agroalimentaire

exosquelette

Les exosquelettes dans l'agroalimentaire

Projet régional DINAII*

Dans le cadre du progamme «Santé & Performance» le **Comité Auvergne-Rhône-Alpes Gourmand** et ses partenaires animent l'action «Exosquelette en agroalimentaire» **pour informer et accompagner les entreprises sur l'acquisition et l'intégration des exosquelettes.** et vous proposent :

- Un accompagnement sur la démarche d'acquisition et d'intégration d'un exosquelette, basée sur les préconisations de l'INRS**,
- Une veille technologique des solutions proposées, pour les industries agroalimentaires,
- Des webinaires pour s'informer, se questionner, comprendre la démarche, entendre les retours d'experiences,

Le projet est cofinancé par la **DRAAF/DINAII** et le **Comité ARAG**, partenaire de la **CARSAT Rhône-Alpes** depuis 2009 et de l'**ADIV** depuis 2017 dans le cadre de l'UMT agrobergo.

Pour tous renseignements sur le projet contactez Françoise MOLEGNANA : f.molegnana@comite-arag.fr

PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

**DINAII : Dispositif national d'aide à l'investissement immatériel pour les entreprises agroalimentaires*
***Pour en savoir plus, brochure INRS : ED6315*

INTERVENANTS / PARTENAIRES

Matthieu ALRIC
- matthieu.alric@adiv.fr
- Chef de Projet ADIV

Françoise MOLEGNANA
- f.molegnana@comite-arag.fr
- Cheffe de Projet ARAG

Alain BALSIERE
- alain.balsiere@carsat-ra.fr
- Ergonome Référant équipements de travail CARSAT Rhône-Alpes

Paul CALMELET
- paul.calmelet@ergos-ergonomie.com
- Consultant Ergonome Ergos Ergonomie

Marjorie POUPET-RENAUD
- marjorie.poupet-renaud@carsat-ra.fr
- Contrôleuse de sécurité CARSAT Rhône-Alpes

agroalimentaire

exosquelette

INVENTAIRE / ETAT DE L'ART

Elaboré par Matthieu ALRIC,
Chef de projet,
ADIV, Clermont-Ferrand

agroalimentaire exosquelette

- DEFINITION ET ORIGINES DES EXOSQUELETTES
- CLASSIFICATION DES EXOSQUELETTES
- RÉPARTITION DES EXOSQUELETTES DAP ET RAP EN FONCTION DE LA PARTIE DU CORPS ASSISTÉE
- DÉVELOPPEMENT DES EXOSQUELETTES À TRAVERS LE MONDE
- DESCRIPTIF DES SOLUTIONS POUR DIFFÉRENTES PARTIES DU CORPS ASSISTÉES
- SYNTHÈSE SUR LES DIFFÉRENTES CLASSES D'EXOSQUELETTES
- SYNTHÈSE SUR LES EXOSQUELETTES UTILISÉS OU DÉVELOPPÉS EN AGROALIMENTAIRE

DEFINITION ET ORIGINES DES EXOSQUELETTES

DÉFINITIONS

Définition du dictionnaire (Larousse)
« Exosquelette » : *Formation squelettique animale externe (coquille des mollusques, carapace des arthropodes, etc.) dont la face interne sert de surface d'attache aux muscles.*

Définition technique
« Exosquelette d'assistance physique » : *Structure technique qui double celle du squelette humain dans le but de l'assister dans la réalisation d'une tâche ou d'une activité. Des applications sont possibles et ont été testées dans le domaine militaire, pour des applications médicales, dans le monde du travail de différents types d'industries, voire pour des applications domestiques ou de la vie de tous les jours.*

Un exosquelette est à la base un terme biologique puis la technique s'est appropriée celui-ci pour définir les exosquelettes « d'assistance physique » utilisés dans de nombreux domaines.

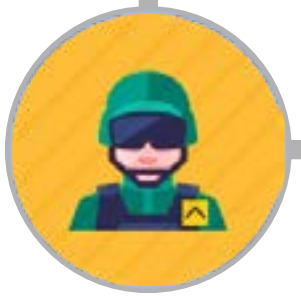
ORIGINE DES EXOSQUELETTES « D'ASSISTANCE PHYSIQUE »

Les premiers exosquelettes sont relativement récents comparés aux robots créés en début de siècle dernier, le premier exosquelette est créé par la General Electric en 1968. Composé d'une structure motorisée relativement importante et encombrante, avec la miniaturisation des composants et l'amélioration des techniques ce type de technologie a de nos jours été implanté dans les domaines militaire et médical et se démocratise dans l'industrie, dont l'agroalimentaire.

