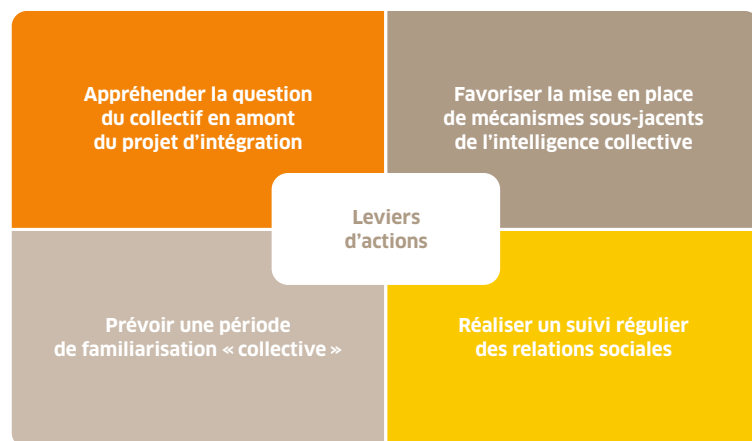
##### par la stratégie du binôme

Lors des premières phases d'intégration dans les ateliers de maintenance, plusieurs mécaniciens volontaires ont été confrontés aux regards interrogateurs, voire aux moqueries de leurs collègues non-utilisateurs. Des remarques telles que : « *Alors Robocop, t'es trop faible pour porter ça tout seul ?* » ou : « *C'est pour les anciens ton truc* » ont mis en évidence un risque de stigmatisation lié à la représentation de la force physique dans ces métiers de tradition industrielle.

Pour contrer ce phénomène d'exclusion ou de contrôle social négatif, les ergonomes préconisent :

- d'acheter les exosquelettes par paire : l'achat doit se faire *a minima* par paire (deux dispositifs), l'idéal pour une intégration réussie étant l'acquisition d'un lot de quatre équipements ;
- de favoriser le port simultané en binôme : équiper

↓ FIGURE 3  
Schéma conceptuel des impacts sur le collectif de travail, d'après l'étude interne et les travaux de l'INRS (influence sociale, intelligence collective positive, maintien de la coordination).<sup>3</sup>



deux agents travaillant dans la même zone permet de normaliser le port du dispositif, de diluer l'attention du reste de l'atelier et de créer un micro-collectif d'utilisateurs qui s'entraident pour les réglages.

#### L'étude INRS (2024) :

##### un éclairage scientifique sur le groupe

Entre mars et juillet 2024, Air France collabore avec l'INRS pour évaluer l'impact de l'introduction de ces technologies sur le collectif de travail de non-utilisateurs dans deux secteurs d'intégration distincts. L'étude, menée *via* des questionnaires et des entretiens de sous-groupes, a révélé des mécanismes psychosociaux précieux pour les préventeurs :

- stabilité des relations sociales: l'introduction des exosquelettes n'altère pas les phénomènes d'appartenance à l'équipe, ni la coordination dans la réalisation des tâches quotidiennes;
- effet positif de l'intelligence collective: les échanges informels au sein de l'atelier permettent aux non-utilisateurs de s'informer de manière constructive. Même occasionnels, ces dialogues de terrain génèrent une opinion globalement positive de la technologie au sein de la communauté de travail;
- soutien de l'encadrement: des réunions de cadrage spécifiques ont permis d'outiller les managers de proximité afin qu'ils réagissent immédiatement face à d'éventuelles moqueries, réaffirmant le port de l'exosquelette comme une démarche de préservation de la santé encouragée par l'entreprise.

#### Acte IV (2025-2026) : évolution du projet exosquelette vers un programme exosquelette

L'année 2025 consacre le passage du statut de « projet d'expérimentation » à celui de « programme structuré d'entreprise ». Les tests se généralisent et quatre grands secteurs de la direction industrielle (moteurs, équipements, entretien avion, *supply chain*) finalisent ou sont en cours d'intégration pérenne d'exosquelettes.

#### La pérennisation budgétaire et logistique

Acheter un exosquelette implique d'anticiper son cycle de vie. Le guide d'Air France impose désormais d'intégrer dès la phase de test, en prévision d'un résultat positif :

- un contrat de maintenance annuel systématique auprès des fabricants ou des distributeurs référencés (Japet, Équilibre Ergonomie, Ergosanté);
- un budget annuel dédié d'achat d'exosquelettes et de fonctionnement dédié aux consommables d'hygiène (housses de protection textiles lavables, bombes désinfectantes, pièces d'usure);
- une organisation logistique claire concernant les

#### ENCADRÉ

#### LES CINQ PILIERS DE L'INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE PHYSIQUE (TAP)

##### 1. Privilégier l'étude de solutions de prévention collective

L'exosquelette est une mesure de protection individuelle de dernier recours. Il ne doit jamais se substituer à l'aménagement ergonomique du poste de travail ou à l'organisation des flux.

##### 2. Co-construire avec une équipe pluridisciplinaire

Associer dès la phase de l'étude d'opportunité l'ergonome, le médecin du travail, le préventeur local, le manager de proximité et l'opérateur final. L'absence de l'un de ces acteurs compromet l'adoption.

##### 3. Fixer des verrous de sécurité industrielle

L'outil de prévention ne doit pas créer de nouveaux risques. Les analyses de compatibilité Atex et d'absence de perte de pièces (risques FOD en aéronautique) sont des préalables non négociables.

##### 4. Soigner l'accès et la logistique de proximité

Un dispositif qui pèse plus de 2,5 kg ou qui nécessite plus de deux minutes pour sa mise en œuvre sera rapidement abandonné. Prévoir des armoires de stockage dédiées et proches de l'activité.

##### 5. Anticiper l'acceptabilité sociale et collective

Ne jamais déployer un dispositif sur un opérateur isolé. Commander par lots de deux à quatre équipements. Favoriser l'usage en binômes et former la ligne managériale à soutenir la démarche pour éviter la stigmatisation dans les ateliers.

lieux de stockage, l'identification des armoires dédiées et la nomination d'un référent de site chargé du suivi opérationnel et des visites de terrain (au minimum toutes les deux semaines).

#### L'institutionnalisation de la fonction

Preuve de cet ancrage durable, Air France rejoint officiellement la plateforme d'échange Exosquelette de l'Afnor en 2025, permettant de partager ses bonnes pratiques et de lever les incertitudes normatives subsistant au niveau national.

À la fin de l'année 2025, la structuration s'achève par la nomination d'une ressource dédiée à plein temps sur la plus grande direction de l'acti-





© Kim Rasmussen / Air France / 2025

tivité industrielle, assurant ainsi l'animation des équipes, la pérennité du savoir-faire acquis et le suivi des indicateurs de santé au travail.

### Synthèse et recommandations pour le préventeur

Le retour d'expérience d'Air France sur cinq ans peut se résumer en cinq grands principes d'action (Cf. Encadré).

### Conclusion

L'aventure de l'intégration des exosquelettes chez Air France entre 2021 et 2026 démontre que le succès de ces technologies ne dépend qu'en infime partie de leur performance mécanique intrinsèque. La réussite réside dans la qualité de la démarche d'accompagnement humaine, sociale et organisationnelle.

En passant d'une logique de « tests d'outils » à un véritable « programme d'intégration structuré », la compagnie a su transformer une innovation technologique parfois perçue comme un gadget en un véritable levier de prévention des TMS, respectueux des collectifs de travail et parfaitement intégré dans ses exigences de sécurité industrielle. Une trajectoire inspirante qui rap-

pelle que la technique doit toujours demeurer au service de l'humain et de sa santé au travail. ●

1. La performance productive perçue correspond à la propre évaluation qu'a l'opérateur de sa capacité à travailler de manière efficace, rapide et quantitative lorsqu'il utilise un exosquelette.
2. La direction industrielle d'Air France assure les opérations de maintenance des avions de la compagnie ainsi que celles de compagnies clientes. Réalisées en hangar, sur piste ou dans des ateliers spécialisés, ces activités mobilisent plusieurs milliers de salariés sur des interventions très diversifiées, allant de la maintenance des moteurs et trains d'atterrissage aux équipements de cabine. La variété des configurations de travail et des accès aux équipements expose les mécaniciens à des contraintes physiques importantes, notamment des postures bras en l'air, des torsions du tronc et des maintiens prolongés dans des espaces restreints.
3. Cf. dans la rubrique « Pour en savoir plus » l'article de Liën Wioland et al. et le mémoire de Flora Biraud.