SCHÉMA EXPLICATIF ORIGINE DES EXOSQUELETTES « VERS UN HOMME AUGMENTÉ ?»

Hardiman, 1968

Exosquelette
à structure motorisée



Applications
militaires

Applications
médicales

Applications
industrielles

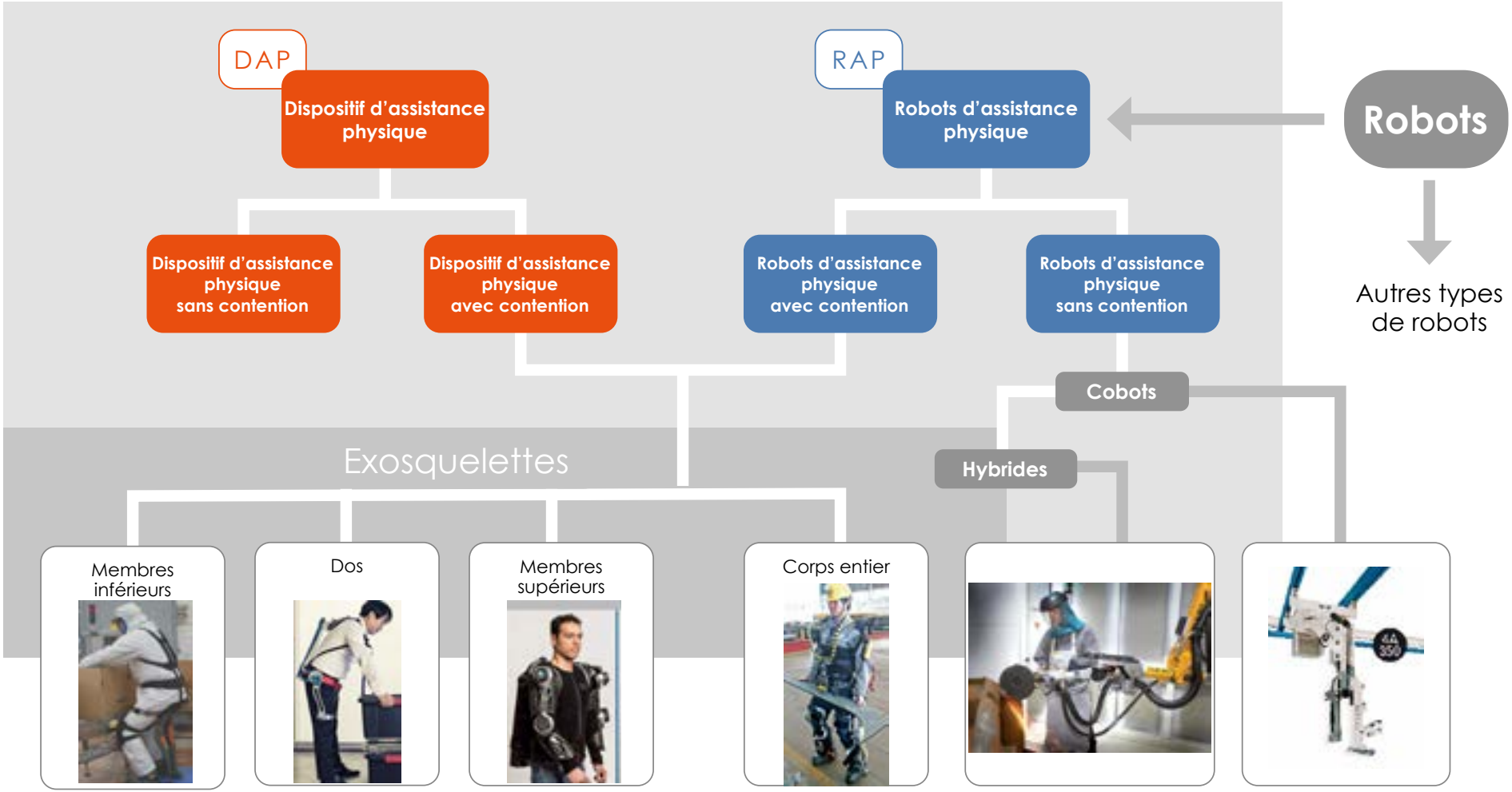
**Innovations
tehnologiques**

agroalimentaire exosquelette

CLASSIFICATION DES EXOSQUELETTES

L'INRS s'intéresse aux exosquelettes depuis plusieurs années déjà, ils ont élaboré une classification exosquelettes permettant de les classer et de les caractériser.

Nouvelles technologies d'assistance physique



l'INRS : https://www.inrs.fr/risques/exosquelettes/ce-qu-il-faut-retenir.html

Robots d'assistance physique sans contention

Cobots

Les cobots (faisant partie des robots d'assistance physique) sont issus des robots automatisés comme les cellules robotiques où l'opérateur est superviseur de la tâche cependant dans le cas du robot collaboratif « cobot » la main de l'homme dirige l'effecteur sans contention. Une partie de ces cobots sont dit « hybrides », c'est-à-dire qu'ils sont avec une partie contention, l'opérateur est lié au cobot qui lui-même est relié au sol.

Exemple de cobot (pierre-lannes.fr)

Robots

Autres types de robots

Robotique industrielle

Cellule robotique

Système robot

complété(s) par l'espace contrôlé et les moyens de prévention

ISO - 10218 - 1 : 3.11
ISO - 8373 : 2.15

complété(s) par des équipements externes : outils, machines, axes...

Robot

ISO - 10218 - 1 : 3.10
ISO - 8373 : 2.9

Toutes les autres solutions comprenant de la contention, qui sont donc portées par l'opérateur, sont considérées comme exosquelette. Parmi les exosquelettes on peut distinguer 2 catégories, les **dispositifs d'assistance physique (DAP)**, et les **robots d'assistance physique (RAP)**. Les exosquelettes sont également caractérisés par la partie du corps assistée (Membres inférieurs, membres supérieurs, dos et corps entier).

DAP

Dispositifs d'assistance physique

Les dispositifs d'assistance physique ou « DAP » avec contention sont des exosquelettes de renvois d'efforts mécaniques, textiles ou à ressorts permettant, sans apport d'énergie de soulager certains membres.

Shiva exosquelette DAP

RAP

Robots d'assistance physique

Les robots d'assistance physique ou « RAP » avec contention sont des exosquelettes alimentés en énergie équipés de moteurs ou de vérins permettant l'assistance de certains membres de l'opérateur.

Fraunhofer exosquelette RAP

L'objectif des cobots et des exosquelettes est d'assister l'opérateur dans des tâches physiques nécessitant l'intelligence technique métier de l'opérateur qui est dans certains cas très compliquée à automatisée avec des cellules robotiques.

RÉPARTITION DES EXOSQUELETTES DAP ET RAP EN FONCTION DE LA PARTIE DU CORPS ASSISTÉE

Dans le cadre du projet DINAII en cours effectué par l'ARAG, l'ADIV ainsi que Ergos ergonomie, un état de l'art exosquelette a vu le jour comptant plus de 100 exosquelettes à l'heure actuelle. En étudiant chaque exosquelette, une répartition des parties du corps assistée en fonction du type de technologie d'assistance a été réalisée (fig. 1) permettant de mettre à jour le fait que les exosquelettes, **DAP** surtout (à environ 60%) et **RAP** (à environ 34%) assistant les bras et/ou le haut du corps sont majoritaires (Fig.2). Cela s'explique par le fait que les membres les plus sollicités lors de tâches industrielles ou de force sont les membres supérieurs.