### POUR EN SAVOIR +

- ACCORD AC Z68-800 – Dispositifs d'assistance physique à contention de type exosquelettes robotisés ou non – Outils et repères méthodologiques pour l'évaluation de l'interaction humain-dispositif. Afnor, mars 2017. Accessible sur : [www.boutique.afnor.org](http://www.boutique.afnor.org) (site payant).
- NORME NF X35-800 – Ergonomie - Méthode d'intégration des dispositifs et robots d'assistance physique à contention de type exosquelette - Expression des besoins, sélection, conception, évaluation et déploiement. Afnor, 2023. Accessible sur : [www.boutique.afnor.org](http://www.boutique.afnor.org) (site payant).
- INRS – Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise : guide pour les préventeurs. 2022, coll. Démarche de prévention, ED 6315. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206315>
- MICHAUX C., SEMOUN O. – Intégration d'exosquelettes chez les bagagistes à l'aéroport CDG. Rapport d'étude conjoint Cramif / ACMS, 2024.
- IMBERT L. ET AL. – New active exoskeleton reduces muscle activity and metabolic cost during repetitive lifting tasks. Laboratoire interuniversitaire de biologie de la motricité / RB3D, 2023.
- ROQUELAURE Y. – Les troubles musculo-squelettiques en Europe : un défi pour la prévention. Rapport d'étude européen, 2018.
- BIRAUD F. – Les dynamiques collectives lors de l'intégration des exosquelettes en entreprise. Mémoire de Master 2 de Psychologie sociale, du travail et des organisations, 2024, Université de Lorraine. Non publié.
- WIOLAND L. ET AL. – Dynamique d'adoption des exosquelettes professionnels : actions en termes de prévention. *Références en santé au travail*, 2024, TF 322, pp. 55-67. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20322>

# DIX ANS D'EXPÉRIMENTATIONS D'EXOSQUELETES AU TRAVAIL

## Enseignements pour la prévention des risques et le maintien dans l'emploi

Depuis la fin des années 2010, les exosquelettes font l'objet d'expérimentations au sein de La Poste. Initialement mobilisés dans une logique de prévention primaire, ces dispositifs d'assistance physique ont progressivement été sollicités dans des situations de maintien ou de retour dans l'emploi pour des salariés présentant des troubles musculosquelettiques (TMS). Par son approche monographique et systémique, cet article croise observations de terrain, analyses et recommandations pour refléter la dynamique et la transversalité de la santé au travail. À partir de retours d'expérience conduits sur plusieurs sites postaux, il propose une analyse approfondie des conditions d'introduction des exosquelettes, des différences méthodologiques entre prévention collective et approche individuelle, ainsi que des enjeux organisationnels, sociaux, médicaux et juridiques qui en découlent.

**BÉATRICE GOURMAUD, MÉLANIE BROUT**  
Direction technique, groupe La Poste

**CLARISSE MATHIEU**  
Politique handicap, groupe La Poste

**ANTOINE DEZALAY**  
Agefiph\*, direction innovation, évaluation, stratégie

\* Association de gestion du fonds pour l'insertion professionnelle des personnes handicapées.

### Contexte et genèse des expérimentations : de la prévention primaire au maintien dans l'emploi

Les activités de manutention, de tri et de préparation du courrier et des colis exposent durablement les opérateurs à des contraintes biomécaniques importantes, en particulier au niveau du rachis lombaire, des épaules et des membres supérieurs. Ces contraintes résultent de la combinaison de plusieurs facteurs : répétitivité des gestes, charges manipulées, postures contraignantes, exigences de cadence et variabilité des flux.

Malgré les aménagements des postes de travail à leur conception, le contexte d'allongement des carrières professionnelles et de vieillissement de la population active pose la question de l'usure professionnelle et de la soutenabilité du travail sur le long terme pour ces populations exposées. Ces problématiques interrogent également la capacité des organisations à maintenir en emploi des salariés dont l'état de santé est altéré, sans dégrader ni leur santé ni la qualité du travail produit.

Dans ce contexte, les exosquelettes ont progressivement été testés à La Poste pour tenter de réduire certaines contraintes biomécaniques et,

potentiellement, contribuer à la prévention de l'usure professionnelle. Leur usage pour la compensation du handicap est de plus en plus un enjeu pour maintenir les salariés au travail.

### Près de 10 ans d'expérimentation en prévention : une démarche progressive

À La Poste, les premières expérimentations d'exosquelettes ont été engagées dès la fin des années 2010 dans une logique de prévention primaire. L'objectif initial était de savoir, dans des situations de travail variées (tri industriel, manutention de colis, préparation de tournées), si ces dispositifs pouvaient constituer un complément aux aménagements existants, sans se substituer aux principes de prévention classiques, des TMS notamment.

L'objectif premier était de proposer à des agents volontaires un outil susceptible de réduire certaines contraintes biomécaniques, notamment au niveau du dos et des membres supérieurs, tout en préservant la mobilité et l'autonomie nécessaires aux postes de travail dynamiques. Afin d'outiller et de professionnaliser cette démarche, La Poste s'est entourée d'ergonomes expérimentés – issus



de la direction technique ou déployés en appui opérationnel – et a participé activement aux travaux de normalisation portés par l'Afnor avec l'appui de l'INRS, notamment autour de la norme NF X 35-800 d'août 2023, dédiée à l'intégration des exosquelettes en milieu de travail.

### Une gouvernance pluridisciplinaire et un pilotage par étapes

Pour garantir la qualité des expérimentations, chaque projet repose sur une gouvernance rassemblant des représentants de la prévention, du management, des partenaires sociaux, du service médical et du terrain. Cette pluridisciplinarité a permis d'évaluer la faisabilité technique, organisationnelle et médicale avant toute mise en situation réelle. La démarche s'est organisée en trois grandes étapes :

- la première phase consiste à analyser précisément les situations de travail concernées. Les ergonomes observent les gestes, postures, circulations, rythmes, équipements existants et contraintes collectives afin d'identifier les leviers de transformation possibles. L'exosquelette n'est envisagé qu'après la mise en œuvre des autres solutions d'aménagement, afin qu'il ne devienne jamais une réponse par défaut. Cette exigence permet d'éviter la focalisation sur l'outil et d'inscrire sa possible utilisation dans une logique véritablement préventive, fondée sur une évaluation équilibrée des bénéfices et des risques ;
- lors de la deuxième étape, les agents testeurs participent à un temps d'acculturation. Avant toute utilisation en poste, ce temps est destiné à « démythifier l'exosquelette », souvent associé à des représentations éloignées de la réalité (robotisation, handicap visible, etc.). Une démonstration neutre du fonctionnement, de ses effets et de ses contre-indications est systématiquement réalisée. Les essais sont ensuite organisés en salle, dans un environnement contrôlé, puis en situation réelle à travers une progression en quatre sessions de trente minutes à deux heures. Ce passage progressif est essentiel pour permettre à l'agent d'appréhender les réglages, de ressentir les effets du dispositif et d'identifier ses limites. Un retour en comité de pilotage permet ensuite de déterminer si l'exosquelette doit poursuivre sa phase d'intégration ;
- en troisième étape, une période d'intégration d'au moins trois semaines est menée, lorsque le dispositif semble pertinent. Les ergonomes accompagnent les premières journées afin d'ajuster les réglages, d'observer les nouvelles contraintes éventuelles et de garantir une appropriation sécurisée du matériel. Cette étape est décisive : elle permet de vérifier l'adéquation entre l'outil, l'agent et la réalité des tâches. Le suivi est multiple – ergonomique, managérial et médical – et vise à s'assurer que le

dispositif reste bénéfique, qu'il ne génère pas de nouvelles contraintes et qu'il est compatible avec l'organisation du travail.