Fig.1. Répartition des exosquelettes **DAP** en fonction des parties du corps assistées

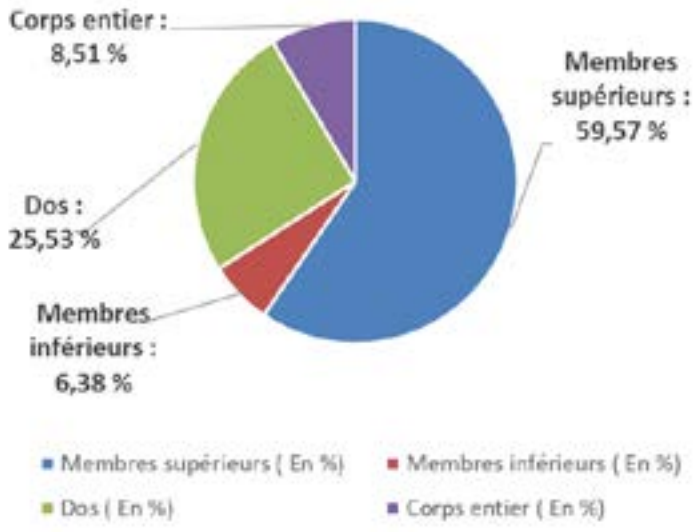
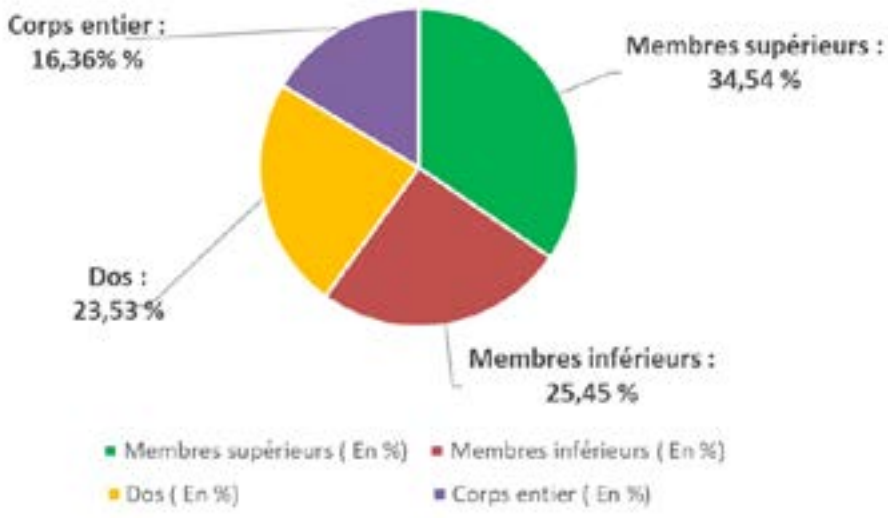


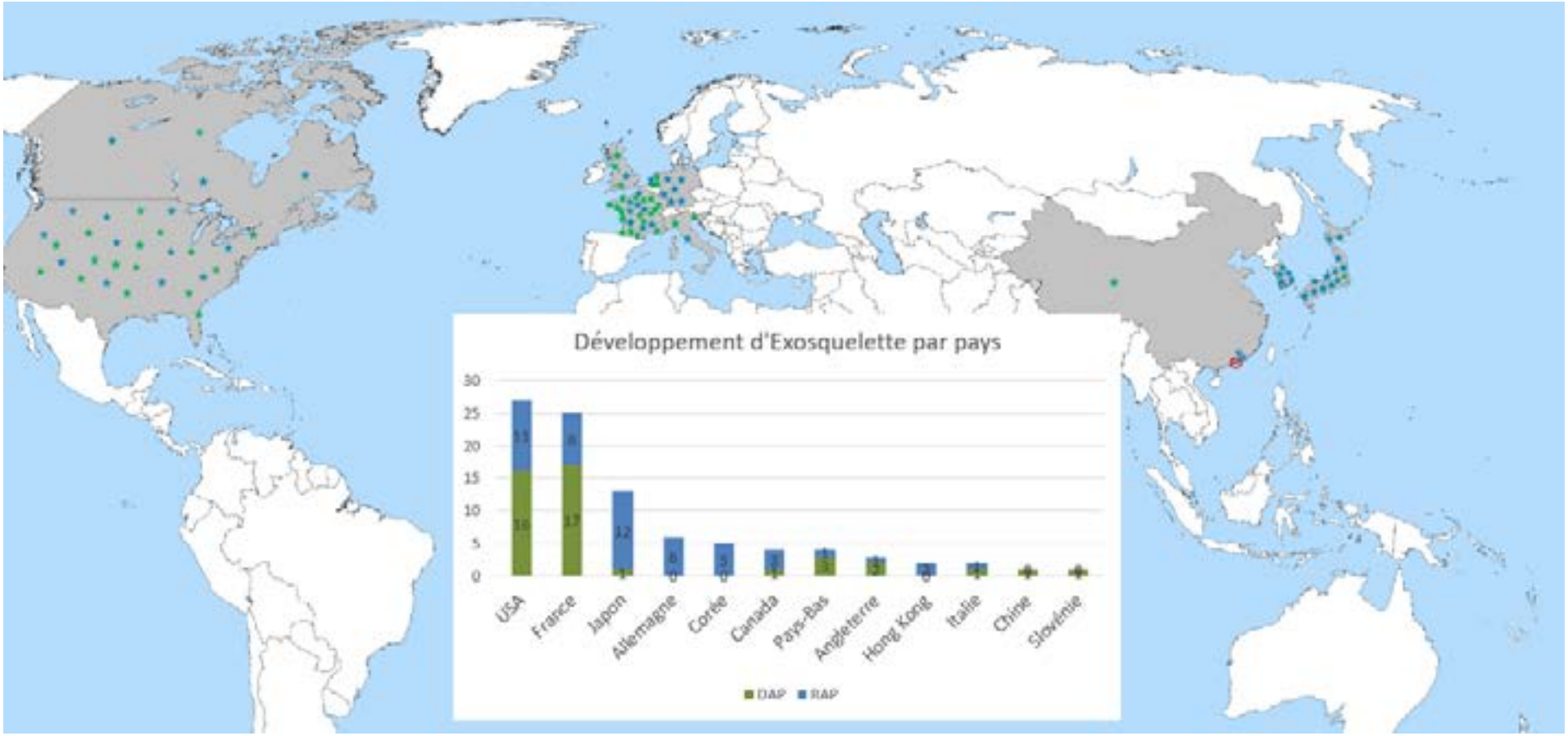
Fig. 2. Répartition des exosquelettes **RAP** en fonction des parties du corps assistées