### Les enseignements issus de la prévention : ce que révèle les expérimentations

Les expérimentations montrent :

- l'importance déterminante du choix des modèles d'exosquelette et de leurs réglages individuels, véritable clé d'acceptabilité et de confort. Les conséquences sont visibles sur la santé des utilisateurs en positif et en négatif (les effets ne sont pas neutres) ;
- la nécessité de maintenir des compétences locales (référénts, managers, relais prévention) pour assurer durabilité et cohérence des usages ;
- la sensibilité du collectif de travail, dont l'adhésion dépend d'une communication claire : expliquer ce qu'est et ce que n'est pas un exosquelette demeure indispensable pour éviter les stéréotypes ;
- l'importance du suivi : le rangement et l'entretien sont souvent oubliés. Le suivi avec les référents internes (référént technique, référént prévention, utilisateurs ambassadeurs au sein de l'entreprise) et externes (fabricant, fournisseur, expert, ergonome hors entreprise) au projet ne doit pas rester implicite.

### L'émergence du maintien dans l'emploi comme nouveau champ d'application

Après plusieurs années d'expérimentations centrées sur la prévention primaire, La Poste a progressivement élargi son approche et intégré l'usage des exosquelettes dans les situations de maintien et de retour dans l'emploi. Par exemple, les difficultés rencontrées pour la mise en œuvre de la rotation de postes pour les manutentionnaires montrent le risque d'exclusion des personnes à inaptitudes médicales et la concentration des contraintes sur les agents encore aptes.

Cette ouverture vers l'exosquelette s'est opérée sans jamais rompre avec l'approche préventive initiale : l'exosquelette n'est venu qu'en complément d'autres aménagements organisationnels, techniques ou humains, et jamais comme une réponse isolée.

Afin de consolider cette orientation vers le maintien dans l'emploi, La Poste a engagé un partenariat avec l'Agefiph autour de trois objectifs :

- établir un process collaboratif (Agefiph – Cap Emploi) pour traiter les demandes de prise en charge d'exosquelette en toute connaissance de cause ;
- acculturer les représentants de l'Agefiph et de Cap Emploi (réseau Chéops<sup>1</sup>) sur ce sujet ;
- avancer sur un cadrage juridique des responsabilités liées au port de l'exosquelette (identification et impact des responsabilités).

Plusieurs sites ont constitué des terrains d'analyse pour comprendre l'usage de l'exosquelette en maintien dans l'emploi.

À la plate-forme de préparation et de distribution du courrier (PPDC) de Cannes, l'exosquelette a été porté pendant plus de deux ans par une factrice souffrant de troubles du rachis. Le vieillissement du matériel, l'évolution de la santé de l'agente, les transformations organisationnelles et la divergence des avis médicaux ont mis en évidence la nécessité d'un suivi médical régulier, l'importance d'un accompagnement ergonomique dans le temps et le besoin de réfléchir à l'usure du matériel et au maintien de la dynamique en continu, en tenant compte des changements organisationnels.

À la PPDC de Vichy-Cusset, l'exosquelette, préconisé pour un facteur éloigné de l'emploi, a été introduit sans l'étape de sensibilisation préalable du collectif, générant une stigmatisation sociale persistante. Ce cas a montré que, pour être une solution de maintien pertinente, l'introduction d'un exosquelette doit impérativement être précédée d'un diagnostic partagé et que l'acculturation du collectif est particulièrement importante quand le collaborateur est seul à porter l'exosquelette qui rend visible une fragilité auparavant discrète.

Il a aussi montré que certains agents peuvent développer une dépendance symbolique à l'exosquelette, en construisant leur identité au travail autour de son usage.

La plate-forme industrielle courrier (PIC) de Mauguio a volontairement mêlé des agents en prévention et des agents en maintien, révélant que la mixité réduit la stigmatisation liée au handicap. Par ailleurs, la limitation du temps de port à deux heures est entrée en contradiction avec les vacations de trois heures. La limitation du poids de l'exosquelette à 2 kg et la possibilité de l'activer ou de le désactiver ont permis de lever cette restriction et d'accepter un port jusqu'à trois heures par jour.

L'expérience de terrain et le partenariat avec l'Agefiph ont conduit La Poste à adapter sa procédure, initialement pensée pour la prévention: la proposition de port d'exosquelette doit être discutée en commission pluridisciplinaire et le suivi médical du postier qui le porte doit être renforcé: le médecin du travail doit non seulement vérifier l'absence de contre-indication, mais aussi s'assurer que l'usage reste compatible avec la pathologie et son évolution. Le suivi médical est d'autant plus important dans le cadre du maintien que le port d'un exo-



Deux testeurs volontaires sur une plateforme industrielle courrier (PIC): (à gauche) agente équipée d'un exosquelette d'assistance des membres supérieurs; (à droite) agent équipé d'un exosquelette d'assistance dorso-lombaire.

squelette soulage certains mouvements, tout en reportant la charge sur d'autres. Des visites médicales régulières et une grille d'entretien remplie par le médecin du travail permettent de cadrer le suivi de l'utilisateur.

### Deux logiques méthodologiques distinctes : prévention collective et approche individuelle dans le cadre du maintien dans l'emploi

Les retours d'expérience issus des expérimentations menées à Cannes, Vichy-Cusset et Mauguio montrent que l'introduction d'un exosquelette ne produit pas les mêmes effets selon qu'elle s'inscrit dans une démarche de prévention primaire ou dans une situation de maintien dans l'emploi. Si, dans les deux cas, l'exosquelette modifie les gestes professionnels, les contraintes biomécaniques et certaines dimensions de l'organisation du travail, les dynamiques sociales, médicales, symboliques, organisationnelles et financières qui l'entourent diffèrent.

#### Une dynamique collective différente : le groupe en prévention, l'individu en maintien

En prévention, les expérimentations montrent qu'on équipe généralement un petit groupe de volontaires : deux ou trois personnes au sein du même collectif. Cette configuration crée spontanément un esprit d'entraide : les testeurs se portent assistance pour les réglages, partagent leurs impressions, comparent les modèles testés et développent une culture commune autour du dispositif. Cette dynamique facilite l'intégration du matériel, l'ajustement mutuel des réglages et la banalisation du dispositif.

À l'inverse, dans les situations de maintien dans l'emploi, l'agent est seul à porter l'exosquelette.

Cette solitude modifie les enjeux : elle supprime l'effet de groupe, renforce la visibilité du dispositif et la singularité du handicap. Elle peut accentuer la différence perçue entre l'agent et le collectif de travail. La démarche nécessite alors un accompagnement social renforcé, car l'introduction d'un dispositif visible sur une personne en restriction médicale peut modifier profondément les relations professionnelles.

#### La relation au matériel : usage opportuniste en prévention, dépendance potentielle en maintien

En prévention, l'exosquelette est utilisé pour réduire des contraintes futures : les agents l'envoient lorsqu'il fait chaud, lorsque le poste change ou lorsqu'ils estiment qu'il ne sert plus. Le rapport au dispositif est donc pragmatique.

Dans le maintien dans l'emploi, l'exosquelette peut devenir un outil identitaire ou sécuritaire, voire un « passeport pour rester dans l'entreprise », dans un contexte où les « postes doux » disparaissent. L'exosquelette peut aussi être un matériel imposé dans le cas d'une restriction médicale, qui oblige celui ou celle à qui il a été prescrit de le porter.

Certains agents en maintien déclarent redouter qu'une mauvaise utilisation, un inconfort ou un échec du test conduise à une inaptitude. Cette pression peut conduire à minimiser les douleurs, à accepter des réglages imparfaits ou à dépasser les limites de temps prescrites.

À Vichy-Cusset, l'agent a progressivement développé une forme de dépendance symbolique au dispositif, allant jusqu'à le porter sur l'ensemble de la vacation, même lorsqu'il n'était plus activé.

Cette dépendance pose une question centrale : que se passe-t-il en cas de panne, d'usure ou d'indisponibilité du matériel ? L'exosquelette peut alors devenir un « passeport pour rester dans l'entreprise », dans un contexte de raréfaction des postes doux.

#### L'enjeu du regard social : neutralité relative en prévention, exposition en maintien

Les observations de terrain montrent que le regard des collègues constitue un facteur majeur. En prévention, l'exosquelette est vécu généralement comme un outil de modernisation ou d'innovation. Le collectif comprend que l'expérimentation vise à améliorer les conditions de travail, sans cibler une personne en difficulté. L'usage du dispositif n'est pas associé au handicap. Il peut cependant être source de remarques sarcastiques, venant de la curiosité ou de l'envie, qui peuvent gêner les utilisateurs.

En maintien dans l'emploi, l'exosquelette devient au contraire un marqueur visible d'une fragilité, auparavant plus discrète. Le dispositif rend explicite ce qui était jusqu'ici implicite : la res-

Agent en maintien dans l'emploi sur une plateforme de préparation et de distribution du courrier (PPDC), équipé d'un exosquelette d'assistance des membres supérieurs, au cours d'une activité de « flashage » de colis.



triction médicale, la nécessité d'un aménagement et la différence fonctionnelle. Certains agents y trouvent un soutien symbolique (« *mieux vaut être celui qui porte un exosquelette que celui qui est en restriction médicale* »), tandis que d'autres se sentent davantage stigmatisés. Les retours de Vichy-Cusset montrent que des plaisanteries, surnoms ou jugements peuvent s'installer si l'acculturation n'est pas correctement menée; l'absence de phase d'acculturation collective préalable a favorisé des formes de stigmatisation sociale (plaisanteries, remarques répétées), générant des effets psychosociaux négatifs. À l'inverse, à Cannes, l'implication du management de proximité et une communication active ont permis une intégration progressive de l'exosquelette dans le collectif, jusqu'à sa banalisation relative. À Mauguio, la mixité volontaire entre agents en prévention et agents en maintien a permis de réduire ces effets en diluant la visibilité du handicap dans un usage plus collectif du dispositif.

### Le rôle et la place du médecin du travail :

#### conseil en prévention, acteur central en maintien

En prévention, le médecin du travail se prononce surtout sur l'absence de contre-indications. Son rôle, bien que nécessaire, s'inscrit dans une logique où les expérimentations sont volontaires, réversibles et sans enjeu direct sur la trajectoire professionnelle de l'agent.

En maintien dans l'emploi, le rôle du médecin devient plus complexe. Il doit :

- vérifier la compatibilité entre la pathologie et le modèle choisi;
- anticiper les évolutions possibles de l'état de santé;
- dialoguer étroitement avec l'employeur sur les réorganisations à envisager;
- intégrer le suivi dans la durée (visites à trois semaines, trois mois, six mois, etc.);
- arbitrer des situations où la prescription est discutée par l'organisation.

Les divergences d'appréciation observées à Cannes entre professionnels de santé (médecin du travail, kinésithérapeute) montrent que la pertinence d'un exosquelette ne peut jamais être considérée comme acquise définitivement.

### Le cadre organisationnel : adaptation possible en prévention, urgence et contraintes en maintien

En prévention, la démarche suit une logique de développement progressif : diagnostic, tests, intégration, retours d'expérience. Le collectif peut absorber plus facilement les perturbations temporaires : ralentissement de la production, temps de réglage, interventions des ergonomes.

En maintien dans l'emploi, le facteur temps est souvent contraint : il faut aller vite pour éviter l'arrêt maladie prolongé ou l'inaptitude.

Par ailleurs, la limitation du temps de port à deux heures est entrée en contradiction avec les vacations de trois heures. La limitation du poids de l'exosquelette à 2 kg et sa possibilité d'activation et de désactivation ont permis de porter la limitation du temps à trois heures par jour.

### Les conditions de fiabilité et de maintenance :

#### enjeu important pour les deux types d'utilisation

L'usure prématurée observée à Cannes, Vichy ou Yzeure (tiges, câbles, textiles, élastiques) est problématique dans les deux démarches, mais elle devient critique dans le maintien : si l'exosquelette casse, l'agent peut être immédiatement empêché de travailler. En prévention, une panne entraîne surtout une suspension temporaire d'un test ou de l'utilisation d'un exosquelette, sans remettre en cause l'activité. Un exosquelette qui casse en maintien en emploi n'est pas seulement un incident technique : c'est un risque éthique, juridique et organisationnel.

Le cas de Cannes, avec plus de deux ans d'utilisation continue, met en lumière des enjeux spécifiques liés au temps long :

- le vieillissement du matériel : l'usage régulier du dispositif accélère son usure et sa déformation. Les pièces plus fragiles ou plus sollicitées montrent des besoins de réglages plus fréquents, voire de remplacement. Sans un contrat de garantie correct, l'exosquelette peut vite devenir hors service;
- la fin de garantie de l'exosquelette pose la question de la responsabilité juridique en cas de blessure de l'utilisateur si le dispositif casse;
- l'évolution de la morphologie et de l'état de santé de la collaboratrice est venue réinterroger la pertinence du choix de l'exosquelette, de son réglage et de ses temps d'utilisation;
- des divergences d'appréciation entre professionnels de santé peuvent apparaître. Par exemple, le kinésithérapeute a interprété la diminution de la masse corporelle comme une conséquence possible de l'assistance mécanique apportée par l'exosquelette, tandis que le médecin du travail, pour sa part, a renforcé sa surveillance sans remettre en cause le dispositif.

Le vieillissement du matériel et la fin de garantie interrogent directement le lien avec les fournisseurs : prêt de matériel avant adoption, service après-vente, non-exclusivité pour rendre possible l'essai de différents types de matériel, évolution technologique du modèle...

### Aspects financiers : un financement principalement porté par l'employeur en prévention, individualisé et cofinancé en maintien dans l'emploi

En prévention, le financement repose majoritairement sur l'employeur et conduit le plus souvent à privilégier des dispositifs mutualisables, au



ENCADRÉ

**EXOSQUELETTES : PRÉVENTION PRIMAIRE *VERSUS* MAINTIEN DANS L'EMPLOI**

| PRÉVENTION PRIMAIRE                                                           | MAINTIEN DANS L'EMPLOI                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Démarche collective, expérimentale et volontaire                              | Démarche individuelle, souvent contrainte par l'urgence              |
| Finalité préventive : réduction des contraintes et de l'usure professionnelle | Finalité compensatoire : permettre le maintien ou le retour au poste |
| Usage partagé au sein d'un collectif                                          | Usage isolé, dispositif porté par un seul agent                      |
| Bonne acceptabilité sociale, faible visibilité du handicap                    | Acceptabilité fragile, visibilité accrue d'une restriction médicale  |
| Rapport pragmatique à l'outil, usage réversible                               | Risque de dépendance fonctionnelle ou symbolique                     |
| Suivi médical ponctuel, centré sur l'absence de contre-indication             | Suivi médical renforcé et inscrit dans la durée                      |
| Incident technique sans conséquence immédiate sur l'activité                  | Défaillance pouvant empêcher immédiatement le travail                |
|                                                                               | Enjeux juridiques, éthiques et organisationnels critiques            |
| Financement employeur mutualisé                                               | Cofinancement individualisé                                          |

coût contenu, intégrés dans une démarche collective d'amélioration des conditions de travail. À l'inverse, dans les situations de maintien ou de retour dans l'emploi, lorsque le salarié est reconnu travailleur handicapé, l'accès à des financements publics, notamment *via* l'Agefiph, modifie les arbitrages économiques : il devient possible d'envisager des équipements plus performants, plus individualisés et mieux adaptés à une pathologie spécifique. Cette différence de cadre financier influe directement sur le type de matériel testé, sur la durée des essais, ainsi que sur les exigences en matière de suivi, de maintenance et de sécurisation de l'investissement (Cf. Encadré).

**Conclusion : des enjeux juridiques structurants à clarifier**

L'introduction des exosquelettes en situation de travail, qu'elle s'inscrive dans une démarche de prévention ou de maintien dans l'emploi, sou-

lève des enjeux juridiques majeurs qui dépassent la seule question de l'assistance physique. Les retours d'expérience montrent que ces dispositifs modifient les conditions de travail, les gestes professionnels et l'organisation, et qu'ils doivent, à ce titre, être pleinement intégrés au champ de la santé et de la sécurité au travail.