DÉVELOPPEMENT DES EXOSQUELETTES À TRAVERS LE MONDE (1)

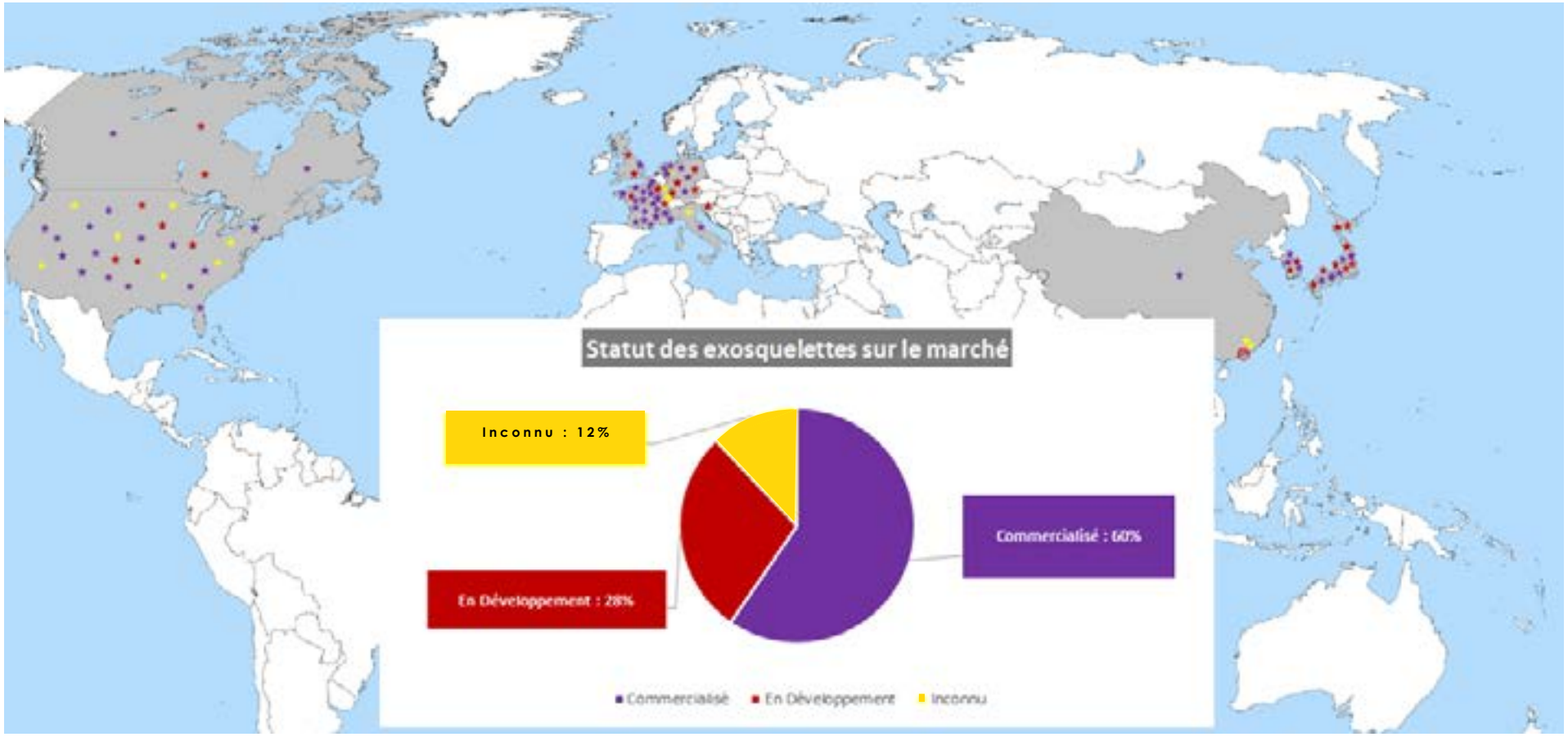
Les exosquelettes répertoriés et les recherches faites montrent que la plupart des exosquelettes recensés sont localisés en Europe et aux Etats-Unis (voir schéma ci-dessous) et sont pour les 2/3 commercialisés (voir schéma page 10).