Un premier enjeu concerne la qualification juridique de l'exosquelette et le cadre réglementaire applicable. Ni équipement de protection individuelle, ni dispositif médical au sens strict, l'exosquelette interroge les catégories juridiques existantes et appelle une clarification sur son statut, afin de sécuriser les pratiques des employeurs comme celles des professionnels de santé.

Un second enjeu porte sur la responsabilité de l'employeur. Les expérimentations rappellent que la mise à disposition d'un exosquelette n'atténue en rien l'obligation générale de sécurité. Même lorsque le dispositif est recommandé ou prescrit dans un contexte de maintien dans l'emploi, l'employeur est responsable devant la loi de la santé et de la sécurité des salariés dans son entreprise. Cette responsabilité est d'autant plus sensible que l'exosquelette est utilisé sur le long terme et qu'il conditionne parfois la possibilité même de travailler.

La clarification des rôles des différents acteurs constitue un troisième point de vigilance. Les retours de terrain montrent des interrogations quant à l'articulation des interventions des acteurs de la prévention et de la santé au travail et de l'encadrement, notamment en cas de défaillance du matériel, d'évolution de l'état de santé ou de divergences entre professionnels. Ces situations invitent à définir clairement, dans le respect des compétences et des obligations de chacun, les modalités d'intervention, d'échanges d'informations et de prises de décisions.

Enfin, l'usage des exosquelettes en maintien dans l'emploi pose des enjeux éthiques et organisationnels spécifiques : visibilité du handicap, risque de dépendance au dispositif, fragilisation des trajectoires professionnelles en cas d'indisponibilité du matériel. Ces dimensions, étroitement liées au droit du travail et à la prévention des risques psychosociaux, appellent une approche collective, anticipée et documentée.

En conclusion, les exosquelettes ne peuvent être envisagés comme de simples aides techniques. Leur déploiement met en évidence la nécessité de clarifier le cadre juridique, de renforcer l'articulation entre santé, droit et organisation du travail, et de construire des repères partagés pour sécuriser leur usage, en particulier lorsqu'ils deviennent un levier de maintien dans l'emploi. ●

1. Conseil national handicap et emploi des organismes de placement spécialisés.

# DES EXOSQUELETES EN AGRICULTURE

**La MSA expérimente depuis quatre ans l'intégration d'exosquelettes dans les vignes pour prévenir les TMS. Testés sur le terrain avec des viticulteurs, ces dispositifs montrent un intérêt ciblé mais nécessitent un accompagnement rigoureux. Ils s'inscrivent comme un outil complémentaire dans une démarche globale d'amélioration des conditions de travail, avec une capitalisation des retours d'expérience essentielle pour renforcer la prévention.**

AGNÈS  
RATGRAS,  
VÉRONIQUE  
BARBAT  
CCMSA\*

ÉRIC  
ARGIOLAS  
MSA\*\* du  
Languedoc-  
Roussillon  
\* Caisse centrale  
de mutualité  
sociale agricole.  
\*\* Mutualité  
sociale agricole.

## Une démarche de prévention construite sur le travail réel

En 2024, les TMS représentaient 94,8 % des maladies professionnelles (MP) reconnues des salariés du régime agricole et près de 75 % de celles du régime des non-salariés agricoles (chefs d'entreprise). Depuis l'arrivée des exosquelettes dans le monde du travail, les acteurs des services de santé et sécurité au travail (SST) en agriculture de la Mutualité sociale agricole (MSA), qui fonctionnent en réseau, sont périodiquement sollicités à ce sujet. Les demandes peuvent être portées auprès de la MSA par une diversité d'acteurs : des élus<sup>1</sup> (représentant les adhérents dans les instances de gouvernance des MSA), des adhérents salariés, auprès des médecins du travail (MT) ou des infirmiers au travail (Idest), lors d'actions en milieu de travail ou de visites médicales, des chefs d'entreprise ou d'exploitation agricole, des acteurs du conseil en agriculture, auprès des conseillers en prévention (CP). Ces demandes concernent autant l'utilité des exosquelettes en termes de prévention primaire des troubles musculosquelettiques (TMS) que leur pertinence dans le cadre d'une situation de maintien dans l'emploi ou que l'aide au choix d'un matériel adapté au contexte professionnel. Les acteurs du conseil en agriculture et les organisations professionnelles agricoles se sont rapprochés de la MSA pour obtenir un avis éclairé sur cette innovation technologique en matière de prévention, dans la perspective d'un déploiement au sein des entreprises de leur filière. Pour tous ces acteurs, les exosquelettes peuvent être, de prime abord, perçus comme LA solution technique innovante qui résoudra les multiples TMS du monde agricole.

## Un positionnement stratégique fondé sur la prévention et le travail réel

Dans ce contexte, les questionnements sur les impacts des exosquelettes sur la santé au travail ont été intégrés au plan santé sécurité au tra-

vail (PSST) en agriculture 2021-2025, au même titre que ceux concernant d'autres technologies émergentes (numérisation, robotique, drones). L'ambition n'était ni de promouvoir ni de rejeter ces innovations, mais de comprendre les effets de ces dispositifs sur le travail, la santé et la sécurité (des opérateurs, des équipes, des entreprises), tout en développant une capacité collective à accompagner leur introduction en s'appuyant sur une analyse rigoureuse du travail réel.

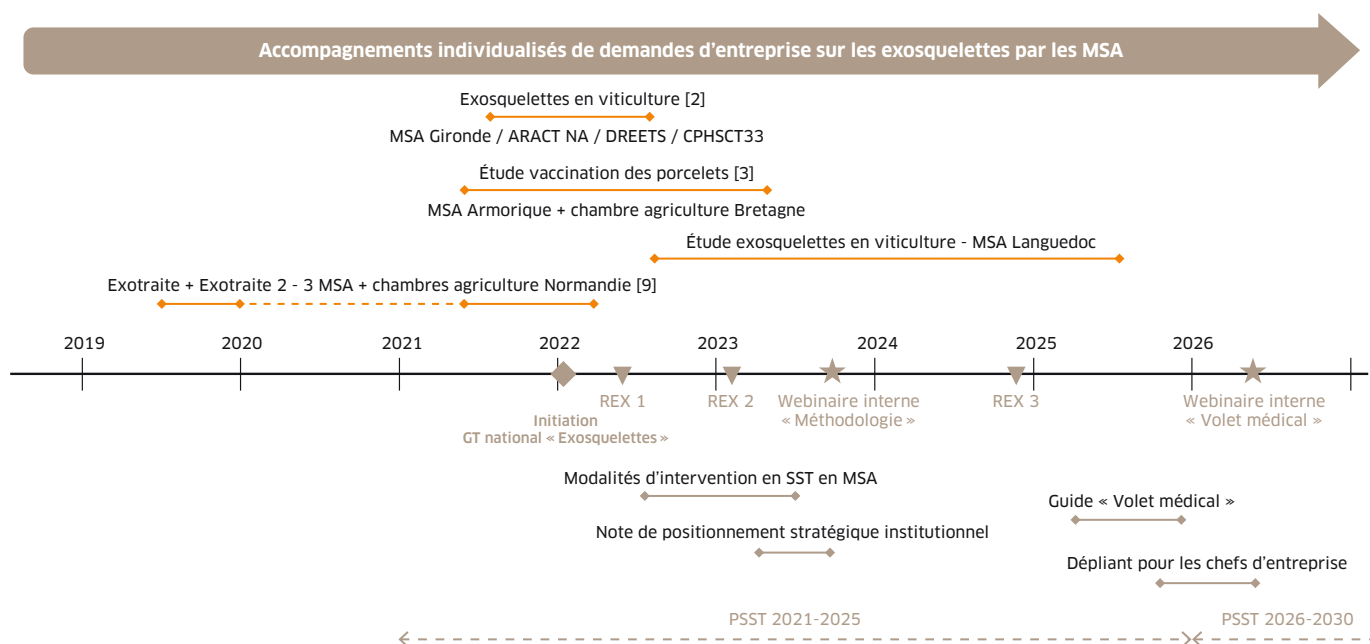
Afin de répondre à cette ambition, la MSA a engagé une stratégie d'accompagnement à la mise en place d'exosquelettes, articulant actions de terrain, menées par les préventeurs (MT, IDEST, CP) des services SST des caisses de MSA, et pilotage national assuré par la Direction nationale de la santé sécurité au travail (DNSST) de la MSA (CCMSA) [Cf. Figure 1].