Répartition des exosquelettes à travers le monde



DÉVELOPPEMENT DES EXOSQUELETTES À TRAVERS LE MONDE (2)

Statut des exosquelettes sur le marché international



DESCRIPTIF DES SOLUTIONS POUR DIFFÉRENTES PARTIES DU CORPS ASSISTÉES (1)

MAINS : Il existe très peu de solutions exosquelettes pour les mains, majoritairement des **RAP**, la plupart sont faites pour des tâches de préhension ou de télémanipulation.

NASA pour des tâches de préhension

Manipulation, Exohand de FESTO

BRAS : Les solutions bras voir bras/dos sont les solutions les plus répandues avec des solutions **DAP** et **RAP** majoritairement pour du port de charges avec de la compensation de gravité (**DAP** : ressors, élastiques, tiges métalliques. **RAP** : moteurs, câbles, pneumatiques, etc.)

DESCRIPTIF DES SOLUTIONS POUR DIFFÉRENTES PARTIES DU CORPS ASSISTÉES (2)

DOS:

Pour les exosquelettes dos **DAP**, les solutions sont diverses, de tiges flexibles à tissus à élastomères les exosquelettes dos permettent de soulager le dos voire les jambes également pour du port de charges ou pour du maintien de posture (fig. 1). Les exosquelettes dos **RAP** quant à eux sont actionnés avec des moteurs ou des vérins articulés pouvant remonter le long des muscles permettant également du port de charges et du maintien de posture (fig. 2).

Fig.1. Flex lift textile DAP de Kinetic Edge

Fig.2. Le H-Wex RAP de Hyundai

MEMBRES INFÉRIEURS:

Les exosquelettes membres inférieurs **DAP** sont principalement des exosquelettes assistant la position assis-debout, pour du maintien de posture avec quelques solutions élastomères (fig.3). Les solutions **RAP** sont faites pour du port de charges, avec des moteurs permettant de transporter des charges et une structure renvoyant les efforts au sol (fig.4).

Fig. 3

Fig. 4.

DESCRIPTIF DES SOLUTIONS POUR DIFFÉRENTES PARTIES DU CORPS ASSISTÉES (3)

CORPS ENTIER: Les exosquelettes **DAP** corps entier sont relativement similaires comme le Shiva exo (fig.1) de la SNCF ou le Max de SuitX qui combinent les différentes technologies des membres permettant la position assis-debout ainsi qu'un soutien aux bras et au dos. Les exosquelettes **RAP** permettent quant à elles du port de charges pour la plupart, que ce soit des tâches spécifiques avec la solution de RB3D (fig.2) ou plus traditionnelle comme DSME (fig.3).

Fig.1. Le Exopush de RB3D

Fig.2. solution de port de charge dans des chantiers navals par DSME

SYNTHÈSE SUR LES DIFFÉRENTES CLASSES D'EXOSQUELETTES

Les exosquelettes sont donc différentiés en 8 grandes classes, 4 classes **DAP** et 4 classes **RAP** comprenant « Membres supérieurs », « Dos », « Membres inférieurs » et « Corps entier ». Les exosquelettes **DAP** sont axés sur les renvois d'efforts avec des contrepoids, des élastiques, des lames flexibles ou encore des ressors, ils compensent majoritairement la gravité. Les exosquelettes **RAP**, quant à eux soulagent l'utilisateur et permettent des tâches plus complexes et multidirectionnelles car actionnés par des moteurs, des muscles pneumatiques et des vérins. Parmi les solutions **RAP** recensées il en existe beaucoup dans le domaine médical, en particulier au niveau des exosquelettes **RAP** « Membres inférieurs » et « Corps entier ». Les solutions « Membres supérieurs » et « Dos » sont en majorité faites pour du port de charges et des tâches de manutention.

DAP — Dispositif d'assistance physique

Corps entier

Dos

Haut de corps

Bas de corps

RAP — Robots d'assistance physique

Corps entier

Dos

Haut de corps

Bas de corps

SYNTHÈSE SUR LES EXOSQUELETTES UTILISÉS OU DÉVELOPPÉS EN **AGROALIMENTAIRE**

Comparativement aux nombres de solutions recensées dans la base de données du DINAII, très peu sont utilisés en agroalimentaire et encore moins développé spécialement pour. La plupart des exosquelettes **DAP** sont des exosquelettes de manutention adaptés d'autres industries compensant un effort unidirectionnel, la gravité. Les exosquelettes **RAP** sont minoritaires en nombre dans leurs nombres mais sont conçu spécialement pour répondre aux besoins de l'industrie agroalimentaire comme l'exosquelette de désossage Exoscarne de l'ADIV. D'autres **RAP** cobots sont également en nombre faible, 3 cobots agroalimentaires ont été recensés, le cobot Exoscarne de désossage de l'ADIV, le cobot de RB3D aidant au port de bacs et le cobot Scott permettant un maintient de la viande pendant la découpe.

Voir tableau récapitulatif page 18

Schéma démonstratif des différents systèmes d'assistance physique dans l'agroalimentaire

Type	Exo / DAP	Exo / DAP	Exo / DAP	Exo / DAP / RAP	Exo / RAP	Cobot RAP	Cobot RAP	Cobot RAP
Fabricant	Exhauss	Skelex	Noonee	CEA Tech	ADIV	ADIV	RB3D	Scott
Modèle	Worker	IP12	Chairless Chair		Orthèse Exos-Carne	Cobot Exoscarne	4A350	Cobot Scott
Photo								
Partie du corps assistée	Haut du corps / Dos	Haut du corps / Dos	Bas du corps / Posture	Haut du corps	Haut du corps	Haut du corps	Haut du corps / Dos	Haut du corps
Application(s)	Port de charges (> 20 kg) Décrochage de carcasses Logistique à froid	Port de charges	Travail assis	Arrachage de pannes	Désossage Découpe	Désossage Découpe	Port de charges : port de bacs	Assistance du bras de l'opérateur aux efforts de préhen-sion/traction de la viande lors du désossage
Secteur agro	Adapté à la filière viande	Testé en fermes dans le cadre du projet Exotraite	Mis en place chez Bridor	Mis en place chez Holvia	Conçu pour la filière viande	Conçu pour la filière viande	Testé dans un abattoir de volaille	Adapté à la filière viande

Conclusion

Grâces aux informations recensées dans l'état de l'art, on peut observer le faible nombre d'exosquelettes utilisés dans l'agroalimentaire et surtout le faible nombre d'exosquelettes **RAP** adaptés à des tâches complexes et multidirectionnelles qui permettrait de subvenir à des besoins ergonomiques, attractifs, et productifs des entreprises.