## Préventeurs des MSA : produire des connaissances ancrées dans les situations de travail

L'une des spécificités de la démarche portée par la MSA réside dans son ancrage opérationnel, tenant compte de la singularité des situations de travail. L'accompagnement individualisé d'exploitations agricoles pour l'intégration d'exosquelettes au travail s'appuie sur la relation de service personnalisée à destination de ses adhérents que la MSA porte depuis de nombreuses années. Cette démarche repose sur une approche globale et systémique de la situation de travail. Ainsi l'accompagnement prend en compte les spécificités de l'environnement de travail, du geste professionnel, les contraintes organisationnelles et les marges de manœuvre existantes au sein de chaque exploitation. Il s'appuie également sur une démarche pluridisciplinaire et participative, incluant les décideurs de l'exploitation et les futurs utilisateurs d'exosquelettes.

Par ces accompagnements individualisés, les équipes cherchent à caractériser les effets des





↑ **FIGURE 1**  
Stratégie collective en MSA d'accompagnement des demandes d'entreprise sur les exosquelettes.

exosquelettes sur la santé dans un environnement de travail réel, à identifier des freins et leviers à leur utilisation en situation de travail en contexte agricole. Les préventeurs constatent que la prise de recul sur le contexte, les besoins réels et la mise en perspective de l'investissement amènent le plus souvent les acteurs de l'exploitation à réorienter cet investissement vers des pistes d'améliorations mieux adaptées que l'exosquelette en matière de prévention des risques professionnels ou de réaménagement des lieux de travail. Dans quelques cas, en fonction du contexte, la démarche confirme la pertinence de cet équipement pour la situation de travail, en complément d'autres actions de prévention.

En parallèle, sur la période 2021-2025, dans une perspective longitudinale et une visée collective, les préventeurs des MSA ont intégré ou développé des études à l'échelle de filières agricoles territoriales – élevage bovin lait (Cf. Encadré p. 51), viticulture [2], élevage porcin [3], paysage, apiculture, conditionnement... – en partenariat avec des acteurs locaux (chambres d'agriculture, organisations professionnelles, instituts techniques...). Ces études, telles que celle présentée au paragraphe « Étude d'acceptabilité d'exosquelettes passifs en viticulture » (Cf. p. 49), ont permis de suivre sur plusieurs semaines, voire années, des utilisateurs d'exosquelettes au travail. Elles ont mis en visibilité la variabilité et la diversité des environnements de travail, des conditions de réalisation du travail, des situations de travail, des stratégies opératoires dans l'utilisation professionnelle des exosquelettes au sein d'une même filière. Ces résultats confirment la nécessité d'une approche ancrée dans les situations de travail et d'une réponse au cas par

cas aux demandes d'intégration d'exosquelettes. Certaines de ces expérimentations ont donné lieu à des publications scientifiques ou à des communications professionnelles, contribuant à nourrir un socle de connaissances partagé.

Enfin, un autre axe de travail des préventeurs des MSA sur la période a concerné l'animation de collectifs d'exploitants s'interrogeant en amont de l'acquisition d'exosquelettes. Lors de ces groupes de réflexion, les préventeurs ont cherché à déplacer les débats, en invitant les chefs d'exploitation à s'interroger non seulement sur la performance technique des exosquelettes, mais aussi sur leurs besoins en matière de prévention, à se projeter sur les futurs impacts organisationnels, sur les éventuelles contraintes sur les différentes tâches à effectuer, les questions de compatibilité avec les équipes, les aléas du travail agricole. Cette démarche favorise une appropriation critique d'un nouvel équipement en tenant compte des enjeux de prévention et de santé, toujours en se centrant sur les situations de travail.

#### La CCMSA : structurer, capitaliser et outiller au niveau national

À l'échelle nationale, la DNSST de la CCMSA a joué un rôle de structuration et de capitalisation. Un groupe de travail dédié aux exosquelettes a été constitué en 2022, avec pour missions la veille scientifique, le partage des retours d'expérience issus des accompagnements et études menés en MSA et la montée en compétence collective. Il se compose de conseillers nationaux en prévention, d'un médecin du travail conseiller technique national, d'une chargée de mission sur les TMS et d'une ergonome de l'une des MSA.

Ce groupe de travail national a organisé trois séminaires entre 2022 et 2024. Ces événements ont regroupé une trentaine de préventeurs des différents métiers (CP, MT, IDEST) issus d'une quinzaine de MSA : l'occasion de présenter les études en cours et des retours d'expérience d'accompagnements individualisés, suivis d'ateliers de réflexion collective. Ces temps collectifs offrent également un espace aux participants pour confronter leurs difficultés, leurs réussites, y échanger connaissances, outils, révéler des points de convergence ou des spécificités locales. Ces acteurs y mettent en discussion des questions encore ouvertes et à approfondir, telles que la durée des tests *in situ* (sur le terrain), les modalités d'accompagnement financier, les apports respectifs des acteurs de la santé au travail et de la prévention ou l'articulation de leur coopération autour des demandes d'exosquelettes. En s'interrogeant sur leurs pratiques, ils font émerger des repères méthodologiques et des messages clés partagés.

Sur la base de ces travaux collectifs, la DNSST de la CCMSA a produit une méthodologie d'intervention commune, destinée à harmoniser les pratiques. Celle-ci propose des éléments de cadrage en formalisant les étapes clés de la démarche, clarifiant l'implication et les attendus des parties prenantes (exploitant, utilisateur final, médecins et infirmiers du travail, conseillers en prévention, partenaires).

Par ailleurs, la DNSST a élaboré un positionnement stratégique institutionnel sur les exosquelettes qui reprend les messages clés. Il est destiné aux équipes SST, pour leur permettre de répondre aux demandes des élus, des exploitants, des médias... Dans la continuité de ces travaux, un guide à usage interne consacré au volet médical a été coconstruit, afin d'appuyer le positionnement et les pratiques des médecins du travail et infirmiers en santé au travail, en l'absence, à ce stade, de recommandations médicales de sociétés savantes françaises.

### Une articulation MSA-CCMSA au service des TPE agricoles

L'originalité de la démarche de la MSA tient à l'articulation étroite entre les préventeurs des services SST des MSA et de la DNSST de la CCMSA. Les premiers produisent des connaissances situées, issues du terrain et du travail réel ; les seconds en assurent la mise en cohérence, la formalisation et la diffusion. Cette dynamique évite à la fois l'écueil d'une standardisation déconnectée des réalités locales et celui d'un empilement d'expériences isolées.

Cette articulation permet de développer une méthodologie adaptée aux exploitations agricoles, majoritairement des TPE dépourvues de

ressources internes en prévention. L'approche privilégie l'accompagnement à la décision, la progressivité et l'analyse des besoins et des usages, plutôt que la recherche de solutions « clés en main ».

Enfin, les travaux engagés sur les exosquelettes constituent un véritable laboratoire méthodologique. Les enseignements tirés alimentent désormais une réflexion plus large sur l'accompagnement des autres technologies émergentes en agriculture (robotique, intelligence artificielle, drones), confirmant l'intérêt d'une prévention construite à partir du travail réel et portée par un réseau structuré de préventeurs (Cf. Figure 2).

### Étude d'acceptabilité d'exosquelettes passifs en viticulture

Dans un contexte de développement rapide des exosquelettes passifs, souvent présentés comme des solutions de réduction de la pénibilité, le service SST de la MSA du Languedoc a conduit une étude longitudinale sur trois ans (2022-2025), centrée sur l'activité de taille de la vigne.

L'étude reposait sur une approche méthodologique progressive, articulée autour de trois phases d'appropriation : pré-adoption, familiarisation et routinisation. Elle a combiné questionnaires, analyses biomécaniques et mesures électromyographiques (EMG). L'analyse des résultats a montré que le geste professionnel n'était pas modifié par le port de l'exosquelette, tandis que les sollicitations internes évoluaient, posant la question des conditions d'intégration de ces dispositifs dans une démarche de prévention durable des TMS.



← FIGURE 2  
« Une dynamique de réseau », extrait du poster présenté au CNMST 2026 à Lyon [1].



### Un cadre et une méthodologie

La taille de la vigne constitue une activité manuelle exigeante, sur une période d'environ quatre mois, caractérisée par des postures prolongées en flexion avec sollicitation du rachis lombaire et la répétition de gestes. Alors que les exosquelettes passifs à soutien lombaire sont en plein essor, et face à des sollicitations croissantes de terrain, les auteurs recherchaient des réponses au sujet de leur efficacité et des repères pour leur démarche de prévention des TMS. Le service SST de la MSA Languedoc a engagé une étude centrée non sur la comparaison des exosquelettes, mais sur l'analyse des effets des dispositifs en situation réelle de travail.

L'étude a débuté avec 45 candidats volontaires. Après application de critères médicaux d'exclusion (pathologies lombaires avérées, pathologies cardiovasculaires ou circulatoires, obésité massive ou contre-indications au port prolongé d'un dispositif) et à l'issue des visites médicales de validation, 33 participants ont été retenus: des femmes et des hommes âgés de 18 à 65 ans, salariés et non-salariés agricoles.

Trois modèles d'exosquelettes passifs à soutien lombaire ont été sélectionnés. Le protocole reposait sur une confrontation prolongée au travail réel : chaque participant devait tester successivement les trois dispositifs durant trois périodes de trois semaines, en situation effective de taille de la vigne. Chaque période était suivie d'un questionnaire portant sur le confort, les gênes éventuelles, la perception de la pénibilité et l'acceptabilité globale.

Les premières analyses ont montré que la décision d'acceptation ou de rejet d'un modèle intervient souvent rapidement. Pour les participants exprimant une hésitation ou des ressentis contrastés, la période comprise entre cinq et dix jours d'utilisation, identifiée comme un moment clé du processus décisionnel, a fait l'objet d'une attention particulière. C'est en effet dans ce délai que les participants ont exprimé leur choix définitif.

L'introduction des exosquelettes a donc été étudiée non comme un événement ponctuel, mais comme un processus d'appropriation inscrit dans la durée, ancré dans le travail réel et conditionné par l'expérience corporelle des opérateurs.

### Saison 1 (2022-2023) : la pré-adoption

« Dans quelle mesure les exosquelettes passifs sont-ils acceptables lors de leur introduction en situation réelle de travail ? » La première saison correspondait à la phase de pré-adoption, marquée par les représentations initiales et la confrontation au réel. Avant les essais, les attentes étaient élevées: 96 % des participants estimaient que l'exosquelette améliorerait leurs conditions de travail et 75 % anticipaient une utilisation simple et peu contraignante.

La confrontation au travail réel a rapidement modifié ces perceptions. En situation de taille, 57 % des participants ont déclaré ressentir de nouvelles gênes, dont 40 % jugées insupportables. Par ailleurs, 35 % ont interrompu les essais dans les cinq premiers jours, malgré un protocole prévoyant quinze jours d'utilisation.

À l'issue de cette première saison, 24 participants sur 33 ont retenu un modèle jugé compatible avec leur activité, parmi les trois exosquelettes testés, alors que 9 participants (27 %) n'en ont retenu aucun. Le choix effectué reposait à 79 % sur le confort ressenti, à 33 % sur la perception d'une réduction de la pénibilité, et à 26 % la diminution d'une douleur existante. La phase de pré-adoption a ainsi révélé un décalage entre les représentations initiales et l'expérience corporelle en situation de travail réel. Cette première étape met en évidence un enseignement essentiel: malgré un accompagnement identique, l'exosquelette ne répond pas aux attentes de tous les utilisateurs. Pour près d'un tiers des participants, les contraintes perçues ont été supérieures aux bénéfices attendus.

Les saisons suivantes ont permis d'analyser les mécanismes de familiarisation puis d'intégration dans l'activité auprès des utilisateurs ayant identifié un dispositif compatible avec leur pratique professionnelle.

### Saison 2 (2023-2024) : la familiarisation

« Le port prolongé d'un exosquelette modifie-t-il le geste professionnel et les contraintes biomécaniques associées ? » La deuxième saison, correspondant à la phase de familiarisation, a concerné 20 participants poursuivant l'étude. Les opérateurs ont utilisé le modèle retenu durant toute la saison de taille de la vigne, ce qui a permis d'observer les ajustements progressifs et l'intégration partielle du dispositif dans l'activité.

Les analyses biomécaniques ont montré que le port d'un exosquelette n'entraînait pas de modification significative du geste professionnel de taille de la vigne.

Les angulations articulaires et l'organisation générale de l'activité demeuraient comparables, avec ou sans exosquelette. Dans le même temps, 93 % des participants ont rapporté un soulagement lombaire et 46 % ont déclaré percevoir un gain de productivité.

Cette phase a mis en évidence une coexistence entre la stabilité du geste observable et l'amélioration ressentie.

### Saison 3 (2024-2025) : la routinisation

« Quels effets le port durable d'un exosquelette produit-il sur les sollicitations internes de l'organisme ? » La troisième saison a concerné 12 participants. Elle correspondait à une phase de routinisation, dans

laquelle l'exosquelette était intégré au quotidien de travail. Des mesures d'électromyogramme et de cardiofréquence ont été réalisées.

Elles ont montré une réelle diminution des sollicitations musculaires lombaires ainsi qu'une modification de répartition des sollicitations musculaires, avec une sollicitation accrue des muscles des cuisses, parfois asymétrique, selon les individus. Aucune modification significative de l'activité cardiaque n'a été observée.

En fin de saison, 100 % des 12 participants ont rapporté un soulagement lombaire, 75 % ont estimé que l'exosquelette réduisait la pénibilité, et 11 d'entre eux ont décidé d'en poursuivre l'utilisation. Après trois années de suivi, l'exosquelette apparaît ainsi moins comme un dispositif transformant le geste que comme un outil modifiant la répartition des contraintes physiques au sein de l'organisme.

### Les enseignements de l'étude

Trois années de suivi permettent de dégager plusieurs enseignements utiles pour les professionnels souhaitant intégrer des exosquelettes dans une démarche de prévention des TMS.

- **L'exosquelette n'est pas une solution universelle**  
Dès les premières semaines d'utilisation, près d'un tiers des participants n'a retenu aucun des dispositifs proposés. Un même exosquelette peut être perçu comme une aide précieuse par certains utilisateurs et comme une contrainte supplémentaire par d'autres. L'évaluation doit donc rester individualisée.
- **Quelques jours suffisent rarement pour se prononcer**  
Les résultats montrent que la période comprise entre cinq et dix jours d'utilisation constitue un moment charnière dans le processus d'acceptation. Les essais très courts ne permettent pas toujours aux utilisateurs d'expérimenter pleinement les ajustements nécessaires ni de construire un avis stabilisé.
- **Le confort reste le premier critère d'acceptation**  
Bien avant les considérations techniques ou les performances annoncées, c'est l'expérience corporelle qui guide les choix. Le confort ressenti apparaît comme le principal déterminant de l'adoption durable.
- **Le geste professionnel ne disparaît pas**  
L'exosquelette ne transforme pas l'activité de taille. Les analyses biomécaniques montrent une grande stabilité du geste professionnel. Son intérêt réside davantage dans la modification des sollicitations internes que dans une transformation visible de l'activité.
- **L'exosquelette s'inscrit dans une démarche globale de prévention**  
Ces dispositifs peuvent constituer une aide ciblée pour certains opérateurs, mais ils ne remplacent pas

les actions de prévention primaire. L'organisation du travail, les caractéristiques des parcelles, les outils utilisés et les conditions d'exécution demeurent les premiers leviers de prévention des troubles musculosquelettiques.

### « Volet médical » : corédaction d'un guide à usage interne

À l'occasion notamment de journées de retour d'expérience du réseau SST, les médecins et infirmiers du travail de la MSA ont exprimé le besoin d'être accompagnés [4]. En effet, en l'absence actuelle de recommandations médicales de sociétés savantes françaises, et sachant que l'intérêt des exosquelettes « de travail » sur la prévention primaire, secondaire ou tertiaire des TMS n'est pas démontré [5], comment faire face aux sollicitations fréquentes d'entreprises ou de travailleurs ?

Dans le but d'apporter des éléments de réponse, un groupe de travail a été constitué en 2025, piloté par l'échelon national de la SST (DNSST - CCMSA), auquel une vingtaine de préventeurs des trois métiers de la santé et sécurité au travail, issus de 12 des 35 MSA, ont participé.

Ce groupe de travail « Volet médical exosquelettes » s'est inscrit dans le prolongement des travaux du réseau SST de la MSA consacrés à ces dispositifs, dans le cadre du chantier « Nouvelles technologies » du plan santé sécurité au travail (PSST) en agriculture 2021-2025.

D'emblée, le groupe a confirmé que le positionnement stratégique institutionnel et la méthodologie d'intervention commune pour l'intégration d'exosquelettes, coconstruits en amont par le réseau SST de la MSA, étaient indissociables. Il s'agissait donc, dans ce contexte prérequis, de définir au mieux le rôle que doivent/peuvent jouer les MT et Idest, en collaboration avec les CP.

Après avoir posé ce cadre, ainsi que les constats et les objectifs visés, les discussions se sont focalisées sur ce qu'il serait ou non possible d'établir en

#### ENCADRÉ

#### ÉVALUATION DE L'INTÉRÊT D'EXOSQUELETTES POUR L'AIDE À LA TRAITE EN ÉLEVAGE LAITIER

Les chambres d'agriculture de Normandie et les trois caisses MSA de Normandie ont conduit plusieurs essais pour évaluer l'impact des exosquelettes sur l'organisation du travail, le confort, la sécurité des travailleurs chargés de la traite des vaches [9]. Le protocole d'étude était basé sur le ressenti des salariés lors du port d'un exosquelette (grille de saisie quotidienne après chaque traite), sur l'observation des salariés à la traite, avec et sans exosquelette, ainsi que sur un suivi médical avant et pendant l'expérimentation.



termes de modes d'action, d'éventuelles indications, de précautions d'emploi, d'effets indésirables, de contre-indications, d'interactions et d'alternatives en milieu professionnel [6,7].

Cette réflexion a successivement porté sur les besoins puis la place de l'équipe pluridisciplinaire MT/Idest au cours des différentes étapes de la méthodologie d'intervention de la MSA, et l'analyse bibliographique [8].

Un guide évolutif à usage interne a ainsi été rédigé; il confirme la nécessité d'avoir épuisé l'ensemble des pistes de prévention collective avant d'envisager d'utiliser des exosquelettes. Il met l'accent sur:

- la nécessité d'éliminer les contre-indications, au cas par cas;
- le respect des modes d'emploi/notices techniques/manuels utilisateur des fabricants, à toutes les étapes;
- les formations pratiques, indispensables;
- les tests, suffisamment longs en situation habituelle de travail;
- les impacts, positifs ou négatifs, que l'utilisation d'exosquelettes dans un contexte professionnel génère, sur les opérateurs, les collectifs et l'organisation du travail;
- l'évaluation régulière des rapports bénéfice/risque et santé au travail à travers le suivi à court, moyen et long terme, en milieu de travail et lors de visites médicales;
- le recueil d'éventuels effets indésirables, pouvant dans certains cas imposer le retrait du dispositif.

### Présentation des annexes et déploiement du guide

Les annexes du guide proposent une synthèse de plusieurs réalisations du réseau santé sécurité au travail (SST), réparties entre ressources accessibles en ligne et outils à usage interne.

Ressources et retours d'expérience terrain (accessibles en ligne):

- « Les exosquelettes, top ou flop? » – Conférence Sival 2024 (coanimée par les MSA Maine-et-Loire, Loire-Atlantique-Vendée, Berry-Touraine, Mayenne-Orne-Sarthe et la Caisse centrale);
- Acceptabilité du port d'un exosquelette passif pendant la taille de la vigne (MSA du Languedoc). Outils opérationnels pour les équipes SST (usage interne MSA):
- Conduite à tenir en cas de demande d'exosquelette (MSA Auvergne);
- Tentative d'intégration pluridisciplinaire d'un exosquelette et exemple de questionnaire utilisateur (MSA Armorique).

### Valorisation et animation du réseau

Diffusé en interne sur l'espace partagé du réseau SST de la MSA, ce guide a fait l'objet d'un webinaire de présentation de façon à faciliter son appropriation, à susciter de nouveaux échanges et à envisager des perspectives de déploiement. ●

1. À la MSA, organisme de sécurité sociale agricole, les adhérents votent tous les cinq ans pour choisir leurs délégués, sur l'ensemble du territoire français.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] RATGRAS A. ET AL. – La MSA s'implique dans l'intégration des exosquelettes en entreprise, Th10-P497. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*, 2026, 87, 3-4, 103733. Accessible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1775878526007058>
- [2] MSA GIRONDE ET AL. – L'exosquelette en viticulture: j'y vais? j'y vais pas? Action collective. 2023. Accessible sur: <https://cphsct33.fr/introduction-des-exosquelettes-en-viticulture/>
- [3] DEPOUDENT C. ET AL. – Impact de l'utilisation d'un exosquelette « dos » sur les conditions de travail lors de la vaccination de porcelets. *Journées de la recherche porcine*, 2024, 56, pp. 361-366.
- [4] GALLET A. – Exosquelettes professionnels: rôle et besoins des services de santé au travail pour leur intégration en entreprise. Thèse de doctorat en médecine, université Claude-Bernard-Lyon 1, 2020.
- [5] THEUREL J. – Exosquelettes professionnels: bénéfices et limites pour la prévention des TMS. *Le concours médical*, 2020, 42.
- [6] INRS – 10 idées reçues sur les exosquelettes. ED 6295, 2018.
- [7] INRS – Exosquelettes au travail: points de vigilance. Infographie. 2019. Accessible sur: <https://www.inrs.fr/publications/essentiels/exosquelettes.html>
- [8] STEINHILBER B. ET AL. – The use of exoskeletons in the occupational context for primary, secondary, and tertiary prevention of work-related musculoskeletal complaints. *IIE Transactions on occupational ergonomics and human factors*, juil.-sept. 2020, 8, 3, pp. 132-144.
- [9] CHAMBRES D'AGRICULTURE DE NORMANDIE – Projet Exotraite: évaluation de l'intérêt d'exosquelettes pour l'aide à la traite en élevage laitier. Accessible sur: <https://normandie.chambres-agriculture.fr/sinformer/rechercher-innover/projets-innovation-et-rd/detail-du-projet/exotraite>

## POUR EN SAVOIR +

- WIOLAND L. ET AL. – Processus d'acceptabilité et d'acceptation des exosquelettes: évaluation par questionnaire. *Références en santé au travail*, décembre 2019, 160, TF 274.
- WIOLAND L. ET AL. – Questionnaire révisé sur l'acceptation des exosquelettes professionnels et méthode de notation. *Références en santé au travail*, , décembre 2025, 184, TM 88.
- ARGOLAS E. ET AL. – Acceptabilité du port d'un exosquelette passif pendant la taille de la vigne. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*, 2024, 85, 2-3. Accessible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1664623/acceptabilite-du-port-d-un-exosquelette-passif-pen>
- RÉSEAU MSA – Les exosquelettes: top ou flop? Conférence SIVAL, 18 janvier 2024. Accessible sur: <https://ssa.msa.fr/document/les-exosquelettes-top-ou-flop/